

## Wald – Forstwirtschaft – Holzindustrie Zentrale Größen der Klimapolitik

Peter Burschel und Michael Weber

Lehrstuhl für Waldbau und Forsteinrichtung an der Studienfakultät für Forstwissenschaft und Ressourcenmanagement der TU München, Am Hochanger 13, D-85354 Freising

**Kurzfassung:** Es wird gezeigt, dass der Komplex Wald-Forstwirtschaft-Holzindustrie sowohl in nationaler als auch in globaler Betrachtung eine bedeutsame Rolle in der Klimapolitik spielen sollte. Stellungnahmen des Umweltbeirates der Bundesregierung und einer Gruppe von Wissenschaftlern des Carboeurope Cluster greifen in dieser Frage zu kurz, wofür der Nachweis geführt wird. Im Hinblick auf die weltweit geführte Diskussion und den im Juli 2001 zu erwartenden Klimagipfel in Bonn werden Möglichkeiten erörtert und Maßnahmen vorgeschlagen, um die Wald-Forst-Holzoption ihrer Bedeutung gemäß in die Betrachtung einzubringen. Dabei spielen Schutz von Primärwäldern, nachhaltige Nutzung von Wirtschaftswäldern und die ganze Breite der Holzindustrie eine Rolle, deren kohlenstoffökologische Eigenarten bisher nur unzureichend erkannt worden sind.

### Forests – Forestry – Wood Industries – Essentials of Climate Politics

**Abstract:** In climate policy, on a national as well as on a global level, the complex Forest-Forestry-Wood-Industry has to play an important role. Contributions of the Scientific Commission for Global Environmental Change of the German Government and considerations of the group of scientists Carboeurope Cluster do not treat these aspects exhaustively enough, as could be shown. With respect to the worldwide discussions on climate change and with respect to the climate summit expected to be held in July 2001 in Bonn, aspects and measures are proposed to incorporate the forestry option into global change considerations although this may require modifications of the Kyoto agreement. Comprehensive preservation of pristine forests, sustainable use of managed forests and climate interactions of wood industries should become an important part of the Kyoto agreements. (For more details: English translation of chapter 6)

**Key words:** climate change, forestry, CO<sub>2</sub>-cycling, carbon sinks, forest industry, primary forests, managed forests, Kyoto protocol, fossil energy substitution

### 1 Ausgangslage

Die Politik lässt es sich nicht verdrießen, Erd- und Klimagipfel in schneller Folge abzuhalten. Alle sind der Bedrohung des Klimas durch Emissionen gewidmet, wie sie die Abhängigkeit der technischen Zivilisation von fossilen Brennstoffen, aber auch die Veränderungen der natürlichen Vegetationsdecke verursachen.

Ins Gerede gekommen ist dabei auch die Rolle des Waldes als wichtige Komponente in diesem Geschäft. Obwohl die Möglichkeiten, durch wald- und holzwirtschaftliche Maßnahmen dem weiteren Anstieg des CO<sub>2</sub>-Gehaltes der Atmosphäre entgegenzuwirken, allseits anerkannt werden, wird diese Option bisher von der Politik nicht als eigenständige, von den übrigen, vorwiegend technischen Bestrebungen unabhängige und additive Maßnahme umgesetzt. Das trifft in besonderer Weise für die Länder der EU zu, allen voran die Bundesrepublik Deutschland, in deren Klimapolitik der Wald-Holz-Option nahezu keine Bedeutung beigemessen wird, obwohl hoch entwickelte Forstwirtschaft und außerordentlich leistungsfähige Holzindustrie ideale Voraussetzungen für weltweite Aktivitäten bieten würden:

- Die deutsche Forst- und Holzindustrie (Praxis, Verbände, Verwaltung und Wissenschaft) hat sich trotz der enormen Herausforderung und Chance, welche die Wald-Holz-Option im Klimageschehen für sie darstellt, bisher nicht mit der nötigen Ernsthaftigkeit damit auseinandergesetzt und ihr deshalb auch nicht das politische Gewicht verschafft, das ihr entspräche.
- Das komplexe Zusammenwirken von Forst- und Holzindustrie und die daraus resultierenden CO<sub>2</sub>-Reduktionseffekte sind in die Betrachtungen bisher nicht oder nur in unvollständiger Form eingegangen.

Es ist ein Anliegen dieses Beitrages, einige grundlegende Zusammenhänge für das Verständnis der Effekte forst- und holzwirtschaftlicher Maßnahmen aufzuzeigen, deren ungenügende Berücksichtigung immer wieder zu Fehleinschätzungen und damit auch falschen Signalen an die Politik führt. Am Beispiel des Sondergutachtens des Wissenschaftlichen Beirates der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU) zum Kyoto-Protokoll sowie einer Publikation von Valentini et al. (2000) werden die Dinge entwickelt und einer kritischen Analyse unterzogen.

#### 1.1 Natürlicher Wald als Kohlenstoffspeicher

Natürlicher Wald, wo es ihn denn noch gibt, ist immer und überall ein *Kohlenstoffspeicher*. Er besteht aus lebender Biomasse, Nekromasse auf und im Boden und Dauerhumus im Boden (s. Abb. 2, Tab. 2). Dieser Speicher kann:

- a) halbwegs statisch sein wie im Falle reifer Urwälder. Zuwachs und Tod halten sich dann nie ganz, aber doch halbwegs die Waage. Netto-Kohlenstoffemissionen sind ebenso gering wie Kohlenstoffbindungen. In Mitteleuropa gibt es solchen Wald nicht mehr.
- b) dort in schneller Vergrößerung begriffen sein, wo junger Wald sich nach flächigen natürlichen Katastrophen einfänden und halten konnte.
- c) sich in Auflösung befinden durch unregelmäßige Nutzungen: Mögen diese aus Exploitationen bestehen oder aus Umwandlung in andere Formen der Bodennutzung (z.B. Weide). Dabei entstehen unvermeidlich CO<sub>2</sub>-Emissionen sowohl bei der Verbrennung oder Verrottung der lebenden Biomasse als auch beim beschleunigten Abbau eines Teiles der Nekromasse.





doppeln werden, nämlich von 6 auf 12 Gt C pro Jahr. Die USA, EU und andere OECD-Länder haben daran heute einen Anteil von 50 %. Er wird bis 2050 auf nur noch 27 % zurückgehen (Abb. 1). Diese 27% entsprechen dann jedoch einer absoluten Menge, die immer noch etwas größer ist als die heutige, anstatt um 80 % niedriger zu liegen, wie es ein wirksamer Klimaschutz erfordern würde (Simonis 1998).

Das heißt jedoch auch, dass die Bedeutung natürlicher, regenerativer Ressourcen weltweit steigen und der Druck einer schnell wachsenden Bevölkerung auf die noch vorhandenen Waldflächen zunehmen wird. Die Einführung nachhaltigen multifunktionalen Waldmanagements wo immer möglich, ist daher nicht nur aus klimarelevanten Gründen eine dringende Notwendigkeit. Wegen zahlreicher sozialer, wirtschaftlicher und ökologischer Zusatzeffekte, die mit der Erhaltung, Schaffung und nachhaltigen Bewirtschaftung von Wald und der Nutzung des produzierten Rohstoffes Holz verbunden sind, stellt die forst-holzwirtschaftliche Option auch einen substantiellen Beitrag zur *nachhaltigen Entwicklung* dar.

**3.2 Zum „Urwaldproblem“**

Ein weiteres Manko des WBGU-Berichtes ist es, dass versäumt wird, angemessen auf die Besonderheit von Urwäldern im Hinblick auf die Kyoto-Vorgaben hinzuweisen. Deshalb wird in Abbildung 2 deren Dynamik an einem Urwald der temperaten Zone mittels des eindrucksvollen Modells von Borman und Likens (1979) vorgestellt.

Es ist daraus klar ersichtlich, dass es nach einer klein- oder großflächigen natürlichen Katastrophe in einem reifen Urwaldbestand zu massivem Verlust an Biomasse kommt. Dabei wird Kohlendioxid in großem Umfang sowohl aus der in beschleunigtem Abbau befindlichen Biomasse als auch aus dem freigelegten Boden emittiert. Daran schließt sich eine spontane und meist schnell ablaufende Wiederbesiedlung mit jungem Wald an. Dieser durchläuft mit den höchsten Zuwachswerten, zu denen Wald fähig ist, eine Aufbauphase von – je nach Waldtyp – etlichen Jahrzehnten bis zu deutlich mehr als einem Jahrhundert Dauer, solange nämlich, bis eine maximale Ansammlung von Biomasse erreicht ist. Dieser Punkt markiert den Moment, in dem die Mortalität größer wird als der Zuwachs, mit der Folge, dass die lebende Biomasse langsam abnimmt, und zwar so lange, bis sich ein halbwegs ausgeglichenes Fließgleichgewicht zwischen Aufbau und Abbau einstellt. Das bleibt erhalten, es sei denn eine neue Katastrophe ereignet sich, die natürlich spontan auch in jedem anderen Stadium der Entwicklung möglich ist. In Urwaldgebieten mit genügender Flächenausdehnung finden sich alle beschriebenen Entwicklungsphasen, wenn auch in unterschiedlicher Ausdehnung, nebeneinander.

Die größten noch erhaltenen Urwaldflächen befinden sich in tropischen und borealen Regionen, wobei die tropischen unter starkem Druck stehen und den größten Teil der anthropogenen Emissionen aus Waldzerstörung verursachen. Sie liegen fast ausschließlich in Entwicklungsländern, für die das

Tab. 1. Anthropogene Komponenten des Kohlenstoffhaushaltes der Erde in den 80-er Jahren (Cannell 1995).

Anthropogenic components of the global carbon cycle during the eighties (Cannell 1995).

Quellen	Gt C/Jahr	Senken	Gt C/Jahr
Industrielle Emissionen	5,5 (±0,5)	Atmosphäre	3,4 (±0,2)
Entwaldung und andere Landnutzungsänderung	1,6 (±1,0)	Ozeane	2,0 (±0,6)
		Aufforstungen und andere Landnutzungsänderungen	0,7 (±1,0)
		Missing sink	1,0 (±1,0)
<b>Gesamt</b>	<b>7,1</b>		<b>7,1</b>

Zwar sind die Variationsmargen auf beiden Seiten der Bilanz so groß, dass ein Umgang mit diesen Werten mit großer Vorsicht erfolgen sollte. Doch wird diese Einschränkung dadurch etwas abgemildert, dass die Größenordnungen trotz immer neuer Nachprüfungen seit langem einigermaßen gleich geblieben sind. Es deutet alles darauf hin, dass der Senkeneffekt in den neunziger Jahren deutlich höher lag als in den Achtzigern, die hier dargestellt sind.

The variability of data on both sides of the balance is considerable and requires some care in using them. This restriction is modified to some degree by the fact that the magnitudes have been similar in various independent studies. There are indications, however that in the nineties they were up in comparison to the ones given here.

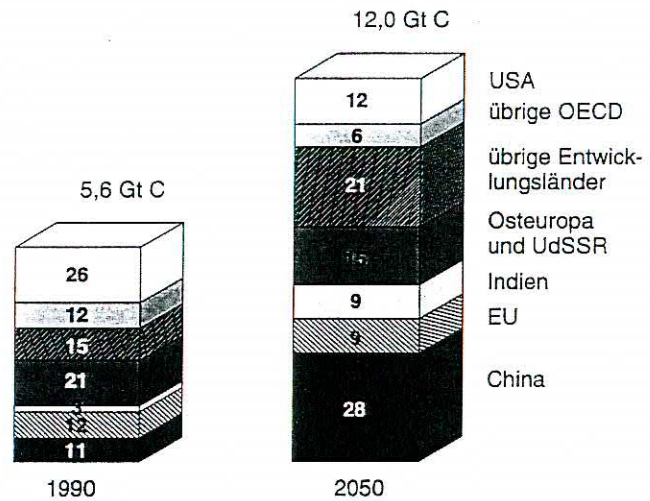


Abb. 1. Prognose der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Verbrennung fossiler Energieträger nach Ländergruppen (World Energy Council 2000). Current and future emissions of carbon dioxide from fossil fuels, according to regions.

Kyoto-Protokoll weder Restriktionen noch Anreize in kohlenstoffökologischer Hinsicht vorgesehen hat. Die Waldzerstörung dort wird also, Kyoto-Protokoll hin oder her, weitergehen. Hier gäbe es nur einen Weg, nämlich den über CDM-Maßnahmen. Dabei würde ein Finanzier aus den Industrieländern einen „Preis“ dafür zahlen, dass eine gegebene Urwaldfläche erhalten wird. Er würde also eine quantifizierbare Sicherung des Kohlenstoffspeichers Urwald finanzieren und dafür anrechenbare *Emissions ermeidungszertifikate* erwerben können. Der Mechanismus zur Quantifizierung und Anerkennung eines solchen Effektes müßte hergeleitet werden. In jedem Fall erscheint dies der einzige Weg zur Bewahrung von Primärwäldern dort, wo sie, wie in den tropischen Entwicklungsländern, besonders gefährdet sind. Das Kyoto-Protokoll hat ihn bisher nicht vorgesehen, und das WBGU-Gutachten hat ihn nicht mit



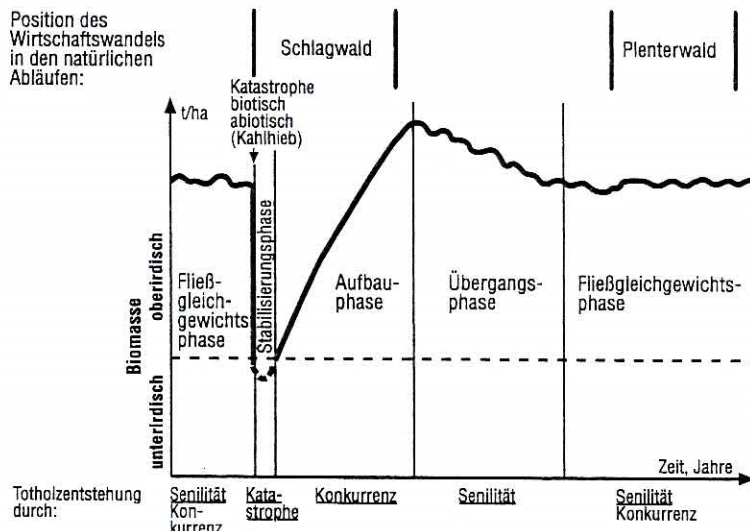


Abb. 2. Produktionsprozesse in Urwäldern der gemäßigten Zone. Siehe dazu auch Tabelle 2 (Borman u. Likens 1979, modifiziert n. Burschel u. Huss 1997). Production dynamics of primary forests in temperate zones.

der Dringlichkeit angemahnt, wie es nötig gewesen wäre. „Schutz durch Inwertsetzung“ hätte die Forderung des WBGU für diesen Fall sein müssen. Die kohlenstoffrelevanten Größenordnungen, um die es sich dabei handelt, können aus Tabelle 2 entnommen werden. Die Gruppierung der Aufnahmebefunde erlaubt eine Einordnung in Anhalt an Abbildung 2.

Mit dem Schutz vorratsreicher Primärwälder in den borealen Gebieten verhält es sich anders, da sie ganz überwiegend in Industrieländern liegen. Hier würde der Mechanismus des Kyoto-Protokolls wirksam werden, nach dem Exploitationen von Primärwäldern negativ mit der mobilisierten C-Menge als Kohlenstoffschuld, „carbon debit“, in die nationale Kohlenstoffbilanz der betroffenen Länder eingehen. „Schutz durch Sanktionen“ ist hier das Prinzip.

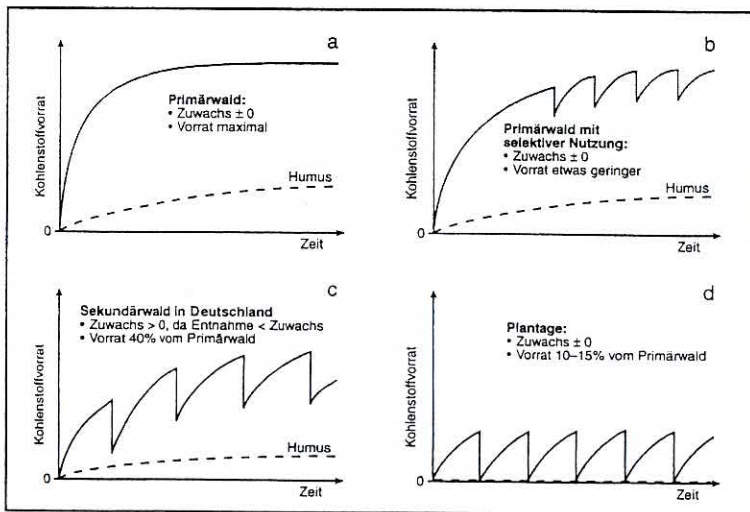


Abb. 3. Schematische Darstellung der Kohlenstoffdynamik in der oberirdischen Biomasse und im Humus von Primärwäldern, Wirtschaftswäldern und Plantagen (WBGU 1998). (Zu beachten ist, dass die Zeitskalen unterschiedlich sind und die Kurven keine realen Wachstumskurven darstellen.) Carbon dynamics of above and below ground biomass of primary and managed forests and plantations. (Time scales are different from case to case and curves do not represent real growth curves.)

Ob das alles den erwünschten Effekt hat, also mehr Naturwald erhalten bleibt als ohne das Protokoll, wird man allerdings nur dann feststellen können, wenn das Kyoto-Konzept tatsächlich einmal akzeptierte Aktionsgrundlage der Völkergemeinschaft geworden sein sollte. Im Augenblick ist die wirtschaftliche und soziale Dynamik, welche die massive Entwaldung der Erde vorantreibt, ungebrochen.

### 3.3 Zur Ausweitung des Waldspeichers durch Aufforstung

Das Konzept des Kyoto-Protokolls ist sehr einfach: Dort, wo der Wald in der Vergangenheit anthropogen verloren gegangen ist, wird er künstlich wieder geschaffen, nämlich durch Aufforstung. Er steht dann da und schafft einen mit der Zeit größer werdenden Speicher, der irgendwann in der Zukunft eine maximale Füllung erreicht und dann statisch wird. Dieses Konzept, so einleuchtend es auf den ersten Blick ist, enthält jedoch zwei vom WBGU unerkannte Schwächen.

Zum einen lässt es außer Betracht oder unterschätzt, dass in vielen Teilen der Welt gar keine Aufforstungen nötig sind, um degradierten oder auch zerstörten Wald wieder in Bestockung zu bringen, sondern dass bei entsprechenden Schutzmaßnahmen (z. B. gegen Weide) eine natürliche Wiederbestockung solcher Flächen erfolgt. Und was die Schutzmaßnahmen angeht, so sind sie bei Pflanzungen meist genauso nötig wie im Falle natürlicher Regeneration. Der Vorteil solcher natürlichen Walderneuerung wäre zudem, dass die Sicherung autochthoner Bestockungselemente und damit der Biodiversität als kostenlose Zugabe zum Klimaeffekt hinzukäme. Im Gutachten des WBGU wird zwar vor der Gefahr von Monotonie gewarnt, die die Schaffung von „Forstplantagen“ heraufbeschwört, jedoch die großflächig mögliche natürliche Neuschaffung von Wald nicht mit dem angemessenen Gewicht ins Spiel gebracht.

Zum anderen fällt es Wissenschaftlern ohne direkte Erfahrung im Umgang mit Wald offensichtlich überraschend schwer, sich vorzustellen, was mit einem neu geschaffenen oder entstandenen Wald auf Dauer geschieht. Abbildung 2, auf die noch einmal verwiesen sei, lässt erkennen, dass die oft geäußerte Befürchtung unzutreffend ist, ein solcher Wald könnte nach Erreichen einer bestimmten Dichte degradieren, schließlich absterben und dann das gespeicherte Kohlendioxid wieder emittieren. Tatsächlich verändert sich bei Erreichung solcher Dichten zwar die architektonische Struktur, und ihre Dynamik geht in die des Fließgleichgewichts über: Der Speicher bleibt aber „ad infinitum“ in seinem Fassungsvermögen erhalten. Das gilt jedenfalls so lange, wie Klimaänderungen nicht zu fundamentalen Änderungen der Lebensbedingungen überhaupt führen.

### 3.4 Zum Verständnis von Wirtschaftswald

Auch das Verständnis von Wirtschaftswäldern wird durch einen Blick auf Abbildung 2 erleichtert. Sie gehören nämlich ausnahmslos entweder in die Aufbau-phase mit schneller Akkumulation von Holz und damit Kohlenstoff oder in die Fließgleichgewichts-phase, in der sehr umsichtige Eingriffe auch wieder kein Akkumulationsmaximum, sondern ein Opti-



mum einstellen, das höchste jährliche Entnahmen erlaubt. Alle Wirtschaftswälder – sofern es sich nicht um Plantagenforsten mit intensiver Bodenbearbeitung, Düngung, Züchtung usw. handelt –, bewahren also immer gewisse Grundmuster natürlicher Waldentwicklungsprozesse. Reduktion der Baumartenvielfalt – allerdings nicht notwendigerweise – und Verkürzung der natürlichen Lebensspannen zur Wahrung von Jugendlichkeit mit entsprechend hohen Wachstumsraten sind vielleicht die wichtigsten Unterscheidungskriterien.

Im Hinblick darauf, dass die Weltbevölkerung von heute sechs auf neun Milliarden im Jahre 2050 anwachsen wird, kann leicht vorausgesagt werden, dass in Zukunft jeder zugängliche und nicht definitiv und wirksam geschützte Hektar Wald der Erde genutzt werden wird, und – nicht nur aus kohlenstoffökologischen Gründen – genutzt werden sollte (Schulte 1999). Dies ist ein Aspekt, der bis heute im Kyoto-Protokoll überhaupt keine Berücksichtigung findet und auch vom WBGU in seiner Bedeutung nicht erkannt wurde (s. Abb. 3).

Abbildung 3 zeigt die Kohlenstoffdynamik im Wald mit den Augen des WBGU gesehen. Die Primärwaldkurve (Abb. 3a) bringt die Akkumulation von Biomasse zum Ausdruck. Sie erreicht irgendwann einen Gleichgewichtszustand und bleibt dann mehr oder weniger konstant. Ein Blick auf Abbildung 2 zum Vergleich lässt allerdings erkennen, dass der Gleichgewichtsvorrat keineswegs im Maximum der Massenakkumulation liegt, sondern später und bei niedrigeren Werten. Und zur kontinuierlichen Zunahme des Bodenhumus im gesamten dargestellten Zeitraum ist nicht sicher, welche Größenordnung sie haben kann, und auch nicht, ob sie überhaupt so vonstatten geht, da kein Ausgangszustand definiert wurde. Bei null kann er allerdings nur liegen, wenn die Kurve auf Rohböden beginnen würde.

„Primärwälder mit selektiver Nutzung“ (Abb. 3b) bleiben zum einen keine Primärwälder. Vor allem aber haben sie, anders als hier angegeben wird, natürlich Zuwachs, wie sonst sollten sich die Eingriffspuren wieder schließen. Die Darstellung zeigt dies denn auch. Diese Waldkategorie wird im zugehörigen Text des Gutachtens in einem Namen mit Plenterwäldern und dem Hinweis genannt, dass der Einfluss des Menschen in Plenterwäldern nur gering sei. Dabei wird übersehen, dass Plenterwälder immer Wirtschaftswälder sind, die mit großem waldbaulichen Aufwand in der Plenterstruktur gehalten werden, eine hohe Erschließungsdichte mit Wegen erfordern und deren gesamter Zuwachs – wie bei anderen Formen des Wirtschaftswaldes auch – permanent und in kurzen Intervallen geerntet wird. Die Alter bleiben darin immer geringer, als das in Entwicklungsphasen mit Plenterstruktur von Primärwäldern der Fall ist.

Die Abbildung 3c ist überhaupt nur schwer nachvollziehbar. Soll der Wirtschaftswald Deutschlands, der hier Sekundärwald genannt wird, dargestellt werden, so ist der graphische Ansatz falsch. Soll es sich um einen Bestand im Wald der Bundesrepublik handeln, so bleibt die Präsentation unverständlich.

Ganz besonders auffällig wird die falsche Einschätzung des Wirtschaftswaldes am Beispiel Abbildung 3d. Damit ist wohl eine Plantage gemeint, wie sie z. B. zur Erzeugung von „moderner Biomasse“ (World Energy Council 2000) in kurzumtriebigen Pappel- oder Weidenkulturen dient. Für eine solche Plantage wird allen Ernstes ein Zuwachs von null angegeben, obwohl er tatsächlich so hoch ist wie in keinem vergleichbaren Typ von Wirtschaftswald. Nimmt man einen Zuwachs von 10 t Biomasse pro Jahr an und den Umtrieb mit 10 Jahren, so ergäbe sich – ohne Wurzeln und Blattstreu – in diesem Zeitraum ein durchschnittlicher Vorrat von 50 t Biomasse pro ha. In der Realität aber kann es eine solche Plantagenwirtschaft, wie sie dargestellt wurde, gar nicht geben. Sie würde ja implizieren, dass nur alle 10 Jahre geheizt würde.

Plantagen dieser Art erfordern mit zwingender Notwendigkeit eine mindestens 10-jährige Rotation mit Bestandesaltern von 1 bis 10. In einem solchen Fall könnte pro Jahr und nachhaltig der gesamte Zuwachs von 100 t geerntet und verbrannt werden. Selbst wenn dann der Durchschnittsvorrat von 500 t Biomasse als Speichergroße vernachlässigt würde, was 25 t ha C entspräche und damit immerhin etwa 25 % des oberirdischen Durchschnittsvorrates des Waldes in Deutschland, so bliebe doch der eigentliche kohlenstoffökologische Effekt

einer solchen Plantage völlig unberücksichtigt. Der ergibt sich erst aus der Verbrennung dieses Materials. Legt man pro kg Holz ein C-Äquivalent von 0,23 kg im Falle von Heizöl zugrunde (Burschel et al. 1993), so ergibt sich allein aus dem Zuwachs dieser Fläche eine nachhaltige CO<sub>2</sub> Emissionsvermeidung von 23 Tonnen C pro Jahr (2,3 t/ha/a). Die Angabe eines Zuwachses von null wäre also auch dann falsch, wenn sie der WBGU auf eine Betriebsklasse bezogen hätte.

An diesem drastischen Beispiel ist zu sehen, dass eine Reduktion der Betrachtung allein auf die biologische Seite der Prozesse zu kohlenstoffökologischen Fehlschlüssen führen muss. Der Zuwachs und seine Verwertung zählen, und das gilt, wenn auch meist auf komplexere Weise, für alle Wirtschaftswälder.

#### 4 Die Broschüre Valentini et al.

Ein weiteres Beispiel für die nicht umfassende Einschätzung des Waldes im Kohlenstoffkreislauf stammt von einer Gruppe von Autoren, die damit expressis verbis wissenschaftliche Informationen für politische Entscheidungen zu den Artikeln 3.3, 3.4 und 12 des Kyoto-Protokolls geben wollen. Eine der zentralen Darstellungen daraus wird hier als Abbildung 4 wiedergegeben (Valentini et al. 2000).

Die Abläufe werden auf der positiven Seite bestimmt von der Bruttoprimärproduktion, GPP, und der Nettoassimilationsleistung, NPP (GPP – autotrophe Atmung). Letztere ist die Größe, mit der sich die Landnutzung, aber auch die Kohlenstoffökologie im Wesentlichen beschäftigen.

Diese beiden Größen bringen nur die Produktionsleistung des lebenden, autotrophen Teils eines Ökosystems zum Ausdruck, nicht aber den Verbleib der abgestorbenen Biomasse. Diese kann über die Abbauprozesse, die negative Seite der Bilanz, verfolgt werden und äußert sich im Kohlenstoffhaushalt vor allem als heterotrophe Atmung. Aus Nettoprimärproduktion und heterotropher Atmung ergibt sich eine Größe, die in der Abbildung als Netto-Ökosystem-Produktion (NEP) bezeichnet wird. Ist die jährliche Abbaurate an toter organischer Substanz größer als die Zufuhr an solchem Material, so verringert sich die NEP, verhält es sich umgekehrt, so nimmt sie zu. Natürlich verringert sich die NEP auch bei jeder Abnahme der NPP. In großen Gebieten der Erde ist die NEP als Folge von devastativen Eingriffen niedriger als die NPP. Der Wald ist dort zur Quelle von CO<sub>2</sub> geworden.

In Mitteleuropa ist dagegen die aktuelle NEP größer als die NPP, und zwar nicht nur weil die heterotrophe Respiration im Allgemeinen wesentlich geringer ist als die jährliche Nettoproduktion, sondern weil sie auch niedriger ist als die Zufuhr an Streu und Reisig. Die Größenordnung dieses auf den Boden bezogenen Prozesses ist allerdings auch hier nur sehr überschlägig bekannt und dürfte im Bereich von 0,1 bis 0,3 t/C pro Hektar und Jahr liegen (Puhe u. Ulrich 2001). Ober- und unterirdische C-Vorräte nehmen also zu.

Zu diesem allen bringt Abbildung 4a noch eine weitere Größe ins Spiel, die Netto-Biom-Produktion (NBP). Zu den vorgenannten Speichern und Flüssen erscheinen darin auch jene Komponenten des Kohlenstoffhaushaltes, die bei Messungen von CO<sub>2</sub>-Flüssen auf Ökosystem-Ebene nicht erfasst werden, weil sie sich außerhalb des Ökosystems abspielen. In Wirtschaftswäldern ist das vor allem der Entzug des geernteten Holzes.

In diesem Meßbereich kommt der mehrfach beklagte Kurzschluss der rein biologischen Betrachtung kohlenstoffökologischer Zusammenhänge erneut und drastisch zum Ausdruck. Schaut man die Abbildung 4a daraufhin an, so lässt die Strich-



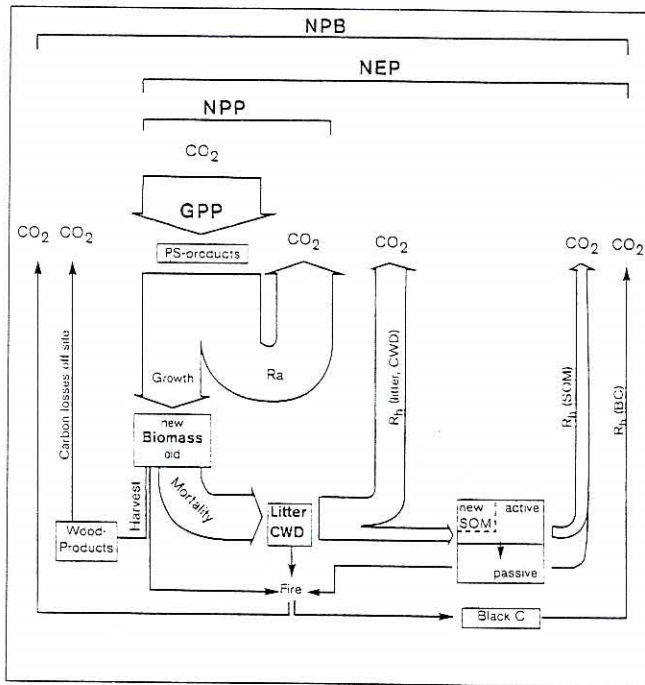


Abb. 4a. Darstellung terrestrischer Kohlenstoffflüsse. Erklärungen im Text (Valentini et al. 2000). Ra: autotrophe Atmung, Rh: heterotrophe Atmung, PS: Photosynthese-Produkte, Black C: schwer abbaubare Holzkohlerückstände, CWD: Grobreisig, Hiebsrückstände, SOM: C im Boden.

Composition of fluxes of terrestrial carbon. PS: products of photosynthesis; CWD: Coarse woody debris. Ra: autotrophic respiration; Rh: heterotrophic respiration; BC: inert charcoal deposits.

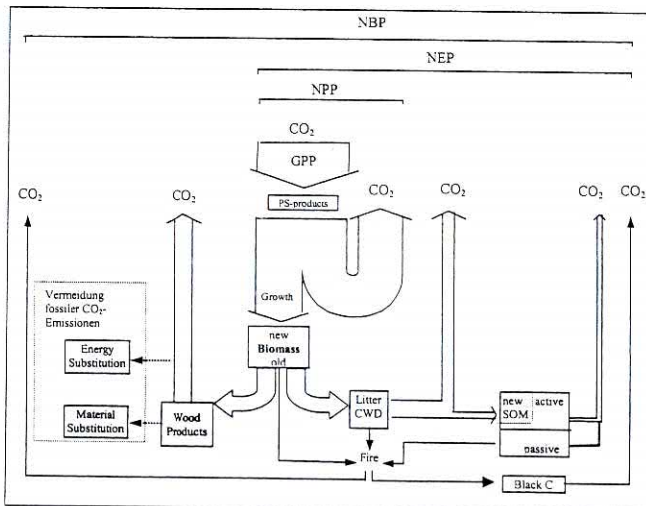


Abb. 4b. Kohlenstoffflüsse in einem nachhaltig bewirtschafteten Wirtschaftswald unter Berücksichtigung von Substitutions- und damit Emissionsvermeidungseffekten, wie sie sich bei geordneter Forstwirtschaft einstellen.

Carbon fluxes in a sustainably managed forest, also considering substitution effects as consequences of industrial use of harvested wood.

stärke des Erntepfeils vermuten, dass es sich um Prozesse der Größenordnung handelt, wie sie Jäger und Sammler in Wäldern verursacht haben mögen. Tatsächlich geht jedoch in nachhaltigen Wirtschaftswäldern nicht weniger als die Hälfte des jährlichen Zuwachses (NPP) in die Ernte. Und das Phänomen der Emissionsvermeidung durch Material- und Energie-substitution taucht in der Graphik nicht auf.

In Abbildung 4b sind die Dinge deshalb so dargestellt, dass auch diese Größen in ihrer Wirkung erkennbar werden. Aus dem Vergleich der Abbildungen 4a und 4b wird klar, dass bei Ansätzen, die nur die messbaren Kohlenstoffflüsse des biologischen Systems in die Betrachtung einbeziehen, diese Substitutionswirkungen nicht erkennbar sind. Sollen die in Abbildung 4a dargestellten Zusammenhänge dem kohlenstoff-ökologischen Tatbestand eines Wirtschaftswaldes gerecht werden, so bedürfen sie der in Abbildung 4b vorgenommenen grundlegenden Modifizierungen.

### 5 Beispiele für die Umsetzung der Wald-Holz-Option

Die bis hierher entwickelten Überlegungen sollen in der Folge an drei Beispielen belegt und vertieft werden.

#### 5.1 Fall A: Bayern

Durch das Vorhandensein von zwei umfassenden Großrauminventuren der Wälder Bayerns (1971 und 1987) war es möglich, Kohlenstoffbilanzen für diesen Zeitraum aufzustellen und durch Abschätzung der mit der Holzernte verbundenen Produktspeicher- und Substitutionseffekte zu ergänzen (Böswald 1996). Tabelle 2 zeigt die Ergebnisse.

Die jährliche Bilanz auf der rechten Seite der Tabelle ist ein quantitatives Beispiel für die in Abbildung 4 dargestellte Biom-Ebene der Betrachtung. Sie zeigt, dass die Kenntnis der GPP für kohlenstoffökologische Zwecke nicht erforderlich ist, da bei Inventuren ohnehin nur die Ergebnisse der Nettoproduktion an Biomasse in Erscheinung treten.

Der ganze Bereich an heterotropher Atmung fehlt in der Tabelle aus einem einfachen Grund: Es gibt darüber nicht genug umfassende und langfristige Messungen. Die nicht sehr umfangreichen Daten aus der Literatur lassen allerdings vermuten, dass es in den meisten Waldböden des Untersuchungsgebietes eher zu Akkumulation von toter Biomasse (Humus) kommt, die heterotrophe Atmung also geringer ist als der jährliche Zugang an Streu, Reisig und Hiebsrückständen. Die präsentierten Werte stellen daher wohl eine leichte Unterschätzung der tatsächlichen jährlichen Bindung von C im Ökosystem dar.

Tab. 2. Kohlenstoffvorräte in verschiedenen Entwicklungsstadien von Lenga- (*Nothofagus pumilio*)-Primärwäldern Feuerlands (s.a. Abb. 2) (Weber 2000).

Carbon deposits in different stages of development of primary forests (*Nothofagus pumilio*) in Tierra del Fuego (see also Fig. 2).

	Aufbau-phasen	Übergangs-phase	Gleichgewichts-phase
Alter (Jahre)	32	~ 100	~ 160
Grundfläche (m <sup>2</sup> /ha)	35	65	63
N/ha	32000	1880	676
Dendromasse (C t/ha)	65	193	207
Totholz (C t/ha)	61	25	38
Boden (C t/ha)	62	70	55
<b>Summe</b>	<b>188</b>	<b>288</b>	<b>303</b>



Voll in der Bilanz enthalten sind dagegen die Komponenten, die zusammen mit den biologischen Daten die kohlenstoffökologische Wirksamkeit ausmachen, nämlich Produktspeicher und Substitutionseffekte. Bleiben die aus der Betrachtung heraus – keine allein auf Kohlenstoffflüsse ausgerichtete Messmethode kann sie erfassen – so entsteht ein dramatisch unvollständiges Bild der tatsächlichen Situation.

Die in Tabelle 3 aufgeführten Zahlen müssen ins Verhältnis gesetzt werden zu der jährlichen Gesamtemission Bayerns an Kohlenstoff in Form von CO<sub>2</sub>. Sie liegt bei 23 Mio. t C pro Jahr. Das bedeutet, dass selbst in einem dicht besiedelten Industrieland wie Bayern gut 20-mal so viel Kohlenstoff im Wald gebunden ist, wie jährlich aus technisch zivilisatorischen Gründen an die Atmosphäre abgegeben wird. Der wichtigste Befund der Studie jedoch ist, dass Forst- und Holzwirtschaft in Bayern im 17-jährigen Beobachtungszeitraum nicht weniger als 16 % der anthropogenen CO<sub>2</sub>-Emissionen des Landes durch biologische Bindung und Substitutionsprozesse neutralisiert haben. Ein Befund der bisher in keinerlei CO<sub>2</sub>-ökologische Betrachtungen eingegangen ist und auch vom WBGU nicht zur Kenntnis genommen wurde.

**5.2 Fall B: Kyoto-Wald durch Aufforstung**

In Abbildung 5 ist das Beispiel eines typischen, durch Aufforstung geschaffenen Kyoto-Waldes dargestellt. Details dazu können der Bildunterschrift entnommen werden. Es handelt sich dabei um eine Situation, wie sie für Aufforstungsbestände in weiten Teilen der Welt üblich ist. Ohne auf die Details vertiefend einzugehen, zeigt sie doch zweierlei: Es wird als Folge der Aufforstung eine langsame aber stetige Zunahme des Bodenhumus angenommen. Die Holzproduktion geht dagegen in gleichbleibenden biologischen Größenordnungen in 40-jährigem Umtrieb vorstatten. Dass die Kohlenstoffbilanz für einen solchen Wald jedoch nicht wie in einem Naturwald mit einem mehr oder weniger gut definierbaren Gleichgewichtswert endet (vgl. Abb. 2), ist wieder durch die kohlenstoffökologischen Eigenarten der Nutzung bedingt.

Aus Abbildung 5b als Ausdruck eines Nachhaltigkeitsystems (Betriebsklasse) ist klar ersichtlich, dass die biologische Produktion (Holz und Streu) etwa vom Alter 40 an, dem Ende des Umtriebs, gleich bleibt. Langlebige Holzprodukte erhöhen den biologischen Gesamtspeicher Kohlenstoff jedoch für eine gewisse Zeit weiter, während Holzprodukte von kurzer Lebensdauer nur einen geringen, gleichbleibenden Beitrag zur Kohlen-

Tab 3. Kohlenstoffökologische Charakteristika von Wald und Holzwirtschaft in Bayern (Böswald 1996).

Carbon related characteristics of forests and utilization of wood in the State of Bavaria (Böswald 1996). (Bodenvegetation: ground vegetation; Totholz: dead wood; Auflage- und Bodenhumus: litter and soil humus; C-Bindung im Wald: C fixation in the forest; Produktspeicher: storage in products).

	Mio. t	Kohlenstoffminderungseffekte	Mio. t/a
Dendromasse	265	C-Bindung im Wald	2.6
Bodenvegetation	3	Produktspeicher	0,4
Totholz	5	Materialsubstitution	0,4
Auflage- und Bodenhumus	242	Energiesubstitution	0,3
<b>Summe</b>	<b>515</b>	Fossil.Energie f. Holzproduktion, Be- u. Verarbeitung	-0,1
		<b>Summe</b>	<b>3,6</b>

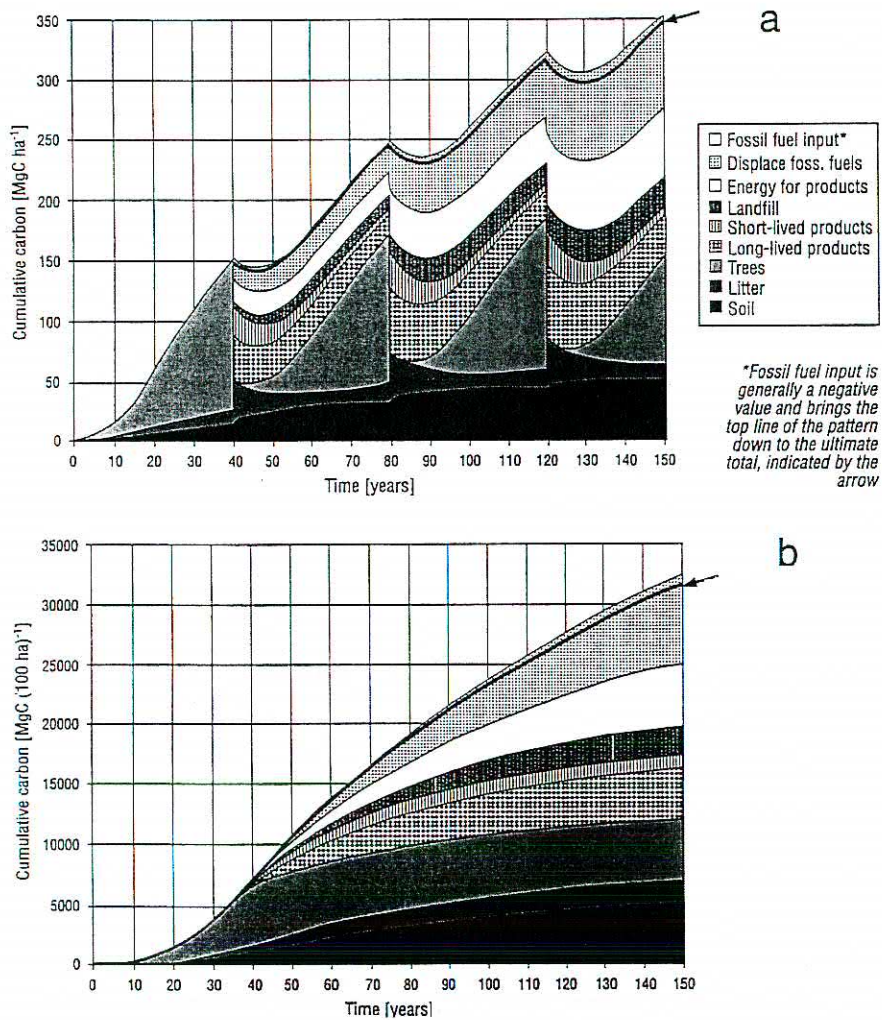


Abb. 5. Kohlenstoffökologische Abläufe in einem Wirtschaftswald, wie man ihn sich nach Aufforstungen von unbestockten Flächen als Kyoto-Wald vorstellen kann. Abbildung 5a zeigt dabei die Entwicklung eines Bestandes über 4 Umtriebszeiten, und in Abbildung 5b ist derselbe Prozess für eine ganze Betriebsklasse dargestellt. Umtriebszeit: 40 Jahre; Betriebsklasse 100 ha, jährliche Aufforstung 2,5 ha; C-Bindung: 3 t/ha/Jahr (Schlamadinger u. Marland 1998). Carbon ecology of a forest managed after afforestation of unstocked land according to Kyoto Protocol. In Fig. 5a the development of a single stand is given for 4 rotations of 40 years each. In Fig. 5b the same process is presented for a 100 ha forest (afforestation: 2.5 ha/year). C fixation is assumed to be 3 t/ha/year (Schlamadinger and Marland 1998).



stoffbilanz leisten. Ein Teil der Bioproduktion, oft nach Gebrauch als Produkt, landet auf Deponien. Dort wird er zwar langsam abgebaut, aber doch auch kontinuierlich ergänzt durch neue Abfälle, so dass eine ziemlich konstante Größe entsteht.

Der eigentliche akkumulierende Verlauf der Gesamtkurve kommt somit durch die Substitutionseffekte zustande. Einmal wird fossile Energie durch die nachhaltig erzeugte und daher kohlenstoffneutrale Bioenergie ersetzt, und zum anderen substituieren Holzprodukte gleichwertige Objekte, die mit größerem Aufwand an fossiler Energie hergestellt werden. (Alle Holzprodukte können nach ihrem Gebrauch zudem auch energetisch weiter genutzt werden, wodurch sich die Ablagerung in Deponien (Methanbildung bei der Verrottung!) verringern und die Energiesubstitution verstärken würde!) Der kontinuierliche, infinite Anstieg der „Kohlenstoff-Bindungs-Substitutionskurve“ ist also vor allem die Folge der *Vermeidung on Emissionen aus fossiler Energie*, dem Hauptziel der Klimapolitik.

**5.3 Fall C: Schutz von Primärwald durch Kyoto-Wald**

Es ist eine der berechtigten Sorgen der Kommentatoren des Kyoto-Protokolls, dass die mit Aufforstungsmaßnahmen verbundene Vergabe von Emissions(vermeidungs)zertifikaten in Höhe des gebundenen Kohlenstoffs zum beschleunigten Einschlag von Primärwäldern führen könnte, um dann auf den geräumten Flächen Aufforstungen im Sinne des Kyoto-Protokolls vorzunehmen. Dazu gibt es jedoch auch den umgekehrten gedanklichen Ansatz, der auf die Erhaltung von Primärwäldern durch Aufforstungen abzielt: Nachhaltig bewirtschaftete Wälder werden durch Aufforstung nicht mehr bestockter Flächen geschaffen, wie das in Abbildung 5 vorgestellt worden ist. Dabei können alle Vorteile des Kyoto-Prozesses in Anspruch genommen werden. Am Ende der Aufbauphase dieser Aufforstungen und mit Beginn nachhaltiger Nutzungen kann dann jährlich eine gleichbleibende, also nachhaltige Menge an Holz entnommen werden, die entsprechende Entnahmen aus Primärwald überflüssig macht.

Diese Zusammenhänge sind, modellhaft und simplifiziert, in Abbildung 6 dargestellt. Es ist daraus zu ersehen, dass sich durch die Erhaltung des Kohlenstoffspeichers Primärwald ein

Emissionsvermeidungseffekt einstellt, der additiven Charakter hat: Jedes Jahr bleibt ein Teil des Primärwaldes erhalten, der so groß ist wie an Fläche erforderlich wäre, um die gleiche Menge an Holz zu liefern, wie sie jetzt aus dem Wirtschaftswald kommt. Außerdem gibt es einen Speichereffekt im neuen Wald, der nachhaltig auf einer standortgemäßen optimalen Höhe gehalten wird. Aus diesem „C-Speicher- + Emissionsvermeidungseffekt“ ergibt sich dann das kohlenstoffökologische Resultat aus dem Gesamtsystem Kyoto-Wald + Primärwald. Dieser Wert steigt um ein Beträchtliches an, wenn zu den Wirkungen des Kyoto-Waldes auch noch die in Abbildung 4 vorgestellten Größen wie Produktspeicher und Substitutionswirkungen mit in die Betrachtung einbezogen werden. Abbildung 6 zeigt es.

So schematisch und theoretisch dieses Beispiel auch sein mag, so zeigt es doch auf eingängige Weise, wie durch eine Kombination forstlicher Maßnahmen die Erhaltung von Primärwald sicher oft leichter erreicht werden kann als durch strafenbewehrte Schutzmaßnahmen. Die im Kyoto-Protokoll vorgesehene Vergabe von „emission debits“ stellt eine solche „Strafmaßnahme“ dar. Sie ist allerdings schon deshalb lediglich von beschränkter Wirksamkeit, weil sie nur Industrieländer trifft. In der großen Breite der ärmeren Länder, dort also, wo Waldzerstörungen besonders akut sind, können Ansätze nur halbwegs aussichtsreich sein, wenn sie für die Betroffenen quantifizierbare Vorteile versprechen, der Naturwald also dauerhaft „in Wert gesetzt“ wird.

Das hier vorgeführte Beispiel stellt einen sehr vereinfachten Ansatz für solche Vorgehensweisen dar. Sie sollten in groß angelegten CDM-Projekten im Rahmen der Vorgaben des Kyoto-Protokolls dort angegangen werden, wo es tatsächlich noch möglich ist, in substantiellem Umfang Primärwälder zu retten. Das größte Problem dabei wird es immer sein, die nationale wie lokale politische Ebene sowohl als auch die soziale dazu zu bringen, solche Vorhaben mit zu tragen.

**6 Resümee und Konsequenzen**

**6.1 Erhaltung von Primärwäldern**

Großflächige Primärwälder sind Ausdruck des natürlichen Produktionspotentials auf den damit bestockten Flächen. Sie können sich in unterschiedlichen Stadien der Entwicklung befinden. Die in ihnen gespeicherten Kohlenstoffmengen sind sehr hoch, werden aber in fortgeschrittenen Entwicklungsstadien statisch, der Zuwachs wird durch Absterbeprozesse ausgeglichen.

Intakte Primärwälder sollten möglichst großflächig unter Schutz gestellt werden, und zwar zum einen der gespeicherten Kohlenstoffmengen wegen, aber zum anderen auch, weil sie Lebensraum für menschliche Kulturen und Träger von Biodiversität sind. Es ist ein großes Versäumnis des Kyoto-Protokolls, dass die Rolle von Primärwäldern nicht genügend herausgearbeitet wurde. Zwar sollen in Industrieländern Emissionen, die bei der Zerstörung von Primärwäldern

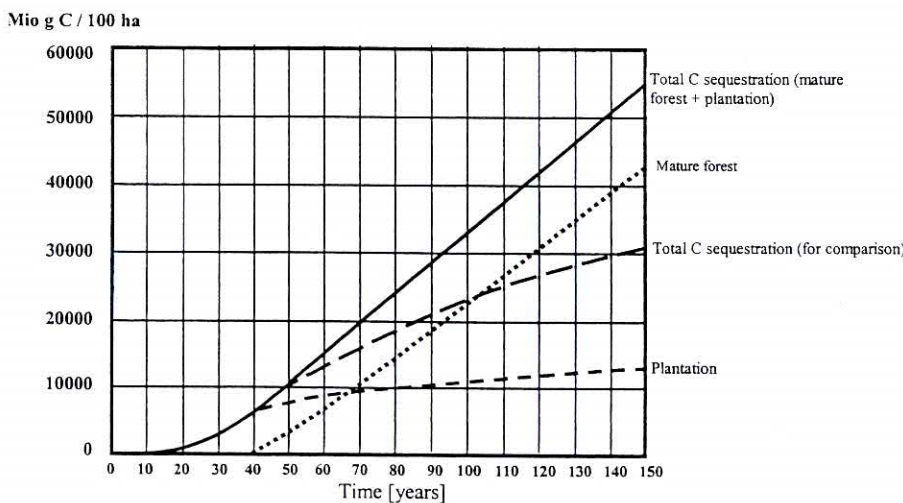


Abb. 6. Schematische Darstellung der kohlenstoffökologischen Verbindung von Aufforstungen und Erhaltung von Primärwald (Schlamadinger u. Marland 1998). Afforestation and carbon ecology as a means to protect primary forests from destructive human interventions (Schlamadinger and Marland 1998).



entstehen, als „emission debits“ auf die nationale Bilanz angerechnet werden, jedoch gibt es keine positiven Anreize in Form von Emissionsvermeidungsprämien zur Erhaltung solcher Wälder. Darin liegt eine bedeutende Schwäche des Kyoto-Protokolls, es sei noch einmal betont!

Für Entwicklungsländer sind kohlenstoffökologische Ansätze zur Erhaltung von Primärwäldern überhaupt nur dann möglich, wenn Kooperationen mit Industrieländern darin bestehen können, dass kohlenstoffökologische Schutzmaßnahmen und deren quantifizierte Erfolge als Emissionsvermeidung anerkannt werden. Es ist eine politische Aufgabe, dieses Postulat umzusetzen. Das Kyoto-Protokoll bedarf der Ausweitung und Präzisierung, soll es diesem Anspruch gerecht werden.

## 6.2 Wirtschaftswald und Holzwirtschaft als Größen der Kohlenstoffökologie

Es gibt schon heute, vor allem auf der Nordhalbkugel, große Wirtschaftswälder sehr unterschiedlicher Bestockungsart. Als Folge des massiven Bevölkerungswachstums wird die Fläche solcher Wirtschaftswälder weltweit durch die Rehabilitierung übernutzten und devastierten Waldes zunehmen, vor allem im tropischen Bereich. Es ist deshalb unumgänglich, die kohlenstoffökologischen Eigenarten von Wirtschaftswäldern zu kennen und bei der Entwicklung klimarelevanter Methoden der Waldbehandlung zu berücksichtigen. Dabei handelt es sich um die folgenden Aspekte:

- a) Wirtschaftswälder verdienen diesen Namen nur, wenn sie ökonomische Zwecke verfolgen und auf *Nachhaltigkeit* angelegt sind. Das bedeutet, dass über sehr lange Zeiträume gleichbleibende oder steigende jährliche Holzträge erwartet werden können. Sie werden einer *Holzindustrie* zugeführt, deren *Kapazität dem Rohstoffangebot entspricht und bei zunehmendem Angebot ausgeweitet werden kann*. *Wald- und Holzwirtschaft werden zu einer sich überlappenden kohlenstoffökologischen Einheit*. Dieser elementare Zusammenhang ist in vielen Beiträgen zu dieser Problematik völlig unbeachtet und im Kyoto-Protokoll unerwähnt geblieben (z.B. WBGU 1998).
- b) Nicht nur die Holzproduktion muss nachhaltig verlaufen, sondern auch das Kapital an Bodenkohlenstoff qualitativ und quantitativ erhalten oder vergrößert werden. Letzteres gilt vor allem für forstliche Aktivitäten auf degradierten Böden (s. dazu Punkt e).
- c) Alles Holz aus Wirtschaftswäldern muss einer Nutzung zugeführt werden, die von einfacher Verwendung als Brennholz über den ganzen Umfang hölzerner Produkte bis zu deren energetischer Nutzung am Ende ihrer technischen Lebenszeit reicht. *Erst Wald- und Holzwirtschaft gemeinsam erbringen die volle klimaökologische Ausnutzung des im Wald steckenden klimarelevanten Potentials. Kyoto-Wälder müssen daher von Beginn an als intensiv genutzte Wirtschaftswälder konzipiert werden, um die Emissionsvermeidung durch Material- und Energiesubstitution voll auszunutzen. Holzverwendung wird so zu einer klimaökologisch optimalen Option, Nachhaltigkeit, ein Grundprinzip des Wirtschaftswaldes, herausgesetzt. Im Kyoto-Protokoll sind diese grundlegenden Zusammenhänge kaum berücksichtigt worden.*
- d) Wie die Erhaltung von Primärwäldern leistet auch nachhaltig betriebene Forstwirtschaft einen bedeutenden Beitrag zur Bewahrung von Biodiversität. Voraussetzung dafür sind das Arbeiten mit standorttypischen Baumarten und Baumartenkombinationen sowie die Schaffung vielgestaltigen Waldaufbaus. Kyoto-Wälder dagegen, die allein auf maximale Produktivität, Baumartenreduktion, Kurzumtrieb-

keit und Kahlschlag ausgerichtet sind, wie das bei manchen Hochleistungsplantagen der Fall ist, werden solchen Erwartungen nicht gerecht.

- e) Der Umgang mit Wirtschaftswald erhält vor dem Hintergrund der geschilderten klimarelevanten Aspekte eine neue Dimension. Es wird nötig, optimale Vorratsdichten einzustellen, die es erlauben, hohe Kohlenstoffspeicherung mit hohem Produktfluss und maximaler Stabilität gegen biotische und abiotische Schadfaktoren nachhaltig zu verbinden. Die dazu nötigen Kenntnisse und Erfahrungen existieren weltweit vielerorts.
- f) Waldbauliche Produktionsmethoden, die Kohlenstoffemissionen stimulieren, sollten in Kyoto-Wäldern nicht mehr angewendet werden. Daraus ergibt sich die folgende Liste von Vorgaben:
  - Vorzug natürlicher vor künstlicher Bestandesbegründung, wenn diese energetische Aufwendungen nötig macht, die auf fossilen Energieträgern beruhen.
  - Keine Bodenbearbeitungen, wo sie infolge Beschleunigung der Kohlenstoffumsätze zu Kohlendioxidemissionen führen.
  - Keine Entwässerungsmaßnahmen zur Schaffung von Aufforstungsflächen (unerwünschte Stimulierung des Torfabbaus).
  - Keine mineralische Düngung, wenn sie Umsetzungsprozesse im Boden stimuliert.
  - Vermeidung von Kahlschlägen.
  - Statt dessen Bevorzugung von langfristigen Verjüngungsverfahren zur Walderneuerung, die eine permanente Walddecke sichern und so Kohlenstoff-Verluste an die Atmosphäre vermeiden.
  - Jede Nutzung muss auf Boden und Bestand schonende Weise so vonstatten gehen, dass jede Stimulierung von CO<sub>2</sub>-Emissionen vermieden wird.

## 6.3 Realisierbarkeit forstlicher Maßnahmen

Der Schutz von Primärwäldern vor Rodung oder Bränden erfordert zu den forsttechnischen Konzepten auch soziale Konzepte. Sie sollten in Form von CDM-Projekten größten Stils in Zusammenarbeit von Industrie- und Entwicklungsländern mit hoher Priorität in Angriff genommen und zur Praxisreife gebracht werden. Ein effektiver, auf feuerökologischen Erkenntnissen basierender Feuerschutz (Goldammer 1999) ist dabei eine zwingende Voraussetzung für erfolgreichen Umgang mit Wald. Erste Beispiele für solche Aktivitäten sind im Entstehen und bedürfen intensiver Förderung.

Technik, Logistik und Verwaltung forst- und holzwirtschaftlicher Aktivitäten sind nicht nur etabliert, sondern haben auch eine lange Tradition. Maßnahmen nach dem Kyoto-Protokoll können daher jederzeit in Angriff genommen werden. Wird Wald durch Aufforstungen oder Naturverjüngung nicht (mehr) bestockter Flächen neu begründet, entsteht also „Kyoto-Wald“, so laufen die waldbaulichen Aktivitäten den holzwirtschaftlichen voraus, wodurch Industrie und Markt Zeit haben, sich auf die absehbar größer werdenden Rohstoffmengen einzustellen. Es gibt infolgedessen keine technischen Gründe, die die sofortige Umsetzung einer Waldvermehrung behindern würden.

In Ländern mit eingeführter Forstwirtschaft, wie z. B. der Bundesrepublik Deutschland, ist es nötig, aus groß- und kleinräumigen Inventuren kohlenstoffökologische Befunde zu erarbeiten und Modelle zu entwickeln, die ein Maximum an Klimawirksamkeit herzustellen erlauben. Zu den kohlenstoffökologischen müssen dabei ökonomische, holzmarktrelevante und



naturschützerische Komponenten quantitativ in die Betrachtung eingehen. Solche Modelle gewinnen sehr an Verlässlichkeit, wenn es gelingt, auch die im Boden ablaufenden kohlenstoffrelevanten Prozesse – also die Veränderungen des Auflage- und Bodenkapitals an Kohlenstoff – messbar und damit die Netto-Ökosystemproduktion NEP nachweisbar zu machen (Schulze 2001).

Die Bedeutung von Holz aus nachhaltiger Nutzung in kohlenstoffökologischen Zusammenhängen bedarf schnell und dringend weiterer wissenschaftlicher Betrachtung. Der elementar wichtige Überlappungseffekt von Forst- und Holzwirtschaft ist in seiner Klimawirksamkeit bisher nur ungenügend in die Betrachtung eingegangen. Studien von Wegener et al. (1997) und Wegener und Zimmer (2000) sind Beispiele für diesen Arbeitsbereich. Sie lassen erkennen, dass es sich dabei um relevante Größen zum Verständnis des Kohlenstoffhaushalts handelt. Ebenso dringlich ist es, Untersuchungen über die Auswirkungen zu intensivieren, die die prognostizierte Klimaänderung auf die Waldentwicklung haben wird. Studien von Felbermeier (1993) und Lindner (1998) sind erste Beispiele dafür.

Es gibt durchaus noch viele verfahrenstechnische Fragen zur Abwicklung von forstlich-kohlenstoffökologischen Projekten zu lösen. Übereinkommen zur Quantifizierung von Senkeneffekten gehören dazu. Und das Konzept der Additionalität des Kyoto-Protokolls bedarf einer neuen Definition für alle die Fälle, in denen der Zweck einer Maßnahme nicht nur darin besteht, einen Senkeneffekt zu erreichen, sondern erst die langfristige ökonomische Nutzung via Holzindustrie und Energiegewinnung das volle klimaökologische Potenzial wirksam werden lässt. All das ist jedoch nicht von einer Art, die einen sofortigen und effektiven Beginn von Maßnahmen in Frage stellen würde.

Angesichts der Gefährdungsszenarien zur anthropogenen Klimaveränderung, wie sie sich in den IPCC-Berichten finden, und angesichts der Tatsache, dass wirklich spürbare Fortschritte bei technischen Ansätzen zur Minderung des CO<sub>2</sub>-Anstiegs der Atmosphäre bisher nicht sichtbar sind, ist es unverständlich, dass die Wald-Holz-Option als Möglichkeit mit großer Breitenwirkung weit über die Klimaproblematik hinaus nicht mit Nachdruck verfolgt wird. Sie könnte nicht nur eine substantielle Rolle bei der Reduktion von CO<sub>2</sub>-Emissionen spielen, sondern auch der Einstieg in die von der Bundesregierung angestrebte Kreislaufwirtschaft sein.

## 6 Summary and conclusions

### 6.1 Conservation of Primary Forests

Primary forests are manifestations of the biological production potential of the areas covered by them. They can be in different stages of development. The quantities of carbon stored are very high but become static in advanced, mature stages of development where increment becomes compensated by mortality (Abb. 2).

Untouched primary forests should be maintained without any kind of use on areas as large as possible. On one hand they maintain large C deposits, and on the other they are essential for safeguarding human cultures and biodiversity in a comprehensive sense. This extremely important and comprehensive role of pristine forests is not adequately considered in the Kyoto Protocol. Emission debits are foreseen for industrialized countries, if primary forests are destroyed. But there exists no incentive in the form of emission (avoiding) credits for conserving this type of forest cover and corresponding C deposit, neither in industrialized nor in developing countries. This has to be considered as a serious shortcoming of the protocol.

In developing countries measures for the protection of primary forests are only possible, if, within the context of CDM approaches,

corresponding measures, quantitatively proved, were accepted. Up to now this is not the case. It will be a difficult political task to incorporate the maintenance of pristine forests in Non Annex B countries by way of CDM into the Kyoto Protocol. This requires considerable enlargement upon and more precision of the document.

### 6.2 Carbon ecology of managed forests

In large areas mainly in the northern hemisphere, managed forests of very different types have existed for a long time. As a consequence of massive population growth, the extension of managed forests will increase by rehabilitation of overused and devastated former wood lands. Just because timber production will become a vital issue. It is important, therefore, to know the carbon ecology of such forests in order to develop adequate methods for the optimization of such characteristics. In this context the following aspects have to be considered:

- a) Managed forests only deserve this name if they pursue economic purposes, and at the same time are following the principle of sustainability. This means that more or less equal or increasing quantities of timber can be harvested every year. They are transferred to a national or international timber industry, the capacity of which – within the rules of the market – corresponds to the volume offered and can be expanded with increasing supply. Forestry and forest industry become an overlapping carbon ecological unit. This basic relation has been neglected in many contributions referring to this topic (p. e. WGBU 1998).
- b) Not only must the timber production be carried out in a sustainable way, but also the deposit of carbon in the soil has to be maintained or increased. The latter is of special importance for all silvicultural activities on devastated soils.
- c) All timber harvested from managed forests has to be subjected to some type of utilization, which may range from simple purposes like generation of energy from fire wood to the wide range of forest products, which, once obsolete also can be transformed to energy. It is only when forestry and forest industry act together, that the complete climatological potential of managed forests can be realized. Therefore, Kyoto Forests from the beginning have to be designed as intensively utilized forests in order to assure an optimal deposit of carbon in the forest, a maximum sustainable harvest and to make possible the offset of emissions by substitution of fossil energy for sustainably produced bioenergy and strongly fossil energy dependent materials for wooden ones. By such means, with the industry making use of timber from sustainably-produced wood managed forests become a climate ecological option of the first order.
- d) Like primary forests when protected and maintained, managed ones can also contribute to conserving biodiversity. This especially holds true if choice of tree species and their combination correspond to site conditions, and if a complex stand structure can be achieved and maintained. Kyoto forests designed exclusively for maximum productivity, a reduced number of tree species, short rotations and clear cut harvesting. As it is the case with certain high productivity plantations the world over, normally they will not satisfy such expectations.
- e) Considering these aspects, the management of forests has reached a new level of importance. It will become necessary to develop site dependent optimum forest densities for any individual forest which allows a degree of carbon fixation with a maximum flux of forest products to be combined with a high degree of stability against biotic as well as abiotic risks. Knowledge and experience to reach such goals do exist in many parts of the world (cf. corresponding text books)
- f) Silvicultural measures which stimulate emissions of carbon dioxide should not be applied any more. The following list of restrictions may give an idea of this complex:
  - Preference of natural to artificial regeneration, where the latter requires input of fossil energy.
  - No soil treatments where they affect the carbon cycle in a way that carbon dioxide emissions are increased.
  - No draining measures to obtain sites for afforestation, in order to avoid accelerated decomposition of organic matter, p. e. peat, with corresponding CO<sub>2</sub>-emissions.
  - No mineral fertilization where a stimulation of soil processes will increase carbon dioxide emissions.



- Avoiding of silvicultural measures which are based on clear cutting.
- Instead, preference of regeneration measures which assure a permanent forest cover and minimize carbon losses from the site.

### 6.3 Applicability of forestry measures

In addition to technical-silvicultural measures protection of primary forests from fire and land use change requires social concepts. In cooperation of industrialized and less industrialized countries such concepts should be developed and made applicable by means of large scale CDM projects. An effective fire protection based on modern fire ecology will be fundamental for a successful management of forests (Goldammer 1999). The first examples of such activities have been initiated and require intensive support.

Procedures, logistics and administration of activities in the field of forestry and wood industry are developed and have a long tradition. Activities in accordance with the Kyoto Protocol can therefore be initiated without delay. In case Kyoto-forests are established, be it by means of artificial or natural regeneration, silvicultural activities precede so that industry and the market have the necessary time to be prepared for the larger supply of raw material. Therefore there are no technical reasons which would prevent the immediate initiation of reforestation activities.

In countries with established forestry, as is the case in Germany, it is necessary to establish from small and large scale inventories – which are carried out anyway – the necessary information with respect to carbon ecology in forests. They will allow the development of silvicultural models which maximize climate mitigation effects. At the same time such models have to quantitatively consider economic, wood market and natural conservation aspects. Results obtained by this means would be improved in reliability by including carbon related processes occurring on and in the soil. Data referring to changes in litter and humus contents, quantitatively as qualitatively, are urgently needed in order to establish robust values for the net ecosystem production NEP (Schulze 2001).

The role of wood from sustainable production for carbon ecology urgently requires intensification of research. The overlapping effect between forestry and timber industry as far as climate effects are concerned has not been regarded sufficiently up to now. Studies from Wegener et al. (1997, 2000) are examples for this type of approaches. They clearly show that the magnitudes are important in order to understand the anthropogenic carbon cycle.

There is still quite a number of problems to be solved in order to guarantee the smooth management of such projects. Agreements on the quantification of sink effects are part of it. The Kyoto concept of additionality has to be reconsidered in all cases where not only sink effects are at stake, but also long term utilization via forest industries and energy generation in order to activate and quantify the full climate-ecological potential. None of these problems, however present implications that would not allow initiation of activities in an immediate and effective manner.

Considering the risks of anthropogenic climate change as they are presented in IPCC reports, and taking into consideration that up to know technical means of climate mitigation have not at all been successful, it is difficult to understand, why the „Wood-Forestry-Forest industry-Option“ presented here as a comprehensive measure has not been realized in large scale. Not only could it play a substantial role for the reduction of greenhouse emissions, but it could also open the way for sustainable development.

### Literatur

- Borman, F.H.; Likens, G.E. 1979. Pattern and process in a forested ecosystem. Springer, New York.
- Böswald, K. 1996. Zur Bedeutung des Waldes und der Forstwirtschaft im Kohlenstoffhaushalt, eine Analyse am Beispiel des Bundeslandes Bayern. Forstliche Forschungsberichte München Nr. 159.
- Burschel, P.; Huss, J. 1997. Grundriß des Waldbaus. Parey Buchverlag, Berlin.
- Burschel, P.; Kürsten, E.; Larson, B.C.; Weber, M. 1993. Present Role of German forests and forestry in the National Carbon Budget and Options to its increase. In: Wisniewsky, J.; Sampson, R.N.(Eds). Terrestrial Biospheric Carbon Fluxes: Quantification of sinks and sources of CO<sub>2</sub>. Kluwer Academic Publishers.
- Cannell, M. 1995. Forests and the Global Carbon Cycle in the past, present and future. European Forest Institute, Research Report 2.
- Felbermeier, B. 1993. Der Einfluß von Klimaänderungen auf die Areale von Baumarten. Methodenstudie und regionale Abschätzung für die Rotbuche (*Fagus sylvatica* L.) in Bayern. Forstliche Forschungsberichte München Nr. 134.
- Goldammer, J.G. 1999. Forests on fire. Science, 1782-3.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 1995. Climate Change 1995. ISBN-0521-56437-9.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2001. Summary for Policymakers of the Third Assessment Report of Working Group I. www.ipcc.ch/pub/spm22-01.pdf.
- Lindner, M. 1998. Wirkungen von Klimaveränderungen in mitteleuropäischen Wirtschaftswäldern. PIK Report Potsdam 46.
- Mulongoy, K.J.; Smith, J.; Alirol, Ph.; Witthoef-Muehlmann, A. 1998. Are Joint Implementation and the Clean Development Mechanism opportunities for forest sustainable management through carbon sequestration projects? Global Change in the Global Economy Programme. International Academy of the Environment, CC98/PD01/04.Genf.
- Puhe, J.; Ulrich, B. 2001. Global Climate Change and Human Impacts on Forest Ecosystems. Ecological Studies 143. Springer, Berlin.
- Schlamadinger, B.; Marland, G. 1998. Substitution of wood from plantation forestry for wood from deforestation: Modelling the effects on carbon storage. In: Kohlmaier, G.H.; Weber, M.; Houghton, R.A. (Eds). Carbon Dioxide Mitigation in Forestry. Springer, Berlin.
- Schulte, A. 1999. Trends und Interdependenzen der Globalisierung: Droht eine Marginalisierung der deutschen Forst- und Holzwirtschaft? Forstarchiv 70, 223-227.
- Schulze, E.D. 2000. Der Einfluß des Menschen auf die biogeochemischen Kreisläufe der Erde. Max Planck Forschung JV/2000.
- Schulze, E.D. (Ed.) 2001. Carbon and nitrogen cycling in European forest ecosystems. Ecological Studies 142. Springer, Berlin.
- Simonis, U.E. 1996. Internationally tradeable emission certificates. Efficiency and equity in linking environmental protection with economic development. Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung FS II 96-407.
- Simonis, U.E. 1998. Das Kyoto-Protokoll. Aufforderung zu einer innovativen Klimapolitik. Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung, FS II 98-403.
- Thornley, J.H.M.; Cannell, M.G.R. 2000. Managing forests for wood yield and carbon storage: a theoretical study. Tree Physiology 20.
- Valentini, R.; Dolman, H.; Ciais Ph.; Schulze, D.; Freibauer, A.; Schimel, D.; Heimann, M. 2000. Accounting for carbon sinks in the biosphere. European perspective. Carboeurope Cluster, Jena.
- Weber, M. 2000. Untersuchungen zur Kohlenstoffspeicherung in Lenga- (*Nothofagus pumilio*) Primärwäldern Feuerlands sowie zu den Auswirkungen ihrer Überführung in Wirtschaftswald auf den C-Haushalt. Lehrstuhl f. Waldbau u. Forsteinrichtung der TU München. Freising, unveröffentlicht.
- Wegener, G.; Zimmer, B. 2000. Wald als nachhaltige Energie- und Rohstoffquelle. Forst u. Holz 55, 588-594.
- Wegener, G.; Zimmer, B.; Frühwald, A.; Scharai-Rad, M. 1997. Ökobilanzen Holz. Informationsdienst Holz. Deutsche Ges. f. Holzforstung München.
- Weizsäcker, E.U. v. 1992. Erdpolitik. Ökologische Realpolitik an der Schwelle zum Jahrhundert der Umwelt. 3. Aufl. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt.
- Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen. 1998. Die Anrechnung biologischer Quellen und Senken im Kyoto-Protokoll: Fortschritt oder Rückschlag für den globalen Umweltschutz. Sondergutachten.
- World Energy Council. 2000. Energie für Deutschland, Fakten, Perspektiven und Positionen im globalen Kontext. Deutsches Nationales Komitee des Weltenergieerates DNK.



