

Wirkung von Holzasche auf Waldboden, Baumwurzeln und Baumphysiologie

# Holzasche: Zurück in den Wald?

Ein wichtiges Ziel der schweizerischen Energiepolitik besteht darin, erneuerbare und CO<sub>2</sub>-neutrale Energieträger zu fördern, um die CO<sub>2</sub>-Belastung der Atmosphäre zu verringern und zudem zu einer möglichst diversifizierten und unabhängigen Energieversorgung beizutragen. Der Energieträger Holz erfüllt diese Voraussetzungen in idealer Weise. Bei der Verbrennung von Holz fällt jedoch Asche in der Grössenordnung von 1 bis 2 Gewichtsprozenten an. Es stellt sich somit die Frage der Entsorgung bzw. Verwertung der anfallenden Holzasche und der Einflüsse auf das Waldökosystem bei einer allfälligen Ausbringung im Wald.



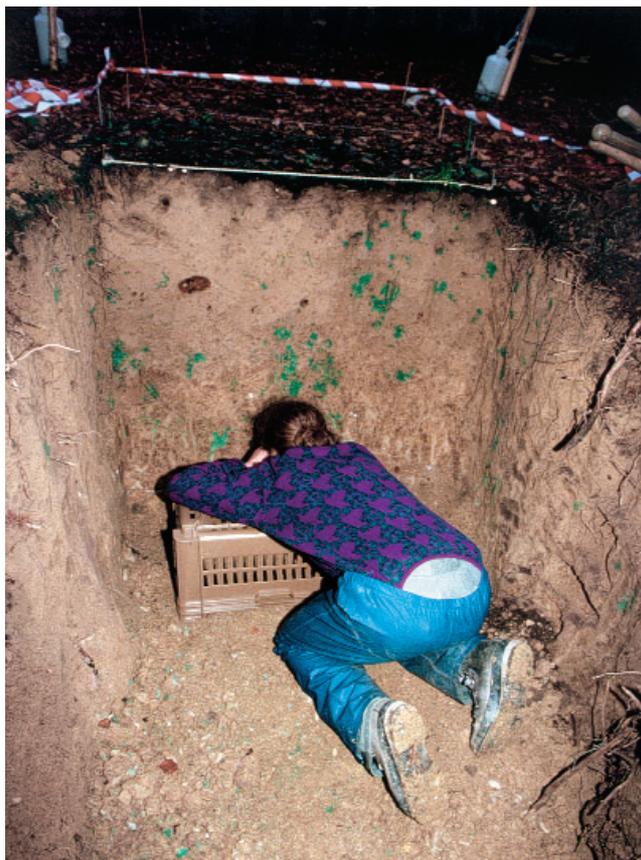
Versuchsbestand in Unterehrendingen. Sprenkieranlage für die Flüssigdüngung, ausgeschiedene Intensivbeobachtungsflächen der Bodenchemie und der Wurzeluntersuchungen.

Gemäss einer Studie der EMPA St.Gallen (Noger et al., 1996) und den Vorschriften der Stoffverordnung kann Asche aus 100 % naturbelassenem Holz als Dünger in der Landwirtschaft verwendet werden.

Von Stephan Zimmermann, Dionys Hallenbarter, Werner Landolt, Matthias Genenger und Ivano Brunner\*

Im Sinne eines echten Stoffkreislaufes muss im Rahmen einer sinnvollen und umweltgerechten Verwertung der Holzasche auch eine Ausbringung im Wald in Betracht gezogen werden. Allerdings verbietet die Waldverordnung grundsätzlich den Einsatz von Hilfsstoffen. Bevor bestehende Ausnahmeregelungen allenfalls erweitert werden, müssen die Folgen der Holzascheausbringung auf Waldböden abgeklärt werden. Dabei stehen Fragen der Veränderung von Bodeneigenschaften, aber auch des Einflusses auf das Wachstum und die Ernährung von Waldbäumen im Zentrum.

Entsprechend den verschiedenen Fragestellungen wurden im Schladwald (Gemeinde Unterehrendingen, AG), in einem zirka 70-jährigen Fichtenwald auf saurer Molasse gleich mehrere Behandlungsvarianten und deren Einflüsse untersucht. Diese Behandlungen beinhalteten neben einer Kontrolle eine Applikation von Holzasche (hauptsächlich zusammengesetzt aus den Elementen Ca, K, Mg und P), ei-



In einem Spezialversuch wurde auf einer Teilfläche zusammen mit der Holzasche ein ungiftiger Farbstoff ausgebracht, um die Sickerwasserkanäle zu markieren, daraus Proben zu nehmen und chemisch zu analysieren.

ner optimalen Flüssigdüngung (hauptsächlich N, Ca, K, Mg und P), sowie einer Wasserbehandlung (Bachwasser, pH zirka 8,5) als Kontrolle für die Flüssigdüngung. Wir streuten die Holzasche im Mai 1998 und Juli 1999 zu je 4 t/ha von Hand auf den Waldboden, und die Flüssigdüngung wurde jährlich und jede Nacht während

der Vegetationsperiode mit Hilfe einer Sprenkieranlage appliziert.

## Veränderungen des Bodenchemismus

Chemische Veränderungen im Boden können am besten in der Bodenlösung

\* Forschungsbereich Wald der Eidg. Forschungsanstalt WSL, 8903 Birmensdorf.

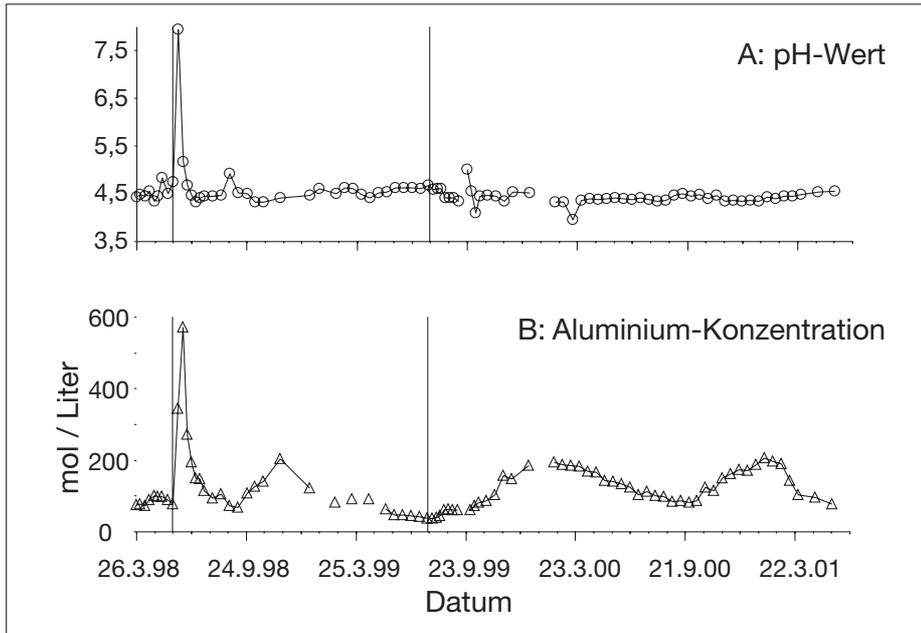


Abb. 1: Entwicklung von pH-Wert (A) und Aluminium-Konzentration (B) in der Bodenlösung der Aschebehandlung. Die Bodenlösung wurde in 25 cm Tiefe gewonnen. Die senkrechten Striche markieren die beiden Holz-ascheausbringungen von je 4 t/ha am 25.5.1998 bzw. am 23.7.1999.

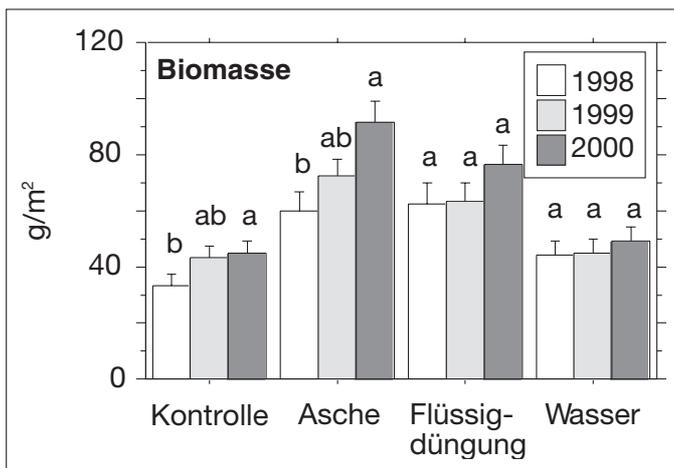


Abb. 2: Beeinflussung der Biomassen der Feinwurzeln von Fichten im Oberboden durch die verschiedenen Behandlungen. Unterschiedliche Buchstaben pro Behandlung zeigen signifikante Unterschiede an ( $p \leq 0,05$ ).

beobachtet werden. Die Holz-asche hat einen hohen pH-Wert (das heisst einen geringen Säuregrad). Dementsprechend wird auch der pH-Wert der Bodenlösung durch die Holz-asche erhöht (Abb. 1 A). Nach der ersten Ausbringung stiegen die pH-Werte in 25 cm Tiefe massiv an (von 4,5 auf 8). Erhöhte pH-Werte liessen sich bis in eine Tiefe von 80 cm nachweisen.

Nach der zweiten Ausbringung blieben die Reaktionen hingegen aus. Gründe dafür sind der Zeitpunkt der Behandlung und die Form, in welcher die Asche auf den Waldboden gelangte. Beim ersten Mal waren die Wochen vor der Behandlung sehr regenarm. Kurz nach der Ausbringung setzte heftiger Regen ein und löste einen Grossteil der sehr feinen Holz-asche. Die Lösung versickerte im Boden und verursachte die beobachteten Effek-

te. Beim zweiten Mal war infolge sehr hoher Niederschläge im Juni und Anfang Juli der Boden bis an die Oberfläche gesättigt. Die feinkörnige Holz-asche konnte sehr viel Feuchtigkeit aufnehmen. Zudem regnete es die folgenden Wochen bis zum 20. September sehr wenig. Das waren optimale Bedingungen für eine physikalische Verfestigung und chemische Umwandlung der Holz-asche. Damit ist eine schwerere Löslichkeit verbunden. Deshalb lassen sich nach der zweiten Ascheausbringung nicht mehr dieselben Effekte beobachten wie nach dem ersten Mal.

Der pH-Wert ist eine wichtige steuernde Grösse für zahlreiche weitere Prozesse. Er beeinflusst unter anderem auch die Löslichkeit von organischer Substanz. Dies erklärt den parallelen Verlauf der Konzentration an organischem Kohlen-

stoff mit dem pH-Wert (nicht dargestellt). Die gelöste organische Substanz ihrerseits vermag Metall- und Schwermetallelemente zu binden, zu lösen und allenfalls im Boden zu verlagern. Das Beispiel von Aluminium (Abb. 1 B) zeigt die natürlichen, jahreszeitlichen Fluktuationen mit minimalen Konzentrationen im Sommer und maximalen im Winter, die durch einen markanten Konzentrationsanstieg nach der ersten Ascheausbringung gestört werden. Genau gleich wie Aluminium verhalten sich toxische Schwermetalle. Es konnten sogar Schwermetallmobilisierungen und -verlagerungen als Folge der ersten Holz-ascheausbringung nachgewiesen werden.

### Wirkung auf Feinwurzeln

Die Biomassen der Feinwurzeln von Fichten im Oberboden nahmen während der Untersuchungsperiode in allen Behandlungsfeldern leicht zu. Eine hohe und gleichzeitig signifikante Zunahme stellten wir allerdings nur in der Holz-aschebehandlung fest (Abb. 2).

Die verschiedenen Behandlungen beeinflussten das Feinwurzelnwachstum nicht stark. Die Holz-aschebehandlung führte im 1. Jahr zu einer grösseren Feinwurzeldichte und im 2. Jahr zu verstärktem Längenwachstum der Feinwurzeln, die Flüssigdüngungsbehandlung hingegen führte im 2. Jahr zu einer Reduktion der Anzahl Verzweigungen pro cm.

Durch die Holz-asche- und Flüssigdüngungsbehandlungen stiegen Ca-, Mg-, K- und P-Gehalte in den Feinwurzeln an. Im Falle von Ca war fast eine Verdoppelung der Konzentration durch die Holz-aschezugabe feststellbar (Abb. 3).

Eine Zunahme des N-Gehaltes hingegen konnte nur in der Flüssigdüngungsbehandlung gemessen werden. Durch die Applikation von Bachwasser waren leichte Anstiege von Ca (Abb. 3), K und P zu verzeichnen.

Im Gegensatz zu den oben genannten Hauptnährelementen wurde für Mn eine Abnahme der Gehalte in der Holz-asche- und Flüssigdüngungsbehandlung beobachtet (Abb. 3). Dies dürfte vermutlich mit dem Anstieg des pH-Wertes des Bodens und der damit verbundenen geringeren Löslichkeit von Mn zusammenhängen.

Die Gehalte der Schwermetalle Zn, Cd und Cu in den Feinwurzeln wurden durch die verschiedenen Behandlungen nicht beeinflusst, auch wenn in der Holz-asche relativ hohe Werte von Zn und Cu gemessen wurden (Resultate nicht dargestellt). Durch die erhöhten pH-Werte des Bodens kann angenommen werden, dass diese Schwermetalle nicht pflanzenverfügbar sind.

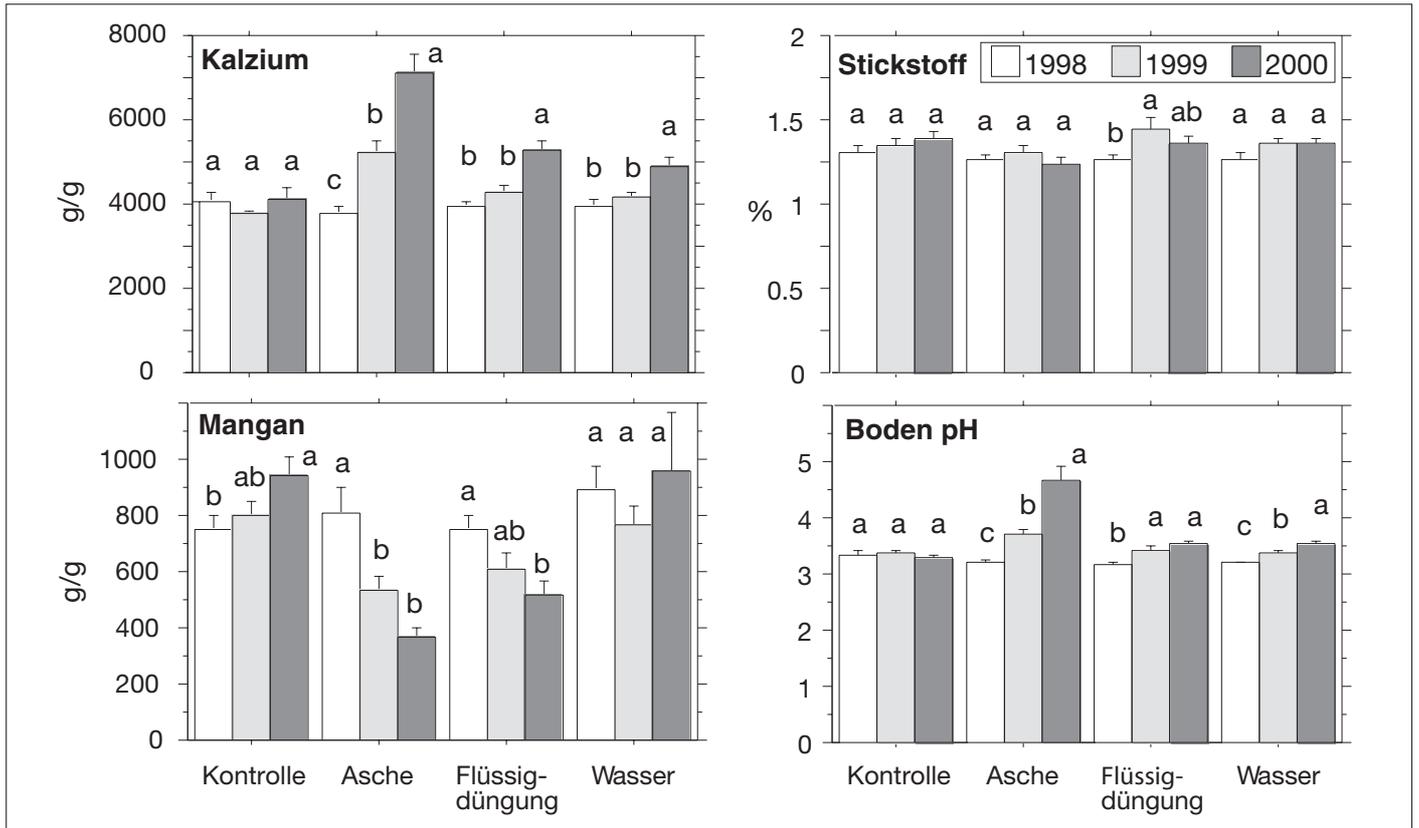


Abb. 3: Beeinflussung der Konzentration ausgewählter Elemente in Fichtenfeinwurzeln sowie des Boden-pH durch die unterschiedlichen Behandlungen. Verschiedene Buchstaben pro Behandlung zeigen signifikante Unterschiede an ( $p \leq 0,05$ ).

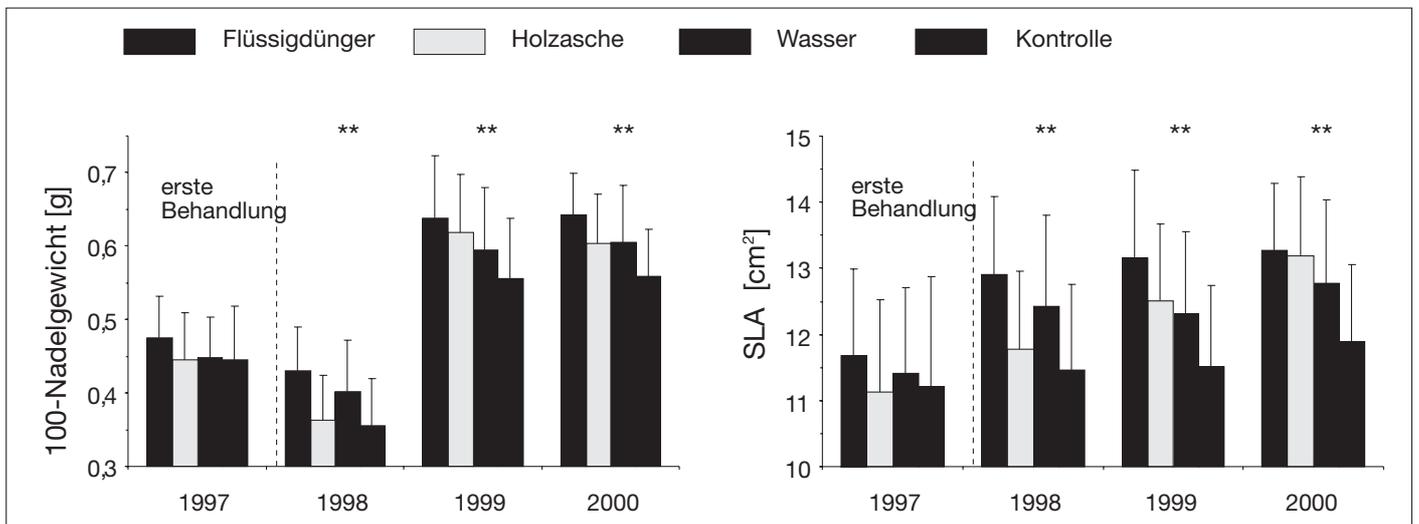


Abb. 4: 100-Nadelgewicht (links) und spezifische Nadeloberfläche (SLA) von 100 Nadeln (rechts), (Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung). Unterschiede zwischen den Behandlungen wurden mit einer Varianzanalyse getestet. \* $p < 0,05$ ; \*\* $p < 0,01$ ; \*\*\* $p < 0,001$ . Signifikante Unterschiede ergaben Flüssigdünger zur Kontrolle.

### Wachstum, Nährstoffgehalte und Phänologie der Bäume

Die Flüssigdüngung beeinflusste das Wachstum der Bäume positiv. Nährstoffgehalte und -relationen änderten sich jedoch nicht. Zudem verringerte sich der Nadelfall und die Vegetationszeit wurde verlängert. Die Holzasche zeigte ähnliche Resultate, jedoch weniger ausgeprägt.

Nadelgewicht und -oberfläche reagierten auf den erhöhten Nährstoffeintrag der Flüssigdüngung schneller als das Triebwachstum. Bereits in der folgenden Vegetationsperiode wiesen die Nadeln der Fichten der Flüssigdüngungsvariante größere Oberflächen auf (Abb.4). Die Bäume der mit Holzasche behandelten Flächen reagierten langsamer und weniger deutlich.

Die Fichtennadeln waren bereits bei Versuchsbeginn gut mit den wichtigsten Nährstoffen versorgt. Grenzwerte für eine mangelhafte Elementversorgung wurden keine unterschritten und Elementungleichgewichte waren nicht zu beobachten.

Nach 2 Jahren Flüssigdünger- und Holzascheapplikationen waren keine wesentlichen Änderungen in den Nährstoffge-

halten und keine Überversorgung mit N sichtbar. Hingegen konnte ein verbessertes Wachstum der Bäume festgestellt werden.

Die dreijährige Beobachtung zeigte, dass die Ernährung einen Einfluss auf die Blattverfärbung und den Blattfall von Waldbäumen hat. Bei der Buche verlängerte die Düngung die Vegetationsperiode im Herbst bis zu zwei Wochen. Der Unterschied zwischen den Behandlungen zeigte sich besonders stark im Jahre 1998. Dieses Jahr war deutlich wärmer und trockener als das langjährige Mittel. Die Witterung und insbesondere die Verfügbarkeit von Wasser während der Sommermonate scheinen auch bei der Blattverfärbung und beim Blattfall eine wichtige Rolle zu spielen.

## Schlussfolgerungen

Die Zugabe von Holzasche hatte eine Reihe positiver Auswirkungen auf Waldboden und -bäume. Neben einer Erhöhung des Boden-pH-Wertes und der Einbringung wichtiger Nährstoffe wie Ca, Mg, K und P förderte sie auch Biomasse und Wachstum der Feinwurzeln und führ-

te zu höheren Nährstoffgehalten in den Feinwurzeln. In den Nadeln der Fichten konnte keine Zunahme der Nährstoffgehalte festgestellt werden, jedoch nahmen Nadelgewicht und -oberfläche sowie Wachstum der Bäume zu.

Die Holzascheausbringung birgt allerdings auch Gefahren. Nicht verfestigte Holzasche ist sehr leicht löslich und führt zu gravierenden Veränderungen der Bodenchemie. Dies konnte von uns aufgrund der beiden unterschiedlichen Ausbringungszeitpunkte belegt werden. Zudem ist jede Holzasche mehr oder weniger stark mit Schadstoffen, insbesondere Schwermetallen, belastet, was langfristig zu einer Gefahr für den Waldboden werden kann. Deshalb ist eine Holzascheausbringung nur unter Beachtung folgender Punkte zu empfehlen:

- Nur möglichst schadstoffarme Holzaschen ausbringen, die direkt in der Brennkammer von technisch hochwertigen Anlagen anfallen und von 100 % naturbelassenem Holz stammen.
- Rigorose Qualitätskontrolle auf Schadstoffgehalte der Holzasche vor der Ausbringung.

- Die Asche muss vor der Ausbringung pelletiert (verfestigt) werden, damit sich ihre Löslichkeit reduziert und die chemischen Veränderungen im Boden dadurch moderater sind.
- Die Ascheausbringung sollte im Rahmen einer ökonomisch machbaren und ökologisch verträglichen Nachhaltigkeit vollzogen werden. Rechnet man mit einem durchschnittlichen Holzzuwachs von 10 m<sup>3</sup> pro Hektare und Jahr, einer durchschnittlichen Holzdichte von 0,8 t/m<sup>3</sup> und einem durchschnittlichen Ascheanfall von 2 %, dürften innert drei Jahren nur zirka 500 kg Holzasche pro Hektare ausgebracht werden. In der vorliegenden Studie wurden 8 t/ha ausgebracht – genug Holzasche für rund ein halbes Jahrhundert. Auch unter Berücksichtigung ökonomischer Aspekte dürften deshalb die von Noger et al. (1996) empfohlenen 8 t/ha innerhalb dreier Jahre als absolut oberstes Limit betrachtet werden. □

## Literatur:

Noger, D., Felber, H. und Pletscher, E., 1996: Verwertung und Beseitigung von Holzaschen. Schriftenreihe Umwelt Nr. 269. Herausgeber BUWAL, 113 S.

---