

# Beitrag der Waldbewirtschaftung zur Abmilderung des Klimawandels -

## Methodische Grundlagen für die Bilanzierung des Beitrags der Holznutzung zur Minderung der CO<sub>2</sub> -Belastung in Baden-Württemberg

von Dr. G. Kändler, A. Hellbach, M. Weist, C. Vonderach


Gefördert mit Mitteln des Ministeriums für Umwelt, Klima und  
Energiewirtschaft Baden-Württemberg (UM)

März 2012

|                     |  |
|---------------------|--|
| <b>HERAUSGEBER</b>  | LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg<br>Postfach 100163, 76231 Karlsruhe   |
| <b>KONTAKT</b>      | Dr. Kai Höpker, Referat Medienübergreifende Umweltbeobachtung, Klimawandel;<br>Tel.:0721/56001465, <a href="mailto:Kai.Hoepker@lubw.bwl.de">Kai.Hoepker@lubw.bwl.de</a> ;  |
| <b>AUFTRAGGEBER</b> | Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg -<br>Forschungsprogramm Klimawandel und modellhafte Anpassung in Baden-<br>Württemberg (KLIMOPASS)   |
| <b>BEARBEITUNG</b>  | Dr. Gerald Kändler, Dipl. Forstwirtin Anke Hellbach, Dipl. Biol. Maria Weist, Dipl.<br>Geoök. Christian Vonderach<br>Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg<br>Wonnhaldestraße 4<br>79100 Freiburg |
| <b>BEZUG</b>        | <a href="http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/91063/">http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/91063/</a><br>ID Umweltbeobachtung U82-W03-N11                            |
| <b>STAND</b>        | März 2012, Internetausgabe Mai 2013  |

Nachdruck für kommerzielle Zwecke - auch auszugsweise - ist nur mit Zustimmung der LUBW unter Quellenangabe und Überlassung von Belegexemplaren gestattet.

Zell et al. (2009) haben ein Model entwickelt, welches eine konstante Zersetzungsrates unter Berücksichtigung der durchschnittlichen Temperatur im Juli, des Niederschlags, des Totholzdurchmessers, der Unterscheidung zwischen Laub- und Nadelholz und des Dichteverlustes berechnet.

**Aktuell** wird zu dieser Thematik ein Projekt mit dem Titel „Zersetzungsdynamik und Kohlenstoffspeicherung liegenden Totholzes der Baumarten Buche, Fichte und Kiefer“, in dem unter anderem Respirationmessungen von Totholz im Labor und im Gelände untersucht werden, durchgeführt. Eine Veröffentlichung ist vorgesehen und wird noch für dieses Jahr erwartet (Mündliche Mitteilung ffen Herrmann, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft). **Die Studie könnte** neue interessante Erkenntnisse zu der bisher wenig untersuchten Fragestellung der Totholzzersetzung liefern.

**Bei der Berechnung der Kohlenstoffbindung durch Totholz sollte auch beachtet werden, dass Totholz nicht nur durch Mikroorganismen abgebaut wird, sondern auch durch physikalische Vorgänge fragmentiert werden kann** (Harmon 2009). **Durch die Fragmentierung geht der Kohlenstoff in den Boden und die Humusaufgabe über und es kommt somit zu keinem Entweichen aus dem Ökosystem.** Der Fragmentierungsanteil macht generell 30% des Gesamtkohlenstoffverlustes aus (Herrmann und Bausch 2007, Yatskov 2001).

Es ist also nicht ganz einfach, die Entwicklung des Totholzaufkommens bei Nutzungsaufgabe vorherzusagen bzw. zu modellieren. Laut Meyer et al. (2009) erfolgt in den ersten Jahrzehnten der Naturwaldentwicklung i. d. R. ein signifikanter Totholzaufbau, da die Zersetzung von Totholz gegenüber dem Input verzögert ist. Das erreichte Niveau wird dauerhaft gehalten, wenn die Nachlieferung konstant bleibt. Wie der signifikante Effekt der Dauer des nutzungsfreien Zeitraumes zeigt, dürfte der Input aber ansteigen, weil der Bestand altert und damit störungsanfälliger wird. Auch Wirth et al. (2009) meinen, die relative Einbringung von Totholz nehme mit dem Alter zu.

### 1.10.3.3 ZUWACHS, BIOMASSEENTWICKLUNG UND PRODUKTIVITÄT

Für die Kohlenstoffbilanz spielt neben der Verjüngung und der Totholzentwicklung auch das Zuwachsverhalten und die Produktivität eine wichtige Rolle.

In gleichaltrigen Monokulturen bzw. Plantagen nimmt die Nettoprimärproduktion mit zunehmendem Bestandesalter ab. Dies ist laut Binkley et al. (2002) ein allgemeingültiges Modell für das Wachstum von Wäldern. Es ist jedoch noch nicht abschließend geklärt, ob dies auch auf ungenutzte sehr alte Wälder zutrifft.

#### **Biomasseproduktion von Individuen**

Bevor man die Produktivität eines gesamten Bestandes betrachtet, lohnt es sich vorab das Biomassewachstum eines Einzelbaumes zu betrachten. Die Wissenschaftswelt ist sich einig: **Bäume wachsen nicht ewig** (Wirth 2009) und die Zuwachsraten von Einzelbäumen nehmen normalerweise nach Erreichen eines gewissen Höhepunktes wieder ab. **Allerdings kann es sehr lange dauern, bis dieser Höhepunkt erreicht ist.** Schulze et al. (2009) sprechen von einem **Baumbiomassewachstum bis zu einem Alter von 800 Jahren** mit einem durchschnittlichen Zuwachs von 0,8kg pro Baum pro Jahr. In ihrer

Untersuchung wiesen fast alle großen Bäume im unbewirtschafteten alten Wald hohe Wachstumsraten auf. Grundsätzlich gibt es viele Beispiele von Jahrringsequenzen, die über mehrere Jahrhunderte konstante oder sogar zunehmende Breiten aufzeigen (Schulze et al. 2009). In Wirth et al. (2009) wird in mehreren Kapiteln (z.B. 3 und 4) diskutiert, welche Faktoren bzw. Prozesse das Baumwachstum limitieren. **Aber auch nach jahrzehntelanger Forschung weiß man immer noch nicht**, warum Zuwachsraten von Individuen eventuell abnehmen (Wirth 2009).

### **Nettoprimärproduktion von Beständen in Abhängigkeit von der Atmungsrate**

Die Nettoprimärproduktion eines Waldes ist definiert als die Bruttoprimärproduktion (Produktion von Biomasse durch Primärproduzenten) abzüglich der Zellatmung (autotrophe Respiration). Allgemein wird von einer mit dem Alter fortschreitenden Abnahme der Nettoprimärproduktion (NPP) ausgegangen (Yoder et al. 1994, Gower et al. 1996, Ryan und Yoder 1997). Die Studie von Pregitzer und Euskirchen (2004) zum Beispiel, zeigt einen klaren Rückgang der NPP mit zunehmendem Alter. Häufig wird als Grund für die abnehmende Produktivität eine über das Alter ansteigende Atmungsrate, die eine weitere Kohlenstoffanreicherung verhindert, genannt. Es gibt allerdings Studien, die dieser Beobachtung widersprechen (Kutsch et al. 2009).

Die alters- oder größenabhängige Abnahme der Stammatmung pro Volumeneinheit Splintholz muss bei Zuwachsberechnungen mit berücksichtigt werden, ansonsten kann die Atmung in älteren Beständen mit einem Faktor von zwei bis fünf überschätzt werden (Carey et al. 2001).

Eine altersbedingte erhöhte Atmung scheint somit nicht der einzige Grund für einen eventuellen Rückgang der NPP zu sein. Es gibt mehrere Studien (Hubbard et al. 1994, Ryan und Yoder 1997), die eine sinkende Photosyntheseleistung als Grund für eine mit dem Alter abnehmende NPP nennen (Knobl et al. 2009). Die Gründe für den Photosyntheserückgang sind allerdings noch unklar. Wahrscheinlich handelt es sich um ein Zusammenspiel mehrerer Faktoren, bei denen auch hydraulische Gründe eine Rolle spielen (Kutsch et al. 2009).

### **Nettoökosystemaustausch aus in OGF**

Als Nettoökosystemaustausch (NEE) wird die Bilanz zwischen Assimilation und Atmung für das gesamte Ökosystem bezeichnet. Assimilation und Atmung sind in Naturwäldern hoch, deshalb können bei kurzfristiger Betrachtung (Tages- bis Jahresvariabilität) schon kleine Veränderungen zu Bilanzänderungen führen (Knobl et al. 2009). In einigen alten Naturwäldern erreicht der NEE einen neutralen Status (Law et al. 2003, Carrara et al. 2004, Kolari et al. 2004), wohingegen Lloyd et al. (2002) über 60 Jahre hinaus keinen eindeutigen Rückgang der Nettoökosystemrate feststellen können (Hyvönen et al. 2007). Schulze et al. (2009) betonen, dass die Ökosystemkohlenstoffbilanz nur nach Störungen bzw. Katastrophen Null erreichen kann oder negativ ausfällt.

### **Störungen**

Grundsätzlich sind Wind bzw. Stürme und Pilzattacken die häufigsten Störungen in temperierten Zonen (Schulze et al. 2009). Laut Harmon (2009) gibt es jedoch nur wenige Studien, die atmosphärische Kohlenstoffflüsse direkt nach einer Störung gemessen haben. Grundsätzlich sollten Störungen allerdings in die Berechnungen mit einbezogen werden, da Störungen typischerweise zu einer schnellen

Freisetzung großer C-Mengen, welche über lange Zeiträume gespeichert wurden, führen (Körner 2003). Störungen können somit als C-Quelle kurzzeitig einen großen Einfluss auf die C-Bilanz haben (Hyvönen et al. 2007) und sollten bei der Berechnung der C-Bilanz mit eingebunden werden. Eine negative Bilanz nach einem Störereignis, bei dem viel Totholz anfällt, zeigen Pypker und Fredden (2002) und Rannik et al. (2002) auf: die hohen Abbauraten des toten organischen Materials führen zu einem Nettoverlust von C für das Waldökosystem oder zumindest zu keiner Netto-C-Aufnahme in den folgenden fünf bis sechs Jahren, auch wenn sich die Naturverjüngung bereits erfolgreich etablieren konnte. Die Phase mit einer negativen C-Bilanz kann sich auf 14-20 Jahre ausweiten, wenn das Wachstum der Verjüngung allgemein gering ist (Cohen et al. 1996, Schulze et al. 1999). Es ist also nicht ganz eindeutig, inwieweit nachwachsende, jüngere Bäume den CO<sub>2</sub>-Verlust durch die Zersetzung von Totholz auf lange Sicht gesehen kompensieren können. Luysaert et al. (2008), Enssle (2010) und Hyvönen et al. (2007) gehen davon aus, dass der Netto-C Speicher nach größeren Störungen zu Null tendiert, da die Zersetzung im Vergleich zum Zuwachs bzw. einer sich einstellenden Verjüngung viel länger dauert.

#### 1.10.3.4 ENTWICKLUNG DER BIOMASSEPRODUKTIVITÄT UND C- SPEICHERKAPAZITÄT

##### **Entwicklung der Biomasseproduktivität**

Wenn die Produktivität mit dem Alter abnehmen würde, müsste auch ein Rückgang der Biomasse zu beobachten sein. Pregitzer und Euskirchen (2004) beobachten für bewirtschaftete und unbewirtschaftete Wälder einen gleichmäßigen Anstieg der (lebenden) Biomasse mit zunehmendem Alter. Allerdings werden nur Bestände betrachtet, die maximal 200 Jahre alt sind. Auf Basis von Daten für den Nordwesten der USA (boreale und temperierte Wälder) stellen Luysaert et al. (2008) einen steten Anstieg der Biomasse sogar über mehrere Jahrhunderte fest (Abbildung 48). Die maximal akkumulierbare Menge an C liegt dabei bei 500-700 t C pro ha -dies entspricht 1400-1800 m<sup>3</sup> Holz / ha. Schulze et al. (2009) geben mit 800 t Kohlenstoff pro Hektar noch einen etwas höheren Wert an.

