

Biomassenutzung und Nährstoffentzug – Aspekte einer nachhaltigen Waldnutzung

von Sabine Braun¹⁾, Salim Belyazid²⁾ und Walter Flückiger¹⁾

¹⁾ Institut für Angewandte Pflanzenbiologie, Schönenbuch, ²⁾ Belyazid Consultants, Bollebygd, Schweden

Ernährungssituation der Wald-bäume

Fortlaufende Untersuchungen in Buchen- und Fichtenbeobachtungsflächen zeigen eine starke zeitliche Veränderung der Nährstoffgehalte im Laub. So hat die Konzentration von Phosphor und Magnesium in den letzten 23 Jahren signifikant abgenommen (Abb. 1). Die Abnahme des Phosphors kann den im gleichen Zeitraum beobachteten Rückgang des Stammzuwachses weitgehend erklären. In einzelnen Beständen ist auch akuter Kaliummangel zu beobachten. Im Raum Volketswil/Wangen mussten im Laufe der Vegetationsperiode 2005 120 ha Fichten zwangsgenutzt werden, da sie stark von der Fichtenquirleschildlaus und vom Borkenkäfer befallen waren. Die betroffenen Bäume waren durch einen starken Kaliummangel gekennzeichnet (Abb. 2). Sowohl die Abnahme von Phos-

phor und Magnesium als auch der Kaliummangel können eine Folge von erhöhten Stickstoffeinträgen sein, wie Experimente und Auswertungen mit Daten aus den Waldbeobachtungsflächen zeigen.

Die Konzentration von Phosphor und Magnesium hat in den letzten 23 Jahren abgenommen.

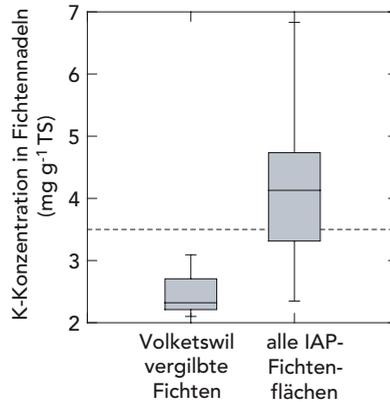


Abb. 2: Kaliumkonzentration in Fichtenadeln aus dem Raum Volketswil/Wangen. Die gestrichelte Linie ist die untere Grenze des Normalversorgungsbereichs nach (1).

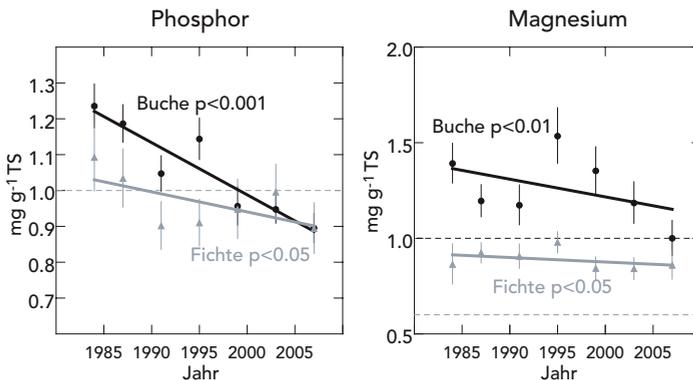


Abb. 1: Entwicklung der Phosphor- und der Magnesiumkonzentration in Buchenlaub und Fichtennadeln zwischen 1984 und 2007. Daten von 60 Buchen- und 32 Fichtenflächen, die mindestens seit 1987/89 unter Beobachtung stehen (vertikale Striche = 95%-Vertrauensbereich).

Stammholz ist im Vergleich zu den übrigen Baumteilen nährstoffarm.

Nährstoffentzug durch Ernte

Der bisherige Biomasseentzug aus Wäldern hat nur geringfügige Konsequenzen auf den Nährstoffentzug. Grund dafür ist, dass Stammholz im Vergleich zu den übrigen Baumkompartimenten verhältnismässig nährstoffarm ist (Abb. 3). Werden diese Konzentrationen mit den entsprechenden Biomassen multipliziert, so wird ersichtlich, dass bereits eine zusätzliche Ernte der Äste zu einer Vervielfachung des Nährstoffentzugs führt (Abb. 4). Die Bereitstellung von

Hackschnitzeln für moderne Feuerungsanlagen, bei der ein Grossteil der Krone, z.T. auch mit dem Laub, verarbeitet wird, hat so weitreichende Konsequenzen für die Nährstoffversorgung. Auf den wenigsten Standorten ist eine solche Bewirtschaftung nachhaltig (2, 3). Auf basenarmen Böden wird damit die Bodenversauerung beschleunigt (Abb. 5, vgl. auch Artikel auf S. 10ff.) aber auch auf Kalkstandorten kann der vermehrte Entzug von Phosphor und Kalium zu Nährstoffmangel führen.

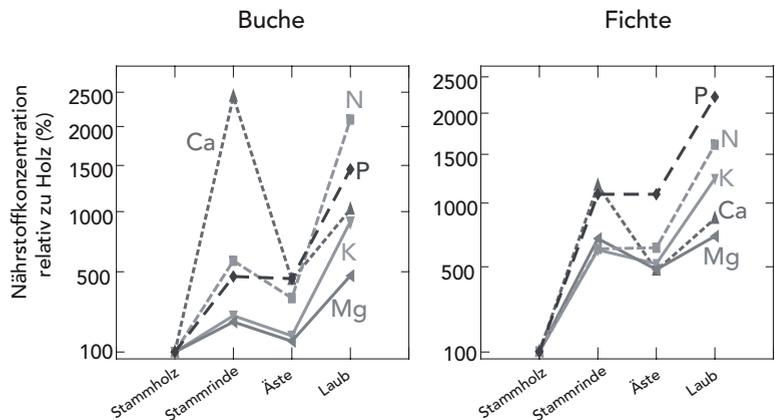


Abb. 3: Nährstoffkonzentrationen in verschiedenen Baumkompartimenten von Buche und Fichte im Vergleich zur Konzentration im Stammholz (=100%). Die Auswertungen basieren auf einer Literaturstudie von Jacobsen et al. (4) sowie weiteren Daten (5, 6, 7).

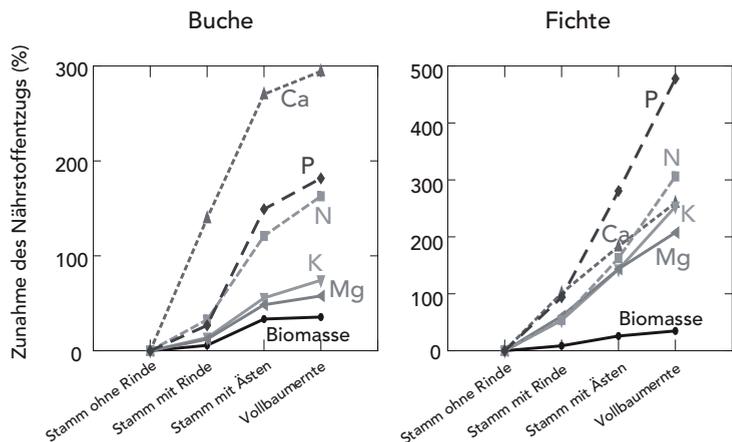


Abb. 4: Erhöhung des Biomasse- und Nährstoffentzugs bei verschiedenen Ernteszenarien von Buche und Fichte im Vergleich zu einer Ernte von Stammholz ohne Rinde. Datenbasis wie bei Abb. 3.

Ascherückführung

Der vermehrte Nährstoffentzug kann mit der Rückführung der Asche aus naturbelassenem Holz kompensiert werden. Sie enthält alle dem Wald entzogenen Makronährstoffe ausser Stickstoff (Tab. 1). Ein Entzug von Stickstoff erscheint sogar als Vorteil, da die erhöhten Stickstoffeinträge für den Wald ein Problem darstellen (8). Durch den hohen Gehalt an basischen Kationen wirkt die Asche der Bodenversauerung entgegen.

Die Stoffverordnung behandelt Asche bis jetzt als Fremdstoff, mit strengen Grenzwerten für die Schwermetallkonzentrationen, die auf den ersten Blick hoch erscheinen mögen (Tab. 2). Allerdings muss berücksichtigt werden, dass diese Schwermetalle aus dem Wald selbst stammen. Zudem verflüchtigt sich bei der Verbrennung ein Teil der Schwermetalle und wird in der Zyklonasche und der Filterasche ausgeschieden. Das bei der Verbrennung gebildete toxische Cr^{VI} wird beim Kontakt mit der organischen Bodensubstanz rasch wieder zu wenig problematischem Cr^{III} reduziert und ist nicht problematisch, wenn nicht eine direkte Ausschwemmung ins Grundwasser zu befürchten ist (9).

Bei Versuchen mit Ausbringung von Asche im Wald sind die Erfahrungen mehrheitlich positiv. *Hallenbarter und Landolt* (11) beobachteten in einem 70jährigen Buchenbestand eine Wachstumszunahme nach Ascheausbringung. Die Wirkung einer verbes-

Tab. 1: Gehalt an Nährelementen in der Asche (aus 10).

Nährelement	Gehalt in %
Calcium	15-46
Magnesium	1-2
Kalium	3-4
Phosphor	1-2
pH-Wert	10-13

Schwermetall	Rostasche mg/kg	Zyklonasche mg/kg	Filterasche mg/kg
Zn	353.8	1580	4505
Cd	3	24.6	34.7
Cr	61.54	71.75	113.3
Cu	162.39	173.15	277.04
Ni	46.17	38.92	54.38
Pb	32.96	286.3	294.84

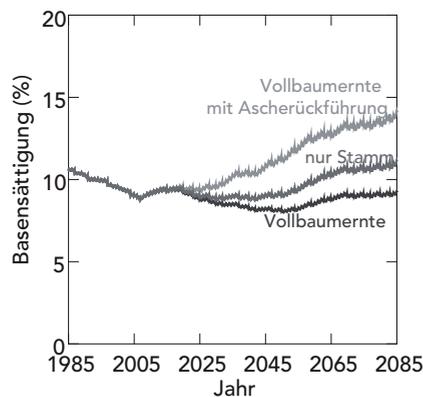
Tab. 2: Schwermetallgehalte in Holzasche (aus 9). Rostasche ist die im Verbrennungsteil der Feuerungsanlage anfallende Asche, Zyklon- und Filterasche sind Rückstände der Rauchgasreinigung.

serten Versorgung mit Kalium und Phosphor kann jahrzehntelang anhalten (12), während die befürchtete Erhöhung der Nitratauswaschung nur bei sehr hohen Applikationsmengen (18 t/ha) beobachtet wurde (13).

Modellierung verschiedener Ernteszenarien

Der Einfluss der oben skizzierten Ernteszenarien auf den Boden und die zukünftige Bestandesentwicklung kann mit dem Modell *ForSAFE-VEG* (14) abgeschätzt werden. Dieses Modell berücksichtigt die Nährstoffnachlieferung durch die Verwitterung, die atmosphärische Deposition, die Aufnahme durch die Vegetation und das Klima. Es ermöglicht auch, Szenarien

Abb. 5: Modellierter Verlauf der Basensättigung bei verschiedenen Ernteszenarien am Beispiel Aeschau in 20 cm Tiefe.



Asche aus naturbelassenem Holz enthält alle dem Wald entzogenen Makronährstoffe ausser Stickstoff.

mit Ascherecycling zu rechnen. Das Ergebnis einer ersten Testrechnung ist in *Abb. 5* gezeigt. Während die Basensättigung des Bodens bei Vollbaumernte sinkt, nimmt sie in diesem Fall bei Ascherückführung gar zu. Mit dieser Behandlung wird dem Wald Stickstoff entzogen, dessen versauernde Wirkung damit wegfällt.

Schlussfolgerung

Die Nutzung von Ästen oder gar der ganzen Baumkrone bedeutet eine massive Erhöhung des Nährstoffentzuges, die an den wenigsten Standorten durch Nachlieferung aus dem Boden oder durch den Eintrag kompensiert werden kann. Für eine nachhaltige Waldnutzung muss die Nährstoffentnahme auf das Derbholz beschränkt werden, oder ein Recycling der entzogenen Nährstoffe durch Ascherückführung muss in Betracht gezogen werden. Dazu müssen aber noch methodische Fragen geklärt und einige gesetzliche Hindernisse überwunden werden.

Verdankung

Die Untersuchungen in Waldbeobachtungsflächen werden durch die Forstverwaltungen der Kantone AG, BE, BL, BS, FR, SO, TG, ZG und ZH finanziert, die Stickstoffexperimente und die Modellierungsarbeiten durch das BAFU. Wir danken den genannten Stellen für ihr Interesse und ihre Unterstützung.

Literatur

1. Stefan, K., Fürst, A., Hacker, R. & Bartels, U. (1997). *Forest foliar condition in Europe. Results of large-scale foliar chemistry surveys. European Commission - United Nations/Economic Commission for Europe, Brussels, Geneva, Vienna, 207 pp.*
2. Kreuzer, K. (1979). *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 98, 298-308.

3. Englisch, M. (2007). *BFW-Praxisinformation* 13, 8-10.
4. Jacobsen, C., Rademacher, P., Meesenburg, H. & Meiwes, K. J. (2003). *Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme Universität Göttingen B* 69, 1-81.
5. Duwigneaud, P., Denaeyer, S., Ambroes, P. & Timperman, J. (1971). *Mémoires de l'Institut Royal des Sciences Naturelle de Belgique* 164, 1-101.
6. Krauss, H. H. & Heinsdorf, D. (2008). *Herleitung von Trockenmassen und Nährstoffspeicherungen in Buchenbeständen. Landesforstanstalt Eberswalde*, 72 pp.
7. Krapfenbauer, A. & Buchleitner, E. (1981). *Cbl.ges.Forstwesen* 98, 193-223.
8. Achermann, B. & Bobbink, R. (2003). *Environmental Documentation* 164, 327 pp., Berne, Swiss Agency for the Environment, Forests and Landscape SAEFL.
9. von Wilpert, K. (2002). In: *Holzasche-Ausbringung im Wald, ein Kreislaufkonzept. FVA-Kolloquium, Freiburg* 5.-6.3. 2002, pp. 17-28.
10. Kölling, C. & Stetter, U. (2008). *LWF aktuell* 63, 54-56.
11. Hallenbarter, D. & Landolt, W. (2002). *Info.blatt Forschungsbereich Wald* 1-2.
12. Moilanen, M., Silfverberg, K. & Hokkanen, T. J. (2002). *Forest Ecology and Management* 171, 321-338.
13. Schäffer, J., Niederberger, J. & von Wilpert, K. (2002). *AFZ-Der Wald* (57), 829-832.
14. Sverdrup, H., Belyazid, S., Kurz, D. & Braun, S. (2008). In: *Background document for the 18th CCE workshop on the assessment of nitrogen effects under the ICP for Modelling and Mapping, UN-ECE/LRTAP, Berne, Switzerland on the 21-25 April 2008*, eds. Sverdrup, H., pp. 3-37. FOEN, Berne.

*) Kontakt:

Dr. Sabine Braun, Mail: sabine.braun@iap.ch
 Prof. Dr. Walter Flückiger,
 Mail: walter.flueckiger@iap.ch
 Institut für Angewandte Pflanzenbiologie,
 4124 Schönenbuch,
 Dr. Salim Belyazid, Mail: salim@belyazid.com,
 Belyazid Consultants, 517 34 Bollebygd, Sweden

Die Nutzung von Ästen oder gar der ganzen Baumkrone bedeutet eine massive Erhöhung des Nährstoffentzuges, die an den wenigsten Standorten durch Nachlieferung aus dem Boden oder durch den Eintrag kompensiert werden kann.