

Aus der Bundesanstalt für Wasserbiologie und Abwasserforschung
Wien-Kaisermühlen

(Direktor: W. Hofrat Prof. Dipl.-Ing. Dr. R. LIEPOLT)

Die bakterielle Belastung der Badeseen

W. KOHL

Badeseen haben sowohl im Hinblick auf den Fremdenverkehr als auch für die Gesunderhaltung der Bevölkerung eine besondere Bedeutung. Das kommt auch durch die steigenden Übernachtungsziffern in den Seegemeinden zum Ausdruck. Durch immer neu hinzukommende Hotel- und Privatzimmer und den weiteren Ausbau von Campingplätzen finden immer mehr Urlauber Platz. Diese offensichtliche Vorliebe vieler Menschen, ihren Urlaub an einem See zu verbringen, kommt schließlich auch der Wirtschaft zugute. Da Österreich über etliche schöne Badeseen verfügt, ist der wirtschaftliche Impuls, der von den Seegemeinden ausgeht, groß. Voraussetzung hiefür ist jedoch, daß die Abwasserbelastung der Seen möglichst gering ist. Der Verunreinigungsgrad ist am Ausmaß der bakteriellen Belastung sehr gut zu erkennen.

In Seen, die nicht mit Abwässern verunreinigt sind, ist der Anstieg und Abfall der Keimzahl nach Berichten von KUSNEZOV (1959), OVERBECK (1965, 1966, 1967, 1968/1, 1968/2) und SCHEGG (1968) in erster Linie von der Primärproduktion abhängig. Dies deshalb, weil die heterotrophen Gewässerbakterien auf die Exkretionsprodukte der Algen bzw. auf die Zellbestandteile, die bei deren Autolyse frei werden, angewiesen sind.

Abbildung 1 zeigt am Beispiel des Großen Plöner Sees die Zusammenhänge zwischen Primärproduktion und Gewässerbakterien, OVERBECK stellte bei der Untersuchung von vier ostholsteinschen Seen einen Jahresrhythmus der planktischen Bakterien mit einem zweigipfeligen Sommermaximum im April/Mai und Juli/August und ein Winterminimum zwischen November und März fest. Der gleichsinnige Verlauf von Phytoplankton und Bakteriengehalt

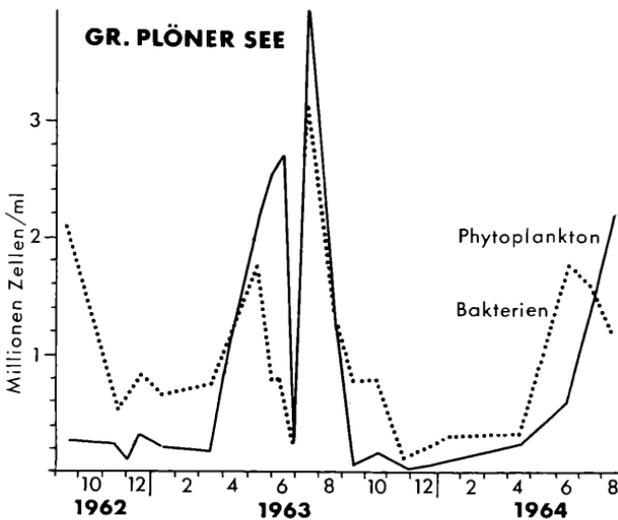


Abbildung 1

ist gut zu erkennen. Die Menge der organischen Substanzen stellt den limitierenden Faktor für die Bakterienentwicklung dar. Da es im Sommer in der lichterfüllten obersten Schichte zur stärksten Planktonentwicklung kommt, findet OVERBECK im Sommer das Maximum der planktischen Bakterien auch im Epilimnion.

Die Untersuchungen des Bodensees von DEUFEL (1967) zeigten keine Beziehungen zwischen Phytoplanktonmengen und Keimzahl. Der Autor findet aber ebenso wie OVERBECK in den obersten Schichten höhere Keimzahlen als in den tiefen Wasserschichten.

Dieser Unterschied wird bei der direkten Zählung besonders deutlich (Abbildung 2).

Auf der Abszisse sind die Monate, auf der Ordinate die Keimzahl aufgetragen; wobei die oberste Zahl oberhalb 90 höchstwahrscheinlich 110 heißen sollte. Zu Jahresbeginn ist in allen Tiefen des Sees eine geringe Keimzahl feststellbar, im März und April steigt sie an und erreicht das erste Maximum im Mai, dann kommt es zu einem Absinken und schließlich zu einem zweiten Maximum im August/September. Zum Vergleich sollen Profiluntersuchungen von zwei Kärntner Seen dienen. Zunächst der Weißensee, in dem zwei Tiefen-

profile untersucht wurden. Eine Tiefenserie wurde in dem 97 m tiefen Becken im Gebiet Laka entnommen. In diesem Gebiet ist der See rings herum unverbaut. Eine weitere Tiefenserie wurde im seichtesten, nur fünf Meter tiefen Becken vor Gatschach entnommen. An dieser Stelle ist das Ufer besiedelt.

In der Tabelle 1 sind die Zahlen der bei den einzelnen Untersuchungen im tiefen Becken gefundenen psychrophilen heterotrophen, saprophytischen Keime zusammengestellt. Auffallend sind die am 17. März in 0,5 m Tiefe nachgewiesenen 504 psychrophilen Keime. Diese völlig aus der Reihe fallende Zahl ist auf die Besonderheit bei der Entnahme zurückzuführen. Zum Zeitpunkt der Entnahme war der See zugefroren und die Eisschichte mußte aufgehackt oder aufgesägt werden. Von den Geräten, die sonst zur Waldarbeit und zum Wegebau verwendet werden, sind daher Keime, ebenso wie von den Gummistiefeln der Arbeiter abgeschwemmt worden. Allgemein ist die Keimzahl gering, steigt mit Sommerbeginn langsam an und erst am 20. Oktober

Hydrobakteriologische Untersuchung im Bodensee. I

Josef Deufel

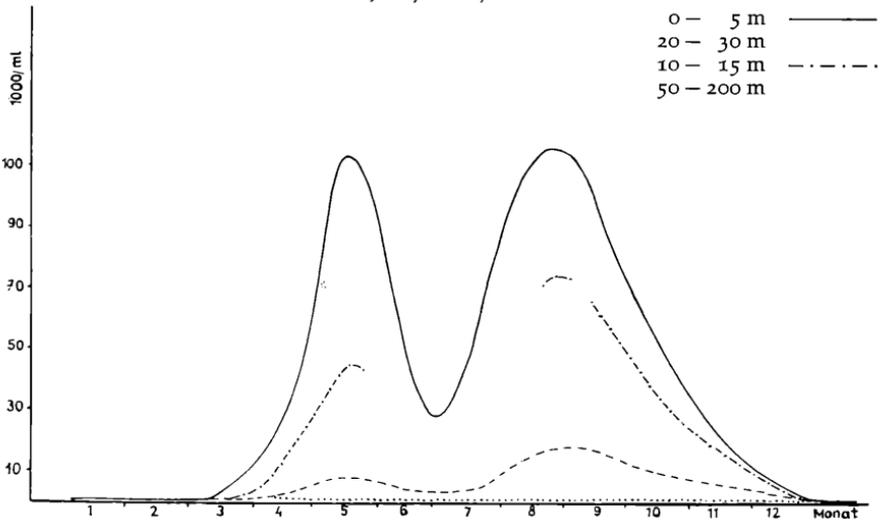


Abbildung 2

Schematische Darstellung der Bakterienzahlen in verschiedenen Schichten im Pelagial

wurden höhere Werte gefunden. Vor dieser Untersuchung trat der Laubfall ein, starke Regenfälle führten zu Erdabschwemmungen und durch den höheren Wasserstand wurden Uferwiesen, die vielfach Berge von Abfällen aufwiesen, überschwemmt. So gelangten Bakterien und Bakteriennährstoffe in den See und es kam zu diesem Anstieg der Werte.

In der Tabelle 2 sind die Mesophilenzahlen zusammengestellt, die ziemlich gleich sind, mit Ausnahme des ersten Wertes, dessen Ursache bereits erklärt wurde. Colikeime waren aber — wie Tabelle 3 zeigt — nicht nachweisbar.

Tabelle 1
 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

Tabelle 2
 Profil Laka — Weißensee
 Zahl der Mesophilen in 100 ml

Untersuchung am Tiefe	17. 3. 1964	25. 4. 1964	23. 6. 1964	11. 8. 1964	20. 10. 1964
0,5 m	206	23	98	76	23
5,0 m	6	30	56	25	56
10,0 m	0	41	30	38	38
20,0 m	2	48	14	10	21
30,0 m	12	23	15	9	29
50,0 m	2	5	6	3	57
97,0 m	4	3	10	5	19

Allgemein kann man sagen, daß der Weißensee in diesem Teil während vieler Monate Trinkwasserqualität aufwies. Im Profil Gatschach, in dem nur fünf Meter tiefen Becken, konnten wesentlich höhere Keimzahl- und Fäkalkeimwerte festgestellt werden (Tabelle 4).

Dies ist darauf zurückzuführen, daß das Becken seicht und die Siedlung in der Nähe ist. Besonders deutlich wird es durch die Zahl der Mesophilen im Profil Gatschach. Echte Coli konnten allerdings auch in diesem Profil nur zum Zeitpunkt des höheren Wasserstandes festgestellt werden.

Tabelle 3
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

Tabelle 4
Profil Gatschach — Weißensee
Zahl der Psychophilen 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
Zahl der Mesophilen in 100 ml				
0,5 m	10	700	3080	358
4,5 m	158	1300	2000	470

Als zweiter Kärntner See sei der Millstättersee angeführt. Ein Tiefenprofil, an der tiefsten Stelle des Sees bei Dellach zu verschiedenen Zeitpunkten untersucht (Tabelle 5), läßt das Maximum der planktischen Bakterien im August erkennen. Die Erklärung für das starke Ansteigen der saprophytischen Keime in der Hauptfremdenverkehrssaison ist darin zu suchen, daß zu dieser Zeit dem See mit den Bächen sehr viel Müll- und Abfallstoffe zugeleitet werden. Da viele dieser Abfallstoffe im Wasser schwimmen, bilden sie große Abwasserfahnen, die eine Ausdehnung von hunderten und tausenden Quadratmetern im See einnehmen. Diese Abwasserfahnen enthalten Gemüserückstände, Obst, Kistenteile, tote Ferkel, Hühner und Ratten, leere oder fast leere

Tabelle 5
 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	85.000	8400	900
100,0 m	150	114	45.000	7800	420
139,0 m	268	198	9.400	8200	200

Konservendosen sowie Flaschen und Behälter von Milch, Fruchtsäften, Speiseöl, Sonnenschutzmitteln, weiters Fäkalien und Klosett-papier-teile und ölig-teerige Rückstände unerkennbarer Herkunft. Kistenteile und andere Holzstücke, die in den bakterienreichen Abwasserfahnen schwimmen, nehmen diese Keime in ihrer äußeren, durch Wasser aufgeweichten Schichte auf und enthalten sie auch dann noch, wenn andere, bakteriell leicht abbaubare Substanzen schon zersetzt sind. Solche Abwasserfahnen großen und größten Ausmaßes kann man besonders gut zeitlich früh am See vorfinden, bevor durch den Linien-schiffverkehr eine Zerteilung der schwimmenden Schmutzstoffe eingetreten ist. Viele dieser Abfallstoffe bilden gute Wachstumsbedingungen für saprophytische Bakterien. Aber die geringe Anzahl der Mesophilen, die in Tabelle 7 wieder-gegeben sind, und das fast völlige Fehlen von echten Colikeimen zeigt, daß auch in diesem See die Mitte relativ rein ist. Aus zwei der schon genannten

Tabelle 6
 Profil Dellach — Millstättersee
 Zahl der Mesophilen in 100 ml

Untersuchung am Tiefe	1. 4. 1965	7. 7. 1965	19. 8. 1965	19. 10. 1965	8. 3. 1966
0,5 m	4	0	0	0	0
5,0 m	3	4	3	4	0
20,0 m	2	0	12	1	0
50,0 m	0	0	0	0	0
100,0 m	18	0	0	0	0
139,0 m	27	0	2	5	0

Tabelle 7
 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	0	0
139,0 m	0	0	2	1	0

Abwasserfahnen wurden Proben für die bakteriologische Untersuchung entnommen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 8 wiedergegeben. In den schwimmenden Abfallstoffen in Höhe Pesenthein waren unter anderem Klosettpapierreste, Fäkalien und Kadaver von Hühnern, Ratten und Ferkeln zu erkennen. Daher konnten neben einer für Abwasser typischen Keimzahl auch sehr viele Mesophile und Coliforme festgestellt werden. Die Abwasserfahne in der Höhe von Tschall wies in erster Linie ölig-teerige und rußartige Rückstände auf. Es könnte sich um Abfallstoffe von einer Ölheizung handeln. Außerdem waren leere Bierflaschen und Behälter von kosmetischen Präparaten in der Abwasserfahne enthalten.

Das Untersuchungsergebnis zeigt wohl die typisch hohe Keimzahl, aber keine Darmkeime (Tabelle 8).

Zum Vergleich in der dritten Spalte die Ergebnisse, die zur selben Zeit in einer unbeeinflussten Bucht erhalten wurden. Aus den Abwasserfahnen sinken bestimmte Anteile in die Tiefe. Untersuchungsergebnisse, die KNORR, BORNEFF und Mitarbeiter (1963) im Rahmen von Bodenseeuntersuchungen gewonnen haben, geben über die Absinkvorgänge Aufschluß. Die Autoren fanden, daß Vogelkot, der Sandbestandteile enthält, innerhalb von 20 bis 30 Minuten bis zu 60 m Tiefe absinkt. Wenn man bedenkt, daß viele Zubringer mit den verschiedensten Inhaltsstoffen in den Millstättersee fließen, ist das Maximum der planktischen Bakterien im August verständlich. Aber auch am Millstättersee werden derartige Übelstände in Kürze behoben sein. Die bakterielle Belastung eines Sees kann — besonders dann, wenn die Verunreinigungsquelle das ganze Jahr über auf einen See einwirkt — nur durch die Fernhaltung der Abwässer vom See gebessert werden. Ein Beispiel dafür, daß die Fernhaltung der Abwässer auch in einem extrem verunreinigten See zur Besserung führt, ist der Zellersee. LIEPOLT (1957, 1958, 1965, 1968) berichtet mehrfach darüber. Am Beispiel der Coliformenzahl sei die Besserung auch aufgezeigt.

In Tabelle 9 sind die Werte von 1961 und 1966 gegenübergestellt. 1963 wurde die Kläranlage fertiggestellt. Wenn auch 1966 noch Coliforme in der Seemitte zu finden waren, so darf nicht vergessen werden, daß zu diesem Zeitpunkt noch nicht alle Abwässer durch die Kanalisation erfaßt wurden. Die Beeinflussung eines Sees vom Ufer her ist mitunter sehr deutlich zu erkennen, wie Abbildung 3 veranschaulicht, welche die Ergebnisse eines Querprofils zeigt. Um die Lage des Querprofils deutlich zu machen, ist eine Skizze des Neusiedlersees angeschlossen, in welcher die Entnahmestellen ein-

Tabelle 8
Gegenüberstellung
Abwasserfahnen — unbeeinflusstes Seewasser

Entnahmetag		Abwasserfahne	Abwasserfahne	Unbeeinflusste
		Pesenthein	Tschall	Bucht
		19. 8. 1965	18. 8. 1965	18. 8. 1965
Psychrophile	1 ml	10,000.000	4,000.000	5000
Mesophile	100 ml	24.000	0	0
Coliforme	100 ml	11.000	0	0
Streptokokken	100 ml	1.000	0	1

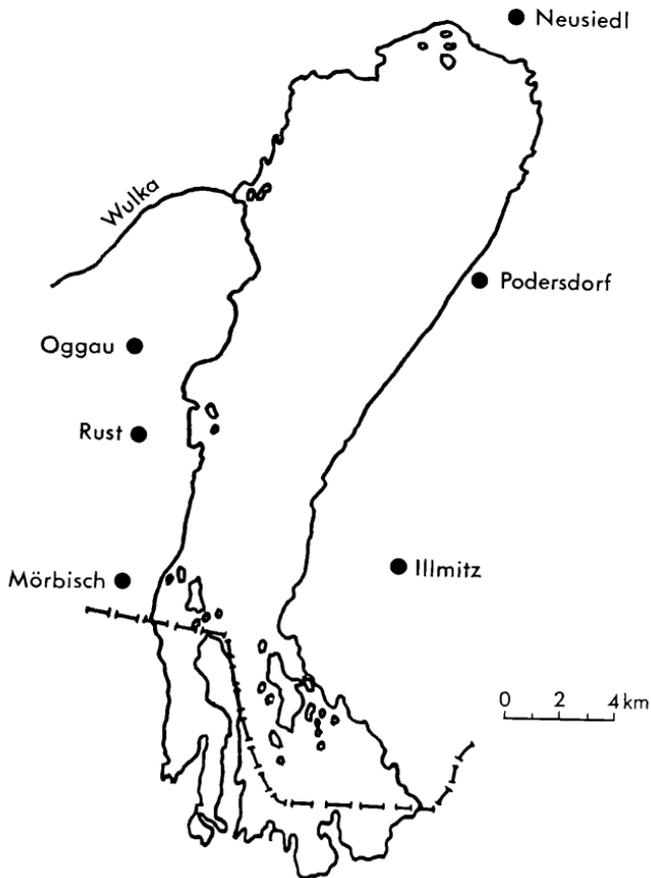


Abbildung 3

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

gezeichnet sind. Die Entnahmen erfolgten 50 und 200 m vor Illmitz in der Seemitte und dann wieder 200 und 50 m vor Mörbisch. Die Zahl der Coliformen ist vor dem Ufer jeweils am höchsten und echte Coli waren nur in diesen Proben nachweisbar. Die Proben wurden bei Schönwetter und ruhigem See entnommen. Führt man eine derartige Untersuchung bei stürmischem Wetter durch, finden sich die höheren Werte mit der Windrichtung verschoben.

Die bakterielle Belastung der Badeseen ist in der Nähe der Einleitung von häuslichen Abwässern am höchsten. Tabelle 10 zeigt Untersuchungsergebnisse an einem Badensee. Während im freien Seewasser in zirka 30 cm Tiefe nur 3000 psychrophile Keime/ml festgestellt wurden, waren es im

Tabelle 9
Profil Zellersee
Coliforme 100 ml

Untersuchung am Tiefe	9. 3. 1961	19. 4. 1966
0,5 m	2	2
5,0 m	570	13
10,0 m	970	24
20,0 m	27	12
40,0 m	3	0
60,0 m	3	1

Tabelle 10
Vergleichende Untersuchungsergebnisse im Raum Reifnitz — 4. 9. 1964

Keimart	Tiefe in m	Hotel	Strandbad	Freies Seewasser
Psychrophile	0,3	2,140.000	146.000	3000
	4,5		43.000	320
Mesophile	0,3	5,000.000	200.000	128
	4,5		18.400	68
Coliforme	0,3	550.000	60.000	0
	4,5		10.100	0
Streptokokken	0,3	85.000	4	0
	4,5		10	0

Strandbad 146.000 und vor dem Hotel über 2,000.000. Die Keimzahlen des abgesetzten Abwassers liegen in der Höhe von ein bis zehn Millionen (JAAG, 1967). Die Mesophilen, Coliformen und Streptokokken sind je 100 ml angeben. Auffällig sind die Ergebnisse der Coliformen: im Seewasser vor dem Hotel über eine halbe Million, im Strandbad 60.000 und in der freien See- fläche überhaupt keine.

Selbstverständlich darf dabei nicht übersehen werden, welche Keimmengen von den Badenden selbst ins Wasser gebracht werden. Darüber hat REPLOH, 1953, quantitative Untersuchungen angestellt. Er konnte feststellen, daß bei Versuchspersonen während eines Bades von fünf Minuten in einer 150 Liter fassenden Wanne von der Körperoberfläche, ohne Verwendung von Seife, bis zu $6,5 \times 10^8$ Keime abgeschwemmt werden. Da man annehmen kann, daß ein Badegast in einem Freibad bei einer Aufenthaltsdauer von zirka einer halben Stunde dieselbe Keimmenge abgibt, ist mit 100 Keimen je Milliliter zu rechnen, wenn der Berechnung ein Kubikmeter Wasser zugrundegelegt wird. Außerdem tragen die Badegäste von Liegewiesen und Spielplätzen verschiedene Keime ins Wasser. Die Bakterien finden auch Nährstoffe genug, da nach CARLSON (1967) jeder Erwachsene nach kurzer Zeit 0,5 organische Substanzen an das Wasser abgibt. Dabei handelt es sich um abgeschilferte Epithelzellen, Talg, Schweiß, Schleimabsonderung aus dem Nasen-Rachenraum, Speichel, Haare, Fäzesreste, Salben, Sonnenschutzöle, Kosmetika und Seifenreste.

Diese Belastung eines Badesees läßt sich kaum verringern, deshalb muß die Verunreinigung durch Abwässer ausgeschaltet werden, um in den Buchten die Badewasserqualität nicht zu sehr zu verschlechtern.

Aber gerade an jenen Uferabschnitten, an welchen auch Bäder liegen, finden sich oft viele Abwassereinleitungen.

Tabelle 11
Bakterielle Belastung im Raum Millstatt — August 1965

Keimart	1 Silberbach	2	3	4
		Abwasser- einleitung Alexanderhof- siedlung	Tschierweger- bach	Landungssteg Marchetti
Psychrophile	105.000	440.000.000	20.000.000	2.000.000
Mesophile	560	2.100.000	25.000	42.000
Coliforme	530	2.000.000	25.000	42.000
Streptokokken	300	400.000	3.800	168

Als Beispiel dafür sei das Ufer bei Millstatt angeführt (Abbildung 4). Durch die Untersuchungen der Bundesanstalt wurden auf einer Strecke von zirka 1 km acht Abwassereinleitungen festgestellt, wobei der mit 1 bezeichnete Silberbach, seitdem das Abwasser nach der Kläranlage Alexanderhofsiedlung eine eigene Ableitung hat, nur mehr gering belastet ist. Auf der gegenüberliegenden Seeseite liegt auch eine Entnahmestelle beim Hotel Schloßvilla. Die Untersuchungsergebnisse, die an den acht Entnahmestellen erzielt wurden, sind in Tabelle 11 und 12 zusammengestellt.

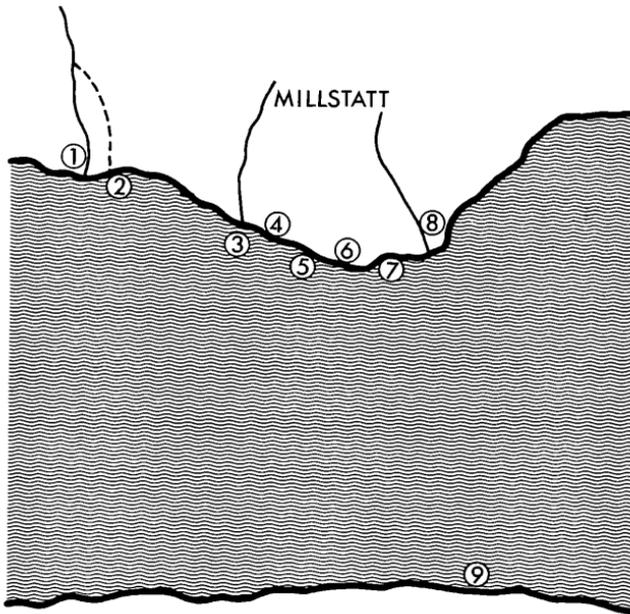


Abbildung 4
Lageplan mit Entnahmestellen

- | | |
|---|--|
| 1 Silberbach | 5 Kanaleinmündung S O Ecke –
Haus Marchetti |
| 2 Abwasserleitung
Alexanderhofsiedlung | 6 bei Pension Löcker |
| 3 Tschierwegerbach | 7 Überfuhrung |
| 4 Landungssteg Marchetti | 8 Millstätter – Riegerbach |
| | 9 Hotel Schloßvilla |

Tabelle 11 zeigt in Spalte zwei die Keimzahl- und Fäkalkeimwerte aus dem Abwasser der Alexandersiedlung. Die Befunde lassen erkennen, daß die Kläranlage beinahe wirkungslos war. Aber auch die Ergebnisse der dritten und vierten Entnahmestelle zeigen die starke Belastung.

Ebenso ist in Tabelle 12 die bakterielle Belastung an den Entnahmestellen 5 bis 8 bereits durch einen Blick zu erkennen. Keimzahlen von 21, 20, 60 und 50 Millionen sprechen für sich. Und diese Verunreinigungsquellen fließen teilweise Tag und Nacht. Die starke Belastung der zuführenden Bäche zeigt, daß das Verunreinigungsproblem nicht allein am Seeufer gelöst werden kann, sondern das Hinterland mit erfaßt werden muß. Je dichter das Hinterland besiedelt ist, desto stärker sind die Bäche belastet. Über den Einfluß der Bevölkerungsdichte auf die Colizahl in einem Gewässer berichtet DEUFEL

Tabelle 12
Bakterielle Belastung im Raum Millstatt – August 1965

Keimart	5 Kanal- einemündung SO		6 bei Pension Löcker	7 Überfuhrgasse	8 Millstätter- Riegerbach
	Ecke Haus Marchetti				
Psychrophile	21,000.000		20,000.000	60,000.000	50,000.000
Mesophile	90.000		18.000	5,000.000	26.000
Coliforme	90.000		18.000	5,000.000	18.000
Streptokokken	10.000		3,800	180.000	1.000

(1965). In den letzten zehn Jahren erreichte die Zahl der Colikeime im Bodensee den fünffachen Wert. In diesem Zeitraum wurden auch die Abwässer von fünfmal mehr Menschen in den See bzw. in die zuführenden Bäche geleitet.

Die bakterielle Belastung der Badeseen kann besonders zu Hochwasserzeiten stark steigen. Dies vor allem deshalb, weil Müllablagerungen und Abwassersammelgruben überschwemmt und durchgespült werden. Bei einer Untersuchung des Zellersees in bakteriologischer Hinsicht konnte auch einmal eine Hochwassersituation festgestellt werden. In dem niedrig gelegenen Schüttdorf bei Zell am See drückte das in die Kanäle eindringende Seewasser das Abwasser aus den Kanalschächten und das heraussprudelnde Abwasser lief in den angestiegenen See. Durch den Rückstau der Salzach floß beim Seeabfluß Salzachwasser mit starker Strömung, in den See zurück. Auch dieser

Übelzustand ist bereits behoben, die erforderliche Schleuse wurde gebaut. Das zurückfließende Wasser enthielt neben vielen Fäkalkeimen auch *S. stanley* und *S. paratyphi B*. Die am Zellersee in einer Hochwasserzeit gemachten Beobachtungen lassen erkennen, auf welche Weise mitunter die Belastung eines Sees zustande kommt. In einer Schönwetterperiode können solche Beobachtungen nicht gemacht werden. Da die Belastung der Seen durch Badende und durch Naturereignisse nicht oder kaum zu verhindern ist, muß die Fernhaltung der Abwässer von den Seen mit aller Energie betrieben werden, damit die Forderung des österreichischen Fremdenverkehrs, „die Landschaft als Erholungsraum zu schützen“ (LISSBAUER, 1967), erfüllt werden kann.

LITERATUR

- CARLSON, S. (1967): Zur Hygiene der Freibadegewässer und öffentlichen Schwimmbäder. — Archiv des Badewesens, H. 4, 146–149.
- DEUFEL, J. (1965): Über die Verbreitung von Colikeimen im Bodensee und ihre Zunahme während der letzten zehn Jahre. — Schweiz. Z. Hydrol., Vol. 27/2, 250–256.
- (1967): Hydrobakteriologische Untersuchungen im Bodensee. I. Über die Verteilung der Bakterien im Pelagial. — Int. Revue ges. Hydrobiol., Bd. 52, H. 4, 617–626.
- JAAG, O. (1967): Die zunehmende Gefährdung unserer Seen. — Warum Gewässerschutz. — FEG-Informationsblatt, Nr. 1–10.
- LIEPOLT, R. (1957): Die Verunreinigung des Zellersees. — Wasser und Abwasser, Bd. 1957, 9–38.
- (1958): Zur limnologischen Erforschung des Zellersees in Salzburg. — Wasser und Abwasser, Bd. 1958, 18–101.
- (1965): Die Gewässergüte österreichischer Seen. — Österreichische Wasserwirtschaft, 17. Jg., H. 1/2, 5–9.
- (1967): Die limnologischen Verhältnisse des Zellersees, seine Verunreinigung und Reinigung. — FEG-Informationsblatt Nr. 14, 59–62.
- (1969): Biologische Probleme der Gewässerverunreinigung. — Österr. Ärztezeitung, 24. Jg., H. 4, 395 ff.
- LISSBAUER, H. (1967): Die dritte Kraft — Fremdenverkehr. — Broschüre der Bundeskammer der gewerblichen Wirtschaft.
- KNORR, H., BORNEFF, J. (1963): Die Gewässernutzung im Bodensee und seinen Einzugsgebieten. — Mikrobiologische und hygienische Forschungen. Deutsche Forschungsgemeinschaft: Bodensee-Projekt, 1. Bericht, 27–33.
- KUSNEZOV, S. I. (1959): Die Rolle der Mikroorganismen im Stoffkreislauf der Seen. — VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin.
- OVERBECK, J. (1965): Primärproduktion und Gewässerbakterien. — Die Naturwissenschaften, 51. Jg., H. 6, 145–146.

- (1966): Neue Ergebnisse der Gewässerbakteriologie. — Die Umschau in Wissenschaft und Technik, H. 14, 474.
- (1967): Zur Bakteriologie des Süßwassersees — Ergebnisse und Probleme. — Das Gas und Wasserfach, 108. Jg., H. 44, 1258–1260.
- (1968): Prinzipielles zum Vorkommen der Bakterien im See. — Mitt. Internat. Verein. Limnol., Bd. 14, 134–144.
- (1968): Bakterien im Gewässer — Ein Beispiel für die gegenwärtige Entwicklung der Limnologie. — Mitteilungen aus der Max-Planck-Gesellschaft, H. 3, 165–182.
- REPLOH, H. (1953): zit. nach CARLSON, S. (1967): Zur Hygiene der Freibadegewässer und öffentlichen Schwimmbäder. — Archiv d. Badewesens, H. 4, 146–149.
- SCHEGG, E. (1968): Beziehungen zwischen Planktonentwicklung und Bakterien im Vierwaldstättersee und Rotsee. — Schweiz. Zeitschr. Hydrol., Vol. 30, H. 2, 289–296.

DISKUSSION

ZEITLINGER: Die Untersuchungen des Vortragenden bezüglich der bakteriologischen Belastung der Kärntner Seen kann ich namens der Kärntner Landesregierung bestätigen. Es geschieht aber sehr viel zur Verbesserung der Situation; Maria Wörth wird kanalisiert, ebenso der Millstättersee, ein Projekt „Ringkanalisation Ossiachersee“ ist in Ausarbeitung, Velden ist fertigkanalisiert und die Kanalisation des Klopeinensees ist im Gange. Seit zwei Jahren versuchen wir auch, die Zubringer zu sanieren, welche oft mehr zur Verunreinigung der Seen beitragen als die Abwässer der Hotels.

REGNER: Warum werden keine Kanalprofile für Sammelkanäle verwendet?

SCHWARZ: Von den 80 km Kanälen tritt nur bei zirka 10 km die Frage auf, die sie anschneiden. Die Art des Profiles hängt von den Örtlichkeiten ab. Ich bin von der Annahme ausgegangen, daß ein Rohrkanal von 25 cm Durchmesser um nicht viel weniger kostet als einer von 60 cm. Diese Strecken sind alle bis ins letzte Detail durchgeplant. Wenn ich jedoch ein starkes Gefälle habe, benötige ich keinen großen Rohrquerschnitt.

REITERMAYER: Wird das Abwasser aus dem Sammelkanal, der entlang des Millstättersees führt, während der Verlegung desselben in die Straße Lieserbrücke bis Spittal an der Drau in den Millstättersee bzw. in die Lieser eingeleitet?

SCHWARZ: Wir müssen im nächsten und übernächsten Jahr den Kanal in der Lieseralstraße drinnen haben. Bis dahin wird auch der Kanal von Seeboden bis Lieserbrücke fertig sein. Erst dann nimmt letzterer Abwässer auf, die jedoch noch bis zum Anschluß an die Kläranlage Spittal durch die vorhandenen Hauskläranlagen vorgereinigt sind. Sofern die Stadt Spittal ihre Einwilligung nicht verweigert, werden diese Abwässer durch das städtische Kanalnetz hindurch zur Drau geleitet.

MEGAY: Die Einbeziehung des Regenwassers, vor allem der Anfangsmengen von Starkregen, in die Abwasserreinigung ist sehr zu befürworten, weil schon die Beobachtungen von Imhoff, ebenso wie in der neueren Zeit die Studien von Kurzweil (Wien) gezeigt haben, daß die Schmutzlast des Regenwassers der ersten halben Stunde einen BSBs von über 100 mg/l aufweisen kann.

EDER: Der Bau der Abwasseranlagen (Kanalisation, Kläranlage) der Stadt Zell am See hat sich für den Zellersee sehr günstig ausgewirkt. Dies zeigt sich besonders auch am O₂-Gehalt in 30 m Tiefe, der heute selbst zur Zeit der Sommerstagnation um 6,5 mg/l liegt, während er vorher zu manchen Zeiten bis etwa 2 mg/l abgesunken war. Ebenso ist es auf die erwähnten Anlagen zurückzuführen, daß der Zellersee die gewaltigen Mengen an organischen Einschwemmungen, welche in den Katastrophenjahren 1966 und 1967 in den See gelangten, relativ rasch bewältigen konnte.

LIEPOLT: Wir dürfen aber das gute Beispiel Zellersee nicht schematisch auf andere Seen übertragen, da wir ja vielleicht bei diesen mit ganz anderen Zeiträumen rechnen müssen. Wenn wir aber die Vermehrung der Organismen durch Ableiten der Nährstoffe aufhalten können, so haben wir bereits viel erreicht.

SCHWARZ: Nachdem wir in den vorangegangenen Vorträgen gehört haben, welche Erfordernisse an die Reinhaltung der Gewässer insbesondere an Badeseen zu stellen sind, hat der Ingenieur die Aufgabe, diese Forderungen unter optimalem, das heißt geringstem Kapitaleinsatz in die Wirklichkeit umzusetzen und technische Lösungen zu ermöglichen.

Dies ist bei der besonders raschen Entwicklung des Fremdenverkehrs und der ständigen Neuanlage von Campingplätzen besonders schwierig, weil die Anforderungen an die Abwasserbeseitigungsanlage hinsichtlich der anfallenden Abwassermengen und der damit verbundenen Verschmutzung nicht ohne weiteres voraussehbar sind. Es ist deshalb notwendig, zu Lösungen zu kommen, welche die Anpassung der Kanalisationsanlage an diese späteren Abflußmengen und Abflußverhältnisse ermöglicht und daher den augenblicklich erforderlichen Kapitaleinsatz möglichst gering hält.

Schon bei der Aufstellung der Bauzeitpläne und Wahl der Bauabschnitte ist auf diese Entwicklung Rücksicht zu nehmen, insbesondere, wo die Bauzeit der Entwässerungsanlage aus Finanzierungsgründen viele Jahre, oft mehr als zehn Jahre beansprucht. Dabei ist ferner zu berücksichtigen, daß bei zu großzügiger Bemessung der Anlage hohe Bauzinsen bzw. Annuitäten entstehen, die besonders bei den Hauptkanälen infolge geringer Zahl der Hausanschlüsse nicht oder nicht in den ersten Jahren durch Abwassergebühren gedeckt werden können.

Es muß daher, um den angestrebten Zweck, nämlich die Sanierung des Sees möglichst rasch zu erreichen, auch an Lösungen gedacht werden, die für die nächsten 10 bis 20 Jahre dimensionsmäßig ausreichen oder bereits so geplant werden, daß sie auch hinsichtlich des Grundbedarfes erweiterungsfähig sind.

Der Bau von Einzelkläranlagen scheint mir dabei die schlechteste Alternative zu sein, viel richtiger ist es, die Finanzierung der nötigsten Kanalstränge und Pumpwerke zu ermöglichen, ähnlich wie es in Kärnten in Aussicht genommen ist.

Die Planung einer solchen Anlage hat daher auszugehen von eingehenden Untersuchungen, wie ich hier am Beispiel Millstättersee aufführen möchte.

Der Arbeitsaufwand hierfür betrug für die rund 80 km Kanalnetz und 1350 Hausanschlüsse bei einem Bauvolumen von 212 Mio. S nahe an die 8000 bis 10.000 Arbeitsstunden. Die Arbeit wurde im März 1967 begonnen und im Dezember 1968 abgeliefert, so daß sie im Herbst 1968 mit einem ersten Bauabschnitt von 30 Mio. S unter Inanspruchnahme von Mitteln des Wasserwirtschaftsfonds und Zuschüssen des Landes in Angriff genommen werden konnte.

Die drei Gemeinden Seeboden, Millstatt und Obermillstatt haben sich zu einem Wasserverband zusammengeschlossen, für den der vorgenannte Projektumfang erstellt ist. Mit der Errichtung dieser Anlage ist aber das Problem der Reinhaltung

des Sees noch nicht gelöst, so lange die Abwasserbeseitigung von Döbriach, Radenthain, Feld am See und Kleinkirchheim unberücksichtigt bleibt.

Die Schwierigkeit der Planung und der Wahl der ersten Baumaßnahmen beruht hier eben darauf, daß dieses östliche Gebiet in die technischen Überlegungen und vor allem der Dimensionierung einbezogen werden mußte. Eine eingehende Untersuchung vom März 1969 ergab klar, daß der Anschluß dieser Gebiete an den Verband wirtschaftlicher sei als eine eigene Kläranlage in Döbriach, wobei die Wirtschaftlichkeit von Jahr zu Jahr zunimmt, je mehr Abwasseranfallstellen durch Ausbau der Ortsnetze dieser östlichen Ortsgebiete erfaßt werden.

Herr Prof. LIEPOLT vertrat in den damaligen ersten Verhandlungen die Ansicht, daß selbst eine geringe Unwirtschaftlichkeit in Kauf genommen werden könnte. Ich pflichte dem voll bei angesichts der Tatsache, daß hier in Döbriach in den Sommermonaten bis zu 20.000 EWG anfallen und selbst bei 90 prozentiger Klärwirkung somit noch soviel Schmutz wie von 2000 Menschen täglich in den See gelangen würde, abgesehen von der Gefahr von Betriebsstörungen, Ölunfällen usw. Die Untersuchung hat aber eindeutig gezeigt, daß bei einer Anlage einer gemeinsamen Kläranlage in Spittal für das gesamte Gebiet die Bau- und insbesondere die jährlichen Betriebskosten sich wesentlich verringern.

Die Erhebungen erstreckten sich daher auf folgendes: vorhandene Kanalsysteme, mögliche bzw. wahrscheinliche Bevölkerungsentwicklung im Hinblick auf topographische Möglichkeiten und vorhandene Flächenwidmungspläne, wahrscheinliche Entwicklung des Fremdenverkehrs, Erhebung des Wasserverbrauchs = Abwasseranfall, Verteilung des Abwasseranfalles pro Tag, der sich in Fremdenverkehrsgebieten vollständig anders verhält als in übrigen Wohngebieten, Lage der Badestrände, Entwicklung der Campingplätze, insbesondere aber die Arbeiten Professor LIEPOLTS bezüglich der Verschmutzungen durch die Bacheinläufe, woraus sich wesentliche Folgerungen bezüglich des Kanalnetzes im Hinterland ergaben, ferner auch Untersuchungen bezüglich der zumutbaren finanziellen Belastungen der Einwohner bzw. je Beitragsmeßzahl, woraus sich ebenfalls Folgerungen für den Bauzeitplan ergaben.

Die weiteren Arbeiten galten dem Aufbau des Kanalsystems von den Ortsnetzen her gesehen und der raschen Erfassung der Verschmutzung und den sich daraus ergebenden Folgerungen für Lage und Durchmesser des Hauptsammelkanals.

Bei der Bemessung des Hauptsammlers, der große Strecken weit in die Bundesstraße und im Fels zu liegen kommt und daher allein schon deshalb hohe Baukosten verursacht, wäre es sinnlos gewesen, sich auf \varnothing 25 und \varnothing 30 cm zu beschränken. \varnothing 50 und \varnothing 60 cm Querschnitt ist als Mindestquerschnitt richtig, insbesondere wo der Hauptsammelkanal nur etwa 15 bis 20 Prozent des gesamten Kanalnetzes ausmacht.

Bei der Aufstellung des Fließplanes ergab sich jedoch, daß zu keiner Stunde diese \varnothing voll ausgelastet sein werden, zum Beispiel an der Stelle der Pumpanlage I Seeboden wird er maximal 90 l/s betragen (um 10 Uhr vormittags), während das Abfuhrvermögen eines \varnothing 60 cm mehr als 300 l/s beträgt.

Es lag daher der Gedanke nahe, diese Rohrkapazität dazu mit zu benützen, um das Straßenwasser aus den stark frequentierten geschlossenen Ortsteilen (Ballungsgebieten) mit der hohen optischen und bakteriellen Verschmutzung zu benützen.

Weiters bestimmte uns aber zu diesem Entschluß die Tatsache, daß Millstatt ein ausgebautes Kanalsystem für Regenwasser, Radenthain ein neues Mischkanalnetz besitzen, die durch den Hauptsammelkanal nur abgefangen werden brauchen. Radenthain wird es nicht zumutbar sein, sein neues Kanalnetz in den neu ausge-

bauten Straßen in Trennsystem umzuwandeln. Auch für Seeboden ergab sich, daß auch im Hinblick auf die augenblicklichen Umbauten im Ort (Anlage von Großparkplätzen) und die Möglichkeit der Anlage eines Hochzonensammlers sowie eines Regenüberlaufes an der Lieser das Mischsystem vorteilhaft ist.

Bei der hydraulischen Berechnung für Seeboden kam die Tatsache zugute, daß bereits alle dortigen Gebäude ihre Dachwässer in den Untergrund versickern, somit nur die verschmutzten Straßenwässer zu erfassen sind.

Jetzt wurden aber Berechnungen bezüglich der anfallenden Regenmengen unter Einbeziehung von Radenthein erforderlich (eingeschaltete Dias zeigen Tabellen über Einwohnerermittlung und Zukunftsprognose, Schwankungen der Einwohnerzahl im Jahr, Schwankungen des Tageswasserverbrauches in Millstatt und Spittal, Fließzeitplan).

Aus den abzuleitenden Regenmengen ergab sich die Notwendigkeit eines Speicherraumes in Millstatt von rund 2000 cbm Inhalt, der auf einfache Weise durch Vergrößerung des Kanalquerschnittes unter Beibehaltung des ursprünglichen Kanalfalles erreicht wurde (Stauraumkanal). Der Berechnung liegt ein 15 stündiger Dauerregen zugrunde.

Um die Baukosten einigermaßen sicher berechnen zu können, haben wir mit Hilfe eines „Felsplanes“, welchen unser Geologe mittels einfacher Bodensonierungen, ferner durch Umfragen bei den örtlichen Bauunternehmungen, Baubehörden usw. erstellte, die Kosten-Unsicherheiten, welche Felsarbeiten immer verursachen, stark eingeschränkt. Der Felsplan schätzt in Prozent in Größenordnungen, wieviel Felsanteil im Rohrgraben zu erwarten ist. Bisher haben sich unsere Kalkulationen als richtig erwiesen und keine Baukostenüberschreitungen ergeben.

Wir haben nun untersucht, wieviel Schmutz bei der alle 0,7 Jahre erfolgenden Überschreitung dieser hydraulischen Annahmen in den See gelangen würde und sind zu dem Ergebnis gekommen, daß dabei nicht mehr Schmutz als von 55 Menschen (oder 1000 kg BSBs/Jahr), nach anderen Berechnungen von 200 Menschen, täglich in den See gelangen würde. Eine Menge, die mir gegenüber den anderen unvermeidlichen Verschmutzungen als bedeutungslos erscheint.

Leider stehen diesen technischen und biologischen Überlegungen in Kärnten rein wasserrechtliche Schwierigkeiten gegenüber, so daß hier mit wesentlich ungünstigeren Regenannahmen in die Rechnung eingegangen werden mußte.

Da nun Überschreitungen des angenommenen Regens immer gegeben sind, haben wir in Modellversuchen ein sogenanntes gekoppeltes Rohrsystem entwickelt, das es ermöglicht, die erste Schmutzwelle der Straßenwässer in den Kanal zu leiten, bei dessen späterer Überlastung aber die nachfolgenden wesentlich reineren Straßenwässer in den Vorfluter zu entlassen.

Hierüber erfolgt noch gesonderte Veröffentlichung.

Außerdem haben wir der Gestaltung der Regenauslaßschwellen auf Grund der Versuche Prof. KIRSCHNERS viel Aufmerksamkeit gewidmet und in unserer Modellanlage eine Form entwickelt, die als angeströmter Regenüberlauf zu bezeichnen ist und in Verbindung mit Stauräumen die geringste Schmutzfracht zum Vorfluter bietet. Wie überhaupt die Frage Misch- oder Trennsystem eine Frage der richtigen Konstruktion der Regenüberläufe ist.

Die Steuerung der Pumpwerke unter Ausnutzung des Speichervolumens der gefällschwachen Kanäle gestattet eine optimale Ausnutzung des Kanalvolumens und macht eine Erweiterung des Hauptsammelkanals erst in sehr später Zukunft wahrscheinlich. Die automatische Steuerungsanlage selbst wird aber auch erst am Ende der Bauperiode sinnvoll, wenn alle Abwassermengen dem Hauptsammelkanal zufließen.

Zur Abwasserbehandlung sei gesagt, daß es sich von vornherein als sinnvoll erwies, die Abwasserbehandlung gemeinsam mit der Stadt Spittal vorzunehmen, insbesondere wo sich die anfänglich erwarteten Schwierigkeiten des Baues eines Kanals in der Lieserschlucht dank der guten Zusammenarbeit mit dem Straßenbauamt als gering erwiesen. Die Probleme der Abwasserbehandlung, die durch die starken Schwankungen der Schmutzfracht von 6000 EWG im Winter auf 42.000 EWG im Sommer gegeben sind, verringern sich dadurch wesentlich. Auch ergaben sich trotz dieses Verbindungskanals geringere Baukosten als bei getrennten Kläranlagen. Die Baukosten einschließlich der Hausanschlußleitungen, die hier mitfinanziert werden, betragen laut Kostenanschlag 1968 212 Mio. S (nur für den bestehenden Verband Seeboden, Millstatt, Obermillstatt einschließlich Anteil der Kläranlage in Spittal). Mit diesen Kosten sind 1350 Hausanschlüsse und 80 km Kanalstränge erfaßt.

Abschließend möchte ich sagen, daß sorgfältige Erhebungen und Berechnungen, scheinen sie auch nur theoretischer Natur zu sein, nichts mit „Apothekerwaage“ zu tun hat: Das rechnerische Erkennen der wesentlichen Konstruktionselemente und Bemessungsgrößen zeigte vor allem, daß es technisch und wirtschaftlich sinnvoll ist, die großen, freien Abflußkapazitäten des Kanalsystems zur Ableitung der stark verschmutzten Straßenwässer zu benutzen, da sie nie für die Ableitung der Schmutzwässer benötigt werden.

Ich hoffe, daß ich mit dieser stichwortartigen Darstellung einen Überblick über die Lösung der Aufgabe und der von den Biologen gestellten Forderungen gegeben habe und hoffe, daß wir in den nächsten Jahren mit den ersten 40 Mio. S den Seezustand wesentlich und merklich, insbesondere den Zustand der Badestrände, verbessern können. Die Erörterung vieler technischer Einzelfragen, wie Auswertung der hydrographischen Angaben, Berechnung der Kanäle und Stauräume, Fließzeitermittlungen, Speicherraumermittlung, Regenüberfallmengen usw. würde den Rahmen eines Diskussionsbeitrages weit überschreiten und muß deshalb hier versagt werden.

Der Bau schreitet seit Herbst 1968 zügig und planmäßig voran. Wir legen in 14 Tagen eine Arbeitspause ein, um den Fremdenverkehr nicht zu behindern und wollen im Herbst mit unseren tüchtigen Baufirmen weiterarbeiten. Wir sind sicher, daß wir mit dieser Lösung bei geringstmöglichem Kapitaleinsatz in kurzer Zeit eine wesentliche Verbesserung des derzeitigen Seezustandes erreichen werden.

Anschrift des Verfassers: Tzt. Dr. Werner KOHL, Leiter der Abteilung Bakteriologie, Bundesanstalt für Wasserbiologie und Abwasserforschung, A-1223 Wien.

Anmerkung 1970: Die Gemeinden Radenthein und Bad Kleinkirchheim sind inzwischen dem Wasserverband beigetreten. Bis September 1970 sind 30 Mio. S verbaut, der Hauptsammelkanal bis Stadtgrenze Spittal ist fertig, ebenso der Stauraumkanal und der Hauptsammelkanal in Millstatt. Die Kostenanschläge konnten trotz der Lohn- und Preiserhöhungen eingehalten werden.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Wasser und Abwasser](#)

Jahr/Year: 1969

Band/Volume: [1969](#)

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

Artikel/Article: [Die bakterielle Belastung der Badeseen 117-135](#)