

INDIKATORPAPIERMETHODE - EINE METHODE ZUR DARSTELLUNG DER SALZ-SPRITZWASSERZONE IN KÜNSTLICHEN UND NATÜRLICHEN ÖKOSYSTEMEN

Von Alfred Stampler

Ludwig Boltzmann-Institut für Umweltwissenschaften und Naturschutz,
Graz

ZUSAMMENFASSUNG

Die Toleranz von Pflanzen gegenüber Salzen, speziell gegen Natriumchlorid, ist sehr verschieden. Ebenso verschieden ist die Salzbelastung in den verschiedenen Ökosystemen. Natürliche Ökosysteme mit hoher Salzbelastung durch Kochsalz sind die Meeresküsten, Salzbinenseen und Salzwüsten; diese entwickeln im Rahmen der Sukzession eine spezialisierte Dauergesellschaft aus salztoleranten Pflanzen, den Halophyten.

In unseren künstlichen Ökosystemen, wie Straßen und Städten, tritt eine Salzbelastung durch die winterliche Salzstreuung auf. Die meisten hier lebenden Pflanzen sind aber nicht tolerant und werden daher durch das Chlorid-Ion geschädigt. Das hier beschriebene Beispiel zeigt die Einflußzone des Salzwassers an den Rändern unserer Straßen und Autobahnen an Hand einer neuen Methode: Filterpapier wird mit Silbernitrat und Kaliumchromat behandelt und wirkt dadurch als Indikatorpapier für das Chlorid-Ion. Das Papier wurde am Straßenrand in verschiedener Entfernung und Höhe nach einer Salzstreuung exponiert. Helle gelbe Flecken zeigen den Einfluß des chloridhaltigen Wassers auf dem dunkelbraunen Indikatorpapier. Die Größe der Flecken ist proportional dem Tropfenvolumen und kann für Konzentrationen über 500 mval/l und Tropfenvolumina zwischen 10 und 30 µl an Hand von Abbildung 1 abgelesen werden.

Für Chloridkonzentrationen zwischen 5 und 500 mval/l kann durch Ausmessung des Wasserflecks am Papier der ungefähre Konzentrationsbereich mit folgender Formel dargestellt werden: $\log \text{Konz} = \frac{F1 + 23,01}{59,5}$. Dabei ist $\frac{1}{2} F1$ der prozentuelle

Flächenanteil des Salzflecks am Gesamtfleck (= Wasserfleck).

SUMMARY

Plants have different tolerance to salts, especially to NaCl. In different ecosystems they have to fight against different treatment of salt-influence. Natural ecosystems with high NaCl-input are the coasts of the oceans and inland saltmarshes; they have a special vegetation of salt-tolerant plants, the halophytes.

In artificial ecosystems like our cities and streets, plants become stressed by deicing salt in winter. These plants are not tolerant and become injured by chloride. With a demonstrative method the salt-spray zone near highways and roads is shown. Filterpaper is prepared with AgNO₃ and K₂CrO₄ to an indicatorpaper of the Cl⁻-Ion. This paper was exposed to roadside environment in different height and distance after salting the road. The influence of Cl⁻-droplets is demonstrated by light yellow spots on the brown indicator-paper. The size of the spot is a relative measure of the droplet-volume at Cl⁻-concentrations higher than 500 mval/l and can be stated after figure 1 at a droplet-volume between 10 and 30 µl.

At Cl⁻-concentrations between 5 and 500 mval/l the measure of the water-spot on the paper makes an approximative measure of the concentration possible. The for-

$$\text{mula} \quad \log \text{Konz} = \frac{\text{Fl} + 23,01}{59,5}$$

shows the relation between the area of the water-spot and of the salt-spot on the paper, where % Fl is the percentual account of the saltspot area related to the water-spot area.

1. EINLEITUNG

Salze haben in der gesamten Biologie eine große Bedeutung, machen sie doch zu einem großen Teil jene Nährstoffe aus, die dem Aufbau der organischen Substanz aus anorganischen Substanzen dienen. Nicht alle Salze fördern das Gedeihen der Pflanzen. Viele Salze enthalten Elemente, die für die Pflanzen nicht lebensnotwendig sind, ja teilweise sogar giftig wirken. Andere Elemente wiederum wirken in überhöhten Konzentrationen schädlich, werden aber bei überhöhtem Angebot nicht selektiv aufgenommen. Es ist Aufgabe der ökologischen Forschung, die Zusammenhänge zwischen Angebot, Aufnahme und Wirkung dieser Stoffe zu klären.

In den letzten Jahren hat besonders das Natriumchlorid (=Stein- oder Kochsalz) in der Ökologie an Bedeutung gewonnen. Natriumchlorid wirkt auf die Mehrzahl der Pflanzen schädlich, ausgenommen auf Halophyten. Die Schädwirkung wird einerseits durch Eingriffe der Chloridionen auf die Osmoregulation, andererseits durch die zerstörende Wirkung der Natrium-Ionen auf die Bodenstruktur erzielt. In natürlichen Ökosystemen tritt dieses Salz als Hauptbestandteil des Meerwassers an der Meeresküste und an Salzbinnenseen auf, sowie auch in Salzwüsten, und bewirkt dort die Ausbreitung einer Halophytenvegetation.

Durch die gefrierpunktniedrigende Wirkung von Salzen im allgemeinen und durch die enorme Löslichkeit des Kochsalzes im besonderen (sowie einiger weiterer Vorzüge) fand man in dieser Substanz das geeignetste Mittel zur Glatteisbekämpfung auf unseren Straßen. Auf Grund des Inputs dieser Schadschubstanz in unsere künstlichen Ökosysteme erfolgt eine Schädigung der glykophytischen Straßenrandvegetation. Da nun aber künstliche Ökosysteme von Menschen gestaltet werden, wäre es auch Aufgabe des Menschen, das Gleichgewicht in diesen Ökosystemen mit seinen Mitteln aufrecht zu erhalten.

Die folgenden Untersuchungen wurden im Rahmen einer Hausarbeit (STAMPLER 1976) am Ludwig Boltzmann-Institut für Umweltwissenschaften und Naturschutz sowie am Institut für Anatomie und Physiologie der Pflanzen der Universität Graz durchgeführt, und es sei hier allen, die mir bei der Ausführung Hilfe leisteten, ein allgemeiner Dank ausgesprochen.

2. MESSMETHODEN FÜR Cl^- -KONZENTRATIONEN

Alle Methoden zur Bestimmung der Salzbelastung eines Ökosystems laufen primär auf die Bestimmung des Cl^- -Anteils hinaus, da nahezu das gesamte vorhandene Chlor als Chlorid-Ion auftritt, vollständig dissoziiert ist und somit leicht erfaßt werden kann. Die Untersuchungen werden einerseits an Bodenproben, andererseits an den diversen Pflanzenorganen selbst durchgeführt.

Bodenuntersuchungen auf Chlorid hin sind mit großen Schwierigkeiten verbunden, da eine Vielzahl von Faktoren wie Auswaschung, Porendurchmesser, Austauschkapazität u.v.m. berücksichtigt werden muß, und auch mehrere physikalische und chemische Arbeitsgänge zur Bestimmung notwendig sind. Außerdem ist die Untersuchung der Bodenchloridkonzentration nicht so aussagekräftig wie die Direktmessung an Pflanzenorganen, da das Natrium-Ion bzw. die gesamte Ionenzusammensetzung für die Bodenqualität von größerer Bedeutung ist als das Chlorid-Ion selbst.

Aus den oben erwähnten Gründen liegt das Hauptgewicht auf Untersuchungen an Pflanzen. Meßbare Salzsäuren an Pflanzen sind immer mit erhöhten Chloridkonzentrationen in den Blättern verbunden. Grundsätzlich kann man Chloridwerte als Cl^- -Trockengewicht oder %-Saftgehalt angeben, jedoch ist die Angabe in %-Saftgehalt aussagekräftiger, da das Chlorid-Ion im Zellsaft gelöst ist, und dort auch seine osmotische Wirkung entwickelt. In der Praxis ist es allerdings schwierig, Pflanzensaft zu gewinnen; daher rät CASSIDY 1966 zur Arbeit mit trockenen Proben, wobei nach vorheriger Bestimmung des Feuchtigkeitsgehaltes die Angabe in % Cl^- im Zellsaft nach der Formel

$$\text{Cl}^- \% \text{Zellsaft} = \text{Cl}^- \% \text{Trockengewicht} \cdot \frac{\% \text{Trockengewicht}}{\% \text{Feuchtigkeit}}$$

erfolgt.

Je nach Untersuchungsmaterial wird die Vorbereitung der Meßlösung verschieden sein. Da Chlorid sehr leicht mit schwachen Säuren, Salzlösungen und sogar mit destilliertem

Wasser extrahiert werden kann, dürfte es dabei zu keinen allzu großen Schwierigkeiten kommen.

Die wohl als klassisch zu bezeichnende Bestimmungsmethode für Chlorid ist die Fällung mit Silbernitratlösung. Diese volumetrische Methode kann einerseits als Direkt-Titration mit 0,1 N oder 0,05 N AgNO_3 -Lösung unter Verwendung eines Chromindikators durchgeführt werden (Mohr's Methode) oder indirekt durch Bestimmung des Restsilbers unter Rücktitration mit Ammoniumthiocyanat (Volhard-Methode). Die zweite Methode wird bevorzugt werden, wenn Fällung anderer Silbersalze zu erwarten ist (ALLEN 1974).

Eine neuere Methode ist die Bestimmung von Chlorid durch ionenselektive Elektroden (BUCK 1972). Diese Meßgeräte sind zum Anschluß an das pH-Meter geeignet und zeigen Chloridkonzentrationen von 0,0005 - 1 Mol. Bei Messung von Blattextrakten werden aber durch Ioneninterferenzen mit Sulfiden oft zu hohe Werte angezeigt (GLATZEL 1973).

In jüngster Zeit wurde versucht, die zeitaufwendigen Titrationsmethoden durch Apparaturen zu ersetzen, die eine raschere Cl^- -Konzentrationsbestimmung gewährleisten.

3. SAMMELMETHODEN

3.1. Herkömmliche Methoden

Eine Methode zur Bestimmung der Salz-Spritzwasserzone an Meeresküsten und der Einflußzone von atmosphärischem Salzstaub beschreibt CASSIDY. Zu diesem Zweck exponierte er Filterpapierstreifen von bestimmter Größe in verschiedener Entfernung vom Meer. Das Papier absorbiert alle flüssigen kolloidalen Teilchen. Ein Nachteil dieser Methode liegt darin, daß man die Papierstreifen vor Regen geschützt aufhängen muß, um Auswaschung zu verhindern. Durch diese Schutzkörper wird aber eine Verfälschung der Strömungsverhältnisse der Seewinde bewirkt, so daß diese Methode keine Absolutwerte zeigt, sondern nur für vergleichende Messungen sinnvoll ist. Die Papierstreifen werden mit aqua dest ausgelaugt und der Salzgehalt der Lösung elektrometrisch festgestellt.

HOUGHTON & RADFORD 1938 verwendeten als Sprühsalzsammler geölte Glasplättchen. Diese Methode wurde von BOYCE 1954 zur Bestimmung der Tropfengröße verwendet sowie zur Demonstration der Verteilung von abgelagerten Salzpartikeln an Blättern. Die relative Sprühsalzintensität bestimmte er mit Sammeltüchern, die er über einen Drahtrahmen spannte und dem salzhaltigen Luftstrom aussetzte. Aus diesen Sammeltüchern wurde 1 dm^2 herausgeschnitten und in 100 ml destilliertem Wasser ausgelaugt. Der Cl^- -Gehalt wurde durch Direkt-Titration mit Silbernitrat bestimmt.

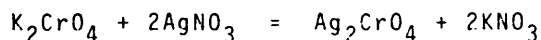
3.2. Methode mit Indikatorpapier

In seinem Artikel "The Salt Spray Community" beschreibt BOYCE 1954 eine Methode zur Darstellung der Einflußzone atmosphärischer Meersalze mit salzempfindlichem Papier. Im folgenden wird versucht, diese Methode auszubauen und auf die Salz-Spritzwasserzone unserer Straßen anzuwenden.

Die im vorangegangenen Kapitel beschriebene Methode mit Sammelstreifen eignet sich sowohl zur Messung der Spritzwasserzone an den Meeresküsten als auch an den Straßenrändern gut, da man die effektive Salzablagerung auf einer bestimmten Fläche quantitativ erfassen kann. Die Werte sind jedoch nur bei kurzfristigen Messungen oder bei niederschlagsfreiem Wetter brauchbar, da durch Niederschläge das vom Papier absorbierte Salz wiederum ausgewaschen wird. Um diesen Nachteil zu umgehen, wurde versucht, das Chlorid durch chemische Reaktionen am Papier festzuhalten. Im folgenden soll eine Methode, bei der eine Chloridauswaschung verhindert wird, diskutiert werden.

Die von BOYCE 1954 angegebene Methode mit Indikatorpapier arbeitet ebenfalls auf der Basis der Silberchloridfällung. Filterpapier wird zu diesem Zweck mit Kaliumchromat und Silbernitrat präpariert. Salzwassertropfen zeichnen sich als helle, gelbe Flecken auf dem dunkelbraunen Indikatorpapier ab.

Für die Versuche in dieser Arbeit wurden Filterpapierscheiben der Firma Schleicher & Schüll, Marke "Selecta" mit 90 mm Durchmesser verwendet. Dieses Papier wurde zuerst in 0,01 N Kaliumchromatlösung getaucht und nach dem Trocknen in 0,02 N Silbernitratlösung gebracht, mit destilliertem Wasser abgespült und wiederum getrocknet. Das Papier färbte sich dunkelrot bis braun durch Fällung von Silberchromat.



3.2.1. Eichung im Labor

Um den Zusammenhang zwischen Tropfengröße, Salzkonzentration und Fleckgröße am Papier zu untersuchen, wurde im Labor Indikatorpapier mit Tropfen verschiedener Größe und

verschiedener Konzentrationen behandelt. Es stellte sich heraus, daß eine Abhängigkeit zwischen Tropfenvolumen und Fleckgröße am Papier besteht, wobei man zur Messung die Fleckgröße des Wasserflecks verwenden muß. Als Proportionalitätsfaktor ist die Saugfähigkeit des Papiers zu beachten, die natürlich für verschiedene Filterpapiersorten verschieden ist. Außerdem ist die Saugfähigkeit abhängig vom Feuchtigkeitszustand des Papiers. Es ist daher ratsam, bei Verwendung von luftgetrocknetem Papier die relative Luftfeuchtigkeit im Labor anzugeben. Den ungefähren Chlorid-Konzentrationsbereich, in dem man sich befindet, kann man aus dem Größenvergleich zwischen Salzleck und Wasserleck ersehen, da bei geringen Konzentrationen das gesamte Chlorid schon bevor der Wassertropfen seine größte Ausdehnung erreicht, ausgefällt wird.

Für die Versuche wurde eine Konzentrationsreihe mit NaCl angesetzt, und zwar 6 Konzentrationsstufen (1000 mval/l, 500 mval/l, 100 mval/l, 50 mval/l, 10 mval/l und 1 mval/l). Tropfen von 10, 20 und 30 µl Volumen wurden mit einer 10 µl Mikropipette und einem Sampler von 100 µl simuliert. Mit jeder Konzentration und jedem Tropfenvolumen wurden 5 Werte gemessen. Die Bestimmung der Durchschnitts-Durchmesser erfolgte durch Messen des größten (a) und kleinsten (b) Durchmessers jedes Flecks. Durch Mittel über die 10 Durchmesserwerte jeder Konzentration und jedes Volumens erfolgte die Bestimmung des Durchschnitts-Durchmessers. Die Flächen wurden nach der Formel

$$F = \frac{a \cdot b}{4} \cdot \pi$$

errechnet und über jeweils 5 Werte gemittelt.

Für die Versuche wurde luftgetrocknetes Filterpapier verwendet. Zur Versuchszeit herrschte im Labor eine relative Luftfeuchtigkeit von 50%.

Aus den Ergebnissen in Tabelle 1 kann man den Zusammenhang zwischen Tropfenvolumen und Fleckgröße am Papier ersehen.

Nr.	Konz. mval/l	Vol. µl	Salzfl. Durchm. mm	Wasserfl. Durchm. mm	Salzfl. Fläche mm ²	Wasserfl. Fläche mm ²	<u>Fl.Salz</u> <u>Fl.Wasser</u> %
1.	1	10	--	15,98	--	199,95	--
2.	10	10	9,21	16,66	66,13	217,45	30,41
3.	50	10	13,23	16,48	137,07	213,09	64,32
4.	100	10	15,57	16,34	190,03	209,24	90,81
5.	500	10	16,58	16,58	216,51	216,51	100
6.	1000	10	16,91	16,91	223,64	223,64	100
7.	1	20	--	23,52	--	434,45	--
8.	10	20	14,65	22,62	167,04	401,29	41,62
9.	50	20	21,60	23,63	366,38	438,28	83,59
10.	100	20	22,75	22,75	414,01	414,01	100
11.	500	20	25,77	25,77	521,68	521,68	100
12.	1000	20	24,73	24,73	479,81	479,81	100
13.	1	30	--	25,73	--	517,47	--
14.	10	30	16,25	26,11	207,18	534,77	38,74
15.	50	30	23,77	26,41	455,48	547,38	83,21
16.	100	30	27,25	27,25	583,01	583,01	100
17.	500	30	28,56	28,56	639,52	639,52	100
18.	1000	30	27,55	27,55	595,72	595,72	100

Tabelle 1: Durchschnittliche Durchmesserwerte der Salz- bzw. Wasserflecken am Indikatorpapier sowie die Flächen und der prozentuelle Flächenanteil des Salzflecks am Gesamtfleck

Eine graphische Darstellung dieser Beziehung gibt Abb. 1 wieder. Aus der Kurve kann man bei gegebener Fleckgröße (Durchmesser) auf das Tropfenvolumen schließen. Rückschlüsse sind aber nur im Bereich zwischen 10 und 30 µl Tropfenvolumen ratsam, da außerhalb dieses Volumsbereiches keine signifikanten Unterschiede mehr auftreten und daher bei einer Interpolation der Unsicherheitsfaktor zu groß wäre.

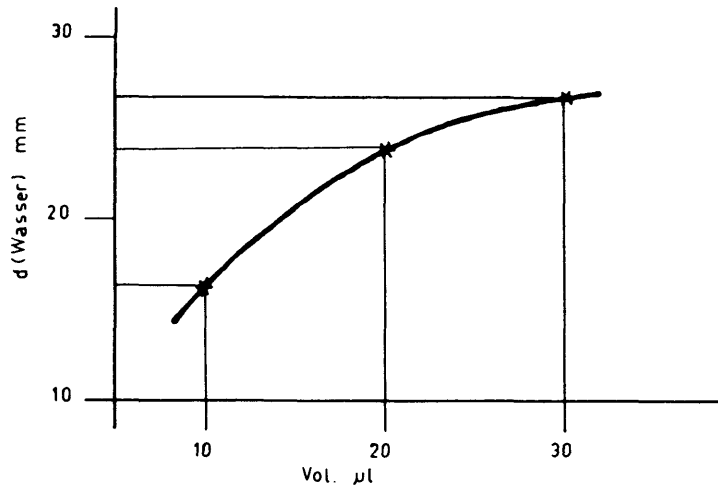


Abb. 1: Abhängigkeit des Fleckdurchmessers am Papier (Wasserfleck) vom Tropfenvolumen. Jeder Wert ist Mittelwert aus 30 Messungen. Aus der Kurve kann innerhalb der Volumsbereiche von 10 bis 30 μl bei gegebenem Durchmesser auf das Volumen des Tropfens rückgeschlossen werden.

Abb. 2 zeigt den Zusammenhang zwischen Durchmesser der Salzflecken am Papier und der Chloridkonzentration des Tropfens. Bei der Betrachtung des prozentuellen Flächenanteils des Salzflecks am Gesamtfleck zeigte sich eine lineare Abhängigkeit mit den Logarithmen der Konzentrationen. Zur Darstellung und Berechnung der Ausgleichsgeraden (Abb. 3) wurden für jede Konzentration die Mittelwerte der 3 Volumsbereiche genommen. Dieses Verfahren war umso eher geeignet, als keine Abhängigkeit zwischen Tropfenvolumen und prozentuellem Flächenanteil des Salzflecks gefunden wurde. Aus der Berechnung der Ausgleichsgeraden nach BARTSCH 1973 ergibt sich für die Berechnung der Konzentration die Formel $\log \text{Konz.} = \frac{\% \text{ Fl.} + 23,01}{59,5}$.

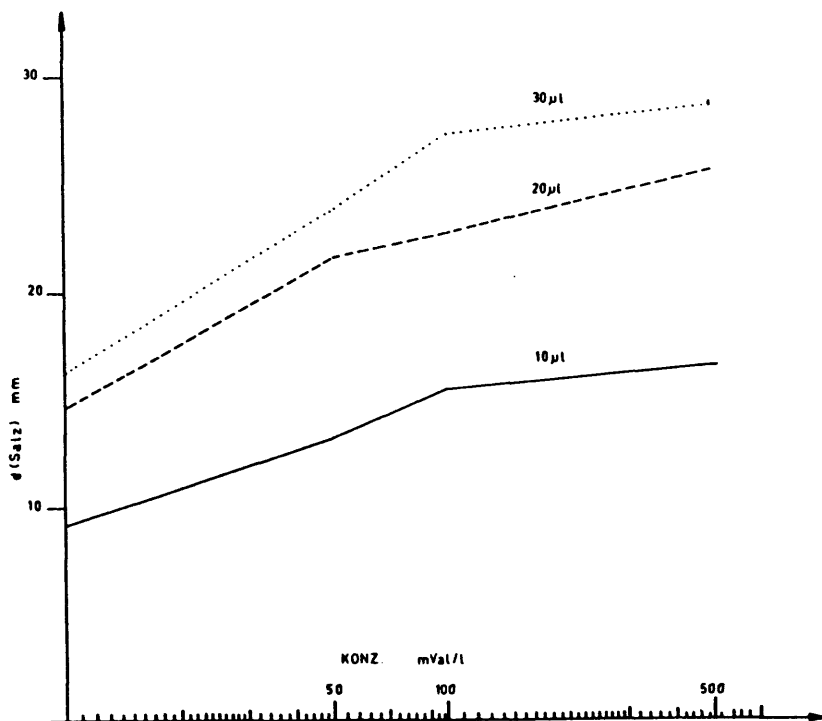


Abb. 2: Beziehung zwischen Salzleck-Durchmesser und der Chloridkonzentration des Tropfens für die 3 Volumsbereiche 10 μl (—), 20 μl (----) und 30 μl (.....). Die Konzentration ist logarithmisch, die Durchmesserwerte sind linear aufgetragen.

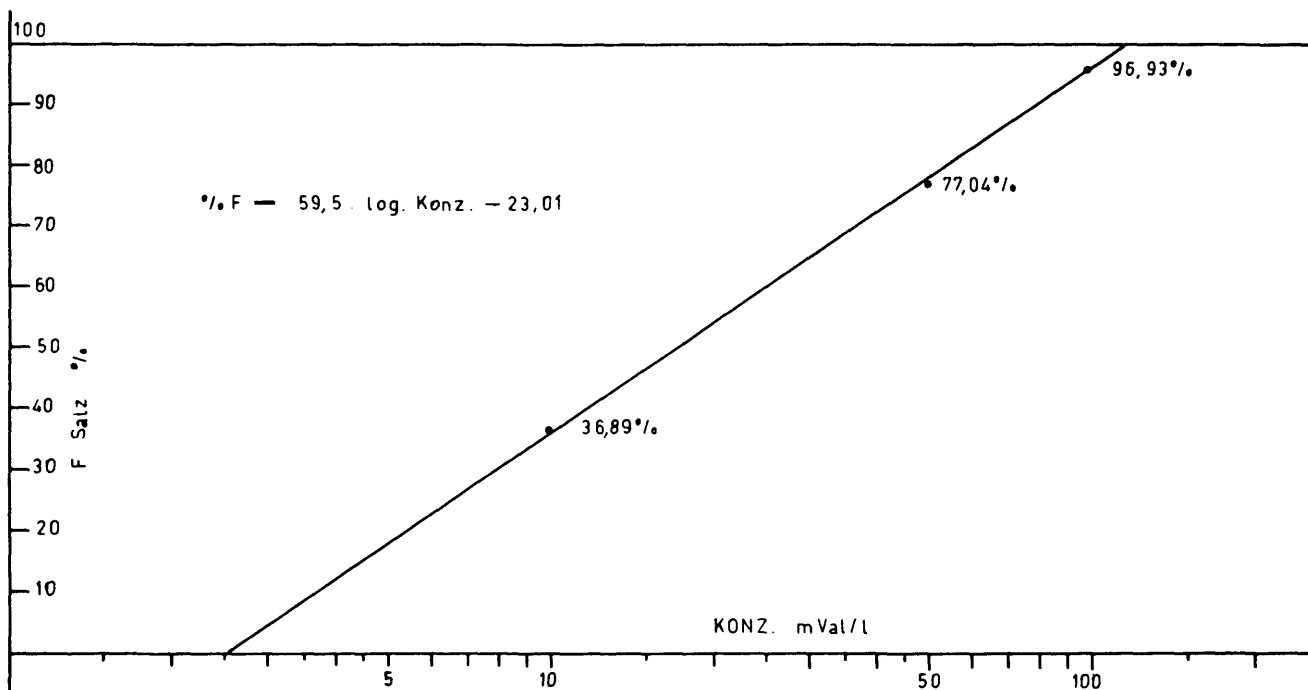


Abb. 3: Verhältnis zwischen der Chloridkonzentration und dem prozentuellen Flächenanteil des Salzflecks, bezogen auf die Gesamtfläche des Wasserflecks. Die Konzentration ist logarithmisch aufgetragen. Die Werte sind Mittelwerte der 3 Tropfenvolumina. Aus dieser Beziehung wurde die Formel der Ausgleichsgeraden entwickelt.

Vielleicht wäre es mit Hilfe weiterer Untersuchungen möglich, chemisch durch Rücktitration mit Chloridlösungen und Bestimmen des Restchlorids genauere quantitative Messungen durchzuführen. Diese Möglichkeit zur genaueren Bestimmung der Konzentration wäre in Erwägung zu ziehen.

3.2.2. Praktische Anwendung im Freiland an Hand eines Beispiels

Nach einer Salzstreuung am 17.1.1976 wurde im Laufe des Vormittags Indikatorpapier im Nordabschnitt der Grabenstraße in Graz exponiert. Dieser Straßenabschnitt ist ein Haupteinzugsbereich im Norden von Graz mit 4 Fahrspuren und einem durchschnittlichen Verkehrsaufkommen von 575 KFZ-Einheiten pro 24 Stunden (DORFWIRTH & KÜSTENBERGER 1975). Das salzwasser-sensitive Papier wurde in verschiedener Entfernung vom Straßenrand, sowie am Mittelstreifen und in verschiedener Höhe mittels kleiner Holzleisten angebracht und nach 3 Stunden wieder eingesammelt. Zur Demonstration der Salz-Spritzwasserzone wurde das Papier im Labor auf Reaktionsintensität, Deckungsgrad der Reaktion und Reaktionsart (flächig oder punktförmig) untersucht (Tab. 2; Abb. 4 und 5). Obwohl die Werte sehr individuell sind - sie wurden nur optisch geschätzt - und auch keine Absolutbestimmungen durchgeführt wurden, zeigte sich doch eine starke Abhängigkeit zwischen Entfernung und Höhe des Standortes und der Reaktionsintensität und -stärke der Papierscheiben. Durch zusätzliche Untersuchungen wird es vielleicht möglich sein, photooptisch oder chemisch Absolutwerte zu erlangen.

Zur Bestimmung der Spritzwasserzone konnte festgestellt werden, daß noch in einer Entfernung von 5 m vom Straßenrand eine geringe Salzbesprühung stattfindet, die gegen den Straßenrand hin stark zunimmt. Im Einzelfall wird die Breite der Spritzwasserzone von verschiedenen Faktoren wie Zustand und Art des Straßenbelages, Stärke der Niederschläge, durchschnittliche Fahrgeschwindigkeit und Art der Fahrzeuge abhängen. Außerdem konnte festgestellt werden, daß bei Indikatorpapieren auf gleichem Standort immer jene eine stärkere Reaktion zeigten, die in geringerer Höhe exponiert waren (Abb. 5).

Tabelle 2

Nr.	1.	2.	3.	4.	5.	6.
1	100	30	a	40	p + f	eine Seite stärker
2	300	100	a	20	p, 1 f	
3	100	100	a	30	p, 2 f	
4	100	40	c	60	f	
5	s.6	50	c	100	f	Mittelstreifen 150
6	s.6	50	c	100	f	"-
7	s.6	30	b	100	f	"-
8	s.6	30	b	100	f	"-
9	0	50	b	100	f	
10	0	30	b	100	f	
11	100	50	b	80	p + f	
12	100	25	b	70	p + f	
13	100	50	b	60	f	
14	100	25	b	100	f	
15	300	50	a	20	2 f	
16	300	25	a	20	p + f	
17	150	50	a	30	p + f	
18	150	25	c	50	f	
19	0	50	c	100	f	
20	0	25	c	100	f	
21	500	75	a	10	f	
22	500	50	a	10	f	
23	s.6	50	b	100	f	Mittelstreifen 300
24	s.6	25	b	100	f	"-
25	s.6	50	b	70	f	Mittelstreifen 150
26	s.6	25	b	70	f	"-
27	s.6	50	b	100	f	Mittelstreifen 0
28	s.6	25	b	100	f	"-
29	150	50	b	90	f	
30	150	25	b	100	f	
31	300	50	c	30	p	eine Seite stärker
32	300	25	c	30	p	"-
33	500	50	a	20	p	einige Punkte
34	500	25	-	-	-	"-
35	150	50	a	20	f	
36	150	25	a	30	p + f	
37	25	50	a	40	f	
38	25	25	a	40	f	
39	200	200	b	30	p, 1 f	eine Seite stärker
40	200	250	a	30	p	
41	25	25	b	100	f	
42	50	50	b	100	f	eine Seite stärker
43	150	150	a	20	p	Mittelstreifen
44	0	50	b	100	f	"-
45	0	25	b	100	f	Mittelstreifen 100
46	s.6	50	b	90	f	"-
47	s.6	25	b	90	f	Mittelstreifen
48	0	25	b	100	f	
49	0	50	b	100	f	
50	150	50	b	80	f	

Nr.	1.	2.	3.	4.	5.	6.
51	150	25	b	80	p + f	
52	200	50	a	50	f	
53	20	25	b	90	f	
54	20	50	a	80	f	
55	20	75	a	90	f	
56	20	75	a	90	f	
57	20	50	b	90	f	
58	20	25	b	100	f	
59	20	25	b	90	p + f	
60	20	25	b	90	f	
61	150	100	a	40	p, 1 f	
62	150	100	a	50	f	einige Punkte
63	150	50	a	60	f	"-
64	150	50	a	50	p + f	eine Seite stärker
65	150	50	a	70	f	
66	150	50	b	100	f	
67	150	25	b	80	f	
68	300	100	a	10	f	
69	300	50	a	40	f	
70	400	100	b	80	f	
71	400	50	c	100	f	
72	0	50	c	100	f	
73	0	50	b	100	f	
74	0	25	b	100	f	
75	0	25	b	100	f	
76	200	25	b	100	f	mit c-Stellen
77	200	25	b	100	f	
78	150	25	c	20	p + f	
79	150	25	b	20	p + f	
80	s.6	50	c	100	f	Mittelstreifen 100
81	s.6	25	c	100	f	"-
82	s.6	50	b	100	f	Mittelstreifen 200
83	s.6	25	b	100	f	"-
84	150	100	b	80	f	
85	150	50	c	80	f	
86	200	50	a	10	p + f	
87	200	25	a	10	p + f	

Reaktionen der Indikatorpapiere, exponiert in der Grabenstraße in Graz, in verschiedener Entfernung vom Straßenrand sowie in verschiedener Höhe.

Legende: 1. Entfernung vom Straßenrand in cm

2. Höhe über dem Straßenniveau in cm

3. Reaktionsintensität, a = schwach, b = mittel, c = stark

4. Deckungsgrad der Reaktion in %, 100 % = ganz weiß

5. Reaktionsart, p = punktförmig, f = flächig

6. Besonderheiten. Zahlen hinter Mittelstreifen bedeuten die Entfernung zum Straßenrand links und rechts.

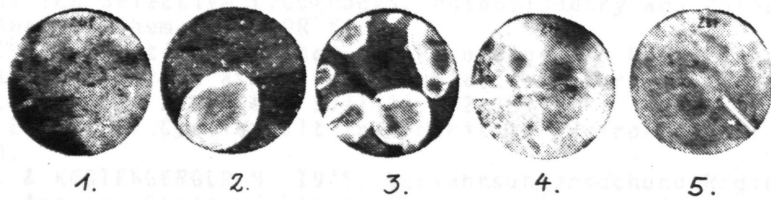


Abb. 4: Indikatorpapierreihe mit starkem bis schwachem Reaktionsgrad in Abhängigkeit von der Entfernung vom Straßenrand. 1.: 3 m Entfernung, keine Reaktion; 2.: 2 m Entfernung, 30% Reaktion; 3.: 1,5 m Entfernung, 40% Reaktion; 4.: 1 m Entfernung, 80% Reaktion; 5.: direkt am Straßenrand, 100% Reaktion.

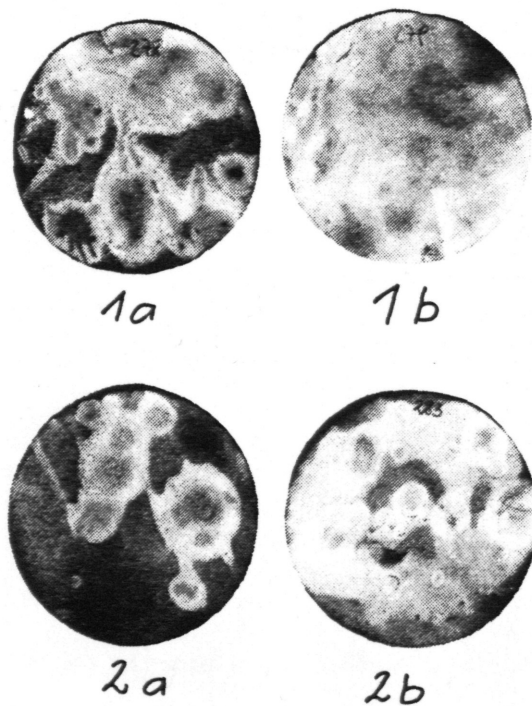


Abb. 5: Indikatorpapier am gleichen Standort exponiert, aber in verschiedener Höhe. 1.: in 1 m Entfernung vom Straßenrand; 2.: in 1,5 m Entfernung. Jeweils a.: in 50 cm Höhe; b.: in 25 cm Höhe.

4. LITERATUR

- ALLEN S. E. 1974: Chemical Analysis of Ecological Materials. - Oxford, London, Edinburgh, Melbourne.
- BARTSCH H. J. 1973: Mathematische Formeln. - VEB Fachbuchverlag. Leipzig.
- BOYCE S. G. 1954: The Salt Spray Community. - Ecol. Monogr. 24:29-67.
- BUCK R. P. 1972: Ion Selective Electrodes, Potentiometry and Potentionmetric Titrations. - Analyt. Chem. 44:270R ff.
- CASSIDY N. G. 1966: A Rational Method for Recording and Comparing Concentrations of Plant Constituents that are Water-soluble, with Particular Reference to Chloride and Potassium. - Plant and Soil 25:372-384.
- 1968: The Effect of Cyclic Salt in a Maritime Environment I. - Plant and Soil 28:106-128.
- DORFWIRTH J. R. & KÖSTENBERGER H. 1975: Verkehrsuntersuchung Region Graz. - Vervielfältigt im Amt der Steiermärkischen Landesregierung. Graz.
- GLATZEL G. 1973: Analytische Methoden zum Nachweis der Schädigung von Pflanzen durch Auftausalze. - Ref. Arbeitstagung: Salzschäden an der Vegetation, 19.10.1973 Birmensdorf, Schweiz.
- HOUGHTON H. G. & RADFORD W. H. 1938: On the Measurement of Drop Size and Liquid Water Content in Fogs and Clouds I. - Phys. Ocean. & Met. Pap. 6:1-12.
- STAMPLER A. 1976: Über die Salzbelastung künstlicher und natürlicher Ökosysteme. - Hausarbeit Botanik. Universität Graz.

Anschrift des Verfassers: Mag. Alfred STAMPLER
Ludwig Boltzmann-Institut für Umwelt-
wissenschaften und Naturschutz
A-8010 Graz, Heinrichstraße 5/III

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen aus dem Institut für Umweltwissenschaften und Naturschutz, Graz](#)

Jahr/Year: 1977

Band/Volume: [2](#)

Autor(en)/Author(s): Stampler Alfred

Artikel/Article: [Indikatorpapiermethode - eine Methode zur Darstellung der Salz-Spritzwasserzone in künstlichen und natürlichen Ökosystemen. 9-17](#)