

Pflanzenwuchs unter anthropogenem Salzeinfluss im Ruhrgebiet – zwei Standortstypen im Vergleich¹

ESTHER A. KEMPMANN

Klarastraße 14, 45663 Recklinghausen; E-Mail: esther.kempmann@rub.de

Einleitung

Ein Boden mit einer Elektrolytleitfähigkeit ab 4 mS/cm (ca. 0,2 % Salz) ist für den Großteil der Pflanzen, die Glykophyten, toxisch (BRANDES 1999, LARCHER 2001). Der so genannte Salzstress entsteht zum einem durch eine verstärkte Bindung des Bodenwassers, welche durch eine höhere Konzentration an gelösten Ionen verursacht wird, zum anderen ist die Aufnahme bestimmter Nährstoffe (NO₃, K, Ca) verschlechtert. Vor allem das in Böden mitteleuropäischer Salzstellen dominierende Chlorid-Ion stört verschiedene Stoffwechselwege (z. B. Photophosphorylierung). Für nicht angepasste Pflanzenarten führt dies zu einem unzureichenden Energiegewinn (LARCHER 2001).

Halophyten (Salzpflanzen) können in einem salzhaltigen Milieu überleben und sich sogar fortpflanzen (BADGAR & UNGAR 1990). Diese Salztoleranz ist jedoch durch die verschiedenen Anpassungen an hohe Salzkonzentrationen, wie z. B. Ausbildung von Absalzdrüsen oder Blattabwurf nach Salzakkumulation etc., energieaufwändig. Halophyten sind daher auf salzarmen Böden konkurrenzschwach und können sich nur schwer außerhalb ihrer salzhaltigen Refugien behaupten (LARCHER 2001).

Durch Kultivierungs- und Verbauungsmaßnahmen kommt es auf vielerlei Weise zum Verlust von Salzstellen im Binnenland und somit auch zum Rückgang einer artenreichen Salzflora (SCHULZ 1914, ALTEHAGE & ROSSMANN 1940, VAN ELSSEN 1999). Daher

¹ Kurzfassung eines Vortrages auf der Tagung „Flora und Fauna im westlichen Ruhrgebiet“ am Sonntag den 28. Januar 2007 der Biologischen Station Westliches Ruhrgebiet und des NABU Oberhausen. Veröffentlicht auf der Internetseite www.bswr.de im Februar 2007.

gehören die primären Binnensalzstellen, besonders in Nordrhein-Westfalen, zu den am stärksten bedrohten Biotopen (RAABE 1999, LOOS & BÜSCHER 2006).

In den 1970er Jahren schöpften Botaniker und Naturschützer Hoffnung, dass der Rückgang der Halophyten kompensiert werden könnte, denn immer häufiger gab es Fundmeldungen von Halophyten an anthropogenen Standorten, vornehmlich Stellen mit industrieller Nutzung, an Halden des Kali-, Uran- oder Steinkohlebergbaus (NEIDHARDT 1953, GALHOFF & KAPLAN 1983, HAMANN & KOSLOWSKI 1988, GUDER & al. 1998, SÄNGER & VOGEL 1999) und an Verkehrsanlagen (ADOLPHI 1975, LIENENBECKER 1979, WEBER 1987). Besonders an den Halden des Kalibergbaus ist ein auffälliger Gegen-trend zu dem Artenrückgang an den primären Binnensalzstellen, dessen Gründe immer noch unbekannt sind (GARVE 1999), durch eine stetige Zunahme an halophilen Sippen zu beobachten.

Zur begrifflichen Abgrenzung werden diese durch menschliche Tätigkeit entstandenen Salzstellen als sekundäre Salzstellen bezeichnet (GUDER et al. 1998, CORDES & CONZE 2006).

Die osmotische Komponente des Salzstress wird durch die Konzentration aller Ionen in einer Lösung bestimmt (LARCHER 2001). Bei der Betrachtung von Salzbelastungen an primären Binnensalzstellen wird im Mitteleuropa vornehmlich das Chlorid-Ion betrachtet, da es das vorherrschende Ion ist und somit alle weiteren Ionen vernachlässigt werden können (JANSSEN 1986, BRANDES 1999).

An den sekundären Salzstellen im Ruhrgebiet wurde in keiner Bodenprobe Chlorid dominant gemessen; es nahm vielmehr nur einen kleinen Anteil am Gesamtionen-gehalt ein.

Salzbelastung an ausgewählten Standorten im Ruhrgebiet

Bei der Auswertung der bodenkundlichen Ergebnisse im Rahmen der vorliegenden Studie fielen die Chloridwerte zweier Lebensräume, an denen Salzpflanzen im Ruhrgebiet gefunden wurden, besonders auf. Es erscheint daher interessant vor allem die Salzbelastung dieser beiden Lebensräume zu diskutieren.

Wie die Abbildung 1 zeigt, enthielten die Bodenproben der Verkehrsanlagen im Mittel die geringsten Chloridgehalte, die der Halden hingegen durchschnittlich die höchsten

Gehalte. Beide Lebensräume unterscheiden sich bezüglich des Chloridgehaltes signifikant voneinander ($p < 0,05$).

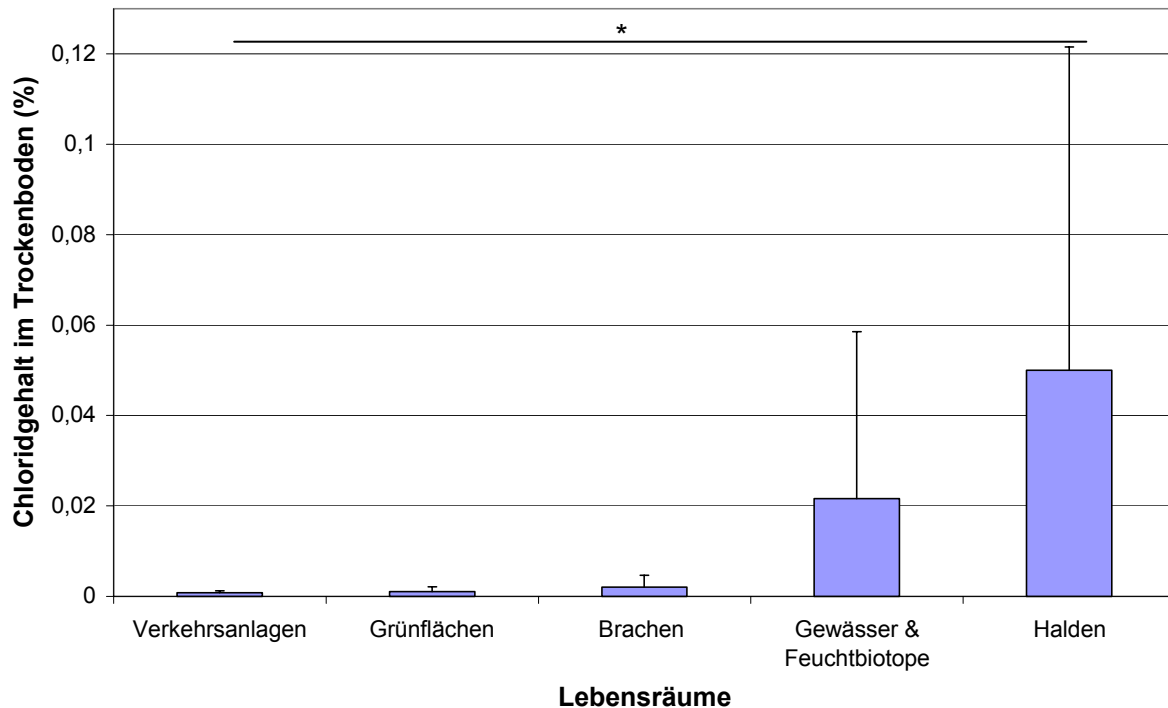


Abb. 1: Prozentualer Chloridgehalt im Trockenboden im Bezug zum Lebensraum. Die Untersuchungsflächen an Verkehrsanlagen weisen nur sehr geringe Chloridkonzentrationen vor. Auch Grünflächen und die untersuchten Brachflächen enthalten nur wenig Chlorid. Erhöhte Werte zeigen Gewässer & Feuchtbiootope, die höchsten Konzentrationen die Bergehalden. Allerdings zeigen die Gewässer & Feuchtbiootope eine hohe Standardabweichung. * = $p < 0,05$.

Salzbelastung an Verkehrsanlagen

Durch die winterlichen Salzstreuungen werden enorme Mengen an Kochsalz in die Böden an Verkehrsanlagen eingetragen. Im Kreis Recklinghausen wurden in der Wintersaison 2005/2006 auf einer Strecke von ca. 80 km 1936,43 t NaCl gestreut. Das Datum der letzten Streuung fällt auf Mitte März 2006 (schriftl. Mitt. Landesbetrieb Straßenbau NRW).

Auf Grund dieser hohen jährlichen Streumengen, erschien es bisher nicht verwunderlich, dass Halophyten vermehrt an Verkehrsanlagen auftreten (SEYBOLD 1973, ADOLPHI 1975, LIENENBECKER 1979). Allerdings zeigen die gemessenen Chloridgehalte der an Verkehrsanlagen befindlichen Untersuchungsflächen mit durchschnittlich 0,001 % Cl nur sehr geringe Konzentrationen. Die bodenkundlichen Untersuchungen ergaben auch für andere Ionen keine Auffälligkeiten.

Der niedrige Chloridgehalt ist erklärbar durch die Ladungen der Bodenteilchen. Ionen können nur dann an die Bodenteilchen adsorbiert werden, wenn sie eine gegensätzliche Oberflächenladung besitzen. Im Boden ist in der Regel eine negative Ladung vorherrschend, die auf verschiedene Weise entstehen kann. Zum einen gibt es eine permanente negative Ladung durch den isomorphen Ersatz in der Kristallstruktur des Sorbenten, zum anderen eine variable, vom pH-Wert abhängige negative Ladung. Letztere entsteht durch die Abdissoziation von H^+ -Ionen von funktionellen Gruppen der Oberfläche. Mit steigendem pH-Wert nehmen negative Ladungen zu, da auch schwächer saure Gruppen erfasst werden. In Böden mit sehr saurer Bodenreaktion können die funktionelle Gruppen Protonen aufnehmen und auch positive Ladungen tragen (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2002). Bei den pH-Werten, die in den jeweiligen Substraten ermittelt wurden, kann jedoch von einer negativen Nettoladung ausgegangen werden. Dadurch kann das negativ geladene Chlorid-Ion nicht im Boden gehalten werden und wird im humiden Klima schnell ins Grundwasser ausgewaschen.

Das Vorkommen von Salzpflanzen an Verkehrsanlagen trotz niedriger nachweisbarer Chloridgehalte ist erklärbar durch die Auswirkungen des Chlorid-Ions auf die im Boden befindlichen Samen. STORDEUR (1980) wies an *Puccinellia distans* eine Reversibilität der Keimhemmung nach längerer Salzeinwirkung nach. Offenbar haben die Samenschalen von Salzpflanzen eine höhere Widerstandskraft gegenüber dem Ein-



Abb. 2: *Cochlearia danica* wächst nur randlich zur Straße hin dominant.

dringen von Salzen (STORDEUR 1980) als die von Glykophyten. POMA (1922) beschreibt ebenfalls, dass Halophyten zwar während ihrer Keimung durch Kochsalz behindert werden, die Samen aber in der Regel keine Schädigungen durch hohe Salzgehalte davontragen.

Die genannte Hypothese wird ebenfalls durch eigene Beobachtungen weiter untermauert. Ein Beispiel ist das Dänische Löffelkraut, welches meist randständig zur Straße hin dichte Bestände bildet. Erst in einigen Zentimeter Entfernung treten andere Pflanzen hinzu, z. B. *Arrhenatherum elatius* oder *Lolium perenne* (Abb. 2). Da am

Randbereich die Einträge von Kochsalz durch Spritz- oder Abflusswasser am höchsten sein dürften, werden die Samen anderer Pflanzen abgetötet, so dass *Cochlearia danica* vorherrschen kann (vgl. DÜLL & KUTZELNIGG 2005). Die Tabelle 1 verdeutlicht die Wirkungspfade von Salzeinträgen an Verkehrsanlagen bezüglich des Wachstums von Halophyten und Glykophyten im jahreszeitlichen Verlauf.

Tab. 1: Prozesse und Auswirkungen von Salzeinträgen an Verkehrsanlagen im jahreszeitlichen Verlauf.

Jahreszeit	Prozesse	Auswirkungen
Winter	Salzeintrag → Salzhaltiges Bodenwasser	Keimhemmung aller Samen (POMA 1922)
	Eindringen von Salzen in die Samen der Glykophyten	Absterben glykophytischer Samenanlagen (STORDEUR 1980)
Frühjahr	Frühjahrsniederschläge → Aussüßung des Oberbodens	Aufhebung der Keimhemmung halophytischer Samen (POMA 1922, STORDEUR 1980) → Konkurrenzvorteil für Halophyten durch wenige glykophytische Samenanlagen
	Spätes Frühjahr, Sommer	Eintrag glykophytischer Samen, Austreiben von Rhizompflanzen etc.

Salzbelastungen an Bergehalden des Steinkohlebergbaus

Die hohen Chloridgehalte, die an den Halden gemessen wurden, können anhand der geologischen Entwicklung des Ruhrgebiets erklärt werden. Die Kohlevorkommen haben den Ursprung ihrer Entstehung im Oberkarbon (320-285 Mio. v. h.), wo ihre Bildung aus Paralytischen Sumpfmoores in der subvariscischen Saumtiefe begann. Paralytische Sumpfmoores hatten im Gegensatz zu den limnischen Sumpfmoores, die z. B. in Thüringen zu finden sind, einen Zufluss vom Meer und wurden vom Meerwasser überspült und abgetötet (DEGE & DEGE 1983, FÜCHTBAUER 1993). Nach SCHÖPEL & THEIN (1991) findet sich im Ruhrgebiet vor allem in den Abbautiefen von 1500 m salinares Grundwasser. Bei der Verwitterung von Bergematerial wird das Chlorid ausgewaschen. Die Höhe der Chloridfrachten ist dabei abhängig vom primären Salzgehalt der Berge, dem Waschungsprozess während der Kohleaufbereitung und der Zusammensetzung der Berge. Bei feinem Material wird das leichtlösliche Kochsalz in geringeren Mengen ausgewaschen als bei grobkörnigem Material, dafür dauert der Auswaschungsprozess länger. Aus diesen Gründen lässt sich keine pau-

schale Angabe über den Zeitraum der Chloridauswaschung festlegen. Generell ist die Auswaschung an den Halden aber nach wenigen Wochen bis einigen Monaten abgeschlossen (SCHÖPEL & THEIN 1991).



Abb. 3: Salzausblühungen auf der Halde Hoheward in Herten

SCHÖPEL & THEIN (1991) unterscheiden drei Phasen bei der Verwitterung von Bergen. In der ersten Phase werden leichtlösliche Salze, hierbei hauptsächlich NaCl und wasserlösliche Sulfate, ausgewaschen. Dieser Auswaschungsprozess dauert höchstens einige Monate an, da wie im vorherigen Kapitel beschriebene Chloride schnell ausgewaschen werden (Abb. 3).

Die Phase der Chloridauswaschung ist im Ruhrgebiet somit an den älteren Bergehalden bereits seit langem abgeschlossen. Dies erklärt aus welchem Grund keine Salzvegetationen mehr auffindbar sind. Nur an den frisch geschütteten Bereichen wachsen an Standorten, an denen salz-

haltiges Wasser austritt, vereinzelt Salzpflanzen. Die Gründe dafür, dass sich an solchen Standorten, wie in der Vergangenheit beschrieben, keine artenreichen Salzvegetationen ausbilden, lassen sich nur vermuten. Möglicherweise bewirkt die zeitlich nach der Aufschüttung durchgeführte Rekultivierung der Halden und der damit verbundene hohe Sameneintrag, dass Halophyten verdrängt werden.

Interessant ist des Weiteren die dritte Verwitterungsphase nach SCHÖPEL & THEIN (1991), welche nach Erschöpfung der Kohlensäure-Carbonat und Kohlensäure-Silicat-Puffersysteme beginnt. Es tritt vor allem Magnesium-Hydrogencarbonat-Wasser oder Magnesium-Sulfat-Wasser aus. Die Auswaschungen an den Halden sind demnach fortwährend von Sulfatauswaschungen geprägt. Dies erklärt, warum die Halden neben den höchsten Chloridwerten im Vergleich der Lebensräume auch die höchsten Sulfatgehalte aufweisen. Es wird in der Literatur vermehrt diskutiert, ob auch das Sulfat-Ion das Wachstum von Salzpflanzen beeinflussen könnte. Das Verschwinden der artenreichen Salzvegetation, die im Ruhrgebiet vor 30 Jahren ausgeprägt war, lässt allerdings vermuten, dass das Sulfat-Ion nur eine untergeordnete Rolle spielt.

Fazit

Das Ruhrgebiet hat somit wenig Potential für Salzvegetationen. Obwohl sich keine typischen Salzpflanzengesellschaften ausbilden, ist es dennoch positiv zu sehen, dass im Ruhrgebiet Sippen auftreten, die bedingt durch ein besonderes Wachstumsmilieu selten sind. Denn das Ruhrgebiet bietet somit einen Trittstein für eben diese Pflanzen und trägt auch zur Ausbreitung und zum genetischen Austausch zwischen entfernt liegenden Populationen bei.

Danksagung

Ich möchte mich hiermit bei allen bedanken, die mich bei meiner Diplomarbeit unterstützt haben. Mein besonderer Dank gilt dabei Herrn Prof. Dr. H. HAEUPLER und Herrn G. H. LOOS sowie allen Mitarbeitern der Biologischen Station Westliches Ruhrgebiet.

Literatur

- ADOLPHI, K. (1975): Der Salzschwaden *Puccinellia distans* (L.) Parl.) auch in Westfalen an Straßenrändern. – Gött. Flor. Rundbr. 9: 89.
- ALTEHAGE, C. & B. ROßMANN (1940): Vegetationskundliche Untersuchungen der Halophytenflora binnenländischer Salzstellen im Trockengebiet Mitteldeutschlands. – Beihefte zum Botanischen Zentralblatt, Abt. B, Beiheft 60: 135-180.
- BADGER, K. S. & I. A. UNGAR (1990): Effects of soil salinity on growth and ion content of the inland halophyte *Hordeum jubatum*. – Botanical gazette. 151 (3): 314-321.
- BRANDES, D. (1999): Flora und Vegetation salzbeeinflusster Habitats im Binnenland – eine Einführung. – S. 7-11 in: BRANDES, D. (Hrsg.): Vegetation salzbeeinflusster Habitats im Binnenland. Tagungsbericht des Braunschweiger Kolloquiums vom 27. bis 29. November 1998. – Braunschweig.
- CORDES, U. & K.-J. CONZE (2006): Biotopkataster Rheinland-Pfalz – Erfassung der FFH-Lebensräume. – Ministerium für Umwelt und Forsten.
- DEGE, W. & W. DEGE (1983): Das Ruhrgebiet (3. Aufl.). – Berlin (Gebrüder Borntraeger).
- DÜLL, R. & H. KUTZELNIGG (2005): Taschenlexikon der Pflanzen Deutschlands. – Wiebelsheim (Quelle & Meyer Verlag).
- ELSEN VAN, T. (1999): Auswirkungen von Sanierungsmaßnahmen auf die salzbeeinflusste Vegetation an Rückstandshalden der Kali – Industrie. – S. 245-257 in: BRANDES, D. (Hrsg.): Vegetation salzbeeinflusster Habitats im Binnenland. Tagungsbericht des Braunschweiger Kolloquiums vom 27. bis 29. November 1998. – Braunschweig.
- FÜCHTBAUER, H. (1993): Entstehung und Aufbau des kohleführenden Oberkarbons. – S. 35-43 in: WIGGERING, H. (Hrsg.): Steinkohlenbergbau: Steinkohle als Grundstoff, Energieträger und Umweltfaktor. – Berlin (Ernst & Sohn).
- GALHOFF, H. & K. KAPLAN (1983): Zur Flora und Vegetation salzbelasteter Bochumer Zechenteiche. – Natur und Heimat 43 (3): 75-81.

- GARVE, E. (1999): Neu aufgetretene Blütenpflanzen an salzhaltigen Rückstandshalden in Niedersachsen. – S. 171-191 in BRANDES, D. (Hrsg.): Vegetation salzbeeinflusster Habitats im Binnenland. Tagungsbericht des Braunschweiger Kolloquiums vom 27. bis 29. November 1998. – Braunschweig.
- GUDER, C, EVERS, C. & D. BRANDES (1998): Kalihalden als Modellobjekte der kleinräumigen Florendynamik dargestellt an Untersuchungen im nördlichen Harzvorland. – Braunschw. Naturkd. Schr. 5 (3): 641-665.
- HAMANN, M. & I. KOSLOWSKI (1988): Zur Einbürgerung bemerkenswerter Adventivpflanzen auf einem Gelsenkirchener Hafengelände. – Flor. Rundbr. 21 (2): 101-103.
- JANSSEN, C. (1986): Ökologische Untersuchungen an Binnensalzstellen in Südostniedersachsen. – Phytocoenologia 14 (1): 109-142.
- LARCHER, W. (2001): Ökophysiologie der Pflanzen. – Ulmer (Stuttgart).
- LIENENBECKER, H. (1979): Ein weiteres Vorkommen des Salzschwadens (*Puccinellia distans* (L.) PARL.) in Westfalen an Straßenrändern. – Natur und Heimat 39 (2): 67-68.
- LOOS, G. H. & D. BÜSCHER (2006): Die Situation der Salzpflanzenflora im Kreis Unna. – Naturreport, Jahrb. Naturförderungsges. Kr. Unna 10: 98-109.
- POMA, G. (1922): L'influence de la salinité d'eau sur la germination et la croissance des plantes halophytes. – Bull. Acad. Roy. Belg., Cl. Sci., Sér. V 8: 81.
- RAABE, U. (1999): Zur Flora und Vegetation der Salzstellen Westfalens und angrenzender Gebiete. – S. 161-169 in: BRANDES, D. (Hrsg.): Vegetation salzbeeinflusster Habitats im Binnenland. Tagungsbericht des Braunschweiger Kolloquiums vom 27. bis 29. November 1998. – Braunschweig.
- SÄNGER, H. & D. VOGEL (1999): Untersuchungen zur Flora und Vegetation in bergbaubedingt salzbelasteten Feuchtgebieten. – Hercynia N. F. Halle 31: 201-227.
- SCHEFFER, F & P. SCHACHTSCHABEL (2002): Lehrbuch der Bodenkunde (15. Aufl.). – Heidelberg (Spektrum Akademischer Verlag).
- SCHÖPEL, M. & J. THEIN (1991): Stoffaustrag aus Bergehalden. – S. 115-128 in: WIGGERING, H. & M. KERTH (Hrsg.): Bergehalden des Steinkohlebergbaus. – Braunschweig, Wiesbaden (Friedr. Vieweg & Sohn).
- SCHULZ, A. (1914): Über die Ansiedlung und Verbreitung halophiler Phanerogamenarten in den Niederungen zwischen Bendeleben und Nebra. – Mitt. Thür. Bot. Ver. 31: 11-29.
- SEYBOLD, S. (1973): Der Salzschwaden (*Puccinellia distans* (JACQ.) PARL.) an Bundesstraßen und Autobahnen. – Gött. Flor. Rundbr. 7: 70-73.
- STORDEUR, R. (1980): Einfluß der im Straßenwinterdienst eingesetzten MgCl₂-Sole auf das ökologische Verhalten von *Puccinellia distans* (JACQ.) PARL. und *Lolium perenne* L.. – Flora 170: 271-280.
- WEBER, H. E. (1987): Das Dänische Löffelkraut (*Cochlearia danica* L.) dringt neuerdings ins Binnenland vor. – Natur und Heimat 47 (2): 86-87.