

# Bericht zum Workshop „Kriterien der Kalkungsbedürftigkeit“, 29.09.2017, Au, ZH

## Inhalt

1. Einleitung und Hintergrund .....	1
2. Ziele des Workshops .....	2
3. Zusammenfassung der Referate .....	2
3.1 Kriterien der Kalkungsbedürftigkeit .....	3
3.2 Auswahl der Kalkungsmittel .....	4
3.3 Wirkung einer Kalkung auf Waldböden und Bäume .....	4
3.4 Nebenwirkungen von Kalkungen .....	5
3.5 Lessons learnt – von Kalkungsprogrammen zum Nährstoffmanagement .....	5
4. Ergebnisse der Diskussionen und Schlussfolgerungen .....	6
4.1 Erstellen eines Nachhaltigkeitskonzepts .....	6
4.2 Mittelauswahl .....	6
4.3 Verbesserung der Datengrundlagen .....	6
5 Literatur .....	7
Anhang 1: Teilnehmerliste .....	7
Anhang 2: Folien der Referate .....	7

## 1. Einleitung und Hintergrund

Der Eintrag von Stickstoff in die Wälder der Schweiz überschreitet auf mehr als 90% der Flächen die kritischen Belastungsgrenzen. Er ist damit ein ernsthaftes Problem, da übermässige Stickstoffeinträge zur Bodenversauerung beitragen und zur Auswaschung von Nitrat und Nährstoffen führen. Viele Waldböden verarmen an wichtigen Nährstoffen (Ca, Mg, K) und versauern, mit Folgen für die Ernährung und Vitalität der Waldbäume. So führt eine unausgewogene Ernährung zu verminderter Trockenheitsresistenz, erhöhter Anfälligkeit gegenüber Parasiten und teilweise zu einem reduzierten Baumwachstum. Vielerorts ist eine starke Zunahme der stickstoffliebenden Vegetation zu beobachten, wie Brennnesseln, Brombeeren und Holunder. Untersuchungen an Baumwurzeln zeigen, dass mit höheren Stickstoffeinträgen das Artenspektrum der Mykorrhizen an den Baumwurzeln geringer wird.

Mit dem Postulat 13.4201 „Rückführung von Asche in den Wald als Sofortmassnahme gegen Bodenversauerung“ von Erich von Siebenthal vom 12. Dezember 2013 wird der Bundesrat aufgefordert, gesetzliche Anpassungen zu prüfen und darüber Bericht zu erstatten, wie saubere Asche aus Holzheizungen, die unbehandeltes Holz verbrennen, in den Wald zurückgeführt werden kann. In seiner Stellungnahme vom 12. Februar 2014 hält der Bundesrat fest, dass in der Waldpolitik 2020 des Bundes (BBI 2011, 8731) die Herausforderungen im Bereich der Versauerung der Waldböden sowie des Nährstoffmangels erkannt sind. Die Waldpolitik 2020 sieht vor, dass der Nährstoffhaushalt im Wald überprüft und das Ausmass der möglichen Gefährdungen ermittelt wird. Massnahmen zur Kompensation von Nährstoffverlusten und zu ihrer Vermeidung sollen geprüft werden.

Deshalb beantragte der Bundesrat die Annahme des Postulats und sprach sich für die Erstellung eines Berichts aus, in dem alle Optionen zur Kompensation der Versauerung von Waldböden und zur Verbesserung der Nährstoffsituation von Wäldern dargestellt und bewertet werden sollen. Der Nationalrat überwies das Postulat am 21. März 2014 und beauftragte damit den Bundesrat mit der Erstellung des entsprechenden Berichtes.

Im Postulatsbericht des Bundesrates (BAFU 2017) wird festgehalten, dass Massnahmen zur Reduktion der Emissionen an den Quellen zwingend sind. Aufgrund der immer noch zu hohen Stickstoffeinträge und der negativen Langzeitfolgen der bereits erfolgten Einträge müssen aber auch Massnahmen im Wald geprüft werden, um die schon eingetretenen negativen Effekte zu mindern. Die Analyse und Bewertung der möglichen Massnahmen zeigte, dass die Bodenschutzkalkung eine geeignete Massnahme zur Sanierung von betroffenen Böden und zur Verbesserung der Nährstoffversorgung ist. Der Bundesrat erteilte deshalb den Auftrag, im Rahmen einer Machbarkeitsstudie ein Programm zur Sanierung von betroffenen Waldböden zu testen. Zu berücksichtigen sind dabei insbesondere die standörtlich unterschiedlichen Verhältnisse und die verschiedenen Waldfunktionen. Als wichtige Grundlage dafür liegen für die Kantone Aargau, Basel-Landschaft, Freiburg, Solothurn, Thurgau und Zürich bereits räumlich differenziertere Karten der Basensättigung im Oberboden vor. Weiterhin sollten die teilweise jahrzehntelangen Erfahrungen anderer Länder mit der Kalkung (z.B. Deutschland, Skandinavische Länder) für eine Machbarkeitsstudie genutzt werden.

## 2. Ziele des Workshops

Mit dem Workshop wurden folgende Ziele angestrebt:

- Information über die langjährigen Erfahrungen mit der Kalkung in anderen Ländern.
- Diskussion über die in der Schweiz anzuwendenden Kriterien zur Beurteilung der Kalkungsbedürftigkeit auf der Grundlage der Situationsanalyse und der langjährigen Erfahrungen im Ausland. Dies dient der Flächenauswahl für den geplanten Versuch.
- Weiterhin sollte Klarheit über die anzuwendenden Kalkungsmittel geschaffen werden, da es eine grosse Vielfalt an Mitteln für die Kalkung und Kombinationen von Kalkungsmitteln mit Nährstoffen gibt.
- Information der kantonalen Wald- und Bodenschutzfachstellen über die Problematik und die Entwicklung eines gemeinsamen Verständnisses über die Einschätzung der Situation.

## 3. Zusammenfassung der Referate

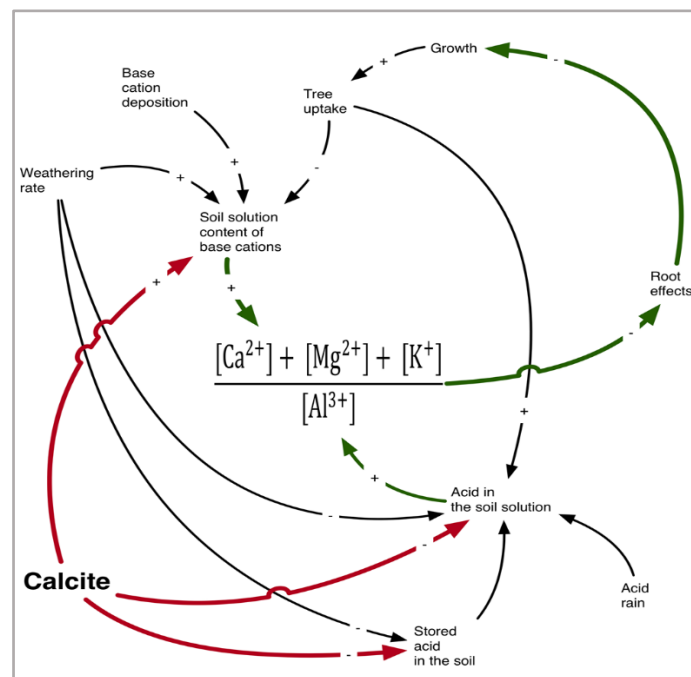
Es waren Referenten aus Island (Bericht über das Kalkungsprogramm in Schweden) sowie aus deutschen Bundesländern eingeladen, die über langjährige Erfahrungen mit der Kalkung von Wäldern verfügen. Für das weitere Vorgehen zur Umsetzung der Beschlüsse des Bundesrats waren insbesondere die Langzeit-Effekte von Kalkungsmassnahmen von Bedeutung.

Meist sind die Bodenschutzkalkungen mit weiteren Massnahmen zur Verbesserung des Nährstoffhaushalts und zum Schutz und zur Stabilisierung der Wälder verbunden, da ein umfassendes Nährstoffmanagement auch die Entzüge durch die Holzernte und die Auswirkungen der Deposition (= Verlust von Nährstoffen mit dem Sickerwasser) berücksichtigen sollte. Erfahrungen hiermit wurden in den Referaten ebenso angesprochen und werden im Folgenden zusammen mit den wichtigsten Ergebnissen der Beiträge der Referenten zusammengefasst.

### 3.1 Kriterien der Kalkungsbedürftigkeit

Die Kriterien der Kalkungsbedürftigkeit<sup>1</sup> orientieren sich am Ausmass des Problems und den zu erreichenden Zielen. Als Ziele wurden genannt: die Kompensation der aktuellen versauernden Einträge, der Schutz der Bodenfunktionen (v.a. Pufferung, Filterfunktion), die Reaktivierung der ökosystem-internen Nährstoffkreisläufe, die Restauration von Boden- und Gewässerzustand, die Trinkwasservorsorge sowie die Vitalisierung der Vegetation. Abbildung 1 illustriert die Wirkungsweise der Kalkung auf zentrale Parameter der Bodenchemie.

In *Schweden* zeigten sich schon in den frühen 1970er Jahren die Folgen der Schwefeleinträge (ferntransportiert aus England) in versauernden Flüssen, Seen und Böden. Das Ausmass des Problems war u.a. bedingt durch die geringmächtigen Böden mit geringer Pufferkapazität. Es wurde ein 5-jähriges experimentelles Kalkungsprogramm (1977-1982) durchgeführt, das die Grundlage der folgenden flächenhaften Kalkung mit Calcit ( $\text{CaCO}_3$ ) war. Ziel war die Neutralisation der eingetragenen Säuren, die Anhebung des pH in den Gewässern und die Vitalisierung der Wälder.



**Abbildung 1:** Kalkung erhöht das Verhältnis von basischen Kationen ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  = BC) zu Aluminium (BC/Al-Verhältnis), reduziert die Al-Konzentration und neutralisiert die Säure im Boden (Sverdrup 2017).

In *Rheinland-Pfalz* wird für die Kalkungsplanung neu ein Entscheidungs-Unterstützungssystem zur Nährstoffnachhaltigkeit (*Decision Support Systems - DSSN*) verwendet. Es dient dem Erkennen der im Hinblick auf den Nährstoffhaushalt vulnerablen Standorte bzw. Standort-Bestockungskombinationen und der Ableitung situationsbezogener Handlungsempfehlungen (waldbauliche Massnahmen, Nutzungsintensität, Kalkung). Die sog. Kalkungskulisse umfasst solche Standorte, auf denen bei Derbholznutzung die Versauerung voranschreiten würde, also die Netto-Säurebelastung grösser Null ist, und wo Calcium-/Magnesium-Verluste auftreten. Kenntnisse über das Ausmass der versauernden Einträge sind deshalb von grosser Bedeutung. Die Kalkungsbedürftigkeit richtet sich dann nach der Netto-Säurebelastung sowie den Bilanzen und Vorräten von Calcium und Magnesium.

<sup>1</sup> Im Anhang befindet sich eine kurze Übersicht über die der Kalkung zugrunde gelegten Kriterien. In allen deutschen Bundesländern gibt es Merkblätter / Vollzugshilfen für die Durchführung der Kalkung (s. Literaturliste)

Wichtige Hilfsmittel sind die Grundlegendaten aus der Standortkartierung, die Informationen zur Standortqualität (Nährstoffvorräte) liefert.

Die deutschen Bundesländer *Sachsen* und *Bayern* haben eine sog. „Kalkungskulisse“ definiert, d.h. diejenigen Areale identifiziert, in denen überhaupt eine Kalkung infrage kommt. In Sachsen sind das alle Gebiete höher als 350 m ü. NN, wogegen das Tiefland von Kalkungen ausgenommen ist. In *Sachsen* wird eine Basensättigung (BS%) von >15% und ein pH von mindestens 4.2 angestrebt, damit die Böden wieder in den Austausch-Pufferbereich gelangen. Der chemische Ausgangszustand der Böden in den Mittelgebirgen Sachsens (Erzgebirge) war wegen der langjährigen sehr hohen Schwefeleinträge sehr schlecht, mit meist sehr niedrigen Basensättigungen auch in tiefen Bodenschichten. Die Auswahl und Abgrenzung der Kalkungsflächen folgt einem hierarchisch angeordneten Ablauf- und Entscheidungsschema (s. Leube 2000). Kalkungsmassnahmen in Sachsen dienen vorrangig dem Schutz des Bodens mit den Teilzielen Restauration der Schäden durch Säurelasten und Kompensation aktueller Einträge von Säurebildnern.

In *Bayern* wird die Kalkungskulisse nach dem Tiefenverlauf der Basensättigung im Boden definiert. Tiefgründig versauerte Standorte (sehr geringe BS% von ca. 10-20% bis in 100cm Tiefe) können gekalkt werden. Als zusätzliches Kriterium wird die Ca- und Mg-Ernährung der Bäume berücksichtigt. Ist die analytisch festgestellte Ca- und Mg-Versorgung der Bäume noch ausreichend, kann auf eine Kalkung verzichtet werden. Naturschutzfachliche und wasserschutzrechtliche Ausschlussstandorte sind zu berücksichtigen.

In *Baden-Württemberg* erfolgt auf der Grundlage von Bodenzustandserhebung und Standortkartierung eine erste Einschätzung der Kalkungsbedürftigkeit. Flächen von besonderem naturschutzfachlichen Wert (Biotope, Wasserschutzgebiete Zone 1, Auerwildgebiete etc.) werden davon ausgenommen. Ziel der Kalkung war bis 2010 die Kompensation der aktuellen Säureeinträge. Seit 2011 wird eine regenerationsorientierte Bodenschutzkalkung geplant und umgesetzt, deren Ziel die Herstellung eines vorindustriellen Bodenzustands ist. Das Mass für die damit zu kompensierende Säuremenge ist die im Unterboden gespeicherte austauschbare Aluminium-Menge, da diese überwiegend anthropogen bedingt ist.

### 3.2 Auswahl der Kalkungsmittel

Das gebräuchlichste Mittel für eine Bodenschutzkalkung ist in Deutschland kohlenaurer Magnesiumkalk (Dolomit, mind. Carbonatgehalt 85%, davon mind. 25%  $MgCO_3$ ). Oft wird der Kalkung noch Phosphor beigemischt. Dolomit löst sich langsam und stellt damit eine lange wirkende Ca- und Mg-Quelle dar. In Schweden wird vorwiegend das schneller lösliche Calcit ( $CaCO_3$ ) verwendet. Es wurden verschiedene Mischungen schnell und langsam löslicher Kalke mit Dünger-Zusatz getestet.

In Versuchen wurden unterschiedliche Mischungen aus Kalken und Holzasche getestet. In *Baden-Württemberg* ist mittlerweile die Beimischung von bis zu 30% Holzasche aus naturbelassenem Holz zur Kalkung erlaubt. Hiermit werden den Böden zusätzlich Phosphor und Kalium zugeführt, gleichzeitig werden regionale Nährstoffkreisläufe geschlossen.

### 3.3 Wirkung einer Kalkung auf Waldböden und Bäume

Die langfristigen Wirkungen einer Kalkung konnten in Deutschland und Schweden durch Versuche und Wiederholungsaufnahmen von Bodeninventuren (landesweite Bodenzustandserhebung) dokumentiert werden. Sie bestätigen und ergänzen die Ergebnisse aus dem wissenschaftlichen Teil des Postulatsberichts:

- Die Basensättigung und der pH-Wert im Mineralboden nehmen zu, das BC/Al-Verhältnis in der Bodenlösung steigt.
- Die austauschbaren Basenvorräte nehmen zu.  
In nicht-gekalkten Böden nahmen im gleichen Zeitraum die austauschbaren Calcium- und Magnesium-Vorräte in den Böden oft ab. Dies ist auch auf die nach wie vor hohen N-Einträge zurückzuführen (Inventurauswertungen aus Deutschland).

- Die Menge des Auflagehumus sinkt, gleichzeitig steigen die Kohlenstoffvorräte im oberen Mineralboden. Insgesamt nahm die Kohlenstoffmenge in den Böden der gekalkten Flächen nach ca. 20 Jahren um 13% zu, in den ungekalkten Flächen um 5% (Ergebnisse Niedersachsen und Hessen). Die Zunahme der organischen Substanz im Mineralboden erhöht die Nährstoff- und Wasserspeicherkapazität der Böden stabilisiert die Nährstoffaufnahme.
- Durch die Kalkung werden tiefgrabende Regenwürmer deutlich gefördert. Regenwürmer arbeiten organische Substanz in den Mineralboden ein, schaffen Makroporen und verbessern die Bodenstruktur; dies fördert die Wasserinfiltration und -speicherung.
- Die Tiefendurchwurzelung wird verbessert, was die Nährstoffversorgung stabilisiert, den Wasserhaushalt verbessert (grösseres ausschöpfbares Bodenvolumen) und insgesamt die Standstabilität der Bäume erhöht.
- Der Säuretransport aus den Wäldern in Grundwasser und Seen wurde gestoppt (Schweden).
- In Schweden wurde auf den gekalkten Flächen ein besseres Baumwachstum festgestellt.
- Die Kennwerte der Ernährung in Nadeln bzw. Blättern verbesserten sich bei Ca und Mg.

### 3.4 Nebenwirkungen von Kalkungen

Die im Feld beobachteten Nebenwirkungen waren meist zeitlich beschränkt und verschwanden schnell wieder.

- Gesteigerte Mineralisation mit Stickstofffreisetzung und Nitratauswaschung kamen in der Anfangsphase nach einer Kalkung vor, waren aber nur von kurzer Dauer (Monate bis wenige Jahre). Eine Ausnahme stellt der Högwald in Bayern dar, wo der Nitratschub länger anhält.
- Zu hohe Calcium-Gaben können zu geringeren Kalium- und Phosphorkonzentrationen in Bäumen führen.

### 3.5 Lessons learnt – von Kalkungsprogrammen zum Nährstoffmanagement

Aufgrund langjähriger Erfahrungen und teilweise bedingt durch neue Herausforderungen wurden die Kalkungsprogramme teilweise angepasst.

- Zur Planung der Massnahmen werden zunehmend Stoffhaushaltsmodelle unterschiedlicher Komplexität eingesetzt. Am umfassendsten ist derzeit das Entscheidungs-Unterstützungssystem zur Nährstoffnachhaltigkeit in Rheinland-Pfalz. Es ermöglicht situationsbezogene Handlungsempfehlungen betreffend waldbaulicher Massnahmen, Nutzungsintensität und Kalkung. Der Einsatz solcher Modelle setzt allerdings die Verfügbarkeit der dafür benötigten Eingangsdaten voraus.
- Auswahl der Mittel: bewährt für Anwendungen im Wald hat sich Dolomit; die Zugabe von Holzasche aus naturbelassenem Waldholz ist erprobt und im gesetzlichen Rahmen in Deutschland erlaubt.
- Alle Referenten betonten die Bedeutung des Monitorings für die Erfolgskontrolle der Kalkungsmassnahmen.
- Eine praxisnahe Begleitforschung hat sich bewährt, sie dient dazu, einzelne Aspekte der Planungsgrundlagen zu verbessern (Bsp.: Bestimmung der Elementgehalte in Kompartimenten verschiedener Baumarten zu Berechnung der Elemententzüge).
- Kalkungsmassnahmen sollten in ein umfassendes Nährstoffmanagement eingebunden werden, das auch die Entzüge durch die Holzernte und die durch die Deposition verursachte Nährstoffauswaschung einbezieht.
- Zu den „lessons learnt“ gehört auch die Erkenntnis, dass bei den nicht-gekalkten Flächen die Basenvorräte trotz zurückgehender versauernder Einträge in den letzten Jahren oft abnehmen, da die BC-Verluste aufgrund übermässiger N-Einträge immer noch höher sind als die Verwitterungsrates der Minerale.

## 4. Ergebnisse der Diskussionen und Schlussfolgerungen

Im Folgenden werden die Schlussfolgerungen aus den Referaten und die Ergebnisse der Diskussion zusammengefasst.

### 4.1 Erstellen eines Nachhaltigkeitskonzepts

Es bestand Einigkeit darin, dass die durch eutrophierende und versauernde Einträge verursachten Probleme integrativ und standortsangemessen angegangen werden müssten. Eine undifferenzierte, flächendeckende Kalkung ist nicht das Ziel. Es ist ein umfassendes Nährstoffmanagement erforderlich, das neben Standortfaktoren, Bestandesparametern und den Wirkungen der Stickstoffdeposition auch die Folgen neuer Ernteverfahren wie der Ganzbaumernte beinhalten sollte. Es braucht daher ein umfassendes Konzept zur Erhaltung und Wieder-Herstellung der Nährstoffnachhaltigkeit von Waldbeständen. Eine allfällige Bodenschutzkalkung ist dabei nur ein Element, neben dem Schutz der Wälder vor Übernutzung und waldbaulichen Massnahmen.

Die Berechnung von Elementbilanzen mit Stoffhaushaltsmodellen als Hilfsmittel für die Kalkungsplanung hat sich mittlerweile etabliert. So können auch Nährstoffentzüge durch die Holzernte und die Wirkungen der versauernden Einträge wie die Auswaschung von Nährstoffen berücksichtigt werden; die Planung von Aufwandmengen der Kalkung und die Berechnung eines möglichen Wiederholungsturnus werden erleichtert.

Diskutiert wurde das Problem der abnehmenden Phosphor-Gehalte in Blättern und Nadeln. Hier würde eine Behandlung ausschliesslich mit Kalk das Problem nicht lösen. Es müssten andere Massnahmen zur Verbesserung der Situation ergriffen werden.

Als prioritär für die Schweiz wurde die Erstellung eines Merkblatts für die Praxis zur „Nachhaltigen Holzernte“ genannt, welches unabhängig vom Fortschritt der Kalkungsversuche in der Schweiz publiziert werden könnte.

### 4.2 Mittelauswahl

Die Wahl des Kalkungsmittels sollte nach eingehender Diagnose erfolgen. Dabei sollten auch andere Mittel zur Kompensation von Säureeinträgen in Betracht gezogen werden, insbesondere wenn spezifische Nährstoffmängel diagnostiziert wurden. Eine ökologisch verträgliche Ascherückführung, wie sie in Baden-Württemberg bereits praktiziert wird, wurde als Option genannt.

### 4.3 Verbesserung der Datengrundlagen

Die Ziele einer Kalkung und die Kriterien der Kalkungsbedürftigkeit sind überall sehr ähnlich. Sie orientieren sich an den bodenchemischen Parametern Basensättigung, Calcium- und Magnesiumvorräten und den pH-Werten sowie der Baumernährung. Sowohl ein umfassendes Nährstoffmanagement als auch die Kalkung benötigen daher gute Datengrundlagen zur Bodenqualität, weitere Standortinformationen und Daten zum Ausmass der Säureeinträge. Standortkartierung, Forstliches Umweltmonitoring und Versuchswesen sind sinnvolle und sich ergänzende Informationsquellen für die Planung von Massnahmen.

In der Schweiz sind viele wichtige Grundlagen flächenhaft gar nicht oder nur lückenhaft und unvollständig vorhanden und verfügbar. Die Ergänzung und Verbesserung der Datengrundlagen auf kantonaler und Bundesebene ist vordringlich. Es sollten alle vorhandenen Informationen zusammengetragen werden, um dann zu entscheiden wo (räumlich und inhaltlich) die Informationsbasis zu verbessern ist (Nationale Bodenbeobachtung - NABO; WSL-Boden-Datenbank; IAP - Interkantonale Walddauerbeobachtung; gute Datengrundlagen einiger Kantone). Das Problem der schlechten Datengrundlage für Waldböden ist erkannt und könnte im Rahmen der geplanten „Bodenstrategie Schweiz“ (BAFU 2018) bearbeitet werden.

## 5 Literatur

BAFU. 2017. Optionen zur Kompensation der Versauerung von Waldböden und zur Verbesserung der Nährstoffsituation von Wäldern - Darstellung und Bewertung. Bericht des Bundesrates in Erfüllung des Postulats von Siebenthal (13.4201) „Rückführung von Asche in den Wald als Sofortmassnahme gegen Bodenversauerung“.

<https://www.news.admin.ch/news/message/attachments/47185.pdf>

BAFU 2018. Bodenstrategie Schweiz - Ziele und Stossrichtungen für den nachhaltigen Umgang mit dem Boden. Entwurf zu Hd. Bundesrat in Erarbeitung .....

Leube, F. 2000. Leitfaden Forstliche Bodenschutzkalkung in Sachsen. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Forsten. Heft 21/2000. <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/29741>

Merkblatt Bodenschutzkalkung in Niedersachsen und Sachsen-Anhalt.

[https://www.nw-](https://www.nw-fva.de/fileadmin/user_upload/Verwaltung/Publikationen/Merkblaetter/Merkblatt_Bodenschutzkalkung_n_und_Anlagen_11_2010.pdf)

[fva.de/fileadmin/user\\_upload/Verwaltung/Publikationen/Merkblaetter/Merkblatt\\_Bodenschutzkalkung\\_n\\_und\\_Anlagen\\_11\\_2010.pdf](https://www.nw-fva.de/fileadmin/user_upload/Verwaltung/Publikationen/Merkblaetter/Merkblatt_Bodenschutzkalkung_n_und_Anlagen_11_2010.pdf)

Merkblätter der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, 50/2000.

Bodenschutzkalkung im Wald. [http://www.fva-bw.de/publikationen/merkblatt/mb\\_50\\_2008.pdf](http://www.fva-bw.de/publikationen/merkblatt/mb_50_2008.pdf)

Greve, M. 2015. Langfristige Auswirkungen der Waldkalkung auf den Stoffhaushalt. Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz Nr. 73/15.

[http://www.fawf.wald-rlp.de/fileadmin/website/fawfseiten/fawf/downloads/Mitteilungen/Mitteilung\\_73-15.pdf](http://www.fawf.wald-rlp.de/fileadmin/website/fawfseiten/fawf/downloads/Mitteilungen/Mitteilung_73-15.pdf)

Hartmann, P., Buberl, H., Puhlmann, H., Schäffer, J., Trefz-Malcher, G., Zirlewagen, D., von Wilpert, K. 2016. Waldböden Südwestdeutschlands. Ergebnisse der Bodenzustandserhebung im Wald von 1989-1992 und 2006-2008. Forstl. Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg.

Anhang 1: Teilnehmerliste

Anhang 2: Folien der Referate