

## Nährstoffbilanzen bei Vollbaumnutzung

von Sabine Braun, Institut für Angewandte Pflanzenbiologie, und Daniel Kurz, EKG Geo Science

### Einleitung

Im Zuge der intensivierten Nutzung von Energieholz werden – neben dem Stammholz – vermehrt Anteile der Baumkronen (kleine Äste, Blätter und Nadeln) genutzt. Diese enthalten ein Mehrfaches an Nährstoffen von Stammholz (Kreutzer 1979, Jacobsen et al. 2003; Abb. 1). Auch wenn die Biomasse der Kronenteile nur einen geringen Teil der Gesamtbiomasse ausmacht, steigt deshalb mit einer Vollbaumernte der

Nährstoffentzug gegenüber Stammholz mit Rinde je nach Nährelement und Baumart um 40-170%. Die Rinde ist ebenfalls sehr nährstoffreich. Legt man Stammholz ohne Rinde als Vergleichsbasis zugrunde, nimmt der Nährstoffentzug bei Vollernte z.T. gar um über 400% zu (Abb. 2). Diese Aspekte wurden bereits 2009 in einem Artikel in Zürcher Wald dargelegt (Braun et al. 2009). In Ergänzung zu diesem Artikel sollen hier neuere Ergebnisse von Berechnungen aus den Walddauerbeobachtungsflächen des Instituts für Angewandte Pflanzenbiologie (Flückiger und Braun 2009) vorgestellt werden.

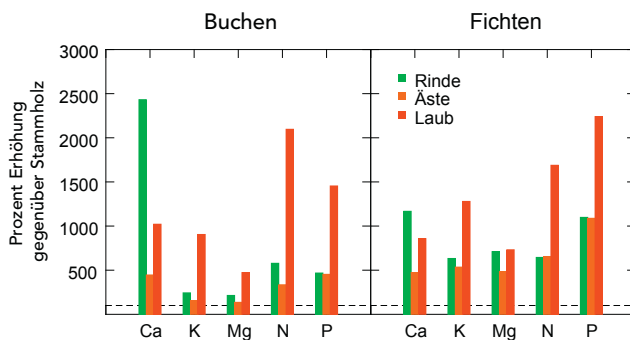


Abb. 1: Nährstoffkonzentrationen in Rinde, Ästen (<7 cm Ø) und Laub in Prozent der Konzentration im Stammholz für Buchen (links) und Fichten (rechts). Datengrundlage Jacobsen et al. 2003, Duvigneaud et al. 1971, Krauss und Heinsdorf 2008, Krapfenbauer und Buchleitner 1981.

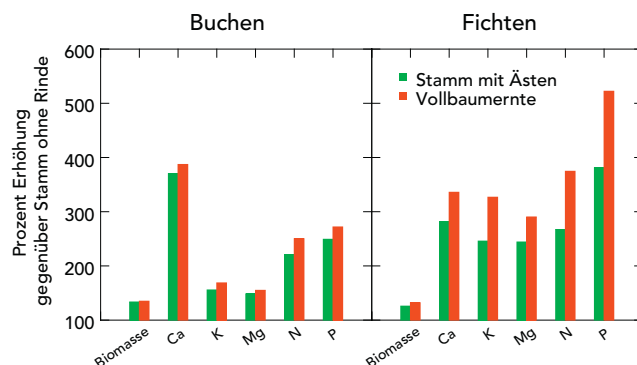


Abb. 2: Erhöhung des Nährstoffentzugs bei der Ernte von Stamm mit Ästen (<7 cm Ø) und bei Vollbaumernte im Vergleich zur Stammernte (Derbholz) mit Rinde für Buchen (links) und Fichten (rechts). Gleiche Datengrundlage wie bei Abb. 1.

### Nährstoffbilanzen

In den Wald werden Nährstoffe entweder mit dem atmosphärischen Eintrag oder durch die Verwitterung des Mineralbodens nachgeliefert. Der Eintrag von basischen Kationen (K, Ca, Mg) über die Luft wurde von Beat Rihm (Meteotest) 2010 modelliert. Die Verwitterungsrate des Bodens wurde mit dem Modell SAFE (Sverdrup et al. 1995) für bisher 74 Dauerbeobachtungsflächen berechnet, u.a. basierend auf der Mineralogie der Feinerde. Die geerntete Biomasse während einer Rotationsperiode (120 Jahre) wurde der Ertragstafel für die entsprechende Bonitätsklasse entnommen (Gesamtleistung an Derbholz; EAFV 1968a; EAFV 1968b). Nährstoffkonzentrationen im Laub wurden eigenen standortsspezifischen Analysen entnommen, in Holz und Rinde durch Korrelationen eigener Analysen mit bodenchemischen Parametern berechnet. Diese basierten auf Holzanalysen von 34 Buchen- und 37 Fichtenproben aus 12 bzw. 20 Beobachtungsflächen. Für die übrigen Kompartimente wurden Verhältniszahlen zum Stammholz aus den in Abb. 1 genannten Referenzen hergeleitet.

Die Daten für die Nährstoffauswaschung wurden aufgrund von Bodenlösungsmes-

sungen in 33 Flächen über den Zeitraum 2003-2011 und in einer Tiefe von 80 cm berechnet. Die Messungen und Frachtberechnungen sind in *Braun und Flückiger (2012)* näher beschrieben.

Die berechneten Ernteszenarien umfassen Derbholz (ohne und mit Rinde), Derbholz + Äste < 7 cm Ø sowie Vollbaumernte (oberirdische Biomasse inkl. 70% des Laubes).

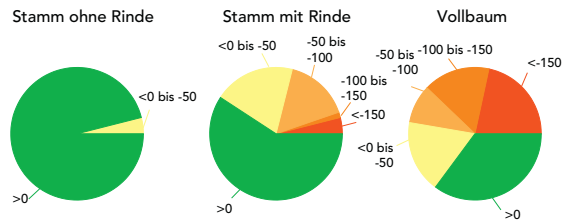
Abb. 3 und Abb. 4 fassen das Ergebnis der Bilanzrechnungen für Kalzium und Kalium zusammen. Eine Ernte des Stammholzes ohne Rinde weist in 96% der Flächen eine positive Ca- und bei 75% der Flächen eine positive K-Bilanz auf. Bei der Ernte mit Rinde sind es noch 59 bzw. 68%, und bei Vollbaumernte sinkt dieser Anteil auf 35 bzw. 55%. Berücksichtigt man gleichzeitig die Auswaschung auf dem heutigen Niveau, so sinkt der Anteil der Flächen mit positiver Ca-Bilanz auf 3%, praktisch unabhängig vom Ernteszenario. Beim Kalium sind die Unterschiede zwischen den Ernteszenarien nicht so gross wie beim Kalzium, und auch die Auswaschung macht nicht ganz so viel aus.

Ohne Berücksichtigung der Auswaschung ist bei einer Vollbaumernte die Ca-Bilanz positiv, wenn entweder die Wüchsigkeit des Bestandes schlecht oder die Ca-Verwitterungsrate hoch ist (Abb. 5, grüne Dreiecke). In gutwüchsigen Beständen mit einer geringen bis mässigen Ca-Verwitterungsrate ist die Ca-Bilanz bei einer Vollbaumernte negativ (Abb. 5, rote Punkte). Beim Kalium sind die Beziehungen etwas weniger deutlich, aber im Prinzip ähnlich.

### Schlussfolgerung

Das verwendete Berechnungsverfahren hat mehrere Schwachstellen. Zum Einen ist die Annahme einer konstanten Bonität über 120 Jahre nicht realistisch, zum Anderen wird die Verwitterungsrate auch durch Klima und Bewirtschaftung beeinflusst. Im berechneten Datenset war ihre zeitliche Variabilität allerdings nicht so gross, weshalb die für 2005 modellierten Zahlen in die Berechnung eingesetzt wurde. In diesem Sinne ist diese

#### Kalzium ohne Auswaschung

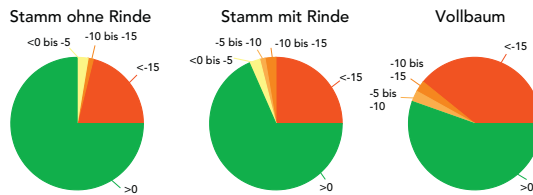


#### Kalzium mit Auswaschung



Abb. 3: Bilanzen für Kalzium, gestuft nach der Bilanz in  $g/m^2$  pro Rotationsperiode (120 Jahre). Anzahl Flächen in der oberen Grafik 74, in der unteren 33.

#### Kalium ohne Auswaschung



#### Kalium mit Auswaschung

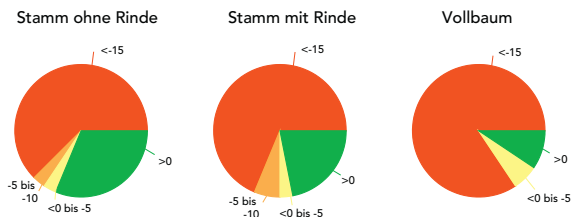


Abb. 4: Bilanzen für Kalium, gestuft nach der Bilanz, in  $g/m^2$  pro Rotationsperiode (120 Jahre). Anzahl Flächen in der oberen Grafik 74, in der unteren 33.

Rechnung als grobe Schätzung anzusehen. Trotzdem kann gesagt werden, dass eine Vollbaumernte auf der Mehrheit der Waldflächen nicht nachhaltig ist, und dass bei der Beurteilung der Nachhaltigkeit nicht nur

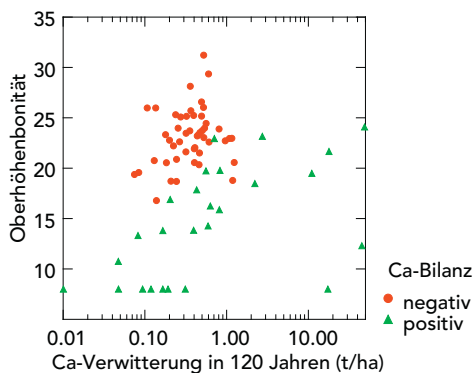


Abb. 5: Oberhöhenbonität und Ca-Verwitterung für Flächen mit negativer (rote Punkte) und mit positiver Ca-Bilanz bei Vollbaumernte (grüne Dreiecke).

die Verwitterung eine Rolle spielt, sondern auch die Wuchsleistung. Auf Standorten mit geringer Verwitterungsrate kann ein Waldbestand mit geringer Bonität noch nachhaltig bewirtschaftet werden. Ein Schlüssel, der die Erkennung der entsprechend gefährdeten Waldstandorte zum Ziel hat, ist zur Zeit in Arbeit. Es muss jedoch auch betont werden, dass unter den heutigen Stickstoffeinträgen die Auswaschungsverluste die Nährstoffverluste durch die Holzernte erheblich übersteigen, wie dies auch aus Deutschland berichtet wurde (Abrends et al. 2008). Beim Phosphor hängt das Ergebnis der Berechnungen stark vom Eintrag aus der Luft ab, und hier bestehen noch erhebliche Wissenslücken, weshalb auf die Bilanzen mit diesem Element hier nicht eingegangen wird.

### Literatur

Abrends, B., Döring, C., Jansen, M. und Meesenburg, H. (2008). Unterschiedliche Nutzungsszenarien und ihre Auswirkungen auf die Basensättigung im Wurzelraum. Ergebnisse von Szenarienvergleichen in Teileinzugsgebieten der Grossen Bramke. *Forst und Holz* 63, 32-36.

Braun, S., Belyazid, S. und Flückiger, W. (2009). Biomassenutzung und Nährstoffentzug - Aspekte einer nachhaltigen Waldnutzung. *Zürcher Wald* 41, 15-18.

Braun, S. und Flückiger, W. (2012). Bodenversauerung in den Flächen des Interkantonalen Walddauerbeobachtungsprogramms. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 163, 374-382.

Duvigneaud, P., Denaeyer, S., Ambroes, P. und Timperman, J. (1971). *Recherches sur l'écosystème forêt. Mémoires de l'Institut Royal des Sciences Naturelle de Belgique* 164, 1-101.

EAFV (1968a). *Ertragstafel für Buche. Birnmendorf*.

EAFV (1968b). *Ertragstafel für Fichte. Birnmendorf*.

Flückiger, W. und Braun, S. (2009). *Wie geht es unserem Wald? Bericht 3. Institut für Angewandte Pflanzenbiologie, Schönenbuch*.

Jacobsen, C., Rademacher, P., Meesenburg, H. und Meiwes, K. J. (2003). *Gehalte chemischer Elemente in Baumkompartimenten. Literaturstudie und Datensammlung. Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme Universität Göttingen B 69*, 1-81.

Krapfenbauer, A. und Buchleitner, E. (1981). *Holzernte, Biomassen- und Nährstoffausttrag, Nährstoffbilanz eines Fichtenbestandes. Centralblatt für das gesamte Forstwesen* 98, 193-223.

Krauss, H. H. und Heinsdorf, D. (2008). *Herleitung von Trockenmassen und Nährstoffspeicherungen in Buchenbeständen. Landesforstanstalt Eberswalde*, 72 pp.

Kreutzer, K. (1979). *Ökologische Fragen zur Vollbaumernte. Forstwissenschaftliches Centralblatt* 98, 298-308.

Sverdrup, H., Warfvinge, P., Blake, L. und Goulding, K. (1995). *Modeling recent and historic soil data from the Rothamsted Experimental Station, England using SAFE. Agriculture, Ecosystems and Environment* 53, 161-177.

### Kontakt:

Dr. Sabine Braun, Institut für Angewandte Pflanzenbiologie, Sandgrubenstrasse 25, 4124 Schönenbuch, [sabine.braun@iap.ch](mailto:sabine.braun@iap.ch)

Daniel Kurz, EKG Geo Science, Maulbeerstr. 14, 3011 Bern