Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft (1999). Band 91/II, S. 589 - 592.

Langfristige Auswirkungen einer Kalkungsmaßnahme auf die N-Mineralisierung in der Humusauflage eines Kiefernforstes

Dohlen, M.; Marschner, B.

Einleitung

Die seit Beginn der 80er Jahre in Europa beobachteten „neuartigen Waldschäden“ führten auf Grundlage der Bodenversauerungshypothese von ULRICH et al. (1979) dazu, daß Kalkungen als Sanierungsmaßnahme in Waldökosystemen an Bedeutung gewonnen haben. Vor dem Hintergrund dieser Waldschadensproblematik werden die Wälder seit Mitte der 80er Jahre großflächig gekalkt (MARSCHNER, 1995). Mit den positiven Effekten einer pH-Wert-Erhöhung sind jedoch gleichzeitig negative Begleiterscheinungen verbunden. Hierzu zählen u. a., daß nach Aufhebung der „pH-Wert-Limitierung“ und Anregung der mikrobiellen Aktivität, die Nährstofffreisetzung aus Mineralisierungsprozessen stimuliert wird, wodurch es zu einer erhöhten Freisetzung der im Humus gespeicherten Stickstoffvorräte kommen kann. Damit ist oft eine N-Verlagerung – vorwiegend in Form von Nitrat oder DON – verbunden, wenn das Aufnahme- oder das Retentionsvermögen des Systems überschritten wird. Als weitere Auswirkungen sind die Veränderungen der Quantität und der Qualität der organischen Substanz zu nennen. Viele der durch Kalkungsmaßnahmen hervorgerufenen Prozesse werden aber nur als kurzfristige Erscheinungen angesehen. Insgesamt stellt die Kalkung einen massiven Eingriff in die Stabilität eines Waldökosystems dar.

Im Rahmen des Berliner Monitoringprogramms Naturhaushalt (früher BallWÖS) werden seit 1986 die Auswirkungen einer Kompensationskalkung in einem Kiefernforst beobachtet. Während zu den kurzfristigen Auswirkungen erhöhte Nitratausträge zählten (MARSCHNER, 1990), sollten in der vorliegenden Arbeit die langfristigen Folgen dieser Maßnahme auf die N-Mineralisierung und auf die C- und N-Vorräte in der Humusauflage charakterisiert werden (DOHLEN, 1999).

Material

Untersuchungsstandort:	*Pinus sylvestris*-Forst im Berliner Grunewald
Bodentyp:	schwach podsolierte Braunerde („Rostbraunerde“) aus weichselzeitlichen Schmelzwassersanden mit einem rohhumusartigen Moder als Humusauflage
Kalkung (1986):	6,1 t ha^{-1} dolomitischer Kalk mit einem Kreidekalkanteil als pelletiertem Material und 145 kg K_2SO_4 ha^{-1}

Geographisches Institut, Ruhr-Universität Bochum, Universitätsstr. 150, 44780 Bochum
E-mail: Michael.Dohlen@ruhr-uni-bochum.de

Methoden

Laborbrutversuch nach ZÖTTL (1958): Jeweils zehn Einzelproben wurden aus der Humusauflage (ohne L-Lage) einer gekalkten Fläche und einer benachbarten Kontrollfläche entnommen, gesiebt (≤ 8 mm), auf 60 % der WHK_{max} eingestellt und über einen Zeitraum von 40 Tagen bei 14 °C im Dunkeln inkubiert. Die Proben wurden mit 0,01 M $CaCl_2$-Lösung extrahiert, um anschließend NO_3-N (ionenchromatographisch) und NH_4-N (photometrisch) zu bestimmen.

Tab. 1: *Bodenkennwerte der Humusauflagen der Kontroll- und der Kalkfläche (n = 10)*

Fläche		pH-Wert ($CaCl_2$)	Aschegehalt (%)	C/N	C_{org}-Vorrat (kg ha^{-1})	N_t-Vorrat (kg ha^{-1})
Kontrolle	Mittelwert	3,2	66,4	23,7	20928	882
	Standardabweichung	-	14,4	2,0	9825	411
Kalkung	Mittelwert	5,4**	$74,5^{n.s.}$	21,1**	11500***	540***
	Standardabweichung	-	14,5	1,4	3199	131

Signifikanz des p-levels (T-Test): $^{n.s}$ ≥ 0,05, ** ≤ 0,01, *** ≤ 0,001

Ergebnisse

Zu den langfristigen Folgen der Kalkung zählen die signifikant erhöhten pH-Werte und die Verengung des C/N-Verhältnisses (Tab. 1). Des weiteren bewirkte diese Maßnahme – zwölf Jahre nach der Applikation – C_t- und N_t-Verluste von bis zu 45 % gegenüber der unbehandelten Auflage.

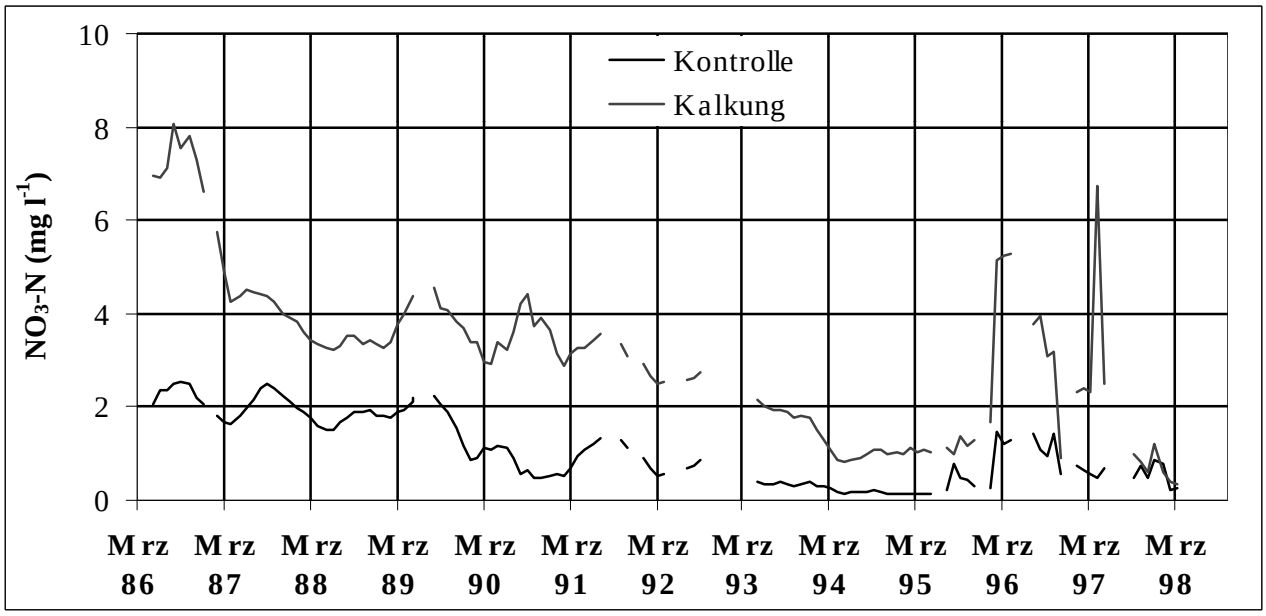

Abb. 1: *Verlauf der Nitratkonzentration im Sickerwasser in 200 cm Tiefe aus der Kontroll- und der Kalkfläche von Juni 1986 bis April 1998. Die fehlenden Angaben in der Zeitreihe sind auf fehlende Bodenwassermengen zurückzuführen.*

Die Nitratausträge mit dem Sickerwasser waren nach der Kalkung kurzfristig erhöht, nahmen aber rasch wieder ab und werden nur noch durch saisonale Peaks, wie z. B. Anfang 1997, unterbrochen (Abb. 1). Seit Ende 1997 zeichnet sich eine Angleichung zwischen den beiden Flächen ab.

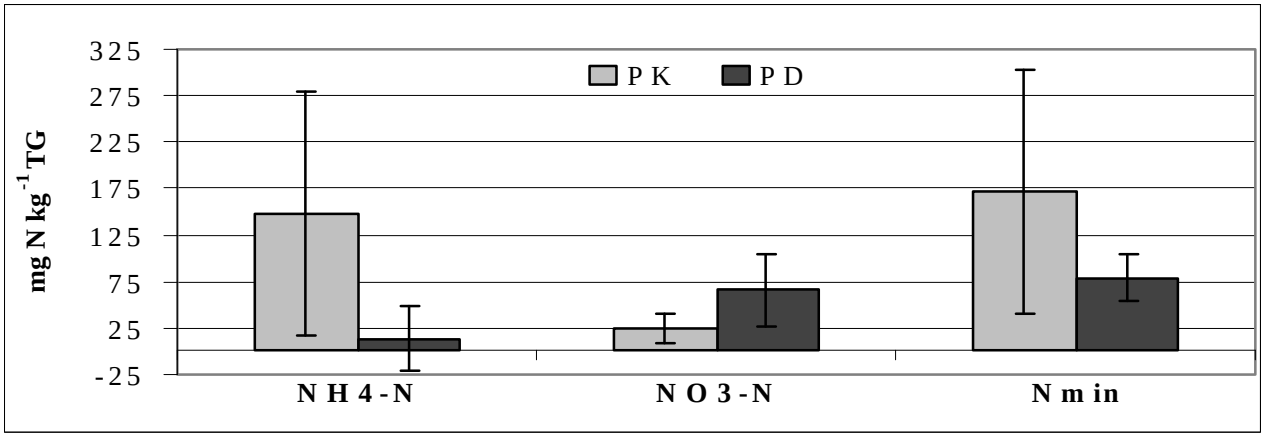

Abb. 2: *Netto-N-Mineralisierung in der Humusauflage der Kontroll- (PK) und der Kalkfläche (PD) nach 40 Tagen Inkubation. Dargestellt sind die Mittelwerte von jeweils zehn Einzelproben und die Standardabweichung.*

Die Ergebnisse des Brutversuches zeigten, daß nach 40 Tagen Inkubation in der Referenzfläche mit 172, 6 mg N kg^{-1} deutlich mehr Mineralstickstoff extrahiert wurde als in der gekalkten Fläche mit 79,4 mg N kg^{-1} (Abb. 2). Gleichzeitig war die Mineralisierungsrate, bezogen auf den Gesamtstickstoffgehalt der Proben, mit 1,6 % in der Kalkfläche gegenüber 2,8 % in der Kontrolle herabgesetzt.
Hochsignifikant waren die Unterschiede zwischen den Flächen hinsichtlich der Nitratfreisetzung. Der Nitrifikationsgrad betrug in der gekalkten Fläche 75,5 % und war damit deutlich höher als in der Referenzfläche mit 23,5 %.
Daß in den beiden Flächen verschiedene Mineralisierungsprozesse abliefen, wird deutlich, wenn man sich die Mineralisierungsdynamik während der Inkubation und die freigesetzten N_{min}-Formen ansieht (Abb. 3 und 4). In der Kontrollfläche dominierte der Kurventyp A, für den eine vorwiegende Ammoniumanhäufung kennzeichnend war, während in der Kalkfläche die Nitratfreisetzung überwog (Kurventyp B).

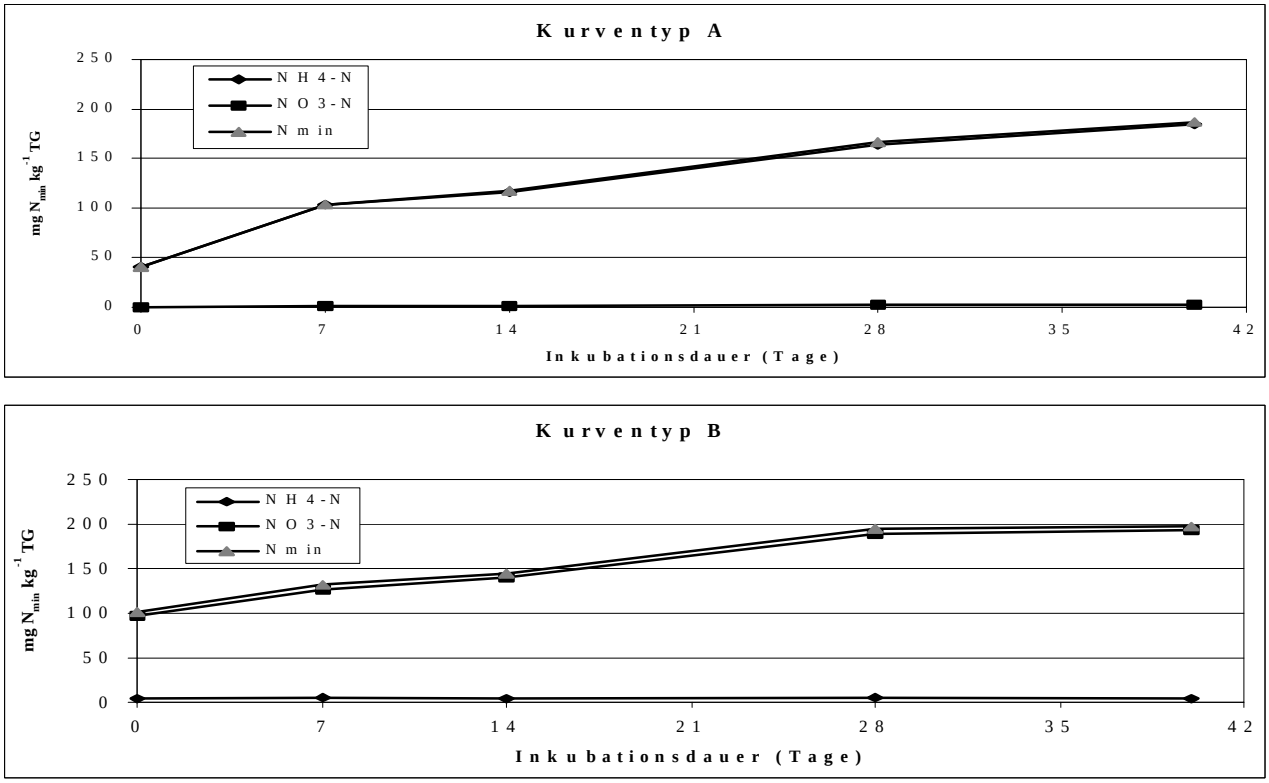

Abb. 3-4: *Zeitlicher Verlauf der N_{min}-Anreicherung (Kurventyp A und B) in der Humusauflage während der 40-tägigen Inkubation*

Diskussion

Die Aufhebung der „pH-Wert-Limitierung“ und die Anregung der mikrobiellen Aktivität nach der Kalkung sowie eine verstärkte vertikale Verlagerung von organischer Substanz hatte C_t- und N_t-Verluste gegenüber der unbehandelten Auflage zur Folge, die zusammen mit einer möglichen residualen Anhäufung schwer mineralisierbarer Verbindungen zu einer herabgesetzten N_{min}-Freisetzung und einer Verringerung der absoluten Mineralisierungsrate in der Kalkfläche geführt haben. Diese Annahme wird durch die signifikante Verengung des C/N-Verhältnisses unterstützt.
Auf Grundlage der Mineralisierungsverläufe wurde gezeigt, daß die Proben aus der Kontrolle vorwiegend Ammonium- und nur geringe Nitratmengen freisetzten. In der Kalkfläche überwog hingegen die Nitratanhäufung. Die Ammoniumgehalte blieben während der gesamten Inkubation nahezu konstant, was auf chemolithoautotrophe Nitrifikanten hinweist. Diese Mikroorganismen benötigen Ammonium als Ausgangssubstrat für die Nitratbildung.

Schlußfolgerungen

Die Kalkung führte zu einer deutlichen Abnahme der organischen Substanz und der gespeicherten C- und N-Vorräte gegenüber der Kontrollfläche, wodurch dem Standort wichtige Bindungsplätze für die Nährstoff-, Schadstoff- und Wasserspeicherung verloren gingen. Darüber hinaus hatte der Humusabbau und die selektive Abnahme an leicht verfügbaren C-Quellen eine Limitierung der Mineralisierungsrate zur Folge.
Die Verschiebung von einer vorwiegenden Ammonifikation hin zu einer vermutlich autotrophen Nitrifikation in der gekalkten Fläche führte langfristig zu erhöhten Nitratausträgen und saisonalen Nitratpeaks, die auch in Zukunft eine potentielle Belastung für die Hydrosphäre darstellen. Insgesamt führte die Kalkung zu einer Verschlechterung der Standorteigenschaften, obwohl die pH-Werte langfristig erhöht wurden.

Literatur

DOHLEN, M. (1999): Laboruntersuchungen zu den langfristigen Auswirkungen einer Kalkung auf die N-Mineralisierung in der Humusauflage eines Kiefernforstes. Diplomarbeit. Fakultät für Geowissenschaften, Ruhr-Universität Bochum (unveröff.).

MARSCHNER, B. (1990): Elementumsätze in einem Kiefernforstökosystem auf Rostbraunerde unter dem Einfluß einer Kalkung/Düngung. Ber. Forschz. Waldökosysteme, Reihe A, Bd. **60**, Göttingen.

MARSCHNER, B. (1995): Wirkungen von Kalkungen auf Bodenchemismus und Stoffausträge. AFZ, **17**, S. 932-935.

ULRICH, B., MAYER, R. U. P.K. KHANNA (1979): Deposition von Luftverunreinigungen und ihre Auswirkungen im Solling. Schriften aus der Forstl. Fak. d. Uni. Göttingen u. d. Niedersächs. Forstl. Versuchsanstalt, **58**, Frankfurt/M.

ZÖTTL, H. (1958): Die Bestimmung der Stickstoffmineralisierung im Waldhumus durch den Brutversuch. Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenk., **81**, S. 35-50.