

Carinthia II	170./90. Jahrgang	S. 533–547	Klagenfurt 1980
--------------	-------------------	------------	-----------------

Aus dem Kärntner Institut für Seenforschung

Untersuchungen zum Natrium- und Chloridgehalt einiger Kärntner Seen¹⁾

Von Hans SAMPL

(Mit 6 Abbildungen)

ABSTRACT

Concentrations of Sodium and Chloride in Carinthian lakes are low in cause of geology. Investigations have shown an increase in many lakes caused by the use of salt on traffic areas in winter. The rising Na^+ and Cl^- concentrations seem not to be critical in the moment. This is in contrast to investigations on soil and terrestrial plants.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Natrium- und Chloridkonzentrationen der Kärntner Seen sind aus geologischen Gründen sehr niedrig. Untersuchungen ließen in den letzten Jahren eine zum Teil deutliche Erhöhung erkennen. Es ist dies auf die Verwendung von Streusalz auf Verkehrsflächen im Winter zurückzuführen. Die derzeit zu beobachtenden Konzentrationserhöhungen scheinen für die stehenden Gewässer vorerst keine Gefahr darzustellen. Dies steht im Gegensatz zu Untersuchungen an Böden und Vegetation.

1. Einleitung:

Im Zuge des UNESCO-Programmes MAB, Projekt „Verlauf und Ursachen der Eutrophierung an zwei Kärntner Seen – Millstätter See und Wörther See – mit unterschiedlichem Einzugsgebiet“²⁾ wurden zunächst

¹⁾ Meinem hochgeschätzten Freund Hofrat Hon.-Prof. Dr. Franz KAHLER mit herzlichsten Wünschen zum 80. Geburtstag gewidmet.

²⁾ Beitrag Nr. 5 zum MAB-Projekt „Kärntner Seen“.

nur routinemäßig u. a. auch die Natrium- und Chloridgehalte des Seewassers im Tiefenprofil sowie im jahreszeitlichen Verlauf bestimmt. Es stellte sich alsbald heraus, daß in den letzten Jahren zumindest im Wörthersee ein leichtes Ansteigen des Gehaltes an den genannten Ionen zu beobachten war. Aus diesem Grunde wurden die Untersuchungen auch auf eine Reihe anderer Kärntner Seen ausgedehnt, um eine entsprechende Vergleichsbasis zu haben. Ergebnisse dieser Untersuchungen wurden auch in einem Gutachten über die Salzbelastung des Wörthersees im Zusammenhang mit der Salzung der Verkehrsflächen, insbesondere der am Nordufer entlang führenden Wörthersee-Autobahn eingearbeitet (GUSINDE, DOUJAK, SAMPL 1979).

Während über die Beeinflussung von Grundwasser, Boden und Vegetation schon eine Reihe von Untersuchungen vorliegt, gibt es über die Auswirkungen der Straßensalzung auf natürliche Oberflächengewässer deutlich weniger Information. Eine umfangreichere Studie der Salzbelastung natürlicher Gewässer hat HOIGNÉ 1973 über die Schweizer Gewässer zusammengestellt.

Die Beeinträchtigung von Boden und Vegetation durch Straßensalzung wird u. a. von PEER 1979, ZULAUF 1966, BROD und PREUSSE 1975 sowie von SCHINNINGER und BURIAN 1977 behandelt, die u. a. als Auswirkungen eine Verdichtung des Bodens und eine Veränderung der Wasserpermeabilität feststellten, wodurch die Pflanzen Schwierigkeiten bei der Wasser- und Stickstoffentnahme bekommen. Dies führt letztlich zu einer Ertragsminderung, die durch die erhöhte Konzentration des Bodenwassers an Salz ausgelöst wird.

2. Methodik:

Das Natrium-Ion wurde wie alle übrigen metallischen Ionen mit Hilfe eines Atomabsorptionsspektrofotometers Perkin Elmer 360, das vom Bundesministerium für Gesundheit und Umweltschutz zur Verfügung gestellt wurde, gemessen. Das Chlorid-Ion wurde kolorimetrisch mittels Ammonium-Eisen II-Sulfat und Quecksilberrhodanid bestimmt. Die aus verschiedenen Tiefenstufen (Tabellen 2–6) entnommenen Proben wurden für die Na-Analyse mit Salpetersäure konserviert, in Kunststoffröhrchen aufbewahrt und innerhalb einiger Wochen bestimmt, die Chloridbestimmung erfolgte ein bis zwei Tage nach der Probenentnahme.³⁾

3. Die Natrium- und Chloridgehalte der Kärntner Seen:

Ganz allgemein ist festzuhalten, daß beide Ionen nur in relativ geringen Mengen vorhanden sind, dies ist naturgemäß geologisch bedingt. Die

³⁾ Für die sorgfältige Durchführung der Analysen danke ich meiner Mitarbeiterin Krista KANZ sehr herzlich. In gleicher Weise möchte ich Herrn Hans W. PONGRATZ für die Berechnung der Daten meinen Dank aussprechen.

Kärntner Seen eignen sich für Untersuchungen zur Feststellung von Veränderungen deswegen recht gut, weil es eine Reihe von Seen gibt, die von zivilisatorischen Einflüssen vollkommen unberührt sind.

Die Abwasserbeseitigung an den Kärntner Seen wird überall in Form von Ringkanalisationen durchgeführt, wobei eine Ableitung des Abwassers aus den gesamten hydrographischen Einzugsgebieten erfolgt. Daher ist auch keine Notwendigkeit gegeben, über dritte Reinigungsstufen geklärtes Wasser den Seen wieder zuzuführen, was durch den Chemikalieneinsatz bei der Phosphatfällung zu einer Erhöhung der Chloridkonzentration führen könnte. Eine eventuelle Veränderung in der Natrium- oder Chloridkonzentration ist daher vorwiegend auf die Einschwemmung von Streusalzen von den Verkehrsflächen zurückzuführen, was man an den erhöhten Gehalten in den Zubringerbächen im Winterhalbjahr erkennen kann. In den Wörthersee-Zubringern wurden beispielsweise Konzentrationen bis zu 830 mg/l gemessen.

Tab. 1: Natrium- und Chloridgehalt, Reihung der Seen mit zunehmender Konzentration, gewichtete Jahresdurchschnittswerte der Jahre 1977 bis 1979.

Na ⁺ mg/l			Cl ⁻ mg/l
Weißensee	0,1	Farchtensee	1,1
Turracher Grünsee	0,7	Weißensee	1,2
Farchtensee	0,9	Turracher See	1,6
Turracher See	1,1	Feldsee	1,6
Gösselsdorfer See	1,4	Pressegger See	1,7
Faaker See	1,5	Faaker See	1,8
Rauschelesee	1,5	Afritzer See	2,1
Pressegger See	1,6	Millstätter See	2,6
Keutschacher See	1,8	Keutschacher See	2,6
Klopeiner See	1,9	Klopeiner See	2,7
Feldsee	2,1	Rauschelesee	2,8
Hafnersee	2,3	Gösselsdorfer See	3,1
Afritzer See	2,3	Ossiacher See	3,1
Millstätter See	2,4	Hafnersee	3,3
Maltschacher See	2,5	Maltschacher See	3,6
Turnersee	2,6	Wörthersee	4,0
Haidensee	2,7	Haidensee	4,9
Wörthersee	3,0	Vassacher See	5,0
Vassacher See	3,1	Turnersee	6,2
Ossiacher See	3,1	Leonhardsee	7,2
Kraiger See	3,3	Kraiger See	7,2
Längsee	3,6	Längsee	8,3
Leonhardsee	4,9		

Wie dieser Zusammenstellung zu entnehmen, sind die Seen mit den niedrigsten Gehalten diejenigen, deren Einzugsgebiet fernab von Siedlungen und Straßen liegt. Andererseits sind die höheren Gehalte nicht unbedingt korreliert mit einer zivilisatorisch bedingten Natrium- bzw. Chloridanhäufung; so könnten die erhöhten Gehalte des Kraiger- oder des Längsees aus geologisch gegebenen Gründen erklärt werden.

Ob die höheren Na^+ - und Cl^- -Gehalte mit einem Eintrag dieser Ionen über den Mineraldünger in Zusammenhang stehen, ist nicht bekannt, es wäre jedoch nicht auszuschließen.

Über die vertikale Verteilung bzw. über die Veränderungen innerhalb eines Jahres geben die Tabellen 2, 3, 4, 5 und 6 über den Wörthersee, Millstätter See, Ossiacher See, Klopeiner See und Längsee Auskunft. Dabei zeigt sich, daß sowohl das Natrium- als auch das Chlorid-Ion im gesamten Wasserkörper relativ gleichmäßig verteilt ist, besondere Konzentrationsunterschiede im Schichtungsprofil sind nicht zu erkennen. Unregelmäßige jahres-

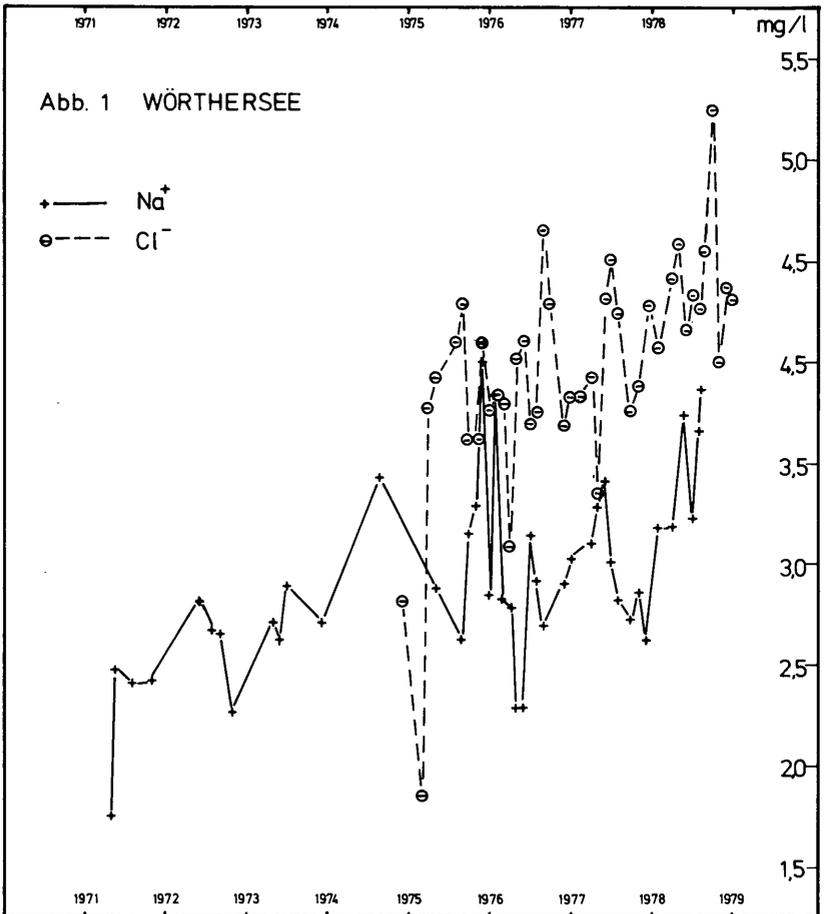


Abb. 1: Wörthersee: Gehalt an Na^+ und Cl^- in mg/l, seit 1971, gewichtete Mittel aus den Vertikalprofilen.

zeitliche Schwankungen sind allerdings vorhanden. – Doch sind die Schwankungen, die am Beispiel des Wörthersees in den Jahren 1975 bis 1979 (Abb. 1) dargestellt sind, nicht zu erklären. Es mag sicherlich eine Rolle spielen, daß das Streusalz, das im Winterhalbjahr aufgebracht wird,

Tab. 2: Wörthersee 1978

Chlorid

Tiefe	26. 1.	7. 3.	10. 5.	12. 6.	3. 7.	17. 7.	14. 9.	17. 10.	20. 12.
2 m	4,0	4,3	4,2	4,0	4,6	4,5	5,5	4,0	4,1
10 m	4,0	4,3	4,2	4,4	4,3	4,1	5,2	3,9	4,0
20 m	3,9	4,6	4,3	4,3	4,1	4,1	5,2	3,9	4,0
30 m	4,1	4,4	4,1	4,3	4,1	4,4	5,1	3,9	4,0
50 m	3,6	4,3	4,1	4,1	4,1	4,1	5,1	3,8	4,2
70 m	4,4	4,5	4,2	4,6	–	4,4	5,3	4,1	4,9
80 m	4,5	4,6	4,2	4,7	–	5,3	5,3	4,5	4,7

Natrium

2 m	3,1	3,3	3,9	3,4	3,5	4,2	3,7	3,5	3,5
10 m	3,2	3,2	4,0	3,4	4,4	3,9	3,5	3,3	3,4
20 m	3,1	3,4	3,9	3,3	3,7	3,8	3,5	3,4	3,6
30 m	3,1	3,5	3,8	3,2	3,9	4,1	3,5	3,3	3,5
50 m	3,1	3,0	3,6	3,2	3,7	3,8	3,3	3,1	3,1
70 m	3,2	3,0	3,5	3,1	–	3,7	3,1	3,2	3,3
80 m	3,2	3,0	3,6	3,1	–	3,6	3,2	3,0	3,2

Tab. 3: Millstätter See 1977

Natrium

Tiefe	18. 1.	3. 3.	19. 4.	25. 5.	7. 7.	18. 8.	27. 9.	24. 10.	24. 11.	20. 12.
2 m	2,67	2,88	2,44	2,38	2,06	1,92	2,15	1,90	2,22	–
10 m	2,34	2,44	2,68	2,12	2,09	1,85	2,06	2,01	2,02	–
20 m	2,38	2,64	2,59	2,29	2,38	2,46	2,21	2,39	2,15	–
30 m	2,18	2,26	1,86	2,33	2,29	2,58	2,16	2,32	2,12	–
40 m	2,24	2,47	2,44	2,36	–	–	–	–	–	–
50 m	2,29	2,52	2,54	2,29	2,26	2,17	2,26	2,23	2,04	–
80 m	2,22	2,47	2,55	3,14	2,25	2,19	2,24	2,12	2,13	–
100 m	2,15	2,49	2,50	2,27	2,18	2,14	2,21	1,97	2,18	–
120 m	2,13	2,59	2,45	2,31	2,28	2,14	2,21	1,99	1,96	–
140 m	2,19	–	–	–	2,25	2,15	2,62	2,00	–	–

Chlorid

2 m	2,8	2,2	2,1	2,6	2,8	1,6	2,6	1,5	2,0	1,6
10 m	2,7	2,2	1,8	2,3	2,4	2,5	2,6	1,5	1,9	1,7
20 m	2,6	2,0	1,8	2,5	4,1	3,3	2,8	1,6	2,1	1,8
30 m	2,8	2,0	1,9	2,4	4,8	3,4	2,6	1,6	2,0	2,2
40 m	2,8	2,0	1,8	2,5	–	–	–	–	–	–
50 m	2,8	2,0	1,7	2,4	4,2	3,2	2,9	1,6	2,0	2,1
80 m	2,7	2,0	1,7	2,4	8,2	3,6	2,7	1,7	1,9	2,2
100 m	2,7	2,3	1,8	2,4	7,1	3,7	2,7	1,3	2,1	2,5
120 m	3,4	2,1	2,4	2,4	6,1	4,3	2,8	2,0	2,6	2,2
140 m	5,3	–	–	–	10,5	4,8	3,7	2,3	–	–

in den Boden eindringt und dann langsam ausgewaschen wird. PEER 1979 beobachtete eine Auswaschung der Chloride bis in den Mai, eine solche des Natriums bis in den August. Besonders hervorgehoben zu werden verdient, daß es selbst in den meromiktischen Seen mit deutlicher Chemokline (Wörthersee, Klopeiner See, Längsee) zu keiner Erhöhung der Konzentration im Monimolimnion kommt. Der orthograde Kurvenverlauf der Chlorid- und Natriumschichtung belegt jedoch, daß beide Ionen nur zu einem ganz unbedeutenden Anteil durch biologische Prozesse beeinflusst werden. Einige Blaualgenarten benötigen Natrium (GESSNER 1959), doch scheint eine Beeinflussung des Schichtungsbildes durch Verbrauch von Natrium durch Blaualgen an den Kärntner Seen kaum gegeben zu sein.

In Abbildung 2 sind die Natrium- und Chloridgehalte der beschriebenen Seen dargestellt. In diesem Überblick zeigt sich unter anderem, daß beim Längsee und bei dem ihm nahe gelegenen Kraiger See, aber auch beim Turnersee, ein deutliches Überwiegen des Chloridanteiles festzustellen ist. Dies ist sicherlich aus dem geologischen Untergrund zu erklären.

Im Kraiger See und im Längsee beträgt ähnlich wie im Turracher See und im Millstätter See das Verhältnis Magnesium zu Kalzium etwa 1:1, während bei allen übrigen aufgezählten Seen das Verhältnis etwa 1:2 bis 1:4 beträgt. Mit dem Verhältnis Mg:Ca = 1:1 weichen die vier genannten Seen

Tab. 4: Ossiacher See 1978

Natrium

Tiefe	2. 2.	9. 3.	31. 5.	28. 6.	31. 7.	23. 8.	19. 9.	30. 10.	29. 11.
2 m	3,43	3,23	3,24	2,88	3,04	2,88	3,16	3,06	3,18
5 m	3,62	3,35	-	3,01	3,08	2,87	3,17	3,21	3,24
8 m	3,47	3,26	3,26	3,13	3,35	3,14	3,35	3,12	3,42
10 m	3,45	3,20	3,31	3,27	3,54	3,09	3,47	3,15	3,34
12 m	3,27	3,42	3,51	3,32	3,48	3,20	3,44	3,33	3,21
15 m	3,39	3,21	3,87	3,18	3,71	3,17	3,68	3,33	3,26
20 m	3,26	3,32	3,33	4,72	3,36	3,19	3,46	3,32	3,20
30 m	3,29	3,35	3,42	3,73	3,32	3,31	3,38	3,31	3,34
40 m	3,26	3,27	3,35	3,41	3,48	3,15	3,31	3,39	3,42
45 m	-	3,41	3,36	3,17	3,16	-	3,42	3,30	-
50 m	-	-	-	-	-	3,10	-	-	3,18

Chlorid

2 m	2,9	3,4	3,2	3,2	3,1	3,3	3,0	3,3	2,9
5 m	3,0	3,4	-	3,0	2,9	3,2	2,9	3,2	2,8
8 m	2,9	3,4	3,2	3,1	2,9	3,4	3,0	3,4	2,8
10 m	3,0	3,3	3,0	3,0	2,9	3,2	3,0	3,4	2,6
12 m	2,8	3,2	3,1	3,2	3,1	3,1	3,0	3,3	2,7
15 m	2,9	3,2	3,2	3,1	2,9	3,5	2,9	3,6	2,8
20 m	3,3	3,4	3,1	3,1	3,1	3,3	3,0	3,6	2,6
30 m	3,4	3,3	3,1	3,0	2,9	3,7	2,8	3,5	2,9
40 m	3,3	3,3	3,0	3,1	3,1	3,5	3,0	3,4	2,8
45 m	-	3,1	4,2	3,0	-	-	2,9	3,8	-
50 m	-	-	-	-	3,1	3,4	-	-	2,7

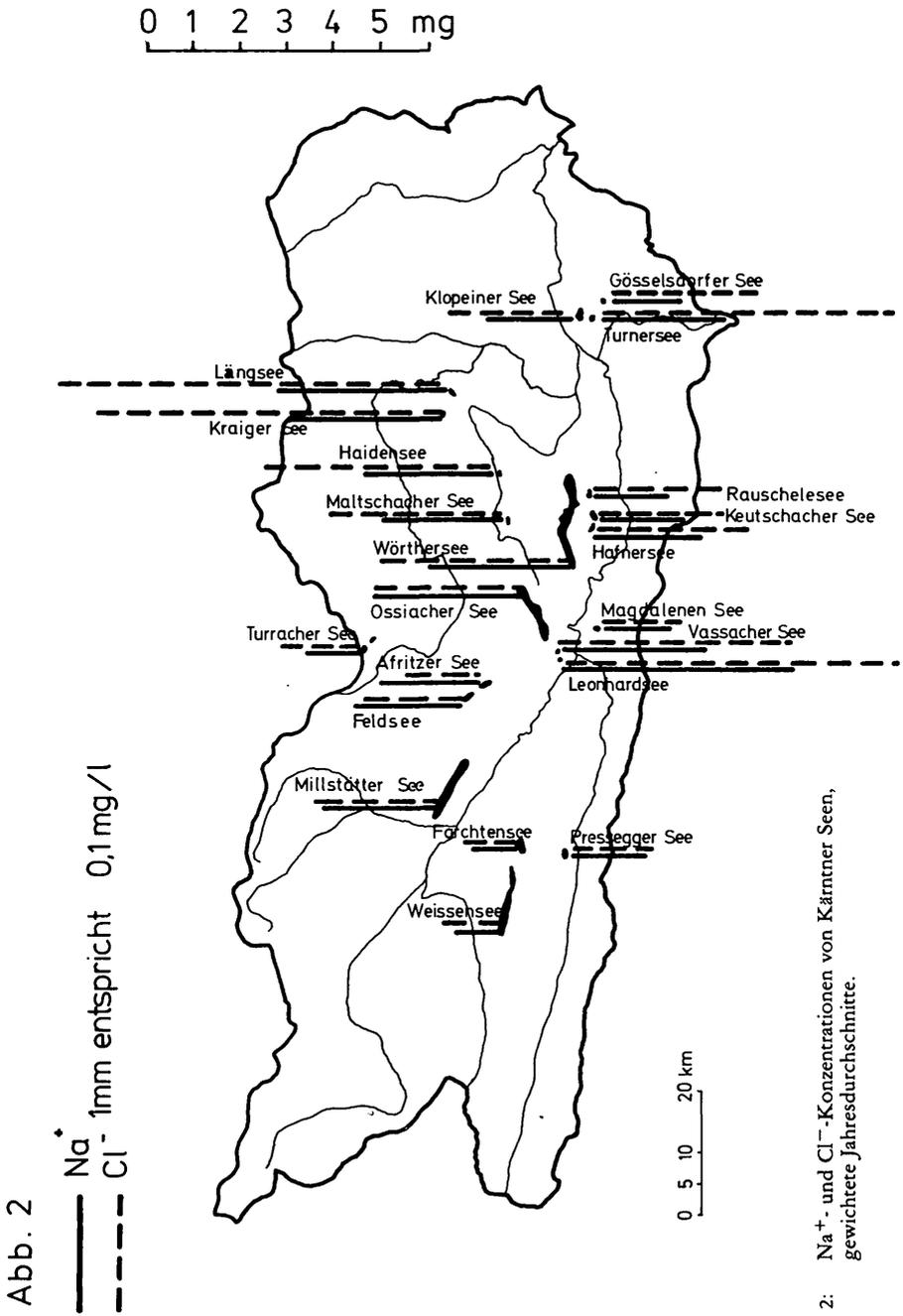


Abb. 2: Na^+ - und Cl^- -Konzentrationen von Kärntner Seen, gewichtete Jahresdurchschnitte.

(Tabelle 7) vom Standardtypus des Äquivalenzverhältnisses, welches nahezu weltweit gilt, deutlich ab (RUTTNER 1962).

Ca ⁺⁺	64%	HCO ₃ ⁻	74%
Mg ⁺⁺	17	SO ₄ ⁻⁻	16
Na ⁺	16	Cl ⁻	10
K ⁺	3		

Tab. 5: Klopeiner See 1976

Natrium

Tiefe	6. 2.	31. 3.	4. 5.	22. 6.	3. 8.	7. 9.	13. 10.	18. 11.
2 m	3,5	1,5	1,6	2,1	2,1	-	1,67	1,67
5 m	1,8	-	-	2,2	-	1,6	-	1,68
8 m	1,9	1,4	-	2,3	3,5	1,5	1,66	1,61
10 m	1,9	-	1,6	2,0	-	1,5	-	1,58
12 m	1,7	1,5	-	2,1	1,9	1,4	1,68	1,59
15 m	1,7	-	-	1,8	-	1,3	-	1,44
20 m	1,5	1,4	1,7	1,8	1,7	1,4	1,98	1,53
25 m	1,8	1,4	1,6	2,0	1,7	1,4	1,63	1,71
30 m	3,4	1,4	1,5	1,8	1,6	1,5	2,26	3,32
40 m	2,2	1,4	1,4	1,8	1,6	1,5	1,60	2,80

Chlorid

2 m	2,1	2,9	2,3	2,8	2,2	-	4,0	2,7
5 m	2,1	-	-	2,8	-	2,7	-	2,7
8 m	2,0	2,9	-	2,7	3,4	2,6	4,1	2,7
10 m	1,9	-	2,3	2,9	-	2,5	-	2,6
12 m	1,9	2,9	-	2,7	3,6	2,6	3,3	2,6
15 m	1,9	-	-	2,7	-	2,6	-	3,1
20 m	1,9	3,0	3,4	2,7	2,9	2,5	3,2	3,1
25 m	1,9	3,9	3,3	2,6	3,2	2,8	3,8	3,1
30 m	2,4	3,6	4,0	2,6	3,7	2,4	3,8	3,8
40 m	2,2	3,3	3,6	2,7	4,0	2,2	3,4	4,3

Tab. 6: Längsee 1977

Natrium

Tiefe	21. 4.	22. 6.	17. 8.	20. 9.	25. 10.
2 m	3,66	3,87	3,54	3,56	3,26
5 m	3,73	3,92	3,47	3,68	3,17
8 m	3,75	4,18	3,49	3,63	3,34
10 m	2,48	4,02	3,78	3,60	3,22
12 m	3,61	3,89	3,61	3,54	3,35
15 m	4,02	3,92	3,39	-	3,61
20 m	4,16	4,11	3,64	3,71	3,40

Chlorid

2 m	6,7	8,6	7,8	9,2	6,9
5 m	7,0	7,8	7,8	10,1	7,0
8 m	7,0	8,1	7,9	10,7	6,3
10 m	7,1	8,1	7,8	10,5	6,3
12 m	7,1	8,0	9,1	10,4	6,9
15 m	8,4	9,6	9,8	-	9,1
20 m	9,7	11,1	11,3	12,2	10,9

Tab. 7: Ionenverhältnisse einiger Kärntner Seen

	Afritzer See	Faaker See	Feld- see	Klopeiner See	Keutschacher See	Maltschacher See	Ossiacher See	Worther- see	Turracher See	Millstätter See	Kraiger See	Längsee
	mval/l %	mval/l %	mval/l %	mval/l %	mval/l %	mval/l %	mval/l %	mval/l %	mval/l %	mval/l %	mval/l %	mval/l %
HCO ₃ ⁻	1,55 80	3,16 80	0,92 72	2,45 88	3,10 93	1,91 88	2,01 82	2,55 93	0,89 86	1,49 79	4,32 82	3,45 88
SO ₄ ²⁻	0,29 15	0,68 17	0,27 21	0,23 8,3	0,11 3,3	0,14 6,4	0,27 11	0,05 1,8	0,11 11	0,32 17	0,66 13	0,28 7,1
Cl ⁻	0,07 3,6	0,07 2	0,05 3,9	0,08 2,9	0,08 2,4	0,12 5,5	0,08 3,3	0,12 4,4	0,03 2,9	0,07 3,7	0,22 4,2	0,20 5,1
SiO ₃ ⁻	0,03 1,5	0,04 1	0,03 2,3	0,008 0,3	0,03 0,9	0,005 2,3	0,08 3,3	0,03 1,1	0,007 0,7	0,01 0,5	0,06 1,1	0,007 0,2
Σ	1,94	3,95	1,27	2,77	3,32	2,18	2,44	2,75	1,04	1,89	5,26	3,94
	mval/l %	mval/l %	mval/l %	mval/l %	mval/l %	mval/l %	mval/l %	mval/l %	mval/l %	mval/l %	mval/l %	mval/l %
Ca ⁺⁺	1,30 67	2,33 62	0,73 58	1,95 67	2,18 66	1,48 69	1,39 66	1,70 62	0,37 40	0,86 47	2,68 51	1,84 46
Mg ⁺⁺	0,42 22	1,33 36	0,35 28	0,85 29	1,02 31	0,51 24	0,56 26	0,84 31	0,49 53	0,863 45	2,35 45	1,89 48
Na ⁺	0,11 5,7	0,06 2	0,10 7,9	0,07 2,4	0,08 2,4	0,09 4,2	0,13 6,1	0,15 5,5	0,05 5,4	0,09 4,9	0,14 2,7	0,17 4,3
K ⁺	0,10 5,2	0,02 0,5	0,08 6,3	0,03 1	0,02 0,6	0,05 2,3	0,04 1,9	0,04 1,5	0,01 1,1	0,06 3,3	0,07 1,3	0,07 1,8
Σ	1,93	3,74	1,26	2,90	3,30	2,13	2,12	2,73	0,92	1,84	5,24	3,97

4. Veränderungen der Natrium- und Chloridkonzentrationen in den letzten Jahrzehnten:

Betrachtet man alle verfügbaren Analysen der beiden Ionen, so läßt sich bei einigen Seen ein mäßiges, doch deutlich erkennbares Ansteigen der Jahresdurchschnittsgehalte feststellen. Dieser gewichtete Jahresdurchschnittswert setzt sich aus allen Messungen im Tiefenprofil als auch über das ganze Jahr hin zusammen. Unter Berücksichtigung aller methodischen Schwierigkeiten bei diesen Langzeituntersuchungen und unter Mitverwendung älterer Analysen sind diese Veränderungen durchaus als real anzusehen. Wie bereits erwähnt, sind an den Kärntner Seen keine dritten Reinigungsstufen im Einsatz, daher ist die Konzentrationserhöhung überwiegend auf die Salzung der Verkehrsflächen zurückzuführen. Auch der Eintrag über Abwasser ist seit einigen Jahren nicht mehr gegeben, da bereits ein Großteil der Abwässer über die Ringkanalisationen abgeleitet wird.

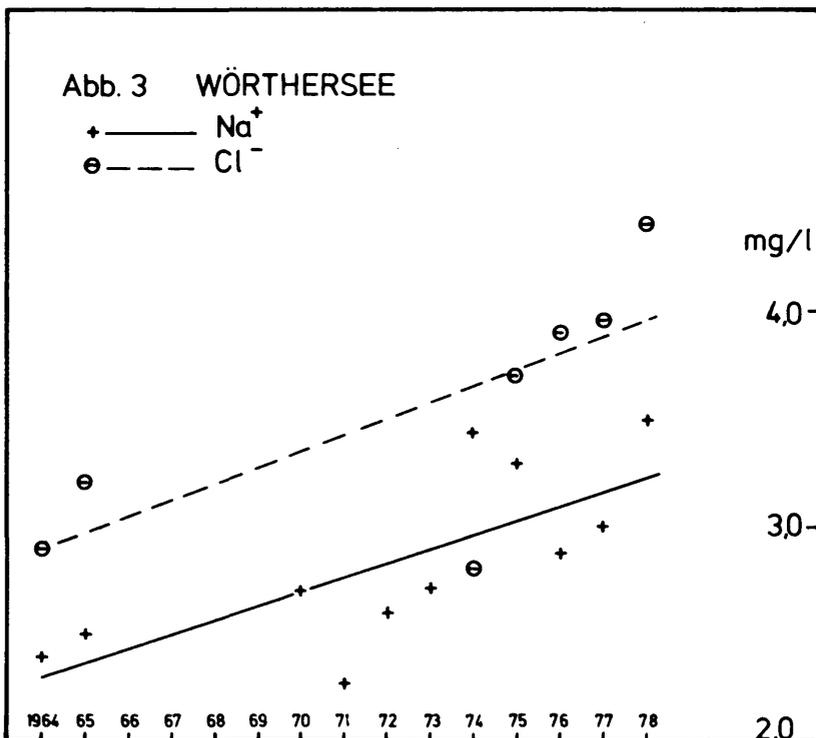


Abb. 3: Wörthersee: Na⁺- und Cl⁻-Konzentration, Jahresmittel seit 1964.

Konzentrationserhöhungen über einen längeren Zeitraum sind vom Greifensee in der Schweiz bekannt, wo der Chloridgehalt im Zeitraum von 1954 bis 1971 von 3 auf 10 mg/l Chlorid angestiegen ist (HOIGNE 1973). Vom Eriensee (Nordamerika) wird eine Erhöhung des Chloridgehaltes in den letzten 50 Jahren um das Dreifache berichtet (OWNBEY und KEE 1967). In den Abbildungen 3, 4, 5 und 6 wird die Veränderung des Natrium- und Chloridgehaltes im Wörthersee, im Millstätter See, im Ossiacher See und im Längsee dargestellt. Sehr auffällig ist eine recht deutliche Zunahme der Konzentration beim Wörthersee. Hier war bis zum Jahr 1974, abgesehen von den schon erwähnten Schwankungen, eine Chloridkonzentration (als gewichtetes Jahresmittel) zwischen 2,8 bis 3,2 mg/l zu registrieren, ab dem Jahr 1975 ist ein kontinuierlicher Anstieg festzustellen, der im Jahre 1978 bereits 4,4 mg/l Chlorid erreicht hat. Diese Konzentrationserhöhung ließ den Chlorid- bzw. Natriuminhalt des Wörther Sees in nachstehender Weise ansteigen:

	Na ⁺	Cl ⁻ in t
1973	2150	2200
1974	2850	2200
1975	2600	3050
1976	2450	3200
1977	2500	3250
1978	2900	3570

Als Ursache für diese Zunahme ist jene Salzmenge anzusehen, die auf den innerhalb des hydrographischen Einzugsgebietes vorhandenen Flächen aufgebracht wird, wobei nicht nur das Salz von der Autobahn, sondern von

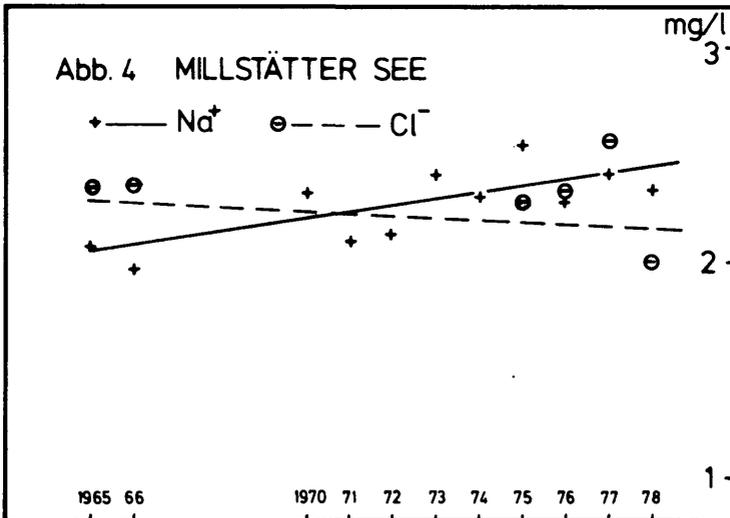


Abb. 4: Millstätter See: Na⁺- und Cl⁻-Konzentration, Jahresmittel seit 1965.

allen befestigten Verkehrsflächen zu berücksichtigen ist (Gehsteige, Parkplätze, Hauseinfahrten, Gemeinde-, Landes- und Bundesstraßen).

Nur ein geringer Anteil der Straßenwässer wird über die Abwasserkanalisationssysteme abgeleitet. Es wird ja nur in Siedlungsgebieten über Mischkanalisation Straßen- und Fäkalwasser abgeleitet; von den Freilandstraßen gelangt das Wasser direkt oder über die Zuflüsse in die Seen. Allein auf der Autobahn im Einzugsgebiet des Wörthersees wurden in den letzten Jahren zwischen 100 und 400 t Cl^- jährlich aufgebracht. Die Autobahn im Bereich des Wörthersees ist in Teilen seit 1970 und seit 1972 zur Gänze fertiggestellt.

Bei der Beurteilung der in Zukunft zu erwartenden maximalen Konzentration ist davon auszugehen, daß diese sich dann einstellen wird, wenn der See die gleichen Gehalte aufweist wie die durchschnittlichen Konzentrationen aller Zuflüsse. Bei den derzeit aufgeführten Na^+ - und Cl^- -Mengen wird sich ein Gleichgewichtszustand unter 10 mg für beide Ionen z. B. im Wörthersee einstellen, wobei sich die Endkonzentration vermutlich im Zeitraum der theoretischen Wassererneuerungszeit einpendeln wird.

Eine nur sehr geringe Konzentrationserhöhung läßt sich für den Ossiacher See (Abb. 5) errechnen. Bei diesem See ist zu berücksichtigen, daß in seinem Einzugsgebiet doch deutlich weniger Verkehrsflächen als beim Wörthersee bei einer relativ großen Seefläche (10,8 km²) vorhanden sind.

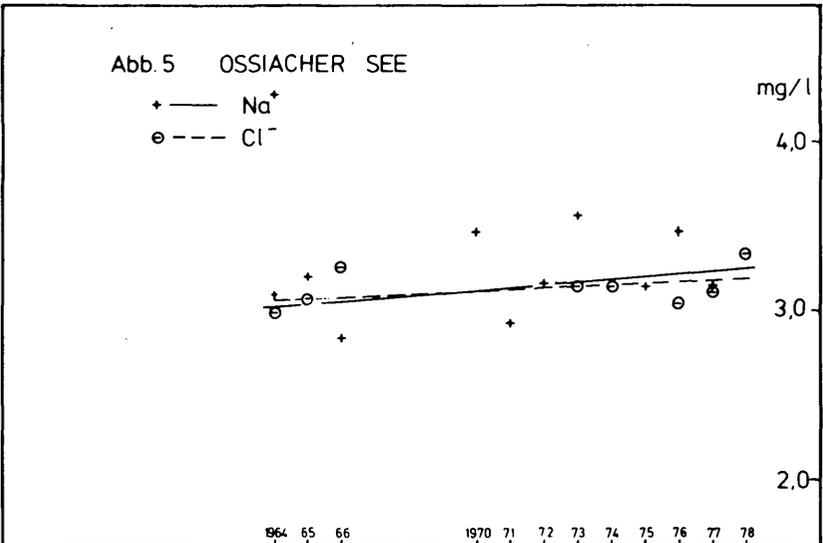


Abb. 5: Ossiacher See: Na^+ - und Cl^- -Konzentration, Jahresmittel seit 1964.

Auch beim Ossiacher See läßt sich wie beim Wörthersee eine recht deutliche Schwankung der Konzentration erkennen, die sicherlich ähnliche Ursachen hat wie beim Wörthersee. An diesem See wird sich ein Gleichgewichtszustand vermutlich früher einstellen, da die Wassererneuerungszeit dieses Sees doch entschieden kürzer ist als jene des Wörthersees (Wörthersee 9,5 Jahre, Ossiacher See etwa 2 Jahre) und daher über den Abfluß auch mehr abtransportiert wird.

Beim Millstätter See lassen sich etwas andere Verhältnisse erkennen. Hier nehmen nämlich im Gegensatz zu allen übrigen in diesem Zusammenhang untersuchten Seen die Chloridkonzentrationen eher ab, die Natriumkonzentrationen sind nur leicht im Ansteigen (Abb. 4). Diese Verhältnisse stehen im Zusammenhang mit der im Einzugsgebiet des Sees befindlichen magnesiterzeugenden Industrie. Der Millstätter See wurde als einziger Kärntner See viele Jahre hindurch neben den häuslichen Abwässern auch durch Abwässer aus der genannten Industrie belastet.

Durch viele Jahrzehnte gelangten stark getrübe mineralpartikelhaltige Abwässer aus den Flotationsanlagen und stark alkalische Abwässer aus einer Naßentstaubungsanlage über den Zufluß in den See. Diese Belastung mit den alkalischen Abwässern führte zu einer Erhöhung des pH-Wertes

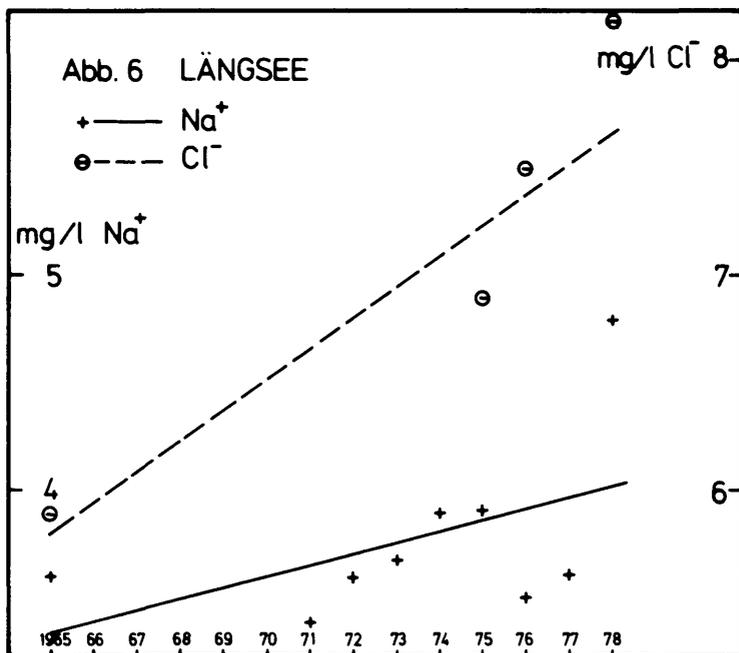


Abb. 6: Längsee: Na^+ - und Cl^- -Konzentration, Jahresmittel seit 1965.

über pH 11 im Millstätter See. Nach verschiedenen technischen Maßnahmen, wie Sedimentationsbecken und Umstellung der Naßentstaubung auf eine Trockenentstaubung, ging die Belastung mit diesem Industrieabwasser deutlich zurück, so daß einerseits die Trübung des Zulaufes abnahm, andererseits auch der pH-Wert des Sees sich wieder normalisierte. Das Fernhalten des sicherlich auch chloridhaltigen Abwassers könnte als Erklärung dafür dienen, daß die Chloridkonzentrationen im See nicht mehr ansteigen, sondern eher einen Trend zum Absinken erkennen lassen. Aus der Zeit vor der Installierung dieser Einrichtungen liegen nur vereinzelte Messungen vor. Der Cl⁻-Gehalt betrug im Hauptzufluß oberhalb dieser Industrie 1,4 mg/l, unterhalb 3 mg/l.

Vom Längsee liegen als Beispiel für einen kleineren See hinreichend viele Daten vor, um auch hier eine Konzentrationsveränderung erkennen zu können. Trotz der Tatsache, daß in seinem nur 10,8 km² großen Einzugsgebiet sehr wenig Verkehrsflächen vorhanden sind, ist bei diesem See (Fläche 0,748 km²) eine deutliche Konzentrationserhöhung zu erkennen. Wenngleich hier eine Deutungsmöglichkeit recht schwierig ist, könnte angeführt werden, daß offenbar allein die wenigen mit Salz bestreuten Flächen ausreichen, in einem Kleinsee Konzentrationserhöhungen auszulösen.

5. Diskussion der Ergebnisse:

Während sich in der Vegetationsdecke als auch in den Böden im Zusammenhang mit der Salzung der Verkehrsflächen Probleme ergeben, wie dies die zitierte Literatur zeigt, scheinen die Konzentrationsveränderungen in den stehenden Gewässern vorerst keine akute Gefahr darzustellen. Die bis jetzt erreichte und auch für die nähere Zukunft zu erwartende Konzentration an Natrium- und Chlorid-Ionen ist vergleichsweise zu einer Vielzahl anderer Seen, z. B. des Salzkammergutes, trotz allem noch sehr niedrig. Vor allem weist beispielsweise der Wörthersee eine Konzentration auf, die noch deutlich niedriger als z. B. jene des Längsees und des Kraiger Sees ist, wobei in den beiden letztgenannten Seen der im Vergleich zu anderen Kärntner Seen höhere Gehalt an beiden Ionen sicherlich geologisch bedingt ist. Gleiches ist naturgemäß auch für die Seen des Salzkammergutes zu sagen.

Da die Salzung erst nach Jahrzehnten ihre volle Auswirkung zeigen könnte, ist eine ständige Kontrolle der Natrium- und Chloridkonzentrationen vonnöten. Eine Beeinträchtigung von Wassertieren wie Kleinkrebsen, Wasserinsekten und Fischen ist bei den derzeitigen Konzentrationen nahezu auszuschließen, da die Toleranzgrenze dieser Tiere zumeist bis zu einigen tausend mg/l Na Cl beträgt.

Die Gefahr, daß durch Einschichtung salzhaltigen und somit dichten Wassers das Tiefenwasser der Seen „beschwert“ wird und es dadurch zu einer verstärkten Ausbildung der Meromixis kommt, ist aufgrund der zu

erwartenden Endkonzentrationen, die trotz allem niedrig bleiben werden, nicht gegeben (dies gilt allerdings nur unter der Voraussetzung, daß die Salzung der Straßen in der Zukunft nicht in größerem Umfang betrieben wird).

Trotzdem sollte man anstreben, die niedrigen natürlichen Gehalte des Wörthersees und des Millstätter Sees, natürlich auch der anderen Kärntner Seen, nicht anthropogen zu beeinflussen, da oft geringe Veränderungen in einem Ökosystem nicht vorhersehbare Auswirkungen haben können. Bekannterweise besteht die Umweltbeeinträchtigung immer in der Summierung von kleinen, an und für sich gerade noch vertretbaren Einzelbeeinträchtigungen (STUMM 1973).

L I T E R A T U R

BROD, H. G., und PREUSSE, H. U. (1975): Einfluß von Auftausalzen auf Boden, Wasser und Vegetation. Rasen - Turf - Gazon. Internat. Zeitschrift für Forschung und Praxis, Teile I, II und III.

GESSNER, Fritz (1959): Hydrobotanik II. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin.

GUSINDE, R. E., DOUJAK, H., und SAMPL, H. (1979): Gutachten über die Verschmutzung von Fahrbahnabwässern der Süd-Autobahn (Teilstück Wörthersee) und über ihren Einfluß auf den Wörthersee. - Unveröffentlichtes Gutachten im Auftrage des Amtes der Kärntner Landesregierung, Bundesstraßenverwaltung - Autobahn; Klagenfurt.

HOIGNE, J. (1973): mit Beiträgen von W. STUMM, W. GEIGER, D. IMBODEN, F. ZEHENDER. Gutachten im Auftrag der Vereinigten Schweizerischen Rheinsalinen. Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz der ETH Zürich, 1-85 und Beilagen.

OWNBEY, C. R., und KEE (1967): Chlorides in Lake Erie. 10th Conf. Great Lakes, Toronto.

PEER, Th. (1979): Die Mobilität von NaCl im Boden. Umweltschutz, H. 1: 8-10.

RUTTNER, F. (1962): Grundriß der Limnologie. Verlag Walter de Gruyter u. Co., Berlin.

SCHINNINGER, R., und BURIAN, K. (1977): Anthropogene Beeinflussung der Vegetation in Österreich. Beiträge: Umweltschutz, Lebensmittelangelegenheiten und Veterinärmedizin. Forschungsberichte, herausgegeben vom Bundesministerium für Gesundheit und Umweltschutz, 1/80:1-156.

ZULAUF, R. (1966): Pflanzenschäden durch Streusalzverwendung im Winterdienst „Straße und Verkehr“, 52(10):519-526.

Anschrift des Verfassers: Dr. Hans SAMPL, Kärntner Institut für Seenforschung, Flatschacher Straße 70, A-9020 Klagenfurt.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Carinthia II](#)

Jahr/Year: 1980

Band/Volume: [170_90](#)

Autor(en)/Author(s): Sampl Hans

Artikel/Article: [Untersuchungen zum Natrium- und Chloridgehalt einiger Kärntner Seen \(Mit 6 Abbildungen\) 533-547](#)