

Auswirkungen der Kalkung bodensaurer Wälder auf die Bodenflora unter besonderer Berücksichtigung der Moose

Georg und Heidrun BAUR

1 Einführung

Anlass zu den folgenden Ausführungen sind die Ergebnisse, die wir in den letzten zehn Jahren bei der Kartierung von Moosen im norddeutschen Flachland (in Hamburg, Niedersachsen und Mecklenburg-Vorpommern) zusammengetragen haben. Wir konnten feststellen, dass in bodensauren Wäldern zahlreiche Standorte seltener Moose durch Kalkungen zerstört wurden. Wir möchten erreichen, dass der hier beschriebenen Problematik mehr Aufmerksamkeit zuteil wird. Es soll eine Anregung sein, sich intensiver mit den negativen Folgen der großflächigen Ausbringung von Calcium- bzw. Magnesiumcarbonat und der Wechselwirkung mit dem im Boden gebundenen Stickstoff auseinander zu setzen.

2 Das Problem des "Nährstoffregens"

Da als Begründung für intensive Waldkalkungen vielfach der "Saure Regen" angeführt wird, soll auf diese Thematik kurz eingegangen werden, wobei wir in der Argumentation ELLENBERG et al. (1989), ELLENBERG (1998), LAMMERT (1989) und HOFMEISTER (1997) folgen.

Bis in die achtziger Jahre hinein sind von Kraftwerken, Industriebetrieben, Haushalten und dem Straßenverkehr Schwefeldioxid und Staub in großer Menge emittiert worden, wodurch zunächst die Nadelbäume geschädigt wurden ("Tannensterben"). Das Niederschlagswasser, das durch gelöste Kohlensäure natürlicherweise eine schwachsaure Reaktion aufweist (pH-Wert ca. 6), ist damals sicher stärker angesäuert worden. Inzwischen sind durch vielfältige Maßnahmen (u.a. Rauchgasentschwefelung, Staubfilter, Katalysatoren in Kraftfahrzeugen) bei Schwefeldioxid- und Staubemissionen erhebliche Verminderungen erreicht worden.

Augenblicklich ist der hohe Stickstoffeintrag das Hauptproblem bodensaurer Waldstandorte. Somit sollte der Begriff "Saurer Regen" jetzt zutreffender durch "Stickstoffregen" oder "Nährstoffregen" ersetzt werden. Verursacher ist in erster Linie die Agrarwirtschaft mit ihrer Massentierhaltung. Der Stickstoff wird gasförmig sowohl

direkt als Gölledunst als auch in Form von Göllezersezungsproukten wie Ammoniak oder NO_x in die Wälder eingetragen. Flüssig wird der Stickstoff den Wäldern überreichlich mit den Niederschlägen zugeführt. Je nach dem Vorhandensein von Anionen im Niederschlagswasser kann der Stickstoff verschiedene Verbindungen eingehen und so z.B. Ammoniumnitrat und Ammoniumcarbonat mit neutraler Reaktion, Salpetrige Säure, Salpetersäure, Ammoniumsulfat und Ammoniumchlorid mit saurer Reaktion oder Ammoniumhydroxid mit basischer Reaktion bilden.

Bei den zur Zeit üblichen, intensiven Waldkalkungen wird der in hoher Konzentration im Waldboden vorliegende Stickstoff schlagartig aktiviert. Der in bodensauren Wäldern als huminsaures Ammonium gebundene Stickstoff wird durch Wechselwirkung mit Kalk als Ammoniak freigesetzt. Als Folge davon vermehren sich nährstoffliebende Algen explosionsartig. Nadeln und Laub der Bäume werden von Algen belegt, wobei die Spaltöffnungen verstopfen, so dass Assimilation und Atmung der Bäume behindert werden. Deutlich erkennbar ist der Algenbewuchs am grünen Belag, der Baumrinden und Äste seit etwa 1980 überzieht.

In bodensauren Wäldern sind die Auswirkungen von Kalkungsmaßnahmen schon nach wenigen Monaten an der sich ändernden Bodenflora zu erkennen. Konkurrenzkräftige "Allerweltsarten" verdrängen die auf saure Böden spezialisierten Arten. Weniger auffällig, jedoch wohl ebenso gravierend dürften die Folgen für die in der Bodenstreu lebenden Kleintier-Gesellschaften sein, die ebenfalls durch die Kalkungen geschädigt werden.

3 Anzeiger der Florenveränderung bodensaurer Wälder nach Kalkungen

Nach geringfügigen Kalkungen bleiben die Waldböden zwar noch schwach sauer, die Freisetzung von Ammoniak führt aber auch hier schon zu einer erkennbar gestörten Flora. Inselartig ziehen sich die Reste der standorttypischen Pflanzen auf stark geneigte Hänge und vermodernde Baumstubben zurück. Vor allem an lichterem Waldstandorten (Wegränder, Lichtungen) stellen sich u.a. die stickstoffliebenden Arten der Tab. 1 ein (N-Zahl = Stickstoffzahl nach Ellenberg 1991).

Zuweilen bilden an solchen Waldstandorten auch nährstoffliebende Brombeerarten undurchdringliche Dickichte, und in der Nähe von Siedlungen bedeckt häufig die Florentinernessel (*Galeobdolon argentatum*) den Boden (vgl. MANG 1990).

Tab. 1:

Blütenpflanzenarten als Anzeiger für geringfügig gekalkte Standorte

Art		N-Zahl
Roter Fingerhut	<i>Digitalis purpurea</i>	6
Wald-Weidenröschen	<i>Epilobium angustifolium</i>	8
Echte Nelkenwurz	<i>Geum urbanum</i>	7
Kleinblütiges Springkraut	<i>Impatiens parviflora</i>	6
Wald-Kreuzkraut	<i>Senecio sylvaticus</i>	8

Während die meisten der genannten Zeigerpflanzen nur zwischen Ende April und August gut erkennbar sind, können die für gestörte Standorte typischen Moose ganzjährig beobachtet werden. Moose eignen sich als Bioindikatoren besonders gut, da sie auf Veränderungen im Ökosystem sehr schnell reagieren. Wir konnten beobachten, wie die nachfolgend genannten, hoch spezialisierten Moose, die in der "Roten Liste" (KOPERSKI 1999) aufgeführt sind, bereits nach weniger intensiven Waldkalkungen verschwanden (Tab. 2):

Tab. 2:

Moose, die empfindlich auf Kalkungen reagieren

Schlankes Bartspitzkelchmoos	<i>Barbilophozia attenuata</i>
Kunze's Bartspitzkelchmoos	<i>Barbilophozia kunzeana</i>
Dreilappiges Peitschenmoos	<i>Bazzania trilobata</i>
Braunes Gabelzahnmoos	<i>Dicranum fuscescens</i>
Großes Gabelzahnmoos	<i>Dicranum majus</i>
Unechtes Gabelzahnmoos	<i>Dicranum spurium</i>
Weißliches Doppelblattmoos	<i>Diplophyllum albicans</i>
Stumpfbältriges Doppelblattmoos	<i>Diplophyllum obtusifolium</i>
Bauchiges Spitzmoos	<i>Lophozia ventricosa</i>
Nowellmoos	<i>Nowellia curvifolia</i>
Nacktes Schlitzkelchmoos	<i>Odontoschisma denudatum</i>
Armhaarmoos	<i>Oligotrichum hercynicum</i>
Gipfelsprossendes Geradgabelzahnmoos	<i>Orthodicranum flagellare</i>
Aloeähnliches Filzmützenmoos	<i>Pogonatum aloides</i>
Urnenfrüchtiges Filzmützenmoos	<i>Pogonatum urnigerum</i>
Gewimpertes Federchenmoos	<i>Ptilidium ciliare</i>
Farnwedelmoos	<i>Ptilium crista-castrensis</i>
Riemenstengeliges Kranzmoos	<i>Rhytidiadelphus loreus</i>
Hain-Torfmoos	<i>Sphagnum capillifolium</i>
Girgensohn's Torfmoos	<i>Sphagnum girgensohnii</i>
Russow's Torfmoos	<i>Sphagnum russowii</i>

Diese Arten werden umgehend durch konkurrenzstarke Eutrophierungszeiger ersetzt, vor allem durch die folgenden Arten (Tab. 3):

Tab. 3:

Eutrophierungszeiger in Wäldern (Moose)

Krücken-Kurzbüchsenmoos	<i>Brachythecium rutabulum</i>
Purpurstieliges Hornzahnmoos	<i>Ceratodon purpureus</i>
Langgestrecktes Schönschnabelmoos	<i>Eurhynchium praelongum</i>
Echtes Zypressen-Schlafmoos	<i>Hypnum cupressiforme</i>
Verwechseltes Zweizahn-Kammkelchmoos	<i>Lophocolea bidentata</i> var. <i>rivularis</i>
Gewöhnliches Schiefsternmoos	<i>Plagiomnium affine</i>
Sparriges Kranzmoos, "Runzelpeter"	<i>Rhytidiadelphus squarrosus</i>
Grünstengel-Rauhstielmoos	<i>Scleropodium purum</i>

Nach intensiven Waldkalkungen stellen sich schwerpunktmäßig Blütenpflanzenarten ein, die nährstoffreiche, häufig auch überdüngte Standorte anzeigen (Tab. 4; N-Zahl = Stickstoffzahl nach Ellenberg 1991):

Tab. 4:

Eutrophierungszeiger in Wäldern (Blütenpflanzen)

Art		N-Zahl
Zaun-Giersch, Geißfuß	<i>Aegopodium podagraria</i>	8
Knoblauchsrauke	<i>Alliaria petiolata</i>	9
Kletten-Labkraut	<i>Galium aparine</i>	8
Himbeere	<i>Rubus idaeus</i>	8
Stumpflättriger Ampfer	<i>Rumex obtusifolius</i>	9
Schwarzer Holunder	<i>Sambucus nigra</i>	9
Rote Lichtnelke	<i>Silene dioica</i>	8
Bittersüßer Nachtschatten	<i>Solanum dulcamara</i>	8
Vogelmiere	<i>Stellaria media</i>	8
Große Brennessel	<i>Urtica dioica</i>	8

Die Moosflora stark gekalkter Waldbereiche, deren Böden neutralisiert sind, ist noch artenärmer als die oben angeführte Moosflora schwach saurer, eutropher Standorte. Hier finden sich nur noch *Brachythecium rutabulum*, das Massenvorkommen bilden kann und den Erdboden wie auch Baumstümpfe und Baumbasen überzieht, *Eurhynchium praelongum*, sowie an luftfeuchten Standorten *Amblystegium serpens*, das Kriech-Stumpfdeckelmoos, das Totholz und Stämme als Epiphyt besiedelt. Zuweilen sind solche stark eutrophen Waldböden auch vollkommen frei von Moosen.

Tab. 5:

Indikatorwert einiger leicht kenntlicher Moosarten für den Nährstoffgehalt des Oberbodens von ursprünglich bodensauren Wäldern, dargestellt mit Hilfe einer 9-teiligen Skala (in Anlehnung an die "Stickstoffzahlen" ELLENBERG's 1991).

Art	N-Zahl	Standort
<i>Campylopus flexuosus</i> <i>Leucobryum glaucum</i> <i>Sphagnum</i> spp.	1	oligotroph
<i>Dicranum scoparium</i>	2	
<i>Dicranella heteromalla</i> <i>Hypnum jutlandicum</i> <i>Pleurozium schreberi</i> <i>Politrichum formosum</i>	3	
<i>Atrichum undulatum</i> <i>Mnium hornum</i>	4	mesotroph
<i>Lophocolea bidentata</i> var. <i>rivularis</i> <i>Scleropodium purum</i>	5	
<i>Rhytidiadelphus squarrosus</i>	6	eutroph
<i>Eurhynchium praelongum</i> <i>Plagiomnium undulatum</i>	7	
<i>Amblystegium serpens</i> <i>Brachythecium rutabulum</i>	8	
(moosfreie Waldböden)	9	

4 Schlussfolgerungen

Obwohl sich sowohl die chemische Zusammensetzung der Schadstoffimmissionen als auch die Konzentrationen seit etwa 20 Jahren verändert haben, werden viele Waldbereiche zur Zeit noch immer flächendeckend gekalkt. Durch die Stickstoffaktivierung nach Kalkungen werden sogar ehemals häufige Moosarten, die auf saure, nährstoffarme Standorte angewiesen sind, zu "Rote-Liste-Arten". So konnten wir bei dem bekannten Echten Weißmoos (*Leucobryum glaucum*) deutliche Bestandsrückgänge feststellen.

Da auch innerhalb von Naturschutzgebieten Moosbestände durch Waldkalkungen vernichtet wurden, scheint es uns dringlich zu sein, das Zeigerwertsystem für Moose um die Stickstoffzahl (Nährstoffzahl) zu erweitern. Damit kann der Eutrophierungsgrad der obersten Bodenschichten ganzjährig schnell und kostengünstig beurteilt werden. Als einen ersten Schritt hierzu liefert Tab. 5 einen Vorschlag zur Kennzeichnung des Eutrophierungsgrades von Waldbodenoberflächen mit Hilfe einer 9-teiligen Skala auf Grund des Indikatorwertes leicht kenntlicher Moosarten. Die ver-

wendeten Abstufungen haben wir durch Vergleiche der Moossippen untereinander sowie durch Angleichung an die N-Zahlen der begleitenden Gefäßpflanzen ermittelt. Wir hoffen, daß unsere Ergebnisse dazu beitragen, noch vorhandene oligotrophe Waldbereiche besser zu schützen.

Literatur

- ELLENBERG, H. jr., RÜGER, A., VAUK, G. (Hrsg.) 1989: Eutrophierung, das gravierendste Problem im Naturschutz? NNA-Berichte 2: 1-70.
- ELLENBERG, H. 1991. 1. Zeigerwerte der Gefäßpflanzen (ohne Rubus). In: ELLENBERG, H., et al.: Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. Scripta Geobotanica 18: 9-166.
- ELLENBERG, H. 1998. Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. 5. Auflage. Stuttgart.
- HOFMEISTER, H. 1997. Lebensraum Wald (4. Aufl.). Berlin.
- KOPERSKI, M. 1999. Florenliste und Rote Liste der Moose in Niedersachsen und Bremen. 2. Fassung vom 1. 1. 1999. Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen 19 (1): 1-76.
- LAMMERT, F.D. 1989. Risiken - Kalkung, Düngung und "grundlegende Melioration" in schutzwürdigen Biotopen - Naturschutz und Naturparke 135 (4/89): 24-27.
- MANG, F.W.C. 1990. Goldnessel-Probleme. Ber. Bot. Verein Hamburg 11: 100-102.

Georg und Heidrun Baur
Ringheide 129
21149 Hamburg