

**Analyse und Modellierung langfristiger
Auswirkungen einer hochdosierten
Kalkungsmaßnahme auf den Stoffaustrag im
Einzugsgebiet der Steilen Bramke (Oberharz)**



Markus Wagner

**Analyse und Modellierung langfristiger
Auswirkungen einer hochdosierten
Kalkungsmaßnahme auf den Stoffaustrag im
Einzugsgebiet der Steilen Bramke (Oberharz)**

mit 29 Abbildungen und 33 Tabellen

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

1. Aufl. - Göttingen : Cuvillier, 2007

978-3-86727-462-3

© CUVILLIER VERLAG, Göttingen 2007

Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen

Telefon: 0551-54724-0

Telefax: 0551-54724-21

www.cuvillier.de

Alle Rechte vorbehalten. Ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages ist es nicht gestattet, das Buch oder Teile daraus auf fotomechanischem Weg (Fotokopie, Mikrokopie) zu vervielfältigen.

1. Auflage, 2007

Gedruckt auf säurefreiem Papier

978-3-86727-462-3

Vorwort

Die vorliegende Schrift ist die vollständige und unveränderte Drucklegung meiner Diplomarbeit, welche 1999 am Geographischen Institut der Universität Göttingen, Abteilung Landschaftsökologie, entstand. Forschungsarbeiten insbesondere über *langfristige* Auswirkungen hochdosierter Kalkungsmaßnahmen in Waldgebieten Mitteleuropas sind trotz großer Aktualität aufgrund ihrer naturgemäß langen Vorlaufzeit nach wie vor selten. Dies führte zu dem Entschluss, die Ergebnisse der Diplomarbeit erstmals vollständig zu veröffentlichen und so einem größeren Personenkreis zugänglich zu machen.

Ich möchte mich besonders bei Herrn Dr. H. Meesenburg und Herrn Dr. K.J. Meiwes von der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt (NFV) für die Themenstellung und die Einbindung meiner Arbeit in ein Forschungsprojekt der NFV bedanken. Herrn Dr. H. Meesenburg gilt darüber hinaus mein Dank für seine wertvollen Denkanregungen bei der Einarbeitung in die Thematik und die geduldige Durchsicht der Arbeit. Dem Leiter der Abteilung Landschaftsökologie am Geographischen Institut der Universität Göttingen, Herrn Prof. Dr. G. Gerold, danke ich für die bereitwillige Annahme und Begutachtung der Arbeit, und Herrn Prof. Dr. J. Hagedorn für die Übernahme des Korreferats. Herrn Dr. J. Prenzel gilt mein Dank für die ausführliche Einführung in die Benutzung des Modells BEM und die bereitwillige Unterstützung bei der Lösung vieler während der Anwendung des Modells aufgetretener Probleme bezüglich der Anpassung an das Untersuchungsgebiet und die Kalkungsmaßnahme. Den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Labors der NFV danke ich für die Durchführung der chemischen Analysen und immer freundlichen Auskünfte zu den benutzten Analyseverfahren und Herrn J. Dreiling von der NFV für die Mitfahrgelegenheit zum Untersuchungsgebiet und Hilfe bei der Wiederinbetriebnahme der Messeinrichtungen. Nicht zuletzt sei meinen Eltern für ihre anstandslose und geduldige Unterstützung bei den Geländearbeiten gedankt, sowie Frau Britta Rowotzki für ihr immer „Offenes Ohr“ bei Diskussionen über Inhalte und äußere Form der Arbeit.

Markus Wagner

Göttingen im November 2007

Inhaltsverzeichnis

Danksagung.....	I
Inhaltsverzeichnis.....	III
Abbildungsverzeichnis.....	VI
Tabellenverzeichnis.....	X
1. Einleitung.....	1
2. Charakterisierung des Untersuchungsgebietes.....	3
2.1. Lage der Versuchsgebiete.....	3
2.2. Klima.....	3
2.3. Relief.....	4
2.4. Geologie.....	6
2.5. Pedologie.....	7
2.6. Waldbestand.....	7
3. Material und Methoden.....	9
3.1. Geländearbeiten.....	9
3.1.1. Kalkung der Steilen Bramke.....	9
3.1.2. Lysimeterinstallation und –beprobung.....	10
3.1.3. Bachwasserbeprobung.....	12
3.1.4. Mineralbodenkartierung und –beprobung.....	12
3.1.5. Auflagehumuskartierung und –probennahme.....	13
3.1.6. Nadelprobennahme.....	14
3.1.7. Depositionsdaten.....	14
3.2. Probenaufbereitung und chemische Analyseverfahren.....	14
3.2.1. Wasserproben-Analyse.....	16
3.2.2. Mineralbodenproben-Analyse.....	16
3.2.3. Auflagehumusproben-Analyse.....	16
3.2.4. Nadelproben-Analyse.....	17
3.3. Statistik.....	17
3.3.1. Signifikanztests.....	18
4. Ergebnisse und Diskussion.....	19
4.1. Humuskartierung.....	18
4.2. Bodenprofilaufnahme.....	22

4.3.	Chemismus des Auflagehumus.....	26
4.3.1.	Vorbemerkung.....	26
4.3.2.	Änderung der Elementkonzentrationen.....	26
4.3.3.	Änderung der Vorräte.....	27
4.3.4.	Anteile der Kationen an der Gesamtkationenkonzentration und an der effektiven Kationenaustauschkapazität (AKe).....	30
4.3.5.	Wichtige Kenngrößen der Auflagehumusqualität.....	32
4.3.6.	Diskussion.....	34
4.4.	Mineralbodenchemismus.....	39
4.4.1.	Elementkonzentrationsänderungen.....	39
4.4.2.	Qualität des Kationenaustauschkörpers.....	42
4.4.3.	Vorräte im Mineralboden.....	47
4.4.4.	Diskussion.....	50
4.5.	Chemismus des Sickerwassers.....	56
4.5.1.	Quotienten zwischen einzelnen Inhaltsstoffen und Cl und der pH-Wert im Bodensickerwasser.....	56
4.5.2.	Beziehung zwischen basischen Kationen, Al, SO ₄ und NO ₃ und Berechnung der Säureneutralisierungskapazität (ANC).....	66
4.5.3.	Al- und NH ₄ -Streßkennwerte.....	67
4.5.4.	Diskussion.....	69
4.6.	Nährstoffversorgung der Bestände.....	76
4.6.1.	Nadelspiegelwerte der Fichtennadeln.....	76
4.6.2.	Diskussion der Nadelspiegelwerte.....	85
4.7.	Bachwasserchemie.....	89
4.7.1.	Ergebnisse der Bachwasseranalyse.....	89
4.7.2.	Diskussion der Entwicklung der Stoffkonzentrationen im Bachwasser.....	91
5.	Simulation der langfristigen Wirkungen der Kalkungsmaßnahme mittels BEM.....	93
5.1.	Modellprinzip von BEM.....	93
5.2.	Aufbau von BEM.....	94
5.2.1.	Al- und Schwefeldynamik.....	94
5.2.2.	Kationenaustauschkomplex.....	96
5.3.	Datengrundlage für BEM.....	96
5.4.	Kalibrierung des Modells.....	102
5.5.	Simulation der Langzeitwirkungen der Kalkungsmaßnahme auf den Boden in der Steilen Bramke.....	108

5.6.	Beurteilung der Verwendung von BEM zur Simulation der Langzeitauswirkungen von Kalkungsmaßnahmen auf den Boden.....	114
6.	Beziehungen zwischen den Resultaten aus den untersuchten Teilbereichen des Waldökosystems und Vergleiche zur Simulation mit BEM.....	119
7.	Zusammenfassung.....	121
8.	Literaturverzeichnis.....	123
	Anhang.....	133

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Übersichtskarte der Lage der Untersuchungsgebiete (nach LIEBSCHER 1975, verändert).....	3
Abb. 2:	Karte zur Morphologie der Untersuchungsgebiete (nach LIEBSCHER et al. 1981, verändert).....	5
Abb. 3:	Übersicht über die Probennahmezeiträume bzw. Zeitpunkte und den Kalkungstermin.....	10
Abb. 4:	Aufbau der Lysimeteranlagen an den vier Hauptmessstandorten (nach RABEN 1988).....	11
Abb. 5:	Photo des Bodenprofils P3, BraunerdePodsol.....	24
Abb. 6:	Photo des Bodenprofils P4, Braunerde-Podsol.....	24
Abb. 7:	Photo des Bodenprofils E3, Braunerde.....	25
Abb. 8:	Photo des Bodenprofils SW7, Braunerde-Podsol.....	25
Abb. 9:	Konzentrationen der Hauptkationen im Auflagehumus der Steilen Bramke 1988 und 1998. Mittelwerte aus den vier Hauptstandorten P3, P4, E3 und SW7 für die Horizonte OI, Of und Oh.....	28
Abb. 10:	Konzentrationen der Makronährelemente C, N und P im Auflagehumus der Steilen Bramke 1988 und 1998. Mittelwerte aus den vier Hauptstandorten P3, P4, E3 und SW7 für die Horizonte OI, Of und Oh.....	28
Abb. 11:	Vergleich der Stoff-Vorräte im OH-Horizont der Humusaufgabe für die Zeit vor (1988) und 9 Jahre nach der Kalkung (1998). Die Werte sind Mittelwerte aus den vier Standorten P3, P4, E3 und SW7 im Einzugsgebiet der Steilen Bramke.....	29
Abb. 12:	pH-Wert, C/N-Verhältnis und Elementkonzentrationen im Mineralboden der Steilen Bramke 1988 (vor der Kalkung) und 1998 (9 Jahre nach der Kalkung). Mittelwerte aus den Hauptstandorten P3, E3 und SW7. Für C und N sind Gesamtkonzentrationen angegeben, für die Kationen die austauschbare Ionenäquivalentkonzentration.....	41
Abb. 13:	Ionenäquivalentanteile der Hauptkationen an der effektiven Kationenaustauschkapazität im Mineralboden der Steilen Bramke 1988 (vor der Kalkung) und 1998 (9 Jahre nach der Kalkung). Mittelwerte aus den drei Hauptstandorten P3, E3 und SW7.....	44
Abb. 14:	Mittlere Tiefenfunktion der Cl-Konzentration und des pH-Wertes im Sickerwasser während verschiedener Meßperioden für die Stationen P4 (ungekalkt), P3, E3 und SW7 im	

- gekalkten Einzugsgebiet der Steilen Bramke. Die erste Meßperiode (Januar 1989 bis Juni 1989) zeigt die Situation kurz vor der Kalkungsmaßnahme..... 59
- Abb. 15: Mittlere Tiefenfunktion des Ca/Cl- und Mg/Cl-Verhältnisses im Sickerwasser während verschiedener Meßperioden für die Stationen P4 (ungekalkt), P3, E3 und SW7 im gekalkten Einzugsgebiet der Steilen Bramke. Die erste Meßperiode (Januar 1989 bis Juni 1989) zeigt die Situation kurz vor der Kalkungsmaßnahme..... 60
- Abb. 16: Mittlere Tiefenfunktion des Al/Cl- und NO₃/Cl-Verhältnisses im Sickerwasser während verschiedener Meßperioden für die Stationen P4 (ungekalkt), P3, E3 und SW7 im gekalkten Einzugsgebiet der Steilen Bramke. Die erste Meßperiode (Januar 1989 bis Juni 1989) zeigt die Situation kurz vor der Kalkungsmaßnahme..... 63
- Abb. 17: Mittlere Tiefenfunktion des SO₄/Cl- und ANC/Cl-Verhältnisses im Sickerwasser während verschiedener Meßperioden für die Stationen P4 (ungekalkt), P3, E3 und SW7 im gekalkten Einzugsgebiet der Steilen Bramke. Die erste Meßperiode (Januar 1989 bis Juni 1989) zeigt die Situation kurz vor der Kalkungsmaßnahme..... 64
- Abb. 18: Mittlere Tiefenfunktion des Ca/Al- und NH₄/K-Verhältnisses im Sickerwasser während verschiedener Meßperioden für die Stationen P4 (ungekalkt), P3, E3 und SW7 im gekalkten Einzugsgebiet der Steilen Bramke. Die erste Meßperiode (Januar 1989 bis Juni 1989) zeigt die Situation kurz vor der Kalkungsmaßnahme..... 65
- Abb. 19: Mittelwerte der Elementgehalte in den Fichtennadeln des 1. Und 3. Nadeljahrgangs an den Standorten P3, P4, E3, SW7 (gekalkt) sowie DB (ungekalkt) in den Jahren 1988 (vor der Kalkung), 1993 und 1997. Grenzen der Versorgungsbereiche nach ARBEITSKREIS STANDORTKARTIERUNG DER ARBEITSGEMEINSCHAFT FORSTEINRICHTUNG (1988)..... 78
- Abb. 20: Mittelwerte der Elementgehalte in den Fichtennadeln des 1. Und 3. Nadeljahrgangs an den Standorten P3, P4, E3, SW7 (gekalkt) sowie DB (ungekalkt) in den Jahren 1988 (vor der Kalkung), 1993 und 1997. Grenzen der Versorgungsbereiche nach ARBEITSKREIS STANDORTKARTIERUNG DER ARBEITSGEMEINSCHAFT FORSTEINRICHTUNG (1988)..... 81
- Abb. 21: Mittelwerte der Elementgehalte in den Fichtennadeln des 1. Und 3. Nadeljahrgangs an den Standorten P3, P4, E3, SW7 (gekalkt) sowie DB (ungekalkt) in den Jahren 1988 (vor der Kalkung), 1993 und 1997. Grenzen der Versorgungsbereiche

nach ARBEITSKREIS STANDORTKARTIERUNG DER ARBEITSGEMEINSCHAFT FORSTEINRICHTUNG (1988).....	83
Abb. 22: Jahresmittelwerte der Mg-, Ca- und NO ₃ -Konzentration im Bachwasser der Steilen Bramke, der Dicken Bramke und der Langen Bramke 1987 bis 1997. Die Kalkung im Einzugsgebiet der Steilen Bramke erfolgte im Sommer 1989.....	90
Abb. 23: Überblick über die in die BEM-Simulation eingehenden Flüsse in die und aus den definierten Kompartimenten Auflagehumus, Mineralboden in 0-10 cm und Mineralboden in 10-50 cm.....	99
Abb. 24: Vergleich zweier mit BEM simulierter Kalkungsszenarien für den Auflagehumus mit den im Gelände gemessenen Werten für die ersten neun Jahre nach der Dolomitzufuhr. Die beiden Simulationen unterscheiden sich durch die Austauschkapazität im Auflagehumus. Das Jahr "0" entspricht dem Jahr der Kalkungsmaßnahme.....	105
Abb. 25: Vergleich zweier mit BEM simulierter Kalkungsszenarien für den Mineralboden in 0-10 cm Tiefe mit den im Gelände gemessenen Werten für die ersten neun Jahre nach der Dolomitzufuhr. Die beiden Simulationen unterscheiden sich durch die Austauschkapazität im Auflagehumus. Das Jahr "0" entspricht dem Jahr der Kalkungsmaßnahme.....	106
Abb. 26: Vergleich zweier mit BEM simulierter Kalkungsszenarien für den Mineralboden in 10-50 cm Tiefe mit den im Gelände gemessenen Werten für die ersten neun Jahre nach der Dolomitzufuhr. Die beiden Simulationen unterscheiden sich durch die Austauschkapazität im Auflagehumus. Das Jahr "0" entspricht dem Jahr der Kalkungsmaßnahme.....	107
Abb. 27: Ergebnisse der BEM-Kalkungssimulation für den Auflagehumus der Steilen Bramke. Berücksichtigt sind dabei der der Kalibrierung dienende Zeitraum von 200 Jahren vor der Kalkung, sowie die ersten 200 Jahre nach der Kalkungsmaßnahme. Der Entwicklung ohne eine Kalkung sind zwei die Dolomitzufuhr berücksichtigende Szenarien gegenübergestellt.....	110
Abb. 28: Ergebnisse der BEM-Kalkungssimulation für das Mineralbodenkompartiment zwischen 0 und 10 cm Tiefe der Steilen Bramke. Berücksichtigt sind dabei der der Kalibrierung dienende Zeitraum von 200 Jahren vor der Kalkung, sowie die ersten 200 Jahre nach der Kalkungsmaßnahme. Der Entwicklung ohne eine Kalkung sind zwei die Dolomitzufuhr berücksichtigende Szenarien gegenübergestellt.....	111
Abb. 29: Ergebnisse der BEM-Kalkungssimulation für das Mineralbodenkompartiment zwischen 10 und 50 cm Tiefe der Steilen	

Bramke. Berücksichtigt sind dabei der der Kalibrierung dienende Zeitraum von 200 Jahren vor der Kalkung, sowie die ersten 200 Jahre nach der Kalkungsmaßnahme. Der Entwicklung ohne eine Kalkung sind zwei die Dolomitzufuhr berücksichtigende Szenarien gegenübergestellt.....	112
---	-----

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Morphometrische Messzahlen der Versuchsgebiete (nach LIEBSCHER 1975, verändert).....	5
Tab. 2:	Modalbestand des Kahlebergsandsteins aus dem Einzugsgebiet der Steilen Bramke in Vol.-% (nach HAUHS et al. 1989)....	6
Tab. 3:	Chemismus des Kahlebergsandsteins aus dem Einzugsgebiet der Steilen Bramke in Gew.-% (nach HAUHS et al. 1989).....	6
Tab. 4:	Übersicht über Lage und Eigenschaften der Hauptmessstationen in der Steilen Bramke und der Dicken Bramke.....	9
Tab. 5:	Verteilung der Humusformen an den 48 Rasterpunkten in der Steilen Bramke nach der Kartierung von Lauterbach (aus LAUTERBACH 1991).....	12
Tab. 6:	Verteilung der Bodentypen an den 48 Rasterpunkten in der Steilen Bramke nach der Kartierung von Lauterbach (aus LAUTERBACH 1991).....	13
Tab. 7:	Chem. Analyseverfahren für verschiedene Elemente und Probenmedien (nähere Beschreibung: KÖNIG et al. (1996 _{a-c})).....	15
Tab. 8:	Kurzbeschreibung der verwendeten chem. Analyseverfahren (nähere Beschreibung: KÖNIG et al. (1996 _{a-c})).....	15
Tab. 9:	Verteilung der Humusformen in der Steilen Bramke 1988 (LAUTERBACH 1991) und 1998.....	19
Tab. 10:	Horizontmächtigkeiten und Masse des Auflagehumus in der Steilen Bramke 1988 (LAUTERBACH 1991) und 1998.....	20
Tab. 11:	Ergebnisse der Humuskartierung für die vier Hauptstandorte in der Steilen Bramke.....	21
Tab. 12:	Wichtige Daten der Geländeansprache für die in den Profilen genommenen Bodenproben.....	23
Tab. 13:	Vorräte an Ca im Auflagehumus und Ca-Zufuhrmenge bei der Kalkungsmaßnahme 1989.....	27
Tab. 14:	Vorräte an Mg im Auflagehumus und Mg-Zufuhrmenge bei der Kalkungsmaßnahme 1989.....	30
Tab. 15:	Gewinn- und Verlustanteile (äquivalent) der Kationen an der Kationengesamtkonzentration im Auflagehumus der Steilen Bramke von 1988 bis 1998 (Mittel der vier Hauptstandorte).....	31
Tab. 16:	Gesamtvorräte und austauschbare Vorräte im Auflagehumus der Steilen Bramke 1998.....	32

Tab. 17: pH-Werte, Elementverhältnisse und Basenanteile im Humus der Steilen Bramke für die Jahre 1988 und 1998.....	33
Tab. 18: Klassifizierung des Basensättigungsgrades im Oh-Horizont des Auflagehumus als Elastizitätsparameter bezüglich Säuretoxizität (aus MEIWES et al. 1984).....	37
Tab. 19: Wichtige chemische Daten zur Charakterisierung des Kationenaustauschkörpers im Mineralboden 1988 (vor der Kalkung) und 1998 (9Jahre nach der Kalkung). SB entspricht dem Mittelwert aus den Hauptstandorten E3, P3 und SW7.....	43
Tab. 20: Klassifizierung der Belegung des Kationenaustauschers zur Beurteilung der Elastizität hinsichtlich Säuretoxizität und hinsichtlich Kalium- und Magnesiumversorgung (nach MEIWES et al. 1984).....	46
Tab. 21: Vorräte an austauschbarem Ca im Mineralboden und Ca-Zufuhrmenge bei der Kalkungsmaßnahme 1989. SB entspricht dem Mittelwert aus P3, E3 und SW7.....	47
Tab. 22: Vorräte an austauschbarem Mg im Mineralboden und Mg-Zufuhrmenge bei der Kalkungsmaßnahme 1989. SB entspricht dem Mittelwert aus P3, E3 und SW7.....	48
Tab. 23: Vorräte im Auflagehumus und Mineralboden der Steilen Bramke 1988 und 1998.....	49
Tab. 24: Bewertung der C- und N-Vorräte im effektiven Wurzelraum (organische Auflage und Mineralboden) (nach ARBEITSKREISES STANORT-KARTIERUNG DER ARBEITSGEMEINSCHAFT FORSTEINRICHTUNG 1988).....	49
Tab. 25: Bewertung der kurz- und mittelfristig verfügbaren Vorräte im effektiven Wurzelraum (organische Auflage und Mineralboden) (nach ARBEITSKREISES STANORT-KARTIERUNG DER ARBEITSGEMEINSCHAFT FORSTEINRICHTUNG 1988).....	50
Tab. 26: Signifikante Unterschiede („+“ und „-“ kennzeichnen signifikant höher und tiefer) zwischen den vier Messzeiträumen für wichtige Kennwerte der Sickerwasserchemie bezogen auf SB (E3+P3+SW7) und P4 (Signifikanztest nach Scheffés $p < 0,05$).....	58
Tab. 27: Signifikante Unterschiede („+“ und „-“ kennzeichnen signifikant höher und tiefer) zwischen den vier Messzeiträumen für wichtige Kennwerte der Sickerwasserchemie bezogen auf SB (E3+P3+SW7) und P4 (Signifikanztest nach Scheffés $p < 0,05$).....	62
Tab. 28: Überprüfung der Korrelation zwischen den Konzentrationen der wichtigsten Anionen und Kationen im Sickerwasser der	

vier Hauptstandorte der Steilen Bramke (Lineare Einfachkorrelation nach Pearson).....	66
Tab. 29: Mittlere Nadelspiegelwerte der Fichtennadeln (7. Quirl) in der Steilen Bramke. Signifikante Unterschiede zwischen den drei Messzeitpunkten sind mit „+“ (signifikant höher) und „-“ (signifikant tiefer) gekennzeichnet, signifikante Unterschiede zu Referenzwerten aus der ungekalkten Dicken Bramke im 5. Und 9. Jahr nach der Kalkung sind mit „x“ gekennzeichnet (Mann-Whitney U-Test, $p \leq 0,05$).....	77
Tab. 30: Speicherung der Ca- und Mg-Zufuhr neun Jahre nach der Kalkung in der Steilen Bramke.....	84
Tab. 31: Quellenangaben für die zur Definition des Ausgangszustandes des Bodenkörpers in BEM benötigten Daten.....	98
Tab. 32: Quellenangaben für die zur Definition der Zu- und Abfuhrmengen in BEM benötigten Daten.....	100
Tab. 33: Daten zur Kalibrierung der BEM-Simulation für die Steile Bramke.....	101

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.

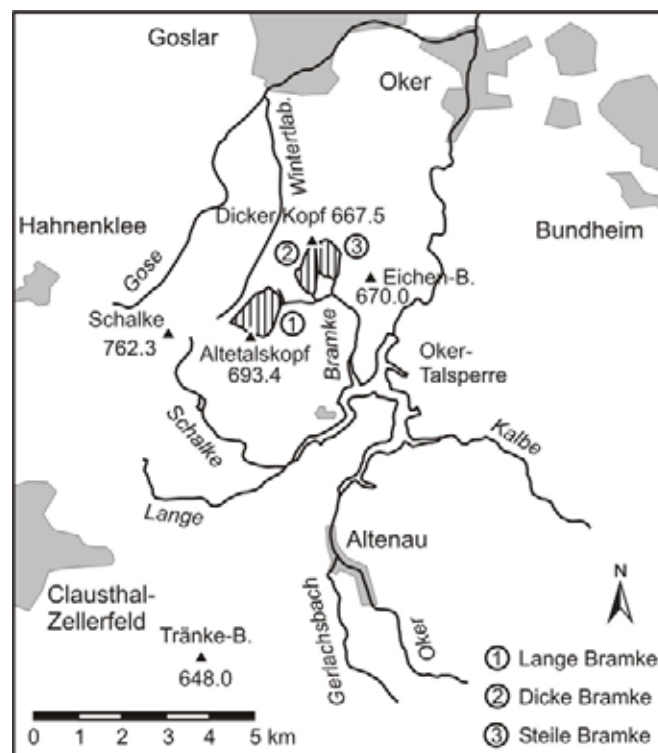


Abb. 1: Übersichtskarte der Lage der Untersuchungsgebiete (nach LIEBSCHER 1975, verändert).

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