

Zur Erklärung der Vorkommen von Salzmoosen an Bachrändern in Rheinhessen

Albert Oesau & Jan-Peter Frahm

1. Einleitung

Binnenländische Vorkommen von Salzmoosen beschränkten sich bislang auf die Umgebung von Salzquellen. OESAU (2005) beschrieb erstmalig Nachweise der Salzmoose *Desmatodon heimii* und *Conardia compacta* von zahlreichen Bachrändern in Rheinhessen. Dabei stellte sich die Frage, inwieweit diese Vorkommen von Salz beeinflusst sind, ob es sich dabei um Kochsalz oder andere Salze handelt, und woher das Salz stammt. Nach einer ersten Analyse der Böden an den Standorten der Salzmoose (OESAU 2005) wurden in der Folge weitere Messwerte herangezogen. Dabei interessierte vor allem der Belastungsgrad des Bachwassers mit Salzen. Im folgenden wird zusammenfassend über bereits veröffentlichte und über neue Ergebnisse berichtet.

2. Methoden

2.1. Untersuchung der Böden an Standorten von *D. heimii* im Jahre 2004. Dabei wurden von 14 Standorten an den Bächen Appelbach, Eisbach, Leininger Bach, Selz, Pfrimm, Seebach, Wiesbach und an den Salinen von Bad Kreuznach und Bad Münster a.St. Bodenproben aus den obersten 1-2 cm entnommen und auf Kalium, Magnesium, Phosphor, Natrium und den Gesamt-Salzgehalt untersucht. Die Untersuchungen liefen nach Methoden des Verbandes der Deutschen Landwirtschaftlichen Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA) und geben den Gehalt pflanzenverfügbarer Mineralstoffe bzw. Salze wieder (vgl. Tab. 1).

2.2. Untersuchung der Böden im Juni 2006 an Standorten von *D. heimii* unter Einbezug von Böden an Bachböschungen oberhalb des Bachwasserregimes und Untersuchung des Bachwassers. Hierzu wurden an neun Vorkommen von Salzmoosen Bodenproben und Wasserproben entnommen. Die Bodenproben wurden direkt aus den obersten 1-2 cm des Substrates unter den Moospflanzen gezogen, jeweils eine Kontrolle am Bachufer einen Meter darüber. Zusätzlich wurden Boden- als auch Wasserproben an einer Saline in Bad Kreuznach entnommen. Die Bodenproben wurden getrocknet. Eine Einwaage von 20 g wurde mit 50 ml Aqua dest. versetzt, geschüttelt und über Nacht stehen lassen. Der Überstand wurde dekantiert. Von den Proben wurden die Leitfähigkeit und der pH-Wert elektrometrisch bestimmt sowie der Gehalt von Ammonium, Nitrat und Chlorid mit Hilfe von AquaMerck Testkits. Da die Ammonium- und Nitrattests colorimetrisch erfolgten, die Bodenaufschwemmungen jedoch zu trübe waren, musste bei den Bodenproben auf die Bestimmung dieser Parameter verzichtet werden (vgl. Tab. 2, Tab. 4).

2.3. Ergebnisse des Landesamtes für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht, Oppenheim, aus laufenden Untersuchungen des Bachwassers der Jahre 2003-2005. Diese Untersuchungen stammen jeweils von einer Messstelle pro Wasserlauf und zwar von der Pfrimm bei Worms, von der Selz bei Ingelheim und vom Wiesbach bei Gensingen. In der Ergebnistabelle sind die Mittelwerte monatlicher Messergebnisse der drei Bäche aus den Jahren 2003 – 2005 wiedergegeben (vgl. Tab. 3).

2.4. Um den Verlauf der Salzgehalte eines rheinhessischen Baches von der Quelle bis zur Mündung zu ermitteln, wurden am 16. Aug. 2006 an 10 möglichst gleichmäßig verteilten Standorten Wasserproben entnommen. Eingeschlossen wurde das Ablaufwasser aus 3 Kläranlagen (Tab. 5).

3. Ergebnis

3.1 Untersuchungen der Böden an Standorten der Salzpflanzen

Neben Natrium ist vor allem Chlorid der bestimmende Faktor für den Salzgehalt der Böden am Standort der Salzpflanzen (Tab. 1, Tab. 2). Bei den Salzen des Bodens handelt es sich aber nicht nur um Kochsalz, es konnten auch Kalium und Magnesium in beträchtlichen Mengen nachgewiesen werden. Dass das Chlorid seinen Ursprungs im Bachwasser hat, zeigen zusätzliche Kontrolluntersuchungen 1m oberhalb der Bachränder. So enthielten diese Flächen nur etwa 1/10 der Mengen, die auf der Höhe des Wasserspiegels nachgewiesen wurden. Der Gesamt-Salzgehalt des Bodens an den Bächen bewegte sich etwa zwischen 90 und 450 mg/100g. Mit diesen Werten wird die ökologische Amplitude der Salzmoose *Desmatodon heimii* und *Conardia compacta* im Untersuchungsgebiet angezeigt. Diese Werte korrelierten nicht mit den Werten des Bachwassers; sie lagen teils unter, teils über dem des Wassers, was mit unterschiedlicher Anreicherung durch Verdunstung oder Einleitung belasteten Oberflächenwassers erklärt werden kann. An den Salinen bei Bad Kreuznach und Bad Münster a.St. lagen die Salzgehalte der Böden naturgemäß z.T. wesentlich über den Werten der Bachränder. Die pH-Werte streuten geringfügig um den Neutralwert, der Kalkgehalt lag im Mittel bei 11%.

Tab. 1: Bodenuntersuchungen an Standorten von *Desmatodon heimii*

1.1 Salinen bei Bad Kreuznach und Bad Münster a.St.

Nr	CaCO ₃ %	pH (in CaCl ₂)	P ₂ O ₅ mg/100g	K ₂ O mg/100g	Mg mg/100g	Natrium mg/100g	Gesamt-Salzgehalt mg/100g NaCl
1	0,2	7,1	19	36	8	173	358
2	3,7	7,5	14	42	9	246	513
3	2,8	7,5	31	45	19	626	1726
4	1,0	7,2	23	29	6	47	63
5	10,6	7,6	19	16	6	109	248
\bar{x}	3,7	7,4	21	34	10	240	582

1.2 Ufer rheinhessischer Bäche

Nr	CaCO ₃ %	pH (in CaCl ₂)	P ₂ O ₅ mg/100g	K ₂ O mg/100g	Mg mg/100g	Natrium mg/100g	Gesamt-Salzgehalt mg/100g NaCl
6	15,2	7,5	52	25	43	13	89
7	15,5	7,3	33	29	60	19	147
8	7,8	7,2	26	33	60	33	233
9	9,4	7,0	23	38	60	18	242
10	6,8	7,8	34	12	60	33	223
11	6,2	7,5	19	30	60	42	269
12	19,0	7,2	38	19	60	43	446
13	8,8	7,4	24	17	60	38	221
14	10,9	7,3	60	17	28	25	135
\bar{x}	11,1	7,4	34	24	55	29	223

Anmerkungen: Untersuchungen nach VDLUFA-Methoden: Salzgehalt, pH-Wert, Natrium und Magnesium in CaCl_2 , CaCO_3 , P_2O_5 , K_2O in CAL. Alle Nährstoffwerte in pflanzenverfügbaren Anteilen. Der Salzgehalt als NaCl wurde von der Standardangabe Kaliumchlorid in Natriumchlorid umgerechnet.

Herkünfte der Böden:

1 - 5: 1: Bad Kreuznach, TK 6113/3, Karlishalle, 2: Bad Kreuznach, TK 6113/3, nördlichste Saline, 3: Bad Kreuznach, TK 6113/3, mittlere Saline, 4: Bad Kreuznach, TK 6113/3, südlichste Saline, 5: Bad Münster a.St., TK 6113/3, südlichste Saline.

6-14: 6: Ingelheim, TK 6014/1, an der Selz nördlich des Kreisels der Umgehungsstraße, 7: Gau-Odernheim, TK 6215/1, Selz nordöstlich des Sportplatzes, 8: Worms-Pfeddersheim, TK 6315/4, Pfrimm am westlichen Ortsrand, 9: Wachenheim, 6315/3, Pfrimm östlich der Neumühle, 10: Wöllstein, TK 6113/4, Appelbach unterhalb der Kläranlage, 11: Wallertheim, TK 6114/3, Wiesbach nördlich des Ortes an der B 420, 12: Westhofen, TK 6215/3, Seebach oberhalb der Kläranlage, 13: Obrigheim, 6415/1, Eisbach am Kinderspielplatz, 14: Heuchelheim, 6415/2, Leininger Bach südöstlich des Ortes.

Tab. 2: Untersuchung des Bachwassers, der Böden auf Wasserspiegelhöhe und der Bachböschungen an Standorten von *D. heimii*

2.1 Bachwasser

Nr.	pH (in H_2O)	NH_3 mg/l	NO_3 mg/l	Cl mg/l	Leitfähigkeit $\mu\text{S}/\text{cm}$
1					
2	8,2	0	10-25	102	464
3	8,1	0	10	118	484
4	8,2	0	25	180	661
5	8,1	0,5	10-25	230	763
6	8,2	< 0,5	10	244	768
7	8,1	0	25-50	220	845
8	8,2	0	25-50	170	611
9	8,3	0	10	160	622
\bar{x}	8,2	0-0,5	10-50	178	652

2.2 Böden in verschiedenen Höhen über dem Wasserspiegel

Nr.	Boden in Wasserspiegelhöhe			Boden 1 m über Wasserspiegelhöhe		
	pH (in H_2O)	Cl mg/100g	Leitfähigkeit $\mu\text{S}/\text{cm}$	pH (in H_2O)	Cl mg/100g	Leitfähigkeit $\mu\text{S}/\text{cm}$
1	7,3	130	466	6,9	18	204
2	7,1	200	567	7,4	26	174
3	7,0	168	406	7	12	130
4	6,9	320	956	7,3	38	188
5	7,0	160	478	7,5	24	138
6	6,9	152	446	7,6	12	116
7	6,8	322	853	7	38	280
8	7,0	254	706	7,6	16	164
9	6,7	172	637	7,4	10	191
\bar{x}	7,0	209	613	7,3	22	176

Herkünfte der Proben: Nr. 1: Gensingen, Wiesbach am südl. Ortsrand „Im Fosloch“, TK 6113/2, Nr. 2: Badenheim, Appelbach südl. d. Ortes in der „Au“, TK 6113/4, Nr. 3: Wöllstein, Appelbach unterhalb der Kläranlage „Am Wehrborn“, TK 6113/4, Nr. 4: Sprendlingen, Wiesbach, nördl. Ortsrand westl. des Sportplatzes, TK 6113/2, Nr. 5: Gau-Bickelheim, Wiesbach an der Effenmühle, TK 6114/3, Nr. 6: Wallertheim, Wiesbach an der B 420 am nördl. Ortsrand, TK 6114/3, Nr. 7: Gau-Odernheim, Selz an der Klostermühle, TK 6215/1, Nr. 8: Hahnheim, Selz nördl. des Sportplatzes, TK 6115/1, Nr. 9: Nieder-Olm, Selz nördl. der Wiesenmühle, TK 6015/1.

3.2 Untersuchungen des Wassers

Die Untersuchungen des Wassers wiesen ebenfalls eine erhebliche Belastung mit verschiedenen Salzen nach. Es dominierte, wie im Boden, Chlorid, aber auch Sulfat, Mangan, Natrium und Magnesium konnten in relevanten Mengen nachgewiesen werden. Stickstoffverbindungen blieben dagegen von untergeordneter Bedeutung (Tab. 2.1, Tab. 3).

Die Chloridgehalte im Wasser streuten in Größenordnungen zwischen 100 und 250 mg/l und lagen damit etwas unter denen der Böden. Diese Mengen entsprechen einem Kochsalzgehalt von bis zu 400 mg/l, also 4 Promille. (Zum Vergleich: die Ostsee bei Kiel hat 17 Promille, die Nordsee 35 Promille). Die Chloridgehalte des Wassers korrelierten mit der Leitfähigkeit, was belegt, dass das Chlorid der bestimmende Faktor für den Salzgehalt ist.

Zum Vergleich sei erwähnt, dass der Gesamtmittelwert an Chlorid im Rhein an der deutsch-holländischen Grenze im Zeitraum 1966-1987 bei 167 mg/l lag. Dieser Wert streute 1987 an den einzelnen Messstationen zwischen 100 und 200 mg/l (TITTIZER & KREBS 1997). Die Chloridwerte der Bäche in Rheinhessen liegen also in etwa (abgesehen von zeitlich geringfügig höheren Werten an einzelnen Stationen) so hoch wie im Rhein. Die Vergleichswerte des Wassers der Salinen in Bad Kreuznach und Bad Münster a.St. liegen indessen wesentlich darüber (Tab. 4).

Die Messergebnisse zeigen ferner, dass Ammonium nicht oder kaum nachweisbar war. Das weist darauf hin, dass die Bäche sauerstoffreich sind und Stickstoff nicht in reduzierter Form vorliegt. Die Nitratgehalte lagen zwischen 10 und 50 mg/l und damit unter den Grenzen der Trinkwasserverordnung. Eine Übersalzung der Bachwässer durch Stickstoffsalze aufgrund von Abschwemmungen von Düngemitteln aus den angrenzenden Äckern oder den Eintrag aus Kläranlagen konnte damit ausgeschlossen werden.

Der pH-Wert des Wassers bewegte sich im basischen Bereich in sehr engen Grenzen zwischen 8,1 und 8,3, der des Bodens am Bachrand darunter zwischen 6,7 und 7,5. Der pH-Wert der oberen Uferböschung liegt im Schnitt um 0,5 Werte höher.

Tab. 3: Untersuchung des Wassers einiger Bäche in Rheinhessen (Mittelwerte von Untersuchungen aus den Jahren 2003 – 2005)

	Pfrimm bei Worms	Selz bei Ingelheim	Wiesbach bei Gensingen
Calcium mg/l	105	112	108
Chlorid mg/l	99	155	136
Leitfähigkeit µS/cm	901	1376	1194
Magnesium mg/l	32	50	58
Mangan mg/l	-	120	80
Natrium mg/l	-	81	71
Sulfat mg/l	92	143	162

(Veröffentlichung mit freundlicher Genehmigung des Landesamtes für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht, Oppenheim)

Vergleichsuntersuchungen an den Salinen in Bad Kreuznach, wo *Desmatodon heimii* am Rande des Sprühbereichs der Reisigwand wächst, zeigen, dass dort ein Chloridgehalt des Salinenwassers über 2000 mg/l vorhanden ist (Tab. 4). Der Chloridgehalt am Moosstandort liegt deutlich darunter. Dort wurden zwar mit 364 mg/100g die höchsten Chloridwerte festgestellt, jedoch lagen diese nur leicht über den höchsten Werten der Bodenproben an den Bachrändern (322 mg/100g).

Tab. 4: Vergleichsuntersuchungen an einer Saline in Bad Kreuznach

Wasser			Boden am Rand der Saline			Boden in 10 m Entfernung von der Saline		
pH	Cl mg/l	Leitfähigkeit $\mu\text{S/cm}$	pH	Cl mg/100g	Leitfähigkeit $\mu\text{S/cm}$	pH	Cl mg/100g	Leitfähigkeit $\mu\text{S/cm}$
8,1	>2000	< 2000	7,5	364	686	6,1	36	146

4. Anlage eines Versalzungsprofils

Um zu ermitteln, ob Chloride der Bachwässer bereits von der Quelle an auftreten, wurden am 16. August 2006 aus dem am stärksten belasteten Bach, der Selz, von der Quelle bis zur Mündung Wasserproben gezogen und auf Chlor untersucht. Es zeigte sich, dass die Versalzung bereits in der Quelle nachgewiesen werden kann, also geogenen Ursprungs ist. An dieser Stelle wurden 135 mg/l Chlor gemessen. An den insgesamt 10 Messstellen streute der Chlorgehalt zwar in gewissen Grenzen, er veränderte sich aber bis zur Mündung nicht mehr wesentlich. An drei Stellen wurde zusätzlich der Chlorgehalt des aus Kläranlagen abfließenden Wassers untersucht. Es zeigte sich, dass dieses Wasser den Chlorgehalt der Selz an zwei Ausläufen verdünnt, an einem dagegen erhöht (Tab. 5).

Tab. 5: Chloridgehalte in einem Untersuchungsprofil der Selz von der Quelle bis zur Mündung

Nr.	Ort der Probenahme	Chloridgehalt mg/l
1	Orbis, Quelle	135
2.1	Orbis, Auslauf der Kläranlage	62
2.2	Orbis, 100 m unterhalb der Kläranlage	72
3.1	Morschheim, Auslauf der Kläranlage	108
3.2	Morschheim, 100 m unterhalb der Kläranlage	88
4	Mauchenheim, 100 m unterhalb der Kläranlage	104
5.1	Alzey, Auslauf der Kläranlage	156
5.2	Alzey, 100 m unterhalb der Kläranlage	140
6	Gau-Odernheim, 100 m unterhalb der Kläranlage	126
7	Köngernheim, 100 m unterhalb der Kläranlage	120
8	Nieder-Olm, 100 m unterhalb der Kläranlage	118
9	Ingelheim, 100 m unterhalb der Kläranlage	94
10	Ingelheim, an der Mündung in den Rhein	100

5. Ursachen der Versalzung des Bachwassers

Nach Auskunft des Landesamtes für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht ist die Kochsalzbelastung der Bäche bekannt. Da sich diese jedoch im Inneren Rheinhessens kaum biologisch (weder faunistisch noch floristisch) manifestiert hat, misst man ihr keinen besonderen Stellenwert bei. Als Herkunft der Salzbelastung wird ein Zusammenspiel von geologischen Gründen, Streusalz von Straßen, und Kochsalz aus Ionenaustauschern von häuslichen Wasserenthärtern angegeben, die über häusliche Abwässer in die Bäche gelangen. Die geologischen Gründe als Quelle der Kochsalzbelastung sind in der an sich bekannten Erscheinung zu sehen, dass im Bereich von Verwerfungen und tektonischen Bruchzonen im Oberrheingraben kochsalz- und schwefelhaltige Wasser durch Kluftsysteme im Untergrund in höhere Schichten und stellenweise bis an die Erdoberfläche treten (WAGNER 1968). Die halophile Flora einer dieser Salzquellen beschrieb OESAU (1977). Da das Bachwasser einen sehr hohen Sulfatanteil aufweist (vgl. Tab. 3), ist zu vermuten, dass seine Herkunft im Grundwasser zu suchen ist. Herkünfte aus landwirtschaftlich genutzten Flächen scheinen nur eine untergeordnete Bedeutung zu haben. Sie weisen sich jedoch an ihren vielfältigen Anteilen herbizider Wirkstoffrückstände aus (LANDESAMT FÜR UMWELT, WASSERWIRTSCHAFT UND GEWERBEAUF S I C H T 2006).

6. Zusammenfassung

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass zwischen dem Auftreten von Salzmoosen an rheinhessischen Bächen und der Belastung der Böden mit Kochsalz und anderen Salzen eine eindeutige Korrelation besteht. Bei der Bewertung der vorliegenden Höhe der Salzbelastung der Böden ist zu berücksichtigen, dass es sich um eine einmalige Untersuchung handelt. Es ist denkbar, dass langfristig gesehen auch tiefere oder höhere Werte vorliegen können. Die Ursache der Versalzung ist nicht nur in anthropogenen Einflüssen zu suchen (Streusalz auf Verkehrswegen, Ionenaustauscher in Haushalten), sondern sie ist in nicht geringem Umfang geogenen Ursprungs. Als Indikatoren dafür werden einerseits der bereits im Quellwasser auftretende hohe Chlorgehalt gesehen, andererseits das Auftreten von Sulfaten. Aus diesen Gründen wird ein Vorkommen von Salzmoosen an rheinhessischen Bächen nicht als Folge zunehmender anthropogener Salzbelastung des Bachwassers und anschließender Einwanderung von Salzmoosen gewertet, sondern es wird angenommen, dass *Desmatodon heimii* und *Conardia compacta* im Gebiet urwüchsig sind. Für diese Hypothese spricht auch die weite Verbreitung der Salzmoose an allen ständig Wasser führenden Bächen.

7. Danksagung

Für die Bereitstellung von Analyseergebnissen aus rheinhessischen Bächen sagen wir Frau Dr. ITTEL, Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht, Oppenheim, auch an dieser Stelle unseren herzlichen Dank.

8. Literatur

- LANDESAMT FÜR UMWELT, WASSERWIRTSCHAFT UND GEWERBEAUF S I C H T, Oppenheim, 2006: schriftliche Mitteilung.
- OESAU, A. 1977: Ein bemerkenswerter Halophytenstandort bei Nierstein/Rheinhessen. Hessische Floristische Briefe 26: 22-26.
- OESAU, A. 2005: Zur Verbreitung und Vergesellschaftung des Salzmooses *Desmatodon heimii* (HEDW.) MITT. in Rheinhessen (Rheinland-Pfalz). Limprichtia 26: 1-12.
- TITTIZER, TH., KREBS, F. (Hrsg.) 1997: Ökosystemforschung. Der Rhein und seine Auen – eine Bilanz. Springer Verlag, 468 S.

WAGNER, W. 1968: Wanderwege von kochsalzhaltigen Wässern im nördlichen Mainzer Becken und an seinen Rändern. Jahrbuch des Nassauischen Vereins für Naturkunde 99: 27-42.