

## Szenarien der Holzernte und Herleitung der Gesamtbilanz

*Christian Vonderach<sup>1</sup>, Gerald Kändler<sup>1</sup>, Heike Puhmann<sup>2</sup>, Klaus von Wilpert<sup>2</sup>, Wendelin Weis<sup>4</sup>, Bernd Ahrends<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>FVA Baden-Württemberg, Abt. Biometrie und Informatik, <sup>2</sup>FVA Baden-Württemberg, Abt. Boden und Umwelt, <sup>3</sup>Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt, Abt. Umweltkontrolle, <sup>4</sup>Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Abt. Boden und Klima)

### Einleitung

Um die Nährstoffnachhaltigkeit der Waldnutzung zu quantifizieren, muss die Nährstoffnachlieferung aus dem Boden, die so genannte nutzungsfreie Stoffbilanz (siehe Teil 2 der Vortragsreihe), mit den durch die Holzernte verursachten Nährstoffentzügen verrechnet werden.

Dazu muss das Holzbiomassepotenzial an den BWI-Punkten ermittelt, in Sortimente zerlegt und in Form von Nährelementmengen dargestellt werden. Eine Aufteilung der sortimentierten und um Ernteverluste korrigierten Mengen nach Verbleibsorten ermöglicht die Abbildung verschiedener Nutzungsszenarien. Diese dienen dazu, (groß)räumlich die Auswirkungen verschiedener Nutzungsintensitäten auf die Stoffbilanz und daraus abgeleitet sinnvolle Optionen aufzuzeigen.

### Methodik

Zur Berechnung der mittleren Ernteentzüge werden Daten und Modelle verschiedenen Ursprungs eingesetzt. Die BWI-Aufnahmen von 2002 und 2012 liefern Zahlen über die in der Periode 2002 bis 2012 erfolgten Nutzungen. Zusätzlich liegt das mit WEHAM (Waldentwicklungs- und Holzaufkommensmodell, Bösch & Kändler 2012) hergeleitete Nutzungspotenzial für die Periode 2013 bis 2052 vor. Die Berechnung der Biomasse erfolgt mit neu erstellten kompartimentweisen Biomassefunktionen, die Berechnung der Elementmengen durch neu erstellte biometrische Funktionen der Nährelementgehalte. Im nächsten Schritt werden mithilfe von BDAT und Annahmen bezüglich Zopfdurchmesser und Ernteverluste die ermittelten Massen in Sortimentsmassen umgerechnet. Verschiedene Nutzungsszenarien definieren die tatsächlichen Entnahmen.

Nutzungsszenarien sollen hier kein spezifisches Vorgehen oder raumtypische Verfahren abbilden, vielmehr sollen nachvollziehbare und leicht differenzierbare Holzerntesituationen abgebildet werden, mithilfe derer andere, spezifische Verfahren eingeordnet werden können. Aus diesem Grund wurden drei Szenarien definiert: Beim MIN-Szenario werden nur Derbholzteile ohne Rinde bis maximal 12 cm entnommen, alles andere verbleibt im Bestand. Das REAL-Szenario erhöht den Aufarbeitungszopf auf 7 cm und entnimmt Holz wie Rinde. Zudem schließt die Definition dieses Szenarios die Anlage von durch Reisig armierten Rückegassen ein, allerdings wird kein Nichtderbholz genutzt. Beim Szenario MAX wird zusätzlich Kronenmaterial zur energetischen Nutzung gewonnen und angenommen, dass im Derbholzbereich keine Verluste auftreten.

Die Zusammenführung der nutzungsfreien Stoffbilanzen mit den nutzungsbedingten Nährelemententzügen führt zu den Gesamtbilanzen.

### Ergebnisse

Im Szenario REAL wird dem System ca. 80% der Trockenmasse (ca. 3500 kg Biomasse ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>) entzogen. Damit einhergehend werden ca. 65% der Nährstoffe (Ca: 7 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>; K: 3,5 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>; Mg: 1 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>) entzogen. Im Vergleich dazu werden im Szenario MIN ca. 65% der Trockenmasse entzogen, gleichzeitig aber nur 25% Ca<sup>2+</sup> und 40% Mg<sup>2+</sup> / K<sup>+</sup>, im Szenario MAX beläuft sich die Entnahme der Trockenmasse auf über 90%, aber auch bei den Nährstoffen liegt die Entnahme in diesem Bereich.

Räumlich verorten sich hohe Entzüge vor allem in nadelholzreichen Mittelgebirgszonen, aber auch im Sauerland. Eher geringere Nutzungshöhen finden sich standortsbedingt im Norddeutschen Tiefland, aber auch im Pfälzer Wald, im nördlichen Bayern und den Kalkalpen.

Die Gesamtbilanzen zeigen je nach Element und Nutzungsszenario unterschiedliche Ergebnisse auf. Für Calcium zeigen sich negative Gesamtbilanzen deutlich für das Sauerland aber auch für die Mittelgebirgsregionen und die Pfalz. Bei Magnesium ergaben sich ähnliche Zusammenhänge, allerdings wurden hier auch die Bilanzen im Schwarzwald deutlich negativ. Für Kalium lagen die Bilanzen ohne Berücksichtigung der Nährstoffentzüge durch Biomassennutzung für die meisten Traktecken der BWI signifikant im Positiven, Ausnahmen bildeten Punkte in den Kalkalpen, im Schwarzwald, Schwäbische Alb und im Sauerland. Bei Hinzunahme der Nutzungsentzüge verringerte sich der Anteil signifikant positiver Bilanzen merklich. Die Intensivierung der Nährstoffentzüge durch Nutzung zeigt insgesamt eine deutliche Ausweitung der vorab beschriebenen Regionen.

Werden alle drei Elemente (Ca, K, Mg) gemeinsam betrachtet finden sich negative Bilanzen insbesondere im Sauerland, den kristallinen Mittelgebirgen wie dem Schwarzwald und dem Pfälzer Wald. Demgegenüber stehen Standorte wie das norddeutsche Tiefland und das nördliche Bayern, welche auch mit Nutzung (Szenario REAL) weiterhin positive Bilanzen aufweisen. Werden die Ergebnisse der Unsicherheitsanalyse mit einbezogen, können die Gesamtbilanzen der genannten Regionen als sicher negativ bzw. positiv klassifiziert werden.

### **Diskussion**

Zur Berechnung der Gesamtbilanzen wurden eine Großzahl an Datensätze aus verschiedenen Monitoringnetzen und Datenquellen herangezogen sowie eine Vielzahl an Modellen genutzt. Es wurde ein umfangreicher methodischer Rahmen entwickelt, mit dem nicht nur Stoffbilanzen berechnet werden können, sondern auch – und dies ist insbesondere herauszustellen – die Unsicherheiten der Bilanzen abgeleitet werden können. Zwar müssen ca. 60 % der BWI-Traktecken als unsicher – im Sinne nicht von Null verschieden – eingeordnet werden. Aber trotz der eingangs genannten Vielzahl an Modellen, die alle einen inhärenten Modellfehler aufweisen, konnten für die Gesamtbilanzen Regionen identifiziert werden, die signifikant negative oder positive Gesamtbilanzen aufweisen. Es zeigt sich, dass in Baden-Württemberg insbesondere Magnesium und Kalium als kritische Elemente zu bewerten sind. Deutschlandweit zeigt sich Calcium als das Element, welches am häufigsten zu negativen Bilanzen führt, während Kalium eher als unkritisch einzustufen ist.

## **Forschungsprojekt EnNa: Energieholzernte und stoffliche Nachhaltigkeit in Deutschland - Einführung in das Projekt**

*Gerald Kändler*

Der Beitrag stellt das Forschungsprojekt vor, erläutert die Hintergründe der Projektentstehung und die wichtigsten Projektziele, skizziert das Forschungskonzept sowie die Projektstruktur und wesentliche bearbeitete Themen.

Anlass für die Untersuchung war die seit 2008 deutlich erhöhte Nachfrage nach Holz für die energetische Verwendung sowie ein generell gestiegenes Interesse an Holz als nachwachsendem Rohstoff im Rahmen einer künftigen Bioökonomie („biobasierte Wirtschaft“), wie sie beispielsweise in einem Gutachten des Bioökonomierats der Bundesregierung dargestellt wird.

Da Biomassenutzung durch Holzernte immer mit dem Export von Nährelementen aus dem Ökosystem Wald verbunden ist, stellte sich die Frage nach möglichen Auswirkungen auf die standörtliche Nährstoffnachhaltigkeit, dem langfristig zu erhaltenden Gleichgewicht zwischen Nährstoffangebot am Standort und den Nährstoffentzügen durch Holzernte.

Eine Intensivierung der Holzernte über das konventionelle Sortenspektrum (Stamm- und Industrieholz) hinaus würde dazu führen, dass Baumkompartimente mit relativ höheren Nährstoffgehalten in der Krone stärker genutzt werden, was den Nährstoffexport überproportional erhöhen würde.

Vor diesem Hintergrund wurde das Forschungsvorhaben mit folgender Zielsetzung konzipiert:

- Entwicklung eines deutschlandweit anwendbaren methodischen Rahmens zur Ermittlung der Ermittlung von Nährstoffbilanzen
- Quantitative Beschreibung der aktuellen Situation
- Ableitung von Handlungsoptionen

Der methodische Kern besteht in der Berechnung von Stoffflussbilanzen, welche für einen gegebenen Standort die Nährstoffflüsse für Calcium, Magnesium und Kalium verrechnen.

Die methodische Herausforderung bestand darin, die notwendigen Eingangsgrößen aus den verfügbaren Datenquellen herzuleiten und in ein konsistentes Berechnungsverfahren zu integrieren, was auch diverse Modellierungsschritte erforderte, z.B. für die Berechnung von Verwitterungsraten. Teilweise wurden methodische Grundlagen wie kompartimentweise Biomassefunktionen und Schätzfunktionen für Nährelementgehalte entwickelt.

Um die Gesamtbilanzen unter Einbeziehung der Nutzung zu berechnen, mussten außerdem die bodenbürtigen Bilanzglieder regionalisiert werden, um für die Stichprobenpunkte der BWI verfügbar zu sein. Eine umfassende Unsicherheitsanalyse mit Hilfe von Monte-Carlo-Simulationen wurde durchgeführt, um die hergeleiteten Bilanzwerte bezüglich ihrer Verlässlichkeit bzw. Signifikanz bewerten zu können.

Wegen des umfassenden Ansatzes wurde das Vorhaben im Rahmen einer Kooperation der drei forstlichen Forschungseinrichtungen FVA Baden-Württemberg, Nordwestdeutsche FVA und der bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) umgesetzt. Die Koordination lag bei der FVA-BW, beteiligt waren Forscher/innen aus den Fachbereichen Boden, Umwelt, Standort und Biometrie aus den jeweiligen Anstalten. Gefördert wurde das Vorhaben im Zeitraum 1.6.2013 bis 31.12.2016 durch die Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe FNR mit Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft BMEL.

Kontakt:

Dr. Gerald Kändler, Abt. Biometrie und Informatik, FVA  
[gerald.kaendler@forst.bwl.de](mailto:gerald.kaendler@forst.bwl.de)