

# Tiefenwirkung der Bodenschutzkalkung

Von Anja Guckland, Uwe Paar, Inge Dammann, Jan Evers, Karl Josef Meiwes, Egbert Schönfelder, Thomas Ullrich, Michael Mindrup und Johannes Eichhorn

*Säurebildende Stoffeinträge in Wälder haben in vielen Waldgebieten gravierende Bodenveränderungen durch Versauerung und Nährstoffauswaschung bewirkt [1, 2]. Um der Bodenversauerung entgegenzuwirken und die Nährstoffversorgung der Waldbäume zu verbessern, wird seit den 80er-Jahren die Waldschutzkalkung durchgeführt. Dabei wird der Kalk auf die Bodenoberfläche aufgebracht. Er soll jedoch nicht nur an der Bodenoberfläche, sondern im gesamten Wurzelraum der Bäume die bodenchemischen Bedingungen verbessern. Wird eine Basensättigung von 15 bis 20 % im Hauptwurzelraum erreicht, tritt das für Pflanzen toxische Aluminium nicht mehr als dominierendes Kation in der Bodenlösung auf [2]. Sind diese Bedingungen bereits nach 20 Jahren erreicht? Welche Faktoren begünstigen eine Tiefenverlagerung des Kalkes?*

## Tiefenverlauf

Im Mittel wurden 70 % des mit dem Kalk zugeführten Calciums (Ca) und Magnesiums (Mg) in der Humusaufgabe und in den obersten 40 cm des Bodenprofils gespeichert. Die Auswertung verschiedener Experimente, die 2 Monate bis 68 Jahre nach der Kalkung beprobt wurden, zeigten vergleichbare Werte [3]. Beide Elemente wurden dabei verstärkt in der Auflage und den oberen 10 cm des Mineralbodens gebunden (Abb. 1, 2). In den unteren Bodentiefen erhöhten sich die Ca- und Mg-Vorräte in geringerem Maße. Durch die Kalkung stieg ebenfalls die Basensättigung des Mineralbodens an. Auch hier war ein Tiefenverlauf erkennbar (Abb. 3). In 0 bis 10 cm Tiefe stieg die Basensättigung auf 32 bis 41 % an. 20 Jahre nach der Kalkung ist die Basensättigung bis in 60 cm Tiefe im Mittel von 6 % auf 12 % erhöht. Die angestrebte Basensättigung von 15 bis 20 % ist jedoch erst bis maximal 20 cm Tiefe erreicht. Lediglich auf 4 Flächen stieg die Basensättigung in 20 bis 40 cm Tiefe auf über 15 %.

## Einfluss der Kalkmenge und der Einwirkzeit

Im Rahmen der Auswertungen wurde geprüft, ob es einfache Beziehungen (einfache lineare Regression) zwischen den Elementmengen im Kalk und den entsprechenden Vorräten in 20 bis 40 cm Tiefe gab. Dabei stellte sich heraus, dass nur die Ca-Vorräte stiegen und zwar je mehr Ca mit dem Kalk ausgebracht wurde. Die Mg-Vorräte und die Basensättigung blieben von der Kalkmenge unbeeinflusst. Es konnten ebenfalls einfache Beziehungen zwischen der Einwirkzeit und der Basensättigung bzw. den Ca- oder Mg-Vorräten nachgewiesen werden. Die Zeit ist eine wichtige Größe bei der Kalkauflösung. So wurde gezeigt, dass innerhalb von drei Jahren von 6 t Kalk/ha 45 % aufgelöst wurden [4]. In einer anderen Untersuchung waren nach 6 Jahren 4 t Kalk/ha komplett aufgelöst [5]. Das heißt, dass die Lösungsprodukte des Kalkes nach und nach in den Mineralboden gelangen und dort die Basensättigung und Vorräte von Ca und Mg erhöhen.

Mittels multipler linearer Regression wurde versucht, die Haupteinflussfaktoren auf die Erhöhung der Ca- und Mg-Vorräte und der Basensättigung in 20 bis 40 cm Bodentiefen zu bestimmen. Im Zusammenspiel von mehreren Einflussfaktoren war die ausgebrachte Menge von Ca nicht mehr ausschlaggebend für die Veränderung der Ca-Vorräte im Unterboden. Auch die Einwirkzeit des Kalkes war in diesem Zusammenhang nicht mehr erkennbar. Dagegen zeigte sich, dass die Anzahl der

Kalkungen die Ca- und Mg-Vorräte und die Basensättigung in 20 bis 40 cm Tiefe beeinflusste. Die Anzahl der Kalkungen spiegelt jedoch sowohl die Kalkmenge als auch die Einwirkzeit des Kalkes wider.

## Einfluss des Ausgangsgesteins

Die Ergebnisse der multiplen linearen Regression zeigten deutlich, dass die Austauschkapazität des Mineralbodens der Haupteinflussfaktor auf die Speicherung von Ca und Mg im Unterboden nach der Kalkung ist. Die Speicherung von Ca und Mg in 20 bis 40 cm Tiefe ist umso geringer, je niedriger die Kationenaustauschkapazität des Bodens ist. Auf Standorten mit geringer Austauschkapazität im Mineralboden wird das ausgebrachte Ca und Mg verstärkt in der dort mächtigeren Auflage gebunden. Die Austauschkapazität der Böden wird u.a. vom Ausgangsgestein bestimmt. Ärmere Standorte mit einer Kationenaustauschkapazität von unter 40 mmol<sub>c</sub>/kg befinden sich auf Buntsandstein, Geschiebelehm oder -decksand. Böden mit höherer Austauschkapazität entwickelten sich auf Grauwacke, Ton und Tonschiefer. So verbleibt auf ärmeren Standorten ein größerer Teil des ausgebrachten Kalkes in der mächtigeren Humusaufgabe und es gelangt weniger in den unteren Mineralboden (Abb. 4). Um die Basensättigung im Unterboden auf ärmeren Standorten zu erhöhen, müsste dort soviel Kalk ausgebracht werden, dass die Humusaufgabe mit Ca und Mg gesättigt wird und die überschüssigen Mengen in den Mineralboden gelangen können [6]. Allerdings sollte die Kalkmenge, die in den Mineralboden gelangen kann, die Speicherkapazität des Bodens nicht überschreiten. Auf diese Weise kann eine übermäßige Auswaschung des Kalkes vermieden werden.

## Einfluss der anfänglichen Basensättigung

Für die Erhöhung der Basensättigung spielt die anfängliche Basensättigung eine entscheidende Rolle, wie die multiple Regression zeigte. Je höher diese ist, desto weniger steigt die Basensättigung nach der Kalkung. Dies liegt daran, dass die Bindung von Ca und Mg an Austauschplätze des Bodens erschwert ist, je mehr Ca und Mg dort bereits gebunden ist.

A. Guckland, U. Paar, I. Dammann, J. Evers, K. J. Meiwes, E. Schönfelder, M. Mindrup und J. Eichhorn sind Mitarbeiter der Abteilung Umweltkontrolle der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt. T. Ullrich ist Mitarbeiter der Abteilung Forsteinrichtung und Naturschutz (FENA) von Hessen-Forst.



Anja Guckland  
anja.guckland@nw-fva.de

## Versuchsflächen

Die Bodenschutzkalkung wurde seit Beginn der 80er-Jahre in wissenschaftlichen Versuchen begleitet. Die Versuchsflächen der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt bestehen jeweils aus einer gekalkten und einer ungekalkten Parzelle. Sie wurden in bewirtschafteten Beständen mit Buche, Fichte, Kiefer oder Eiche als Hauptbaumart angelegt. Die Flächen befinden sich in Niedersachsen, Hessen und Schleswig-Holstein (s. Karte) auf vorwiegend mäßig nährstoffversorgten (mesotrophen) Standorten mit Geschiebesanden oder -lehmen sowie meist mit Lösslehm überlagerten Sandsteinen und basenarmen Silikatgesteinen als Ausgangssubstrat. Insgesamt wurden auf den Versuchsflächen 2 bis 8 t/ha Kalk ausgebracht. Die erste Kalkung erfolgte in den 80er-Jahren mit 1 bis 5 t/ha. Von den hier ausgewerteten 25 Flächen wurden 19 Flächen in den 90er-Jahren mit weiteren 1 bzw. 3 t/ha gekalkt. Ausgebracht wurden vorwiegend kohlen-saure Magnesiumkalke oder Konverterkalke. Dabei waren die Kalke in den 80er-Jahren magnesiumarm und in den 90er-Jahren magnesiumreich.



Die Versuchsflächen wurden im Beobachtungszeitraum ein bis drei Mal beprobt. Die entnommenen Bodenproben wurden auf die Kationenaustauschkapazität, die Basensättigung und die Vorräte an Calcium und Magnesium in verschiedenen Tiefenstufen untersucht.

## Folgerungen

Die ausgebrachten Kalkmengen haben im Beobachtungszeitraum nicht dazu geführt, die Basensättigung im Mineralboden unterhalb von 20 cm auf 15 bis 20 % anzuheben. Um solche Werte in dieser Tiefe zu erreichen, müssten weitere Kalkungsmaßnahmen erfolgen. Dabei sollte beobachtet werden, ob eine weitere Tiefenwirkung einsetzt und wie tief sie reicht. Auch die Auswirkungen einer weiteren Kalkung auf die Bestandesernährung und das Bestandeswachstum sollten weiter erfasst werden.

### Literaturhinweise:

[1] ULRICH, B. (1981): Theoretische Betrachtung des Ionenkreislaufs in Waldökosystemen. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 144: 647-659. [2] ULRICH, B. (1986): Die Rolle der Bodenversauerung beim Waldsterben: Langfristige Konsequenzen und forstliche Möglichkeiten. Forstwissenschaftliches Centralblatt 105: 421-435. [3] LUNDSTRÖM, U. S.; BAIN, D.; TAYLOR, A.; HEES, P. VAN (2003): Effects of acidification and its mitigation with lime and wood ash on forest soil processes: A review. Water, Air and Soil Pollution: Focus 3, 5-28 [4] MINDRUP, M. (2001): Das Lösungs- und Neutralisationsverhalten von dolomitischen Kalken in sauren Waldböden, Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme Bd. 175, Forschungszentrum Waldökosysteme der Universität Göttingen. [5] KREUTZER, K. (1995): Effects of forest liming on soil processes, Plant and Soil 168-169: 447-470. [6] MEIWES, K. J.; MINDRUP, M.; KHANNA, P. K. (2002): Retention of Ca and Mg in the forest floor of a spruce stand after application of various liming materials, Forest Ecology and Management 159: 27-36.

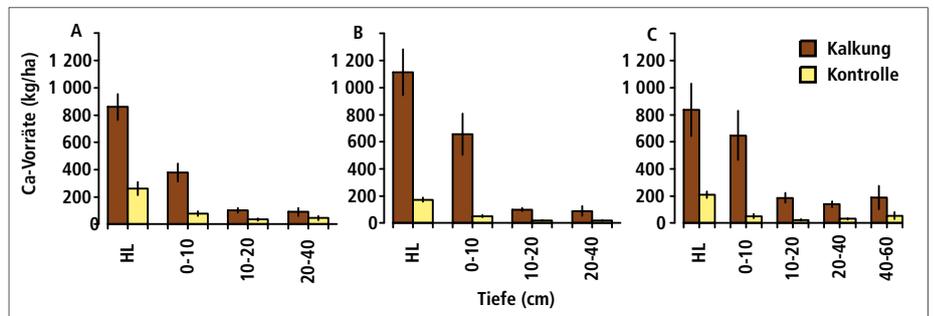


Abb. 1: Calcium (Ca)-Vorräte in der Humusauflage (HL) und in verschiedenen Tiefen des Mineralbodens für die Flächen

A) 1 x mit 3 bis 5 t/ha gekalkt und 2 bis 9 Jahre nach der Kalkung beprobt,  
B) 2 x mit 3 bis 5 t/ha gekalkt und 10 bis 17 Jahre nach der 1. Kalkung beprobt,  
C) 2 x mit 3 bis 5 t/ha gekalkt und 21 bis 23 Jahre nach der 1. Kalkung beprobt

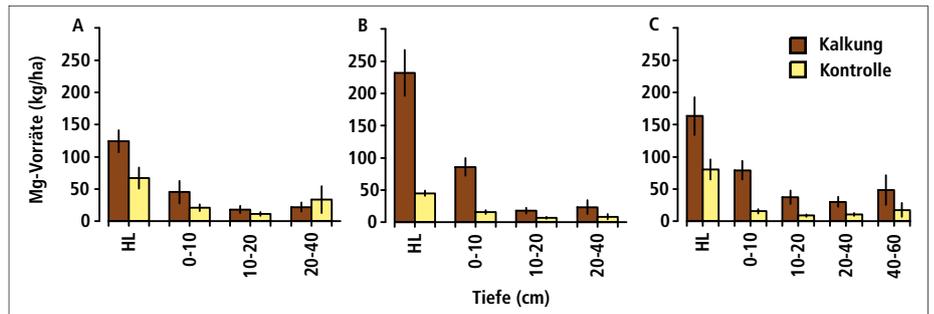


Abb. 2: Magnesium (Mg)-Vorräte in der Humusauflage (HL) und in verschiedenen Tiefen des Mineralbodens für die Flächen A, B und C (Erläuterung siehe Abb. 1)

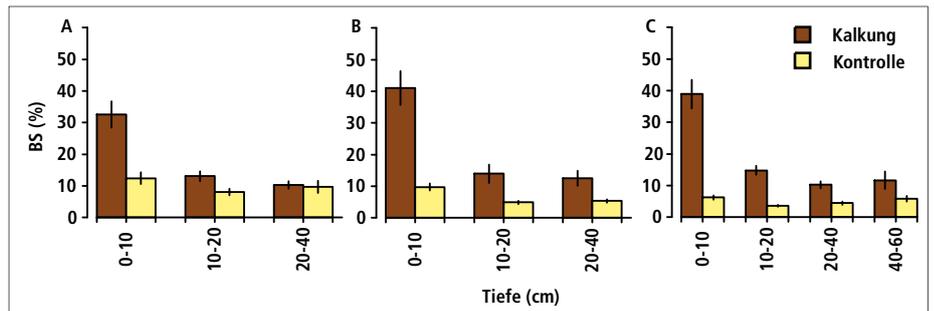


Abb. 3: Basensättigung (BS) in verschiedenen Tiefen des Mineralbodens für die Flächen A, B und C (Erläuterung siehe Abb. 1)

Obwohl die untersuchten Flächen sehr unterschiedliche Bedingungen aufwiesen, konnten drei Faktoren bestimmt werden, die wesentlich zur Erhöhung der Basensättigung und der Ca- und Mg-Vorräte in 20 bis 40 cm Tiefe beitragen. Dies sind die Austauschkapazität der Böden, die Anzahl der Kalkungen und die anfängliche Basensättigung. Da die Austauschkapazität der Böden u.a. vom Ausgangsgestein bestimmt wird, ist es wichtig, bei Kalkungs-

maßnahmen nach den standörtlichen Gegebenheiten zu differenzieren. Weiterhin sind bei der Kalkungsplanung bereits erfolgte Kalkungen zu berücksichtigen. Sie spiegeln die bereits ausgebrachte Kalkmenge und die Einwirkzeit des Kalkes wider.

Damit stützen die Ergebnisse dieser Auswertung die Kalkungsempfehlungen, wie sie im Kalkungsmerkblatt der NW-FVA gegeben werden. ▶

Abb. 4: Anteil des ausgebrachten Calciums in der Humusauflage (A) und in 20 bis 40 cm Tiefe.

■ = Buntsandstein, Geschiebelehm und -decksand (KAK < 40 mmol<sub>c</sub>/kg);  
■ = Grauwacke, Tone, Tonschiefer (KAK > 40 mmol<sub>c</sub>/kg)

