
Erster Versuch einer quantitativen Salz (Na- und Cl)-Messung an dem halophilen Moos *Desmatodon* (= *Pottia*) *heimii* [Hedw.]¹

B. Messner und R. Schlüter

Zusammenfassung: MESSNER, B. UND SCHLÜTER, R. (2013): **Erster Versuch einer quantitativen Salz (Na- und Cl)-Messung an dem halophilen Moos *Desmatodon* (= *Pottia*) *heimii* [Hedw.]**.

Die Energiedispersive Röntgenspektroskopie (EDX) ist so empfindlich, dass sie physiologische Chloridwerte bei Moosen und Gefäßpflanzen leicht erfassen kann. Bei dem halophilen Moos *Desmatodon heimii* werden hohe Cl-Werte in stoffwechselaktiven Teilen (unreife Sporogone) wie auch in abgestorbenen und abgestoßenen Blättern nachgewiesen. Als Vergleich zu salztoleranten Gefäßpflanzen diente die Salzsoße (*Suaeda maritima* (L.) DUMORT.).

Abstract: MESSNER, B. UND SCHLÜTER, R. (2013): **First attempts to a quantitative measurement of the chloride content in the halophilic moss *Desmatodon* (= *Pottia*) *heimii* [Hedw.]**.

The energy dispersive X-ray spectroscopy (EDX) is sufficiently sensitive to analyze the chloride content in mosses and plants under physiological conditions. In the halophilic moss *Desmatodon heimii* the highest chloride values have been analyzed in young sporogones as well as in white broken and dead leaves. For comparison to salt-tolerant vascular plants, *Suaeda maritima* was selected.

Vorwort: Die einfache Feststellung von FRAHM & FREY (2004), dass *Desmatodon heimii* „auf Salzböden an der Nord- und Ostseeküste sowie an Salzstellen des Binnenlandes“ vorkommt, lässt die Vermutung zu, dass diese halophile Moosart zahlreiche Fundorte aufzuweisen hat. Dies trifft aber nur für die Nachweise der leicht erkennbaren generativen Pflanzen zu. Vegetative- und Pflanzen ohne reife Sporenträger wurden leider unbeachtet gelassen. Das hatte zur Folge, dass einige interessante Erscheinungen, besonders bei den vegetativen Pflanzen, bisher unbekannt blieben (z. B. das Absalzen) bzw. falsch zugeordnet wurden. Hat man aber das Glück, einen Fundort zu entdecken, an dem man sowohl vegetative als auch generative Exemplare nebeneinander und das ganze Jahr über beobachten und sammeln kann, ergibt das eine Fülle von Daten zur Aufstellung einer Jahresperiodik (noch zu bearbeiten!) und für den Einblick in den Salzstoffwechsel dieser salztoleranten Moosart.

¹ Für Interessenten an o. g. Thematik steht ganzjährig frisches Probenmaterial vom Fundort Spandowerhagen als auch getrocknetes Probenmaterial aus jeder Jahreszeit bei dem Erstautor und Herrn J. Schramm (Franzburg) zur Verfügung.

1. Einleitung

Dem Stressfaktor Salz (NaCl) müssen sich die Halophyten einerseits durch Absalzen und zum anderen durch osmotische Annäherung erwehren können. Für die osmotische Annäherung sind inzwischen zahlreiche anorganische und organische Osmolyte untersucht worden (KURZ 2008, 2010, ROBERTS 2005). Die am häufigsten genutzte osmolytische Substanz ist das Kochsalz (NaCl), das in entsprechend niedrigen Konzentrationen den gesamten Photosyntheseapparat schützt und der Pflanze auch einen gewissen Frostschutz bieten kann. Bei der Fülle physiologischer Arbeiten über Halophyten (KINZEL 1982, WAISEL 1974) und Osmolyte (KURZ 2008, 2010, ROBERTS 2005) ist es verwunderlich, dass die Moose keine Erwähnung finden. Nur wenige Autoren haben bisher die Frage einer Salztoleranz bei Moosen mit einer qualitativen Spül- bzw. Tauchmethode (BOERNER & FORMAN 1975, GARBERY et al. 2007, MESSNER & SCHRAMM 2012) oder einer quantitativen Kulturmethode (SUBKLEW 2007) aufgenommen. Im Folgenden soll über den Versuch einer quantitativen Na- und Cl-Messung am Moos *Desmatodon heimii* mit Hilfe der Energiedispersiven Röntgenspektroskopie (EDX) berichtet werden.

2. Methoden

Das untersuchte Moos *Desmatodon heimii* entstammt dem monatlich eingetragenen Probenmaterial von 2011 und 2012 von dem Fundort Sportboothafen Spandowerhagen bei Lubmin (Vorpommern). Es wächst auf den Köpfen alter Holzpfähle im unmittelbaren Spritz- und Spraybereich vom Brackwasser (0,8 – 1 % NaCl) als mehrjährige, sterile, vegetative Pflanze in dichtem Polster und als einjährige, fruchtende, generative Pflanze im lockeren Rasen oder auch einzeln im dichten Bestand vegetativer Polster (Abb. 1 und 2).



Abb. 1: *Desmatodon heimii* (11. 9. 2010) vegetative Pflanzenpolster



Abb. 2: *Desmatodon heimii* (11. 6. 2011) generative Pflanze mit reifen Sporangien

Die Rosettenblätter der vegetativen Pflanze sind rundlich oval und merklich kleiner als die langovalen generativen Blätter, die nach der Sporenreife, wie die aller Pottiaceen absterben (MEUSEL 1935).

Zum Vergleich dienen die Na- und Cl-Werte in den unteren Blättern der gut untersuchten halophytischen Gefäßpflanze Strandsode (*Suaeda maritima*), die am 14. August 2011 bei Ebbe im Hafengebiet von Südwesthörn (Nordfriesland) gesammelt wurde.

Die Energiedispersive Röntgenspektroskopie (EDX) der Blätter von *D. heimii* und *Suaeda maritima* wurden an einem Rasterelektronenmikroskop EVO LS 10 (Zeiss, Oberkochen) mit dem EDX-System (X-Max 20) von Oxford Instruments (Wiesbaden) bei 10 kV, 900 pA und 91 Pa durchgeführt.

Während der Rasterelektronenmikroskopie wird die Probe durch einen fokussierten Elektronenstrahl mit einem Durchmesser von wenigen Nanometern punktförmig abgerastert. Dabei kommt es zu Wechselwirkungen des Elektronenstrahls mit den Probeatomen, aus denen beispielsweise eine für jedes Element charakteristische Röntgenstrahlung resultiert. Diese kann mit einem spezifischen Detektor (EDX-System) erfasst und mit der entsprechenden Software analysiert werden. Für die (halb)quantitative Analyse wurde als Eichprobe Titan verwendet. Das Rasterelektronenmikroskop EVO LS10 kann auch im Niedervakuumbereich arbeiten, so dass die Proben für die Analyse nicht entwässert oder mit einer dünnen Metallschicht überzogen werden müssen. Aus diesem Grund war es möglich, frisches Probenmaterial mit diesem Gerät zu untersuchen.

3. Ergebnisse

Die Messwerte (Masse % Frischmaterial) wurden nur von den Moospflanzen gewonnen, die im Jahresgang besonders interessant erschienen (Tab. 1).

Tab. 1: Messwerte von *Desmatodon heimii* (Proben A bis E) und *Suaeda maritima* (Probe F) [gemittelte Werte in Masse % und Probenzahl ()]

Probe	Mg	Cl	K	Na
A	0,42 (7)	0,30 (6)	0,4 (2)	-
B	0,36 (8)	2,14 (7)	0,82 (7)	0,46 (6)
B ₁	0,37 (3)	1,82 (3)	0,44 (3)	0,57 (3)
B ₂	0,34 (12)	5,96 (13)	0,56 (12)	0,56 (10)
C	0,43 (7)	0,34 (6)	1,04 (7)	0,76 (7)
D	0,51 (6)	1,5 (6)	0,5 (5)	0,7 (5)
E	0,29 (4)	0,16 (4)	0,47 (4)	0,16 (4)
E ₁	0,38 (4)	0,43 (4)	0,9 (4)	0,2 (3)
F	0,82 (2)	1,96 (2)	1,14 (2)	0,46 (2)

- Probe A: Funddatum 3. Mai 2012, vegetative Pflanze
 Probe B: Funddatum 3. Mai 2012, generative Pflanze mit noch unreifen Sporogonen und Blättern
 Probe B₁: Funddatum 3. Mai 2012 Seta eines unreifen Sporogons
 Probe B₂: Funddatum 3. Mai 2012 unreifes, aufgedrücktes Sporogon
 Probe C: Funddatum 21. Juli 2012, Sporen aus reifen Sporogonen
 Probe D: Funddatum 2. Juli 2012, abgestorbene Blätter von generativen Pflanzen nach der Sporenreife (= generative Entsalzung)
 Probe E: Funddatum 21. Juni 2011, Blätter mit chlorophyllfreien Blattspitzen und Rändern vegetativer Pflanzen (= vegetative Entsalzung)
 Probe E₁: nur Blattspitzen
 Probe F: untere Blätter der Strandsode

4. Diskussion

Nachdem sich bei den Tauchversuchen gezeigt hatte, dass *Desmatodon heimii* die höchste Salztoleranz besitzt (MESSNER & SCHRAMM 2012), stellte sich die Frage, welche Salzmen gen die Pflanze akkumulieren muss, um einen von außen kommenden Salzstress von über 3 % über 6 Tage hinweg schadlos zu überstehen. Die Schutzfunktion niedriger Salzgehalte lässt sich sowohl bei halophytischen Gefäßpflanzen (KINZEL 1982) wie auch bei salztoleranten Moosen durch Tauchversuche (GARBAR Y et al. 2007, MESSNER & SCHRAMM 2012) und Aufzuchtversuche (SUBKLEW 2007) gut belegen. Wie aber ein Salzoptimum bei Moosen gehalten oder ein Übermaß an Salz vermindert werden kann, wurde bisher noch nicht untersucht. Bei *Desmatodon heimii* scheint ein Absalzen durch einfachen Blattabwurf zu erfolgen und zwar bei generativen Pflanzen nach der Sporenreife (Ende Mai bis Mitte Juni), indem die Blätter ihre Photosynthese einstellen (Messner u. Schramm 2012) und danach völlig absterben (Meusel 1935). Etwas später oder auch gleichzeitig wird in den Rosettenblättern der vegetativen Pflanzen das Chlorophyll abgebaut (Abb. 3), und die weißen bis weißgelben Blätter werden schließlich in schmalen Fetzen abgestoßen.



Abb. 3: *Desmatodon heimii* (11. 6. 2011) vegetative Pflanzen vor dem entsalzenden Blattabwurf

Im Sprossbereich entstehen dabei in der Beblätterung internodialartige Lücken. Im Unterschied zum jährlich regelmäßigen chlorophyllfreien Blattabwurf der vegetativen Pflanzen (ab Juni) führen Schädigungen durch Frost (Probe vom 4. 4. 2011 und 10. 4. 2012) oder Trockenheit (Probe vom 4. 9. 2012) in jedem Fall zu einer Braunfärbung der Moospflanze. Absterbende Blätter der generativen Pflanze werden nach der Sporenreife schwarz.

Vor jedem Blattabwurf oder Blattsterben erfolgt eine Salzeinlagerung, die bei der vegetativen Entsalzung eine schwache bis mäßige Steigerung (Probe E₁) und bei der generativen Entsalzung das Mehrfache (Probe D) des normalen Salzgehaltes (0,30 Cl %) in den Moosblättern ausmacht.

Da dem Blattabwurf bei den vegetativen Moospflanzen eine Trocknung vorausgeht, ist es verständlich, dass die Zellen ihre Sukkulenz verlieren und ihre Gestalt deutlich gestreckt erscheint. Die ungewöhnlich hohen Cl-Werte in den generativen Pflanzen und besonders in den unreifen Sporogonen kommen durch Überlagerung (Addition) chloridhaltiger Strukturen (wie Photosynthese- und sporogenes Gewebe) zu Stande, wie sie nur in so stoffwechselaktiven Teilen, wie heranwachsenden Sporogonen, möglich sind.

Ob und wieweit andere Chloride, wie MgCl₂, an der osmotischen Balance zwischen Regenwasser und Brackwasser bei *Desmatodon heimii* beteiligt sind, müssen zukünftige Versuche zeigen.

Die vorliegenden Messwerte zeigen, dass *Desmatodon heimii* im zeitigen Frühjahr einen großen Teil der akkumulierten Chloride über die Seten in die jungen Sporogone transportiert und im Sommer sowie nach der Sporenreife durch einen Rücktransport in abzustoßende Blätter oder Blatteile den Stoffwechsel von überschüssigen Chloriden wieder entlastet bzw. befreit.

Die bei der Strandsode gemessenen Ionen-Werte entsprechen der Absalzphase von Blättern der unteren Sprosszone (Probe F) und sind damit physiologisch vergleichbar mit der Moosprobe D.

Die Erweiterung der bei *D. heimii* erstmalig ausprobierten quantitativen Salzmessung auf weitere salztolerante Moosarten (SCHRAMM & MESSNER 2012) eröffnet die Möglichkeit, die ökologischen Zeigerwerte (nach ELLENBERG) um die noch fehlende Salz (NaCl)-Zahl zu ergänzen.

5. Zusammenfassung

Mit Hilfe der Energiedispersiven Röntgenspektroskopie (EDX) werden hohe Cl-Werte in stoffwechselaktiven Teilen (unreife Sporogone), wie auch in abgestorbenen und abgestoßenen Blättern bei dem salztoleranten Moos *Desmatodon heimii* nachgewiesen im Vergleich zur Salzsode unter den halophilen Gefäßpflanzen.

6. Danksagung

Ein besonderer Dank gebührt Herrn Jens Schramm (Franzburg), der uns durch seine Bestimmung den für *Desmatodon heimii* offenbar idealen Standort an der Ostsee entdecken ließ. Weiterhin danken wir Frau Wiebke Schröder (Ludwigsstadt Ebersdorf) sowie Herrn Prof. Dr. R. Düll (Bad Münstereifel) für die Nachbestimmung der Moosproben.

7. Literatur

- BOERNER, R.E. & FORMAN, R.T.T. (1975): Salt Spray and Costal Dune Mosses. - The Bryologist 78(1): 57-63
- FRAHM, J.-P. & FREY, W. (2004): Moosflora. 4. Aufl. – Eugen Ulmer, 538 S. Stuttgart
- GARBARY, D.J., MILLER, A.G., SCROSATI, R., KIM, K.-Y. & SCHOFIELD, W.B. (2007): Distribution and salinity tolerance in intertidal mosses from Nova Scotian salt marshes. - The Bryologist 3 (2): 282-291
- KINZEL, H. (1982): Pflanzenökologie und Mineralstoffwechsel, Stuttgart
- KURZ, M. (2008): Compatible solute influence on nucleic acids. Many questions but few answers. - Saline Systems 4: 6
- KURZ, M. (2010): 25 Jahre Ectoin. - Naturwissenschaftliche Rundschau 12: 653-654
- MESSNER, B. & SCHRAMM, J. (2012): Experimente zur Salztoleranz von Laubmoosen. - Botanischer Rundbrief für Mecklenburg-Vorpommern 49: 39-43
- MEUSEL, H. (1935): Wuchsformen und Wuchstypen der europäischen Laubmoose. - Nova Acta Leopoldina N. F. 3: 123-277
- ROBERTS, M.F. (2005): Organic compatible solutes of halotolerant and halophilic microorganisms. - Saline Systems 1:5, 1-43
- SCHRAMM, J. & MESSNER, B. (2010): Über salztolerante Moose. - Drosera 2010: 49-53 (Oldenburg)
- SUBKLEW, H. (2007): Küstenschutzwald auf der Insel Hiddensee: Einfluss auf die Neophyten *Campylopus introflexus* und *Prunus serotina* und rechtliche Grundlagen für einen Rückbau. – Unveröff. Diplomarbeit. Universität Greifswald, Greifswald.
- WASEL, Y. (1972): Biology of Halophytes. – Academic Press, New York, London.

Online 23.9.2013