

## Wälder, Klimaschutz und Klimaanpassung

# Welche Maßnahmen sind umsetzbar?

Andreas Bolte, Nicole Wellbrock, Karsten Dunger

Wälder spielen in Deutschland als derzeit bedeutende Kohlenstoffsenke eine wichtige Rolle für den Klimaschutz [7]. Die Steigerung der globalen Treibhausgasemissionen in den letzten Jahrzehnten [13] und der dadurch induzierte Klimawandel wirken sich auf das Wachstum, auf die Stabilität und damit auf das Kohlenstoffspeichervermögen der Wälder aus. Die Waldanpassung an heutige und zukünftige Klima- und Umweltbedingungen ist die Grundbedingung für die langfristige Festlegung von Kohlenstoff in der Biomasse und im Waldboden und damit für die Klimaschutzfunktion der Wälder. Welche forstwirtschaftlichen Maßnahmen können dem Klimaschutz im Wald und der Waldanpassung gleichermaßen dienen?

### Minderung der globalen Treibhausgasemissionen – bisher keine Erfolgsstory

Gemessen am aktuellen Ziel einer 2 °C-Begrenzung der Erderwärmung von mehr als 100 Staaten der Weltgemeinschaft [11] wirkt sich ein Blick auf die Entwicklung der weltweiten Treibhausgas-Emissionen ernüchternd aus: Von 1990 bis 2008 stiegen die Kohlenstoffemissionen weltweit um 41 % auf 8,7 Gt C. Die jährlichen Steigerungsraten nahmen dabei in der Periode zwischen 1990 und 2000 von 1,0 auf 3,4 % im Abschnitt zwischen 2000 und 2008 erheblich zu [10]. Kommt es zu keiner drastischen, Reduktion der Emissionen könnte sich die Klimaerwärmung auf einem Pfad oberhalb des schärfsten A1FI-Szenarios des Weltklimarats (IPCC) bewegen [13].

Für Europa zeigen Projektionen bis zum Jahr 2100 für diesen Fall eine mögliche Erwärmung von 6 °C und mehr an [8]. Dies hätte drastischen Folgen für Wirtschaft, Bevölkerung und Umwelt. Die politischen Initiativen zielen aber weiterhin auf eine Begrenzung der globalen Erwärmung auf 2 °C ab. Hier sind schnelle und umfassende Erfolge bei den Bemühungen zu einem bindenden internationalen Folgeabkommen zum Kyoto-Abkommen dringend erforderlich.

### Risiken für die Forstwirtschaft – auf die Extreme kommt es an

Auch schon mit einer mäßigen Klimaerwärmung einher gehen häufigere, stärkere und länger anhaltende Witterungsextreme wie Hitze- und Trockenperioden, Starkniederschläge und Stürme, welche die Wuchsbedingungen für Wälder in Deutschland erheblich verändern können [4]. Ein Extremsommer wie im Jahr 2003 könnte ein Durchschnittssommer gegen Ende des 21. Jahrhunderts sein [3].

Die Folgen für die Forstwirtschaft lassen sich zum einen in geänderte Produktivitäten der Wälder und zum anderen in ein erhöhtes Absterberisiko der Waldbäume gliedern. Die Richtung der Produktivitätsveränderung durch die Klimaänderung hängt davon ab, ob das bisherige Wachstum z.B. in Berglagen kälte-limitiert ist oder wie in Teilen des nordöstlichen Tieflands von Hitze oder Trockenheit begrenzt wird.

- Bei **Kälte-limitierung** kann sich die Erwärmung zusammen mit den Wirkungen eines erhöhten CO<sub>2</sub>- und Stickstoffangebots produktivitätssteigernd auswirken.
- Bei **Hitze- und Trockenheits-limitierung** ist eher mit Produktivitätseinbußen zu rechnen.

Jahrringuntersuchungen auf mehr als 80 Flächen des Intensiven Forstlichen Umweltmonitorings in Deutschland zeigen für die Buche und die Fichte deutlich stärker schwankende Zuwächse von Jahr zu Jahr in den letzten beiden Jahrzehnten [2]. Klimaextreme der letzten Jahre bestimmen danach zunehmend das Wachstum unserer Waldbäume.

Entscheidend wirken sich Klimaextreme auf das Absterberisiko aus, durchaus auch in Gebieten mit höherer Produktivitätserwartung. In der jüngeren Vergangenheit konzentrierten sich witterungsbedingtes Baumsterben an den Verbreitungsrändern von Baumarten (z.B. Kiefernsterben im Wallis) und im Übergangsbereich von Großklimaten (z.B. temperates und submediterranes Klima in Europa; vgl. [1]). Neben abiotischen Faktoren spielen auch biotische Schaderreger eine wichtige Rolle, die einerseits durch wärmeres Klima und verlängerte Vegetationsperioden begünstigt werden und andererseits auf eine geringere Abwehr geschwächter Bäume treffen [14]. Neu eingeführte und einheimische, neuerdings invasive Schaderreger werden aller Voraussicht nach wichtige Komponenten der zukünftigen Schadensentwicklung sein [4, 5].

### Wälder der Zukunft – Anpassung tut not

An die zukünftigen Risiken durch den Klimawandel müssen sich Wälder anpassen. Forstwirtschaftliche Anpassungsstrategien können die Anpassung

- **aktiv unterstützen** (Anpassungseingriffe, z.B. Waldumbau),
- **passiv begleiten** (Duldung von Sukzessionen) oder
- **aktiv Bestände gegen eine klimainduzierte Sukzession erhalten** (Erhaltungseingriffe).

Die Wahl der Strategie hängt von dem Ausmaß des lokalen Klima- bzw. Standortswandels ab, dem Alter und Wert des betroffenen Bestandes und einem Erfolg

Prof. Dr. A. Bolte leitet das Institut für Waldökologie und Waldinventuren (WOL) des Johann Heinrich v. Thünen-Instituts, Bundesinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei (vTI) in Eberswalde.  
Dr. N. Wellbrock koordiniert im Institut die zweite bundesweite Bodenzustandserhebung im Wald (BZE II) als Bundesinventurleiterin.  
K. Dunger leitet die Projektgruppe Treibhausgasmonitoring im vTI-WOL.  
Der Artikel basiert auf einem Vortrag bei der Wald-Klima-Konferenz 2010 des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz am 28.10.2010 in Berlin.



Andreas Bolte  
andreas.bolte@vti.bund.de

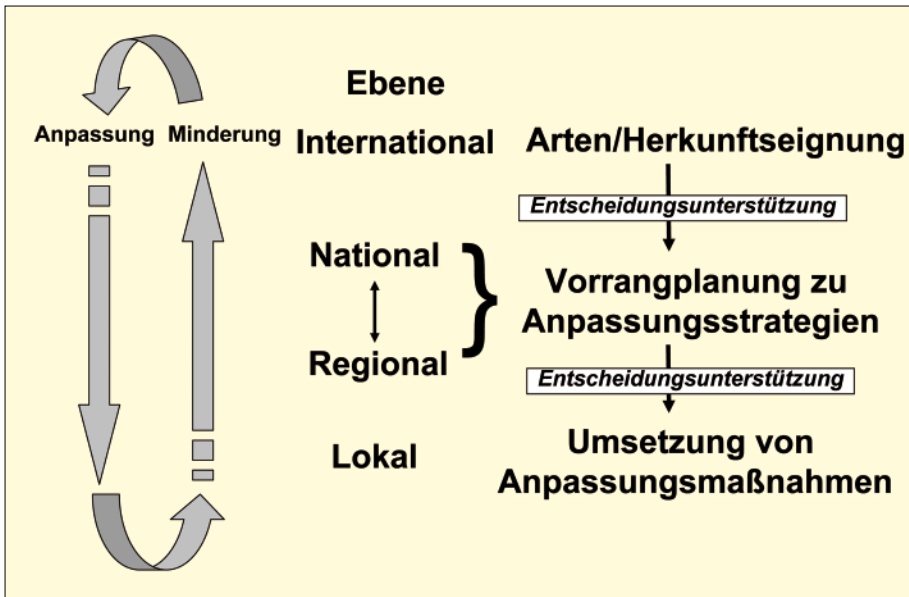


Abb. 1: Konzept zur Waldanpassung auf unterschiedlichen räumlichen Ebenen

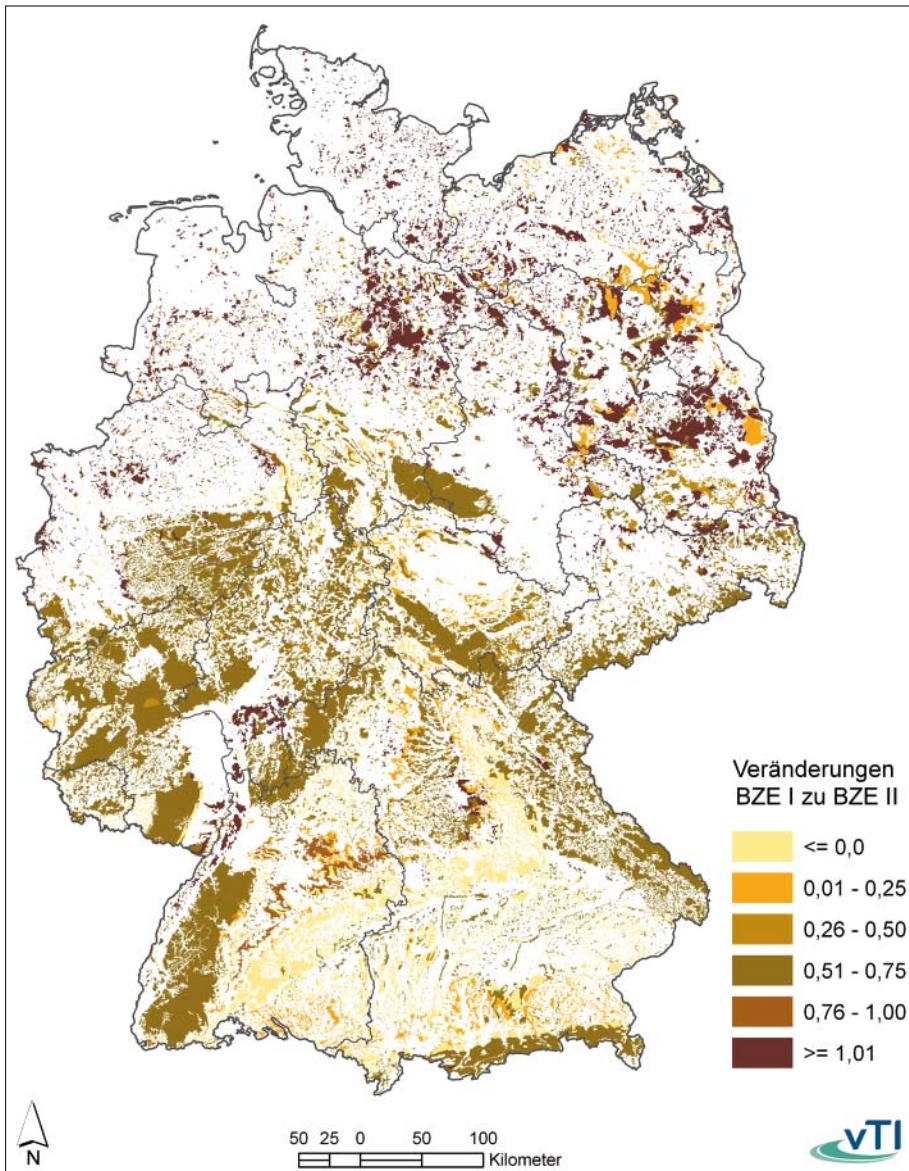


Abb. 2: Jährliche Kohlenstoffänderung (t/ha u. Jahr) im Mineralboden (0 bis 30 cm Bodentiefe) unter Wald in Deutschland (Zeitraum 1990 bis 2006, Auswertungsstand 8/2010; nach [16])

versprechenden Leitbild für die Bestandesentwicklung.

- Teure Waldumbauten machen nur Sinn, wenn neu eingebrachte Baumarten wirklich angepasst sind als die des Ausgangsbestands. Alte, wertvolle Bestände können ggf. wenige Jahrzehnte durch Erhaltungseingriffe stabilisiert werden, um ökonomisch attraktive Zieldimensionen zu erreichen.
- Passive Anpassung kann eine Option für Bestände ohne klare Alternative in der Baumartenwahl und zukünftige forstwirtschaftliche Grenzstandorte mit geringer Produktivitätserwartung sein.

Konsistente Anpassungskonzepte, welche die genannten Strategien gegeneinander abwägen und für eine umfassende „Anpassungsplanung“ verwenden, werden bisher in der deutschen Forstwirtschaft wenig verwendet. Deren Sinn ist es, die verschiedenen räumlichen Ebenen (international – national/regional – lokal) miteinander zu verknüpfen und Informationsgewinnung und Entscheidungskompetenz zu vernetzen. Informationen aus Forschungen zur Baumarten- und Herkunftseignung unter Klimawandel können nur im internationalen Rahmen gewonnen werden und auf der nationalen/regionalen Ebene mit lokalen Standortdaten verschnitten werden, um eine Vorrangplanung für Anpassungsstrategien zu treffen. Diese Vorrangplanung kann dann auf der lokalen Ebene umgesetzt werden (Abb. 1, [6]).

In der Praxis hat sich im Zeitraum zwischen 2002 (BWI<sup>2</sup>) und 2008 (IS 2008) die Waldfläche in Deutschland insbesondere durch den Sturm „Kyrill“ und Waldumbauten zuungunsten der Fichte (- 211 000 ha) sowie der Kiefer (- 52 000 ha) und zugunsten von Laubbaumarten wie Buche (+ 83 000 ha), Eiche (+ 42 000 ha) und andere Baumarten mit hoher Lebensdauer (ALH; + 60 000 ha) verändert [12]. Damit entsprechen sich die Vorstellungen von der Fichte als „Verlierer“ des Klimawandels [5] und die derzeit abnehmende Bedeutung der Fichte in Deutschland. Die Waldumbauten hatten aber bisher weniger die Anpassung an den Klimawandel im Blick als vielmehr eine höhere Naturnähe der Waldbestände, so dass es hier auch zu Konflikten bei den Zielen Naturnähe und Waldanpassung kommen kann, wenn die Baumarten der heutigen natürlichen Vegetation (pnV) nicht diejenigen mit der höchsten Anpassungsfähigkeit sind [3],

### Klimaschutz durch Kohlenstoffbindung – nicht nur der Bestand macht's

Nach der Inventurstudie 2008 waren im Baumbestand deutscher Wälder im Jahr

**Tab. 1: Bewertung von Maßnahmen aus Sicht verschiedener Ansprüche**

Maßnahmen	Minderung	Anpassung	Naturschutz
Aufforstung	+	o	+ bis - (Vorkultur und Bewirtschaftungsform)
Produktivere Baumart	+	+ bis - (Anpassungsfähigkeit)	- (?) (Homogenisierung der Bestände)
Boden- und Humuspflge	+	+	+
Waldmoorschutz (Wasserrückhaltung)	+	+	+
Baumartenmischung und Strukturvielfalt	+ bis - (Gesamtproduktivität)	+	+
Anpassungsfähige Baumarten/Herkünfte	+	+	+ bis - (Neophyten, Züchtung)
Neuartige Waldbehandlungsmethoden	+ bis - (suboptimale Bestandesdichten, Umtriebszeiten)	+	+ bis - (Wirkung auf Strukturvielfalt)

2008 1,23 Mrd t Kohlenstoff (120 t/ha) gebunden. Dies waren 4,7 Mio t (1,57 t/ha) mehr als im Jahr 2002, dem Stichjahr der BWI<sup>2</sup> [7]. Eine Modellierung der jährlichen Veränderungen von 1990 bis 2020 unter Verwendung des Basis-Szenarios (A) der Waldentwicklungs- und Holzaufkommensmodellierung für die Zukunft (2009 bis 2020) zeigt, dass die Nettosenkenwirkung der Waldbestände für Kohlenstoff abnimmt [9]. Als Gründe hierfür sind eine ungleiche Altersklassenverteilung anzusehen, die zu einer zukünftigen Nutzung von hohen Vorräten aus ausgedehnten Nachkriegsaufforstungen führen kann und ein geändertes Nutzungsverhalten mit einer Ernte von Holzsortimenten geringerer Dimension.

Eine Hochrechnung der deutschlandweiten Kohlenstoffspeicherung in Waldböden des vTI-Instituts für Waldökologie und Waldinventuren ergab nach dem bisherigen Auswertungsstand der zweiten bundesweiten Bodenzustandserhebung im Wald (BZE II) für den Mineralboden bis 30 cm Bodentiefe einen Anstieg der Kohlenstoffvorräte von 1990 (Stichjahr der BZE I) bis 2006 (Stichjahr BZE II) um rund 8 t/ha. Die Kohlenstoffvorräte in der Humus- bzw. Streuauflage blieben dagegen konstant. Die sich daraus ergebende durchschnittliche jährliche Nettospeicherung in Waldböden von rund 0,5 t/ha C wäre somit höher als die Bestandesspeicherung der letzten Jahre, zeigt aber einen Nord-Süd-Gradienten abnehmender Bodenspeicherung (Abb. 2; [16]). Die Ergebnisse sind allerdings noch aus einem Teilkollektiv der BZE-Standorte berechnet und müssen als noch vorläufig gelten. Bleibt es bei dieser Tendenz, dann sind die Waldböden als bedeutender Kohlenstoffspeicher anzusehen, der mit Berücksichtigung dieser Funktion besonders geschützt und bewirtschaftet werden sollte.

## Maßnahmen zum Klimaschutz – welche sind sinnvoll und umsetzbar?

Aus den Ausführungen wird klar, dass sinnvolle Maßnahmen zum Klimaschutz gleichermaßen Ansprüchen aus Sicht der Treibhausgasreduzierung als auch der Waldanpassung genügen müssen. Minderungsziele verfolgen die Strategie der Sicherung und Erhöhung der Speicherleistung der Wälder in Bestand und Boden. Anpassungsziele haben die Erhöhung der Stabilität (Resistenz und Resilienz) gegenüber Witterungsextremen im Auge. Minderung im Sinne einer Produktivitätserhaltung und -erhöhung sowie Anpassung sind weitgehend konform mit

dem forstwirtschaftlichen Interesse der Waldbewirtschafter. Widersprüche können allerdings zu naturschutzfachlichen Ansprüchen auftreten. In Tab. 1 sind verschiedene Maßnahmen aus Sicht von Minderungs- und Anpassungsansprüchen (~ Forstwirtschaft) und des Naturschutzes dargestellt und aus subjektiver Sicht der Autoren bewertet.

Als Fazit erfüllen zwei Maßnahmen, nämlich Moorschutz bzw. Moor-Renaturierung sowie humusschonende Bodenpflegemaßnahmen, uneingeschränkt alle Ansprüche. Ein wichtiger Beitrag ist dabei die Landnutzungsänderung von ackerbaulich genutzten Moor- und Anmoorstandorten mit erheblicher Quellenfunktion für Kohlenstoff [15] und deren Wiederbewaldung. Unter humusschonenden Bodenpflegemaßnahmen ist insbesondere in sensiblen Bereichen eine ausreichende Bestandesserschließung der Einsatz von leichteren Maschinen und ggf. Rückepferden eine Möglichkeit.

Bei den meisten anderen Maßnahmen lässt sich auch eine Interessenübereinstimmung erzielen, wenn bestimmte Einschränkungen beachtet werden. So können Aufforstungen auch aus naturschutzfachlicher Sicht akzeptiert werden, wenn sie nicht wertvolle Biotope beeinträchtigen. Bei Baumartenmischungen muss aus Minderungsrichtung darauf geachtet werden, dass die Produktivität der Bestände nicht sinkt. Bei neuartigen Waldbehandlungsmethoden wie Weitbestandbewirtschaftung oder niederwaldartiger Bewirtschaftung mit kürzeren Umtriebszeiten muss die Wirkung auf Produktivität und Strukturvielfalt aus Minderungs- und Naturschutzsicht betrachtet werden.

Ein Gegenstand derzeitiger und zukünftiger Diskussion mit dem Naturschutz ist der Anbau von eingeführten Baumarten sowie die verstärkte Nutzung von Kunstverjüngung und züchterisch behandeltem Pflanzmaterial, um die Bestände anpassungsfähiger und produktiver zu machen. Eine Fokussierung auf wenige, hochproduktive Baumarten wie z.B. auf die Fichte

in der Vergangenheit wird sicherlich zu Konflikten mit dem Naturschutz führen und ist auch aus Anpassungssicht fragwürdig.

### Literaturhinweise:

- [1] ALLEN, C. D.; MACALADY, A. K.; CHENCHOUNI, H. et al. (2010): A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. *For. Ecol. Manage.* 259, 4, S. 660-684. [2] BECK, W. (2009): Growth patterns of forest stands – the response towards pollutants and climatic impact. *iForest – Biogeosciences and Forestry* 2, S. 4-6. [3] BOLTE, A.; IBISCH, P. (2007): Neun Thesen zu Klimawandel, Waldbau und Naturschutz. *AFZ-DerWald* 62, 11, S. 572-576. [4] BOLTE, A.; AMMER, C.; LÖF, M.; MADSEN, P.; NABUURS, G.-J.; SCHALL, P.; SPATHELF, P.; ROCK, J. (2009): Adaptive forest management in Central Europe - climate change impacts, strategies and integrative concept. *Scand. J. For. Res.* 24, 6, S. 473-482. [5] BOLTE, A.; EISENHAEUER, D.-R.; EHRHART, H.-P.; GROB, J.; HANEWINKEL, M.; KÖLLING, C.; PROFFT, I.; ROHDE, M.; RÖHE, P.; AMERELLER, K. (2009): Klimawandel und Forstwirtschaft – Übereinstimmungen und Unterschiede bei der Einschätzung der Anpassungsnotwendigkeiten und Anpassungsstrategien der Bundesländer. *Landbauforschung - vTI Agriculture and Forestry Research* 59, 4, S. 269-278. [6] BOLTE, A.; DEGEN, B. (2010): Anpassung der Wälder an den Klimawandel: Optionen und Grenzen. *Landbauforschung - vTI Agriculture and Forestry Research* 60, 3, S. 111-117. [7] DUNGER, K.; STÜMER, W.; OEHMICHEN, K.; RIEDEL, T.; BOLTE, A. (2009): Der Kohlenstoffspeicher Wald und seine Entwicklung. *AFZ-Der Wald* 64, 20, S. 1072-1073. [8] IPCC [Intergovernmental Panel on Climate Change] (2007): *Climate Change 2007: The physical science basis. Summary for policymakers. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* WMO, Geneva. [9] KRUG, J.; KÖHL, M. (2010): Bedeutung der deutschen Forstwirtschaft in der Klimapolitik. *AFZ-DerWald* 65, 17, S. 30-33. [10] LE QUÉRE, C.; RAUPACH, M. R.; CANADELL, J. G.; MARLAND, G. et al. (2009): Trends in the sources and sinks of carbon dioxide. *Nature Geosciences* 2, S. 831-836. [11] MEINSHAUSEN, M.; MEINSHAUSEN, N.; HARE, W.; RAPER, S. C. B.; FRIELER, K.; KNUTTI, R.; FRAME, D. J.; ALLEN, M.R. (2009): Greenhouse-gas emission targets for limiting global warming to 2 °C. *Nature* 458, S. 1158-1162. [12] POLLEY, H.; HENNIG, P.; KROIHER, F. (2009): Baumarten, Altersstruktur und Totholz in Deutschland. *AFZ-DerWald* 64, 20, S. 1074-1075. [13] RAUPACH, M. R.; MARLAND, G.; CIAIS, P.; LE QUÉRE, C.; CANADELL, J. G.; KLEPPER, G.; FIELD, C. B. (2007): Global and regional drivers of accelerating CO<sub>2</sub> emissions. *PNAS* 104, S. 10288-10293. [14] SCHLYTER, P.; STJERNQUIST, I.; BÄRRING, I.; JÖNSSON, A. M.; NILSSON, C. (2006): Assessment of the impacts of climate change and weather extremes on boreal forests in northern Europe, focusing on Norway spruce. *Clim. Res.* 31, S. 75-84. [15] vTI [Johann Heinrich von Thünen-Institut] (2010): Antworten des Johann Heinrich von Thünen-Instituts (vTI) für die öffentliche Anhörung des Ausschusses für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Deutschen Bundestages in Berlin am 22. Februar 2010 zum Thema „Landwirtschaft und Klimaschutz“. Deutscher Bundestag Ausschuss für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Ausschussdrucksache 17(16)37-E. Online unter: [http://www.bundestag.de/bundestag/ausschuesse17/a16/Oeffentliche\\_Anhoerungen/6\\_Sitzung\\_22\\_2\\_2010\\_-\\_ffentliche\\_An\\_h\\_rung\\_zum\\_Thema\\_Landwirtschaft\\_und\\_Klimaschutz\\_/17\\_16\\_37-E.pdf](http://www.bundestag.de/bundestag/ausschuesse17/a16/Oeffentliche_Anhoerungen/6_Sitzung_22_2_2010_-_ffentliche_An_h_rung_zum_Thema_Landwirtschaft_und_Klimaschutz_/17_16_37-E.pdf) (13.12.2010). [16] WELLBROCK, N.; GRÜNEBERG, E.; ZICHE, D.; HOLZHAUSEN, M. (2010): Die Bodenzustandserhebung im Wald (BioSoil/BZE) als Grundlage für den Bodenschutz insbesondere der C-Speicherfunktion. Beiträge zu den 6. Marktrechtlicher Bodenschutztagen am 6.10.2010. Online unter: <http://www.lfu.bayern.de/boden/fachinformationen/bodenschutztag/index.htm> (13.12.2010).