

Sachbereich: Auswirkungen der forstlichen Bewirtschaftung auf den Wasser- und Bioelementhaushalt der Waldökosysteme
(Effects of silvicultural management on water- and bioelement budget of forest ecosystems)

Die Bewirtschaftung des Waldes wirkt sich in vielfältiger Weise auf die in den Ökosystemen ablaufenden Prozesse aus. Gegenstand dieses Sachbereichs sind Untersuchungen zum Einfluss der Nährstoffentzüge mit der Holzernte und des Einflusses von Unterbrechungen im Bestandesgefüge von der Einzelbaumentnahme bis hin zur Kahlliegung größerer Areale auf die ökosystemaren Wasser- und Nährstoffhaushalte.

Projekte zu den Auswirkungen von Kalkung, Düngung, Befahrung und Waldumbau finden sich im Sachbereich „Bodenschutz und Bodenrestauration“ der Abteilung Waldwachstum. Kalkungsvarianten enthalten auch einige Projekte im Sachbereich „Belastung der Waldökosysteme und Ursache-Wirkungsbeziehungen“ der Abteilung Waldschutz .

Fortzuführende Vorhaben:



Projekt: *„Nährstoffentzüge durch die Holzernte und ihr Einfluss auf den Nährstoffhaushalt armer Standorte“*
(Nutrient removal by wood harvest and its effects on nutrient budgets of poor sites)
(Kooperationspartner: TU München, Lehrstuhl für Waldwachstumskunde)

Der Nährstoffexport durch die Holzernte ist für den Nährelementhaushalt der Waldökosysteme eine wichtige Bilanzgröße. Auf armen Standorten können die mit der Holzernte verbundenen Nährstoffentzüge unter Umständen nicht in vollem Umfang durch die Mineralverwitterung ausgeglichen werden, was in Verbindung mit den durch Luftschadstoffeinträge und Bodenversauerung erhöhten Nährelementausträgen mit dem Sickerwasser zu defizitären Basekationenbilanzen führen kann.

Das Projekt dient der Schaffung fundierter Grundlagen zur Herleitung der Nährelemententzüge und deren Bedeutung für den Nährstoffhaushalt von möglichen Risikostandorten in Rheinland-Pfalz. Ermöglicht werden soll eine flexible Kalkulation der Nährelemententzüge bei unterschiedlicher Waldbehandlung (z.B. Niederdurchforstung, Hochdurchforstung, Z-Baum-orientierte Auslesedurchforstung) und unterschiedlicher Nut-

zungsintensität (z.B. intensive Holznutzung auch für energetische Zwecke oder Belassen wirtschaftlich weniger bedeutsamer Sortimente im Wald usw.).

Durch Einbindung der kalkulierten Ernteentzüge in Input/Output-Bilanzen soll geprüft werden, in wie weit und bei welcher Waldbehandlung die Nachhaltigkeit der Nährstoffversorgung langfristig gefährdet sein kann. Aus den Befunden sollen konkrete Vorschläge zur Ausrichtung der waldbaulichen Behandlung und der Holzernte auf ein nachhaltiges Nährstoffmanagement armer Waldstandorte abgeleitet werden.

Die Bedeutung der mit der Holzernte verbundenen Nährstoffentzüge steigt mit zunehmender Basenarmut und abnehmenden Anteilen verwitterbarer Minerale im Boden. Die flächenmäßig bedeutendsten Risikostandorte sind in Rheinland-Pfalz Böden aus Mittlerem Buntsandstein und nur geringmächtig decklehmüberlagerte Quarzlitböden.

Bislang wurden Traubeneichen- und Kiefernbestände jeweils mit Buchenunterstand, Buchenbestände mit und ohne europäische Lärche und Douglasienbestände auf Mittlerem Buntsandstein im Pfälzerwald sowie Fichte auf Decklehmüberlagertem Quarzit im Hunsrück in die Untersuchung einbezogen. Beprobte wurden bislang insgesamt 160 Bäume über alle Dimensionen von der Derbholzgrenze bis zu hiebsreifen Bäumen. Für jeden Probestand wird mit Hilfe eines Stichprobendesigns die oberirdische Biomasse getrennt für alle wesentlichen Baumkompartimente ermittelt. Darüber hinaus werden die Gehalte der Nährstoffe N, P, K, Ca und Mg in den jeweiligen Kompartimenten bestimmt. Die aus diesen Daten abgeleiteten Biomassefunktionen werden in den einzelbaumorientierten, distanzabhängigen Waldwachstumssimulator SILVA integriert. Mit SILVA wird die Biomasseentwicklung des aufwachsenden Bestandes und die Biomasse des ausscheidenden Bestandes bei unterschiedlichen Behandlungs- und Ernteszenarien differenziert nach Kompartimenten simuliert. Über die an den Probeständen analysierten Nährstoffkonzentrationen und verschiedene Baumkennwerte werden die Nährstoffgehalte für jedes Kompartiment abgeschätzt und

Kompartiment	Bio-masse	N	P	K	Ca	Mg
	[t/ha]	[kg/ha]				
Schaftholz m.R.	219	183	10,7	180	259	41,7
Astderbholz m.R.	7	6	0,4	5,7	8,0	1,5
Reisig (Winterz.)	29	136	8,4	65,7	78,8	9,8
Oberirdische Biomasse	255	325	19,5	251	346	53
Stock- und Wurzeln**	(61)	(75)	(5,4)	(75)	(53)	(12)
Humusauflage	186*	1882	99	201	440	91
Mineralboden bis 90 cm Tiefe***		2747	703	155	99	15

* Trockenmasse, gesamt

** in Anhalt an orientierende Untersuchung 1991 geschätzt

*** bei K, Ca, Mg am Austauscher gebundene Anteile

Tab. C1: Verteilung der Biomasse und Nährelementvorräte an der Level II-Fläche Johanniskreuz (127-jähriges, lichtet Kiefernbaumholz mit Buchenzwischen- und unterstand auf Braunerde-Podsol aus Mittlerem Buntsandstein; Derbholzvolumen: Kiefer 410 Vfm/ha; Buche 127 Vfm/ha)

Table C1: Distribution of biomass and nutrient storage at level 2 plot Johanniskreuz (127 year old, thinly stocked pine stand with beech in understory growing on triassic sand stone; volume: pine 410 fm/ha beech 127 fm/ha)

Kompartiment	Bio-masse	N	P	K	Ca	Mg
	[t/ha]	[kg/ha]				
Schaftholz m.R.	235	291	15,7	203	348	22,2
Astderbholz m.R.	35	83	4,7	42	126	6,3
Reisig (Winterz.)	24	110	7,1	38	71	8,0
Oberirdische Biomasse	294	484	27,5	283	545	36,5
Stock- und Wurzeln**	(65)	(206)	(16)	(128)	(215)	(27)
Humusauflage	16*	192	14,3	31	80	18,2
Mineralboden bis 90 cm Tiefe***		5949	1687	267	76	29,1

* Trockenmasse, gesamt

** in Anhalt an orientierende Untersuchung 1991 geschätzt

*** bei K, Ca, Mg am Austauscher gebundene Anteile

Tab. C2: Verteilung der Biomasse und Nährelementvorräte an der Level II-Fläche Merzalben (198-jähriges Traubeneichenbaumholz mit Buchenunterstand auf schwach podsoliger Braunerde aus Mittlerem Buntsandstein; Derbholzvolumen: Eiche 396 Vfm/ha; Buche 50 Vfm/ha)

Table C2: Distribution of biomass and nutrient storage at level 2 plot Merzalben (198 year old sessile oak stand with beech understory on triassic sand stone; volume: oak: 396 fm/ha, beech: 50 fm/ha)

	Ca	Mg	K	N
	[kg/(ha·Jahr)]			
„Einträge“				
Deposition	8,0	2,0	3,5	27,6
Silikatverwitterung	0,2	0,8	3,1	-
„Austräge“				
Sickerwasseraustrag	2,7	1,8	2,5	1,7
Ernteentzug (HDF U105)				
Nutzungsintensität (NI)				
- gering	2,6	0,5	1,1	1,5
- hoch	3,3	0,6	1,8	2,2
- sehr hoch	4,1	0,8	2,3	3,4
- Vollbaum	6,2	1,2	3,8	6,5
Bilanz				
ohne Holzernte	+5,6	+1,0	+4,0	+25,9
geringe NI	+3,0	+0,5	+2,9	+24,4
hohe NI	+2,3	+0,4	+2,3	+23,7
sehr hohe NI	+1,5	+0,2	+0,7	+22,5
Vollbaum	-0,6	-0,2	+0,2	+19,4

Tab. C3: Eintrag-Austrag-Bilanzen für Kiefer mit Buche auf Mittlerem Buntsandstein

Table C3: Input/output balance for pine with beech on triassic sand stone

die Nährstoffentzüge durch die Holzernte kalkuliert.

Im Berichtsjahr wurde die Beprobung der Douglasie auf Buntsandstein abgeschlossen und mit der Beprobung der Fichte auf Decklehm- überlagertem Quarzit begonnen.

Für die Bestandestypen Kiefer und Traubeneiche jeweils mit Buche auf Buntsandstein wurden die Biomasse- und Nährstoffverteilung im Ökosystem und die Nährstoffbilanzen bei unterschiedlicher waldbaulicher Behandlung und unterschiedlicher Nutzungsintensität kalkuliert.

In älteren Beständen befinden sich in der aufwachsenden Bestandesbiomasse etwa gleichhohe bis

höhere K-, Ca- und Mg-Vorräte wie in der Humusaufgabe und austauschbar im durchwurzelten Mineralboden (Tab. C1 und C2).

Die Nutzungsintensität wirkt sich auf die Biomasse- und Nährstoffentzüge stärker aus als die waldbauliche Behandlung.

Die Ökosystembilanzen zeigen für Stickstoff bei allen Nutzungsintensitäten in beiden Bestandestypen eine deutliche N- Akkumulation (Tab. C3 und C4).

Beim Bestandestyp Kiefer/Buche ergaben sich mit Ausnahme der Vollbaumnutzung keine negativen Bilanzen. Demgegenüber sind beim Bestandestyp Traubeneiche/Buche die Basenkationenbilanzen bereits bei geringer Nutzungsintensität defizitär.

	Ca	Mg	K	N
	[kg/(ha·Jahr)]			
„Einträge“				
Deposition	6,2	1,6	2,2	22,0
Silikatverwitterung	0,2	0,8	4,5	-
„Austräge“				
Sickerwasseraustrag	4,5	2,9	2,4	6,8
Ernteentzug (HDF U105)				
Nutzungsintensität (NI)				
— gering	2,3	0,2	1,5	2,5
— hoch	7,4	0,8	4,1	7,1
— sehr hoch	10,0	1,1	5,5	10,2
— Vollbaum	11,2	1,2	6,1	11,4
Bilanz				
ohne Holzernte	+1,9	-0,5	+4,3	+15,2
geringe NI	-0,4	-0,7	+2,8	+12,7
hohe NI	-5,5	-1,3	+0,2	+8,1
sehr hohe NI	-8,1	-1,6	-1,2	+5,0
Vollbaum	-9,3	-1,7	-1,8	+3,8

Tab. C3: Eintrag-Austrag-Bilanzen für Traubeneiche mit Buche auf Mittlerem Buntsandstein

Table C3: Input/output balance for sessile oak with beech on triassic sand stone



Projekt: *„Auswirkungen der Ernte von Einzelbäumen in einem 190-jährigen Eichenbestand auf den Nährstoffaustrag mit dem Sickerwasser“*
(Effects of a single tree harvest in a 190 year old oak stand on the nutrient loss via soil seepage water)

Für Nährstoffbilanzen der Waldökosysteme sind vermutlich auch episodisch bei Strukturveränderungen der Bestände infolge von Windwurf, Durchforstungen oder Endnutzungen, auftretende Austragsspitzen von Nährstoffen mit dem Sickerwasser von erheblicher Bedeutung. Mit dem an den Umweltkontrollstationen etablierten Standarduntersuchungskonzept (vgl. Projekt „Umweltkontrolle im Wald“) lassen sich diese Effekte aber nicht gezielt erfassen. Daher wurden als Einstieg in diesen Untersuchungsbereich an der Umweltkontrollstation Merzalben die vorhandenen Depositions- und Sickerwassermessungen in ungestörten Teilbereichen des Bestandes um orientierende Untersuchungen zu den Auswirkungen der Entnahme einzelner großkroniger Eichen auf die Input-/Outputbilanzen ergänzt. Insbesondere soll geprüft werden, wie sich die Entnahme der Einzelbäume bei Belassen oder bei gleichzeitigem Entfernen der unter- und zwischenständigen Buchen auf den Austrag der Nährstoffe N, Ca, Mg und K

mit dem Sickerwasser auswirkt und wie lange die Effekte der Baumentnahme gegebenenfalls anhalten. Mit Hilfe der zu gewinnenden Erkenntnisse sollen die Nährstoffbilanzen über eine Umtriebszeit verbessert und hiermit die Aussagen über die dauerhafte Gewährleistung einer ausreichenden Nährstoffversorgung abgesichert werden.

Die Auswirkungen der Lücken auf die Bioelementkonzentrationen im Sickerwasser wurden bereits im Jahresbericht 2004 dargestellt. Zur Kalkulation der Stoffausträge mit dem Sickerwasser werden die Wasserflüsse im Boden benötigt. Die Herleitung dieser Daten soll über eine Variation des LAI und der Wasserentnahme durch die Wurzeln in COUPMODEL durch die Firma UDATA erfolgen. Die Kalkulationen sind noch nicht abgeschlossen.

Die Depositionsmessungen und Sickerwasserprobenahmen des Projekts wurden Ende des Berichtsjahres eingestellt.



Projekt: *„Untersuchungen über die Auswirkungen einer Kahllegung nach Fichtenbestockung auf einem Pseudogley und einer Braunerde im Vorderen Hunsrück“*
(Investigations on the effects of clearfelling of spruce stands growing on sites with and without stagnant moisture)

In diesem Projekt sollen die Auswirkungen der Kahllegung von Fichtenbeständen auf Standorten mit und ohne Stauwassereinfluss auf den Wasserhaushalt und den Bodenchemismus erfasst werden. Hierzu wurden periodische Beprobungen von Bodendauerbeobachtungsflächen vor und nach der Kahllegung durchgeführt und der Bodenwasserhaushalt mit Hilfe von Tensiometern sowie der Sickerwasserchemismus mit Hilfe von Saugkerzen

verfolgt. Die Tensiometer- und Saugkerzenstationen wurden im Rahmen eines früheren Projekts installiert und waren daher bereits seit 1987 in Betrieb. Die Kahllegung des Fichtenaltholzes erfolgte im März 1993. Auf dem Braunerdestandort wurde die vorhandene Fichtennaturverjüngung im Herbst 1993 mit 1000 m² großen Buchengruppen komplettiert. Der Pseudogleystandort wurde mit Stieleiche und Winterlinde bepflanzt.

Die Auswirkungen der Kahllage auf den Wasserhaushalt der beiden Standorte wurden bereits im Jahresbericht 2004 dargestellt. Die Kalkulation der Stoffausträge mit dem Sickerwasser und die Erstellung der Input/Outputbilanzen vor und nach der Kahllage sind noch nicht abgeschlossen.

Die Depositionsmessungen und die Tensiometermessungen wurden Ende des Berichtsjahres eingestellt. Die Sickerwasserprobenahmen werden auf jeweils einen Termin im Herbst und im Frühjahr beschränkt.



Projekt: *„Prüfung der Auswirkungen von sturm- und borkenkäferbedingten Bestandeslücken auf den Stoffhaushalt eines Fichtenökosystems“*
(*Effects of stand gaps by windthrow and bark beetle attacks on bioelement budgets of a spruce ecosystem*)

In einem Fichtenbestand auf Pseudogley-Braunerde im Forstamt Kastellaun (Revier Laubach) erfolgten im Rahmen eines Vorgängerprojekts zur Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Sturm- und Immissionsschäden im Vorderen Hunsrück (SIMS) seit Mitte der 80er Jahre umfangreiche Untersuchungen zum Wasser- und Bioelementhaushalt (Depositionsmessungen, Sickerwasseranalysen, Tensiometermessungen). Die vorhandenen Messeinrichtungen wurden seit dem Abschluss des Projekts im Jahr 1990 genutzt, um die Auswirkungen einer allmählichen Bestandesauflichtung durch kleinflächigen Sturmwurf und Borkenkäferbefall mit nachfolgender Fichtenna-

turverjüngung auf den Stoffhaushalt dieses Fichtenökosystems zu untersuchen.

Die Auswirkungen der Bestandesauflichtung auf den Wasserhaushalt des Standortes wurden bereits im Jahresbericht 2004 dargestellt. Die Kalkulation der Stoffausträge mit dem Sickerwasser und die Erstellung der Input/Outputbilanzen sind noch nicht abgeschlossen. Die Depositionsmessungen und die Tensiometermessungen wurden Ende des Berichtsjahres eingestellt. Die Sickerwasserprobenahmen werden auf jeweils einen Termin im Herbst und im Frühjahr beschränkt.