

Zur Bestimmung der austauschbaren Kationen im gekalkten Auflagehumus im Rahmen der BZE II

Meiwes, K.J., M. Mindrup und N. König
Nieders. Forstliche Versuchsanstalt, Göttingen

1. Einleitung

Die Kationenaustauscherplätze im Auflagehumus haben einen z.T. erheblichen Anteil an der Austauschkapazität des gesamten Bodens. Unter den funktionellen Gruppen, die H-Ionen dissoziieren und auf diese Weise negative Ladungen für den Kationenaustausch bereitstellen, haben die Carboxyl-Gruppen (COOH) eine quantitativ große Bedeutung (Stevensen, 1994).

Gelangen Kationen aus luftbürtiger Deposition oder aus Kalkungs- und Düngemaßnahmen auf den Waldboden, treffen sie zuerst auf den Auflagehumus, wo wegen der relativ großen Austauschkapazität die Kationenaustauschprozesse in relevanten Raten ablaufen. Der Auflagehumus stellt einen Puffer dar, der Calcium und Magnesium in größeren Mengen speichern und damit den Transport von gelöstem Calcium und Magnesium in den Mineralboden deutlich verlangsamen kann. Deshalb sollte die Analyse der Austauscherbelegung im Auflagehumus Bestandteil des Analysenprogramms der BZE II sein.

In der ersten Bodenzustandserhebung war die Bestimmung der austauschbaren Kationen im Auflagehumus nicht Bestandteil des Untersuchungsprogramms. Dagegen wurde in der bayerischen Bodenzustandserhebung die Austauscherbelegung im Auflagehumus analysiert (Gulder u. Kölbl, 1993).

Als Extraktionsmittel für die austauschbaren Kationen werden in der Literatur verschiedene Salze genannt. Beim Einsatz von gepufferten Lösungen erhält man die auf einen bestimmten pH-Wert normierte potentielle Austauschkapazität z.B. mit Ammoniumacetat, (Nihlgård et al. 1985), mit ungepufferten Lösungen die effektive Austauschkapazität, z.B. mit NH_4NO_3 (Stuanes et al. 1984) oder NH_4Cl (Nätscher, 1987).

Da bei der deutschen BZE im Mineralboden die austauschbaren Kationen mit NH_4Cl extrahiert werden, erscheint es aus Gründen der Einheitlichkeit des Untersuchungsprogramms sinnvoll, auch im Auflagehumus die gleiche Extraktionslösung zu benutzen, wie es auch bereits Gulder und Kölbel (1993) bei der BZE I gemacht haben.

Nätscher (1987) hat das NH_4Cl -Verfahren mit der Extraktion durch CuCl_2 verglichen. Mit beiden Verfahren wurden etwa gleiche Mengen an Ca, Mg, K und Mn extrahiert; daraus schließt Nätscher, dass diese Elemente hauptsächlich austauschbar und nur zu einem geringen Teil komplex gebunden sind.

Aus der Untersuchung von carbonathaltigen Mineralbodenproben ist bekannt, dass durch das saure NH_4Cl (pH 4,2 - 4,5) Kalk gelöst werden kann und dass dadurch ein höherer Gehalt an austauschbaren Calcium, als tatsächlich vorhanden, vorgetäuscht wird. Für die Untersuchung gekalkter Humusaufgaben stellt sich deshalb die Frage, ob das NH_4Cl -Extraktionsverfahren geeignet ist. In Kalkungsversuchen ist es angewandt worden, wobei Hinweise auf die Problematik gegeben werden, ohne jedoch die Ungenauigkeiten zu quantifizieren (Kreutzer, 1985).

2. Material und Methoden

Es wurde ein Versuch durchgeführt, bei dem Quarz-Dolomit-Gemische und Humus-Dolomit-Gemische mit NH_4Cl perkoliert wurden. Bei dem Dolomit handelt es sich um einen erdfeuchten Zechsteindolomit (Kalk Nr. 1 aus Meiwes et al. 2002). Es wurden 1 g getrockneter Auflagehumus bzw. 1 g Quarzmehl mit 5 - 80 mg Dolomit versetzt; diese Mischung wurde über Nacht in 10 ml Extraktionslösung stehen gelassen und anschließend während der Dauer von 4 Stunden mit insgesamt 100 ml perkoliert. In dem Perkolat wurden mittels ICP-AES die Kationen Ca, Mg, Mn, Fe und Al gemessen. Aus der Differenz der pH-Werte wurden die austauschbaren H-Ionen berechnet (nach Prenzel, Institut für Bodenkunde und Waldernährung, Univ. Göttingen).

3. Ergebnisse

Die aus dem Quarz-Dolomitgemisch gelösten Mengen an Ca und Mg sind von der dem Quarz zugemischten Menge Kalk abhängig. Die Kalkmengen 5 und 80 mg Dolomit/g Quarz ent-

sprechen einem Kalkgehalt im Humus, der sich bei 0,5 und 2 t Kalk/ha ergibt, wenn die Auflagehumusmenge 25 t/ha beträgt. Die Summe an extrahiertem Ca plus Mg betrug bei der höchsten Kalkzugabe etwa 220 $\mu\text{mol/g}$ Quarz-Kalk-Gemisch (Abb. 1).

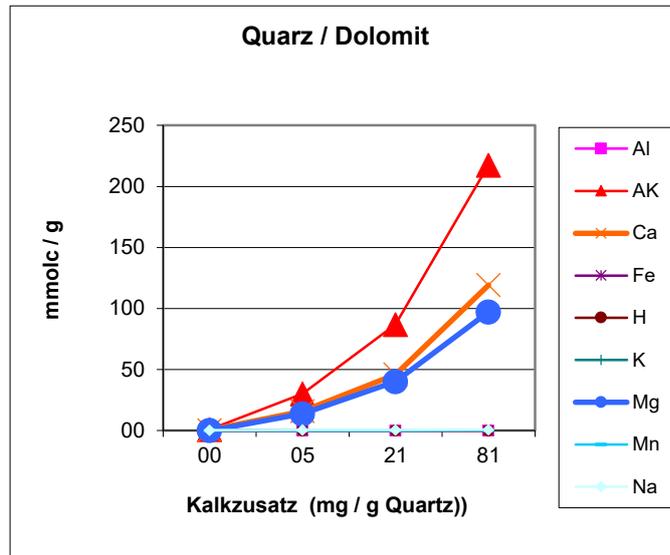


Abb. 1: NH₄Cl-Extraktion der Kationen aus Gemischen von Quarz und Dolomit

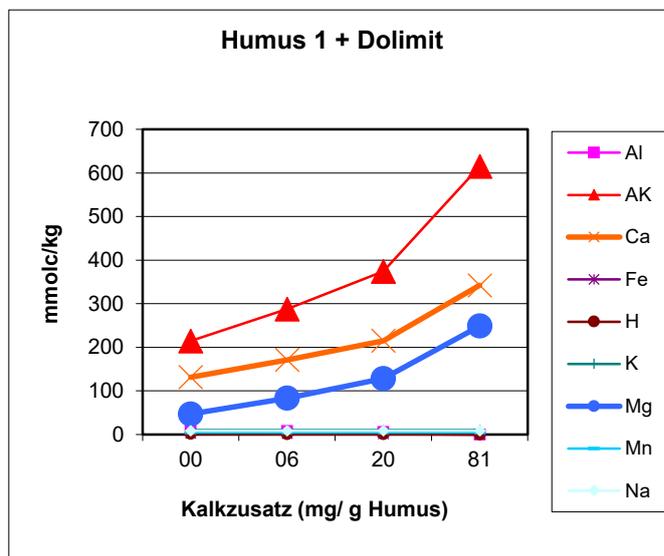


Abb. 2 : NH₄Cl-Extraktion von Kationen aus Gemischen von Humus + Dolomit

Bei den Humus-Kalk-Gemischen waren die Summen der extrahierten Kationen bei der untersten Stufe des Kalkzusatzes um ca. 10 %, bei der mittleren Stufe des Kalkzusatzes um ca. 80 % und bei der höchsten Stufe um ca. 190 % höher als in der Kontrolle (ohne Kalkzusatz).

4. Diskussion

Die hier vorgestellten Ergebnisse der Extraktion gekalkter und nicht gekalkter Humusproben zeigen, dass erhebliche Mengen Ca und Mg durch das saure Extraktionsmittel NH_4Cl gelöst werden. Diese Fehler bei der Bestimmung der austauschbaren Kationen werden als nicht tolerierbar gewertet, so dass das Verfahren der NH_4Cl -Extraktion für gekalkte Humusproben bei der BZE nicht in Frage kommt.

Bei der Extraktion von gekalkten Humusproben mit einem Neutralsalz wird voraussichtlich weniger Ca bzw. Mg gelöst, als wenn das saure NH_4Cl als Extraktionsmittel benutzt wird. In den Abb. 3 und 4 sind die Ergebnisse von fraktionierten Perkolationen mit einer 0,1 N CsCl -Lösung (200 ml CsCl -Lösung, 10 g TM Einwaage, Humus feldfrisch eingewogen) dargestellt. Demnach muss man mit einer Ca-Lösung aus dem Dolomit von bis zu 30 % des austauschbaren Ca-Gehaltes rechnen; beim Mg sind es bis zu 20 %.

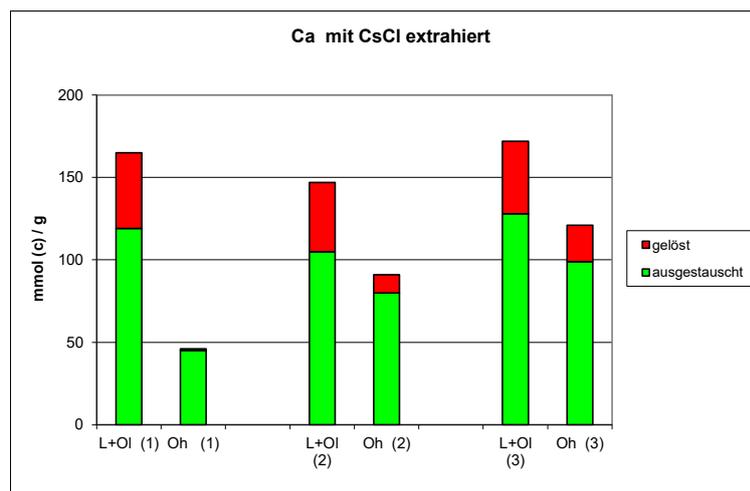


Abb. 3: Austauschbares und aus der Dolomitauflösung stammendes Ca in gekalkten Humusaufgaben zwei Jahre nach der Kalkung (Standort 1: 3 t Kalk / ha; Standort 2 und 3: 28 t Kalk / ha)

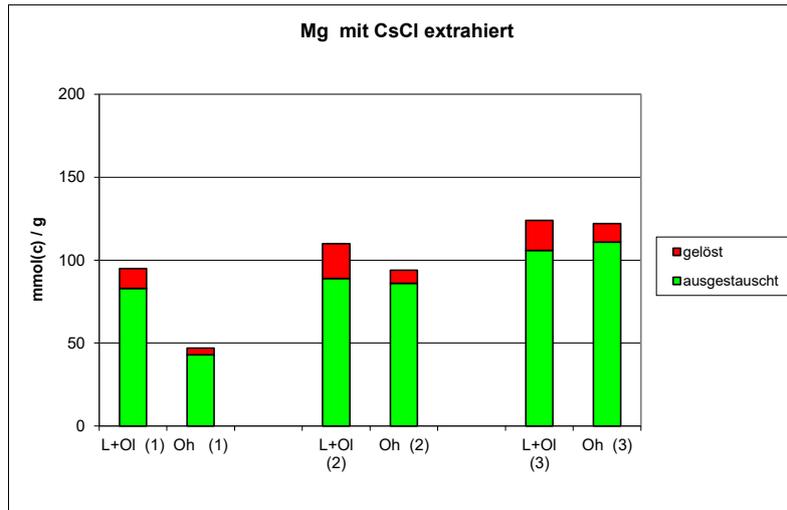


Abb. 4: Austauschbares und aus der Dolomitauflösung stammendes Mg in gekalkten Humusauflagen zwei Jahre nach der Kalkung (Standort 1: 3 t Kalk / ha; Standort 2 und 3: 28 t Kalk / ha)

5. Schlussfolgerungen

Aus den hier vorliegenden Untersuchungen ergeben sich folgende Schlussfolgerungen für die BZE II: NH_4Cl ist bei gekalkten Humusauflagen, die noch Carbonat enthalten, nicht als Extraktionsmittel geeignet. Eine einheitliche Behandlung von Mineralboden und Auflagehumus mit NH_4Cl ist also nicht möglich. Um jedoch ein annähernd der NH_4Cl -Extraktion ähnliches Verfahren bei den Humusproben zu verwenden, wird vorgeschlagen, analog zum NH_4Cl als Extraktionsmittel ein Salz mit einem einwertigen Kation zu verwenden. Hierzu liegen Erfahrungen mit KCl und mit CsCl vor (Meiwes et al. 2002), wobei dem CsCl wegen der Möglichkeit, austauschbares Kalium zu bestimmen, der Vorzug gegeben werden sollte. Es zeigt sich, dass bei dolomithaltigen Humusproben, wenn diese feldfeucht verwendet werden, Ca und Mg in einer Menge gelöst werden, die bis zum 0,3-fachen der effektiven Austauschkapazität reichen. Diese Ungenauigkeit kann wahrscheinlich in Kauf genommen werden, da anzunehmen ist, dass in gekalkten Humusauflagen, in denen noch Carbonat enthalten ist, dieses im Laufe von wenigen Jahren sich löst und die Austauschkapazität weiter erhöht.

Die Extraktion sollte an getrockneten Proben erfolgen, da diese die Handhabung der Proben vereinfacht und den Ablauf des Analysenzeitplanes erleichtert.

Eine unterschiedliche Behandlung von gekalkten (z.B. NH_4Cl -Extraktion) und nicht gekalkten (CsCl -Extraktion) Humusproben ist nicht sinnvoll, da der Aufwand zur sicheren Feststellung, ob die Proben gekalkt sind, vergleichsweise groß ist.

Bevor dieser Vorschlag, die Extraktion an getrockneten Humusproben mit CsCl zu machen, als Standardmethode bei der BZE angenommen wird, sollte das Verfahren einer detaillierten Prüfung unterzogen werden.

Die bei der Waldkalkung verwendeten Kalke unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Löslichkeit. Darum sollte der Fehler, der durch die Lösung von Ca und Mg entsteht, für die verschiedenen Kalke quantifiziert und eingegrenzt werden. Nur so ist es möglich, die Ergebnisse der Bestimmung der austauschbaren Kationen richtig zu bewerten. Es sollte ferner geprüft werden, ob der Prozess der Benetzung der trockenen und hydrophoben Humusproben optimiert werden kann, damit die Kontaktzeit von Kalk und Extraktionsmittel möglichst kurz gehalten werden kann. Weiterhin wird es erforderlich sein, das Extraktionsverfahren technisch zu optimieren, damit es in einem weiten Kreis von Laboren problemlos zur Anwendung gebracht werden kann.

7. Literatur

Gulder, H.J. and Kölbel, M. (1993) Waldbodeninventur in Bayern. Forstliche Forschungsberichte München 132, 1-243

Kreutzer, K. 1985: Effects of forest liming on soil processes. Plant and Soil 168 – 169, 447 - 470

Nätscher, L. 1987: Art, Menge und Wirkungsweise von Puffersubstanzen in Auflagehorizonten forstlich genutzter Böden des Fichtegebietes. Diss. TU München-Weihenstephan. 1 - 132

Meiwees K.J., Mindrup, M. Khanna, P.K. 2002: Retention of Ca and Mg in the litter layer of a spruce stand after application of various liming materials. Forest Ecol. Managem. 159, 27-36

Nihlgård, B, S.I. Nilsson , B. Popovic (1985) Effects of lime on soil chemistry. In: F. Andersson, T. Persson.: Liming as a measure to improve soil and tree conditions in areas affected by air pollution. Nat. Swedish Environm. Prot. Board, Report 3518, 27 - 39

Stuanes, A.O., G. Ognér, M. Opem (1984): Ammonium nitrate as extrant for soil exchangeable cations, exchangeable acidity and aluminium. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 15, 773 - 778

Stevenson F.J. (1994): Humus chemistry. John Wiley&Sons, New -York