

1. Einleitung

Infolge der Industrialisierung sind die atmosphärischen Säureeinträge seit Jahrzehnten stark erhöht und führten in Mitteleuropa zu einer Versauerung der Waldböden. ULRICH (1995) geht davon aus, daß in einem Großteil der Waldökosysteme Mitteleuropas der Anteil basischer Kationen am Austausch zu Beginn der Industrialisierung um oder über 30% lag, 1986 wurden hingegen nur noch Werte unter 9% gemessen. Um die Rückführung des Bodenzustands auf ein vorindustrielles Niveau zu erreichen, ist daher die Zufuhr von Basen durch Kalkungsmaßnahmen unumgänglich (ULRICH 1995). Seit 1983 werden in Niedersachsen routinemäßig Kalkungsmaßnahmen durchgeführt (MEIWES et al. 1996). Dabei handelt es sich um sogenannte Kompensationskalkungen mit einer Aufwandmenge von 3 t/ha. Mit ihnen wird das Ziel verfolgt, die aktuellen Säureeinträge zu neutralisieren und die Ca- und Mg-Versorgung der Bestände zu verbessern. Meliorative Kalkungen hingegen zeichnen sich durch eine Einarbeitung des zugeführten Kalks bzw. Dolomits oder alternativ durch eine wesentlich höhere Zufuhrdosis aus (WENZEL 1989). Erst hierdurch wird nicht nur eine Kompensation der aktuellen Säurezufuhr, sondern auch eine Rückführung des Versauerungsgrades der Böden erreicht. Allerdings sind meliorative Kalkungen nicht unumstritten, da sie zum einen sehr kostenaufwendig sind, zum anderen auch negative Auswirkungen verstärkt werden. Zu den Risiken von Kalkungsmaßnahmen zählt die verstärkte Mineralisation organischer Substanz im Boden. Wenn das dadurch zusätzlich freigesetzte Nitrat nicht in die Vegetation oder mikrobielle Biomasse aufgenommen werden kann, droht eine stärkere Belastung der Bodenlösung und des Grund- und Trinkwassers mit Nitrat. Ein weiterer Gefahrenaspekt liegt in einer vorübergehend erhöhten Al-Verfügbarkeit und Aufnahme in die Vegetation, wodurch die Nährstoffaufnahme reduziert werden kann.

Da vor allem in Bezug auf die Effektivität und das Gefahrenpotential hochdosierter Kalkungsmaßnahmen Forschungsbedarf besteht, stehen in dieser Arbeit zwei Aspekte im Vordergrund: die Betrachtung einer hochdosierten Kalkung und eines langfristigen Wirkungszeitraumes. Im untersuchten Einzugsgebiet der Steilen Bramke war es diesbezüglich möglich, Auswirkungen einer meliorativen Dolomitzufuhrmenge über einen Zeitraum von 9 Jahren zu betrachten, welcher als langfristig angesehen wird. Um einen noch langzeitigeren Betrachtungsmaßstab zu ermöglichen, wird mit Hilfe eines auf der Berechnung von chemischen Gleichgewichten beruhenden Modells (Batch Equilibrium Model „BEM“, PRENZEL (1991)) ein Zeitraum von 200 Jahren simuliert. Mit Hilfe der Meßdaten aus den ersten 9 Jahren nach der Kalkung soll zunächst das Modell auf seine Tauglichkeit bezüglich einer Kalkungssimulation überprüft werden. Darüber hinaus sollen tendenzielle Aussagen über die Stärke und Dauer der Kalkungswirkungen auf den Boden getroffen werden. Bezüglich der Geländeuntersuchungen in der Steilen Bramke baut diese Arbeit auf zwei Diplomarbeiten auf, welche sich mit der Charakterisierung des

Forschungsgebietes und initialen Effekten der Kalkung (LAUTERBACH 1991), sowie mittelfristigen Auswirkungen drei bis vier Jahre nach der Kalkungsmaßnahme beschäftigten.

2. Charakterisierung des Untersuchungsgebietes

2.1. Lage der Untersuchungsgebiete

Die drei in dieser Arbeit betrachteten Einzugsgebiete Steile Bramke, Dicke Bramke und Lange Bramke liegen im nördlichen Oberharz, etwa 4 km südlich der Stadt Goslar, in unmittelbarer Nachbarschaft zueinander und entwässern über die Große Bramke in die Okertalsperre (s. Abb. 1). Das zuständige Forstamt ist Clausthal-Schulenberg mit dem Betriebsbezirk Wiesenberg.

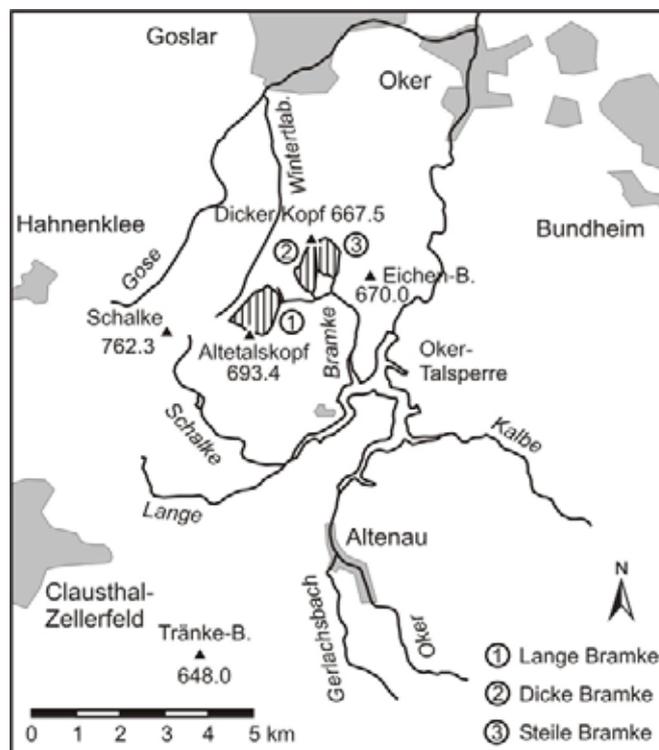


Abb. 1: Übersichtskarte der Lage der Untersuchungsgebiete (nach LIEBSCHER 1975, verändert).

2.2. Klima

Das Klima des Harz wird dadurch geprägt, daß er als nördlichstes deutsches Mittelgebirge um mehr als 900 m über die norddeutsche Tiefebene hinausragt und für Luftströmungen jeglicher Art ein Hindernis darstellt. Durch die Lage innerhalb der Westwindzone sind südwestliche bis westliche Winde am häufigsten vertreten. Die Luftmassen können vom Meer her relativ ungehindert bis zum Harz vordringen, was hohe Windgeschwindigkeiten und Luftfeuchtigkeit

zur Folge hat. Somit zeichnet sich das Klima des Hochharzes durch starke Winde, hohe und jahreszeitlich gleichmäßig verteilte Niederschläge und geringe Lufttemperaturen aus (GLÄSSER 1994).

An der Klimastation Clausthal des Deutschen Wetterdienstes, die dem Versuchsgebiet am nächsten und auf dem gleichen Höhenniveau (560 m üNN) liegt, wurden für die Jahresmitteltemperatur ein langjähriges Mittel von 6,2° C und für den Jahresniederschlag ein langjähriges Mittel von 1273 mm ermittelt (LAUTERBACH 1991). 75% der Niederschläge fallen bei NW- bis SW-Winden. Dabei sind die Mengen in Winter- und Sommerhalbjahr erwartungsgemäß etwa gleich verteilt. Die Meßstation Bramke-Hütte weist geringfügig niedrigere Niederschläge als Clausthal auf (LIEBSCHER 1975). Innerhalb der Bramke-Täler liegen die Werte in der Langen Bramke um etwa 100 mm höher als in der Steilen und Dicken Bramke (LIEBSCHER 1976).

2.3. Relief

Das Gebiet der Steilen Bramke umfaßt 37,5 ha und entwässert in südöstlicher Richtung (DELFS et al. 1958) (Abb.2). Der südliche Teil ist durch ein Kerbtal mit SW- und NE-Hang gekennzeichnet, im nördlichen Drittel erstreckt sich oberhalb der Quelle ein kleines Hochplateau. Der Höhenunterschied beträgt 168 m (zwischen 500 m und 668 m ü. NN). Beide Hänge haben eine ähnliche mittlere Hangneigung von 16,4° bzw. 17° (LAUTERBACH 1991).

Im Westen schließt sich das Einzugsgebiet der Dicken Bramke (32 ha) unmittelbar an (Abb. 2). Die Tiefenlinie verläuft zunächst in SSW-Richtung und dreht anschließend nach SSE. Die Talhänge sind west- bzw. ost-exponiert, in Richtung Norden geht das Kerbtal in ein muldenförmiges Tal und schließlich in das bei der Steilen Bramke erwähnte Hochplateau über. Hangneigung und mittleres Gefälle sind niedriger als bei der Steilen Bramke, die Höhendifferenz beträgt 162 m (DELFS et al. 1958).

Etwa 400 m südlich der Dicken Bramke liegt das 75,3 ha große Gebiet der Langen Bramke (Abb. 2). Sie entwässert in ENE-Richtung durch ein Kerbtal mit einem geringen Gefälle von 11% und SSE- bzw. NNW-exponierten Hängen. Im Süden ist das Einzugsgebiet durch den Altetalskopf (693 m ü. NN) begrenzt, im Nordwesten durch eine Kammlinie zum Wintertalbach. Es weist einen Höhenunterschied von 165 m auf (DELFS et al. 1958).

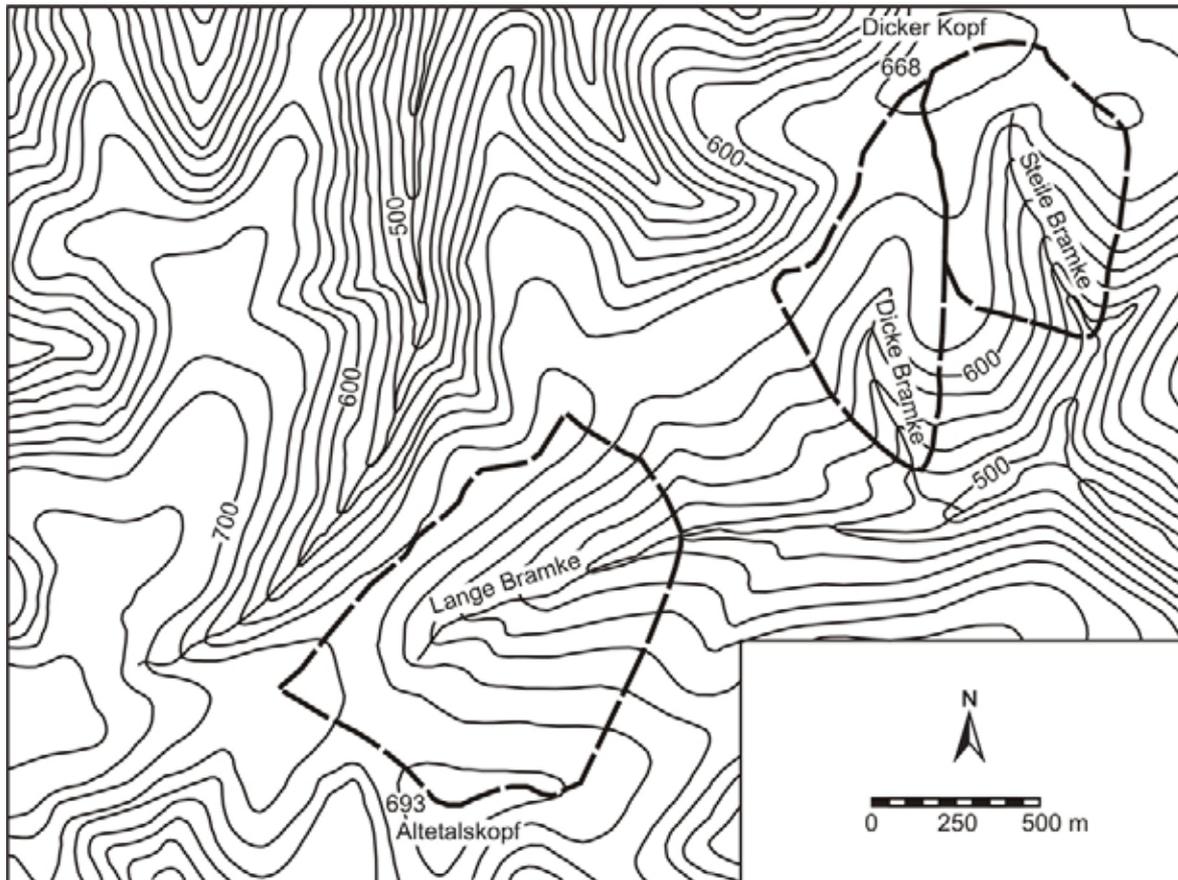


Abb. 2: Karte zur Morphologie der Untersuchungsgebiete (nach LIEBSCHER et al. 1981, verändert).

Die Steile Bramke ist durch das stärkste Gefälle und die größte Hangneigung gekennzeichnet, die Dicke Bramke ist das kleinste, die Lange Bramke das größte Einzugsgebiet und hat das geringste Gefälle (vgl. Tab. 1). Steile und Dicke Bramke verlaufen fast parallel zueinander, während die Lange Bramke etwa im Rechten Winkel angeordnet ist (s. Abb. 2).

Tab.1: Morphometrische Meßzahlen der Versuchsgebiete (nach LIEBSCHER 1975, verändert).

| | Fläche (ha) | Größte Länge (m) | Größte Breite (m) | Höchster Punkt (m ü NN) | Höhen- unterschied (m) | Mittl. Talgefälle (°) (%) | Mittlere Gelände- neigung (°) (%) |
|------------------|----------------|------------------------|-------------------------|-------------------------------|------------------------------|---------------------------------|---|
| Lange Bramke | 75,3 | 1200 | 880 | 700 | 165 | 6,5 11 | 12,5 22 |
| Dicke Bramke | 32 | 1250 | 530 | 665 | 162 | 8,5 15 | 15 27 |
| Steile Bramke | 37,5 | 970 | 580 | 668 | 168 | 9,5 17 | 15 27 |

2.4. Geologie

Als größere geologische Einheit lassen sich die Versuchsgebiete dem Oberharzer Devonsattel zuordnen, der die südlich angrenzende Clausthaler Kulm-Hochfläche um etwa 100 m überragt. Die sattelförmige Struktur bildete sich während der variskischen Gebirgsbildung heraus (HINZE 1971).

Die Einzugsgebiete selbst setzen sich aus unterdevonischen Schichten (Kahlebergsandstein) zusammen, die aus Sandstein, Grauwacke und vereinzelt Schiefer bestehen. Alle Schichten streichen etwa von SW nach NE und fallen mit 50° - 60° steil bis mittel steil nach SE ein (LIEBSCHER 1975). Der Plateaubereich der Steilen Bramke sowie die Lange Bramke gliedern sich in Schalker, Nessigi und Giengelsberger Schichten, charakterisiert durch Sandstein- und Quarzitbänke mit Tonschieferlagen. Die Hangbereiche der Steilen Bramke sowie die Dicke Bramke bestehen im Oberlauf aus der Heiligenberger Grauwacke, im Unterlauf aus dem Pfeifenweg-Schiefer (BUNDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE, Hrsg., 1988). Mineralbestand und -chemismus des Kahlebergsandsteins sind in den Tabellen 2 und 3 zusammengefaßt (KOLL 1989).

Tab. 2 : Modalbestand des Kahlebergsandsteins aus dem Einzugsgebiet der Steilen Bramke in Vol.-% (nach HAUHS et al. 1989).

| | Quarzite | Quarzitische Tonschiefer |
|-------------|----------|--------------------------|
| Quarz | 59 – 72 | 38 – 41 |
| Sericit | 9 – 23 | 42 – 55 |
| Muskovit | 2 – 8 | 4 – 7 |
| Clorite | 4 – 12 | 6 – 7 |
| Feldspäte | 0 – 2 | - |
| Opake Erze | - | 3 – 4 |
| Akzessorien | 1 – 2 | 1 – 2 |

Tab. 3 : Chemismus des Kahlebergsandsteins aus dem Einzugsgebiet der Steilen Bramke in Gew.-% (nach HAUHS et al. 1989).

| | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe-Oxide | MgO | K ₂ O |
|--------------------------|------------------|--------------------------------|----------|-------|------------------|
| Quarzite | > 80 | 5 - 7 | 3 | 1 - 2 | 1 – 2 |
| Quarzitische Tonschiefer | 70 | 15 | 3 - 4 | 2 | 4 |

An der Oberfläche der Einzugsgebiete findet sich eine nahezu lückenlose Lockergesteinshülle. Auf den Hochflächen, die vermutlich alte Landflächen sind, ist die Verwitterungsschicht sehr tiefgründig. Die Hangschuttüberdeckung kann 2-3 m mächtig sein, z.T. tritt aber auch das Anstehende an die Oberfläche (LIEBSCHER 1975).

2.5. Pedologie

Das Gebiet der Steilen Bramke ist geprägt von Braunerde-Podsolen und podsoligen Braunerden (LAUTERBACH 1991). Der SW-Hang wird von Braunerde-Podsolen dominiert, im Plateaubereich und besonders am Ost-Hang finden sich auch schwach bis stark podsolige Braunerden. Bodenmächtigkeiten schwanken zwischen 25 cm auf den Hochflächen und 50 cm am Ost-Hang.

In den Hanglagen hat sich meist ein feinhumusreicher bis feinhumusarmer Rohhumus ausgebildet, auf dem Plateau finden sich auch rohhumusartige und typische Moder. Detaillierte Angaben zur Pedologie finden sich bei LAUTERBACH (1991).

2.6. Waldbestand

In allen drei Einzugsgebieten stellt die Fichte die Hauptbaumart dar. Der Großteil der Bestände in der Steilen Bramke ist 104 – 106 Jahre alt, nur ein kleiner Teil des Plateaus wird von 46 – 62-jährigen Fichten eingenommen. Insbesondere in den vergangenen 15 Jahren wurde der südliche Ost-Hang (Abt. 362) mit Buchen-Pflanzungen ergänzt, der nördliche Ost-Hang erhielt großflächig Pflanzungen von Buche, Eberesche, Fichte, Roterle und Bergahorn, z.T. auf windwurfbedingten Kahlfächen.

Durch diese Kulturmaßnahmen hat sich vor allem die Bestandes-Struktur an Untersuchungsstandort E3 von einem reinen Fichtenbestand in einen Fichtenbestand mit Buchen-Jungwuchs gewandelt. Bei Versuchsstandort SW7 fällt eine zunehmende Auflichtung des Bestandes auf (FORSTBETRIEBSWERK DES FORSTAMTES CLAUSTHAL-SCHULENBERG).

Dicke Bramke und Lange Bramke weisen reine Fichtenmonokulturen auf. In der Dicken Bramke ergibt sich dabei eine dreigliedrige Altersstruktur. 46 % der Fläche werden von 97-jährigen Fichten eingenommen, 23 % von 68-jährigen und 27 % von 17-jährigen. In der Langen Bramke wird aufgrund einer Kahlschlagaufforstung ein einheitliches Bestandesalter von 51 Jahren erreicht. (VON KNEBEL 1997).