

URL: http://www.waldwissen.net/waldwirtschaft/waldbau/standort/fva_steuerung_stoffhaushalt/index_DE
 Originalartikel: Wilpert, K. v. (2006): Waldbauliche Steuerung des Stoffhaushalts von Waldökosystemen. FVA-Einblick 2/2006.
 Autor(en): Klaus von Wilpert
 Online-Version: Stand: 07.03.2012
 Redaktion: FVA, D

Waldbauliche Steuerung des Stoffhaushalts von Waldökosystemen

Waldbauliche Behandlungsstrategien verfolgen das Ziel, einerseits auf direktem Weg Qualität und Wachstum zu beeinflussen, andererseits werden dadurch indirekt die Rahmenbedingungen für Koppelungs- und Entkoppelungsprozesse im Stoffhaushalt gesetzt. Waldbau bedeutet die räumliche und zeitliche Festlegung von Hiebsmaßnahmen. Es stehen stark disproportionalen Verfahren mit Kahlschlagsphase und einer hohen Entkoppelungstendenz des Stoffhaushalts sowie dauerwaldorientierte Verfahren mit mehr oder weniger gleichmäßig über das Bestandesleben verteilten Femelhieben gegenüber.

Durch langjährige Stickstoff- und Säureeinträge ist das Regelvermögen der Waldböden weitgehend aufgebraucht. Die Standorte haben einen Teil ihrer Qualität verloren. Damit wird an waldbauliche Behandlungsstrategien, neben Optimierung von Holzwachstum und Sortenvielfalt, die Anforderung gestellt, den Stoffhaushalt von Waldökosystemen auch unter den heutigen Umweltbedingungen möglichst geschlossen zu halten.

Material und Methode

In der Ökosystem-Fallstudie Conventwald werden seit 1991 der Stoff- und der Wasserhaushalt untersucht, die sich je nach Baumartenzusammensetzung und Bestandesstruktur unterscheiden. Die einzelnen waldbaulichen Varianten sind unter möglichst identischen Standortsbedingungen, mit Distanzen zwischen den Parzellen von weniger als 500 m, räumlich sehr eng benachbart. Ziel ist es, den Spielraum für eine Stabilisierung des Stoffhaushalts zu identifizieren, den Forstpraxis und Waldbau unter dem Einfluss aktuell wirksamer Umweltveränderungen noch haben.

Das Untersuchungsgebiet liegt in einer Höhenlage von 700 - 860 m ü. N.N., hat tiefgründig entwickelte, oberflächlich versauerte Braunerden aus dunklem, glimmerreichem Paragneis und weist Gesamt-Säure- und Gesamt-Stickstoffeinträge auf, die im Vergleich zum übrigen Land im oberen Drittel der Depositionsbelastung liegen. Mit diesem Datenmaterial wurden für insgesamt 49 Struktureinheiten in den Misch- und Reinbeständen einzelne Stoffflüsse für den gesamten Beobachtungszeitraum berechnet. Diese Struktureinheiten können als zeitlich begrenzte Phasen von waldbaulichen Behandlungskonzepten aufgefasst werden.

Tab. 1: Annahmen bei der Formulierung der Behandlungsmodelle.

	1. Fichte Reinb. Kahlschl.	2. Buche Reinb. Kahlschl.	3. Buche Femel 20%VVj.	4. Buche Femel 80%VVj.	5. Buche Mischb. Dauerw.
Verjüngungs Verfahren	Kahlschl.	Kahlschl.	Femel	Femel	Femel
Verjüngungs Geschwindigkeit	schnell	schnell	mittel	mittel	langsam
Umtriebszeit [a]	100	130	150	150	200
Durchforstung Beginn/Ende [Alter, a]	26 / 60	40 / 90	40 / 90	40 / 90	-
Durchforstungs-Turnus [a]	5	10	10	10	-
Vorratspflege Beginn/Ende [a]	65 / 95	100 / 120	-	-	-
Vornutzungs% [Grundfläche %]	50	42	42	42	-
Femelphase Beginn/Ende [Alter, a]	-	-	100 / 140	100 / 140	60 / 195
Verjüngungs-Zeitraum [a]	1	1	50	50	150
Zahl der Femelhiebe [n]	-	-	5	5	10
Abnutzungsfläche je Femelhieb [%]	-	-	20	20	10
Verjüngungsfläche in Femelphase bzw. Kahlschlag [% a ⁻¹]	100	100	2	2	0,67
VorVerjüngung [%]	0	30	20	80	80
Baumart 1/Anteil (%) / DGZ [Vfm a ⁻¹]	Fi(100) / 15	Bu(100) / 11	Bu(100) / 11	Bu(100) / 11	Bu(40) / 11
Baumart 2/Anteil (%) / DGZ [Vfm a ⁻¹]	-	-	-	-	Ta(30) / 14
Baumart 3/Anteil (%) / DGZ [Vfm a ⁻¹]	-	-	-	-	Fi(30) / 15

So wurden z.B. die Stoffflussberechnungen von Kahlschlag, Naturverjüngung, Baumholz und Altholz zu einem

Stoffaustragsmodell für einen Buchen–Kahlschlagbetrieb kombiniert. Die Stoffhaushaltsreaktion von Durchforstungen wurde auf der Basis von im Jahr 2000 angelegten Kleinlücken (Entnahme von 1- 2 herrschenden Bäumen) modelliert. Größere Femellücken mit und ohne Vorverjüngung wurden zur Beschreibung von Stoffausträgen nach Femelhieben verwendet.

Bei der Definition von waldbaulichen Behandlungsmodellen wurden die in Tab. 1 zusammengestellten Annahmen getroffen, die an den Boden- und Wuchsverhältnissen der Conventwald–Studie orientiert sind. In den einzelnen Strukturelementen und für alle in der Stoffhaushaltsbilanz relevanten Anionen und Kationen wurden die Abläufe der Stoffausträge über der Zeit mittels nichtlinearer Regressionsmodelle parametrisiert. Anhand dieser konnten dann die Stoffausträge für die in Tab. 1 charakterisierten 5 waldbaulichen Behandlungsmodelle über die gesamten Umtriebszeiten hinweg berechnet werden.

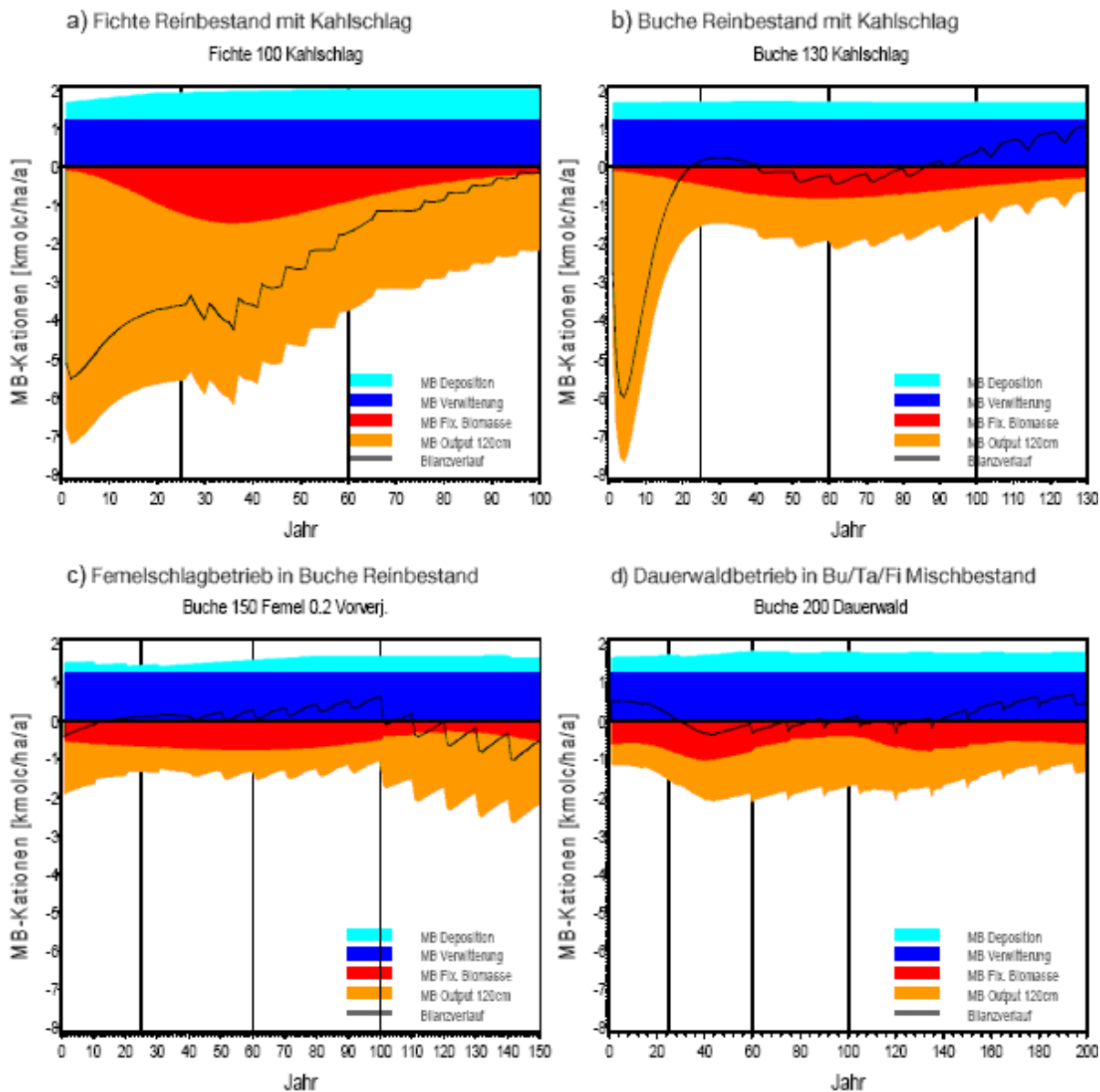


Abb. 1: Bilanzverlauf für Basen-Kationen (MB-Kationen) über die gesamte Umtriebszeit von waldbaulichen Modellen.

Am Standort Conventwald wurden in verschiedenen Bestandesaltern und für die oberirdischen Biomassekompartimente Stammholz, Rinde, Zweige und Nadeln chemische Elementgehalte bestimmt. Im Jungwuchs bzw. Baumholz wurden an Einzelbäumen sektionsweise die Kompartimentmassen ermittelt. Damit konnte in Verbindung mit Ertragstabellen die Elementfestlegung in der Baumbiomasse für diesen Standort abgeschätzt werden. Durch die getrennte Betrachtung von Biomassekompartimenten konnten dabei die Nutzungsstrategien "Holz ohne Rinde", "Holz in Rinde" und "Vollbäume" in ihrer Bedeutung für die Stoffbilanz unterschieden werden.

Die Depositionsmessungen ermöglichten die Einbeziehung von Stoffeinträgen (Gesamtdeposition nach dem Kronendachdifferenzmodell von ULRICH) für Ammonium, Nitrat, Sulfat, Basen-Kationen (MB) und Gesamtsäure. Die Freisetzung von MB-Kationen durch Silikatverwitterung unter Einbeziehung der "Verwitterungszonen des Bodenskeletts" wurde nach KOHLER mit dem für alle waldbaulichen Behandlungskonzepte gleichbleibenden Wert von 1.232 kmolc/ha/Jahr in die Stoffbilanzen einbezogen.

Ergebnisse

Die Gesamtbilanzen für die 5 waldbaulichen Behandlungsmodelle ergaben neben dem erwarteten deutlichen Unterschied zwischen Fichten-Kahlschlagbetrieb und den Buchenmodellen auch innerhalb der Buchenmodelle eine deutliche Differenzierung (Abb.1 und Tab. 2).

In Abbildung 1 werden für vier unterschiedliche waldbauliche Behandlungsmodelle die MB-Kationenbilanzen im Vergleich gezeigt. MB-Kationen sind für die Säurepufferung im Boden verantwortlich. Damit zeigt deren Verlust gleichzeitig den Verlust der Neutralisationskapazität für Säuren und damit indirekt die Entwicklung der Bodenversauerung an. In den Bilanzen wurden als Input-Größen die Einträge mit dem Niederschlag und die Freisetzung von basischen Kationen mit der Silikatverwitterung zueinander in Beziehung gesetzt.

Bei den Output-Größen waren es entsprechend die Fixierung von MB-Kationen in der geernteten Biomasse und der Austrag mit dem Sickerwasser. Der Bilanzverlauf wurde so dargestellt, dass über die gesamten Umtriebszeiten die Lage der MB-Kationenbilanz beurteilt werden kann. Die MB-Kationenbilanz ist im Fichtenkahlschlagbetrieb negativ. Direkt nach dem Kahlschlag betragen die Bilanzverluste mehr als 5 kmol_c/ha/Jahr und nähern sich in einem quasi linearen Verlauf bis zum Ende der Umtriebszeit einer ausgeglichenen Bilanz an. Die behandlungsbedingten kurzzeitigen Schwankungen um diesen prinzipiellen Verlauf herum sind marginal.

Tab. 2: Gesamtbilanzen für Bu/Ta/Fi-Dauerwald (U=200 Jahre), Bu-Femelschlag mit 80% Vorverjüngung (U=150 Jahre), Bu-Femelschlag mit 20% Vorverjüngung (U=150 Jahre), Bu-Kahlschlag (U=130 Jahre) und Fi-Kahlschlag (U=100 Jahre) für Nutzungsarten Stammholz o.R., Stammholz m.R. und Vollbäume. Jahresraten in kmol_c/ha/Jahr (negative Bilanzen grau).

Bilanz-Element	Nutzung	Bu/Ta/Fi	Bu 150	Bu 150	Bu 130	Fi 100
		200 Dauer	Femel 0.8VVj.	Femel 0.2VVj.	Kahlschl.	Kahlschl.
		----- [kmol _c ha ⁻¹ a ⁻¹]				
MB-Kati.	Holz	0,52	0,418	0,311	-0,018	-1,904
MB-Kati.	Holz+Rinde	0,125	0,082	-0,026	-0,332	-2,461
MB-Kati.	Vollbaum	-0,086	-0,084	-0,251	-0,542	-2,644
N	Holz	0,618	0,183	-0,036	0,153	-0,382
N	Holz+Rinde	0,374	0,034	-0,185	0,014	-0,697
N	Vollbaum	-0,013	-0,293	-0,512	-0,292	-1,082
S	Holz	-0,189	-0,204	-0,219	-0,279	-1,256
S	Holz+Rinde	-0,2	-0,209	-0,225	-0,284	-1,268
S	Vollbaum	-0,215	-0,219	-0,234	-0,293	-1,285
Acidität	Holz	0,439	0,376	0,288	0,515	-0,254
Acidität	Holz+Rinde	0,834	0,712	0,624	0,828	0,303
Acidität	Vollbaum	1,045	0,937	0,85	1,039	0,486

Im Buchenreinbestand mit Kahlschlag zeigt die MB-Kationenbilanz während der ca. 20-jährigen Kahlschlag- und Jungwuchsphase zeitlich begrenzt starke Basenverluste. Im Gegensatz zum Fichtenreinbestand ist die Bilanz danach wieder ausgeglichen und nimmt in der Altholzphase leicht positive Werte an.

Im Buchen-Femelschlagbetrieb ohne wesentliche Vorverjüngung ist die MB-Kationenbilanz bis zum Beginn der Femelphase nahe Null und wird danach leicht negativ. Die einzelnen Femelphasen sind durch markante Schübe von Basenausträgen im Sickerwasser erkennbar.

Der Buche/Tanne/Fichten-Dauerwald mit einer Umtriebszeit von 200 Jahren zeigt den ausgeglichensten Bilanzverlauf, der nur während kurzer Phasen geringfügig negativ wird.

Spontane Stoffausträge nach behandlungsbedingten Eingriffen in das Kronendach wirken sich kaum auf den Bilanzverlauf aus. Unerwartet hoch war der Unterschied zwischen den Nutzungskonzepten "Holz ohne Rinde" und "Holz in Rinde", das die derzeit gängige Praxis repräsentiert. Es wird erkennbar, dass bei der derzeitigen Nutzungsintensität die MB-Kationenbilanz nur bei den schonendsten waldbaulichen Behandlungsmodellen Buche/Tanne/ Fichte-Dauerwald und Buchen- Femelschlag mit 80% Vorverjüngung schwach positiv ist. Beim Buchen-Kahlschlagbetrieb ist sie schon mit Verlustraten von 0,3 kmol_c/ha/Jahr deutlich negativ.

Die MB-Kationenbilanz beim Fichten-Kahlschlagbetrieb ist mit jährlichen Verlustraten von teilweise mehr als 2 kmol_c/ha/Jahr so hoch, dass in absehbarer Zeit mit deutlichen Systemreaktionen zu rechnen ist. Erste Reaktionen könnten z.B. in einer reduzierten Wachstums- und damit einer reduzierten Aufnahme für MB-Kationen bestehen.

Die Stickstoffbilanz ist in ihrer relativen Abstufung zwischen den waldbaulichen Behandlungsmodellen der MB-Kationenbilanz sehr ähnlich. Die Schwefelbilanz ist in allen Varianten deutlich negativ. Offensichtlich besteht im Boden depositionsbedingt ein Schwefelüberschuss, der durch überproportionale Schwefelausträge allmählich abgebaut wird.