

Wald – Holz – Treibhaus

Prof. Dr. Peter Burschel und Dr. Michael Weber
TU München, Lehrstuhl für Waldbau, Freising

Warum aufforsten? Es gibt viele Gründe dafür: Produktion eines wichtigen Rohstoffes und damit verbunden Einnahmen für den Landbesitzer und die Gestaltung der Landschaft nach ästhetischen und naturschützerischen Gesichtspunkten sind zwei davon. Aufforstungen sind aber auch ein Mittel zur Dämpfung des bedenklich zunehmenden Treibhauseffektes der Atmosphäre. Und davon soll hier die Rede sein.

Wald und Kohlendioxid

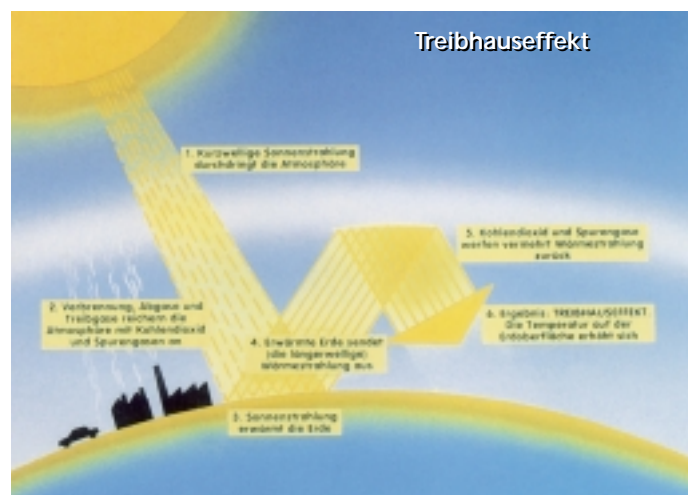
Kohlendioxid (CO₂) ist das Elixier des Lebens. Die Pflanzen nehmen es aus der Luft auf und bauen daraus die Vielfalt des Lebendigen auf: Die Fotosynthese macht's möglich. Ohne Kohlendioxid kein Leben wie wir es kennen und von dem wir Teil sind.

Damit aber nicht genug! Das Kohlendioxid ist auch ein Regulator für die Temperatur, die an der Oberfläche der Erde herrscht. So etwas wie ein globaler Thermostat. Es absorbiert die von der Erde zum Weltraum zurückstrahlende Wärmeenergie und strahlt einen Teil davon noch einmal zurück zur Erde. Dadurch wird es an der Erdoberfläche wärmer als es dort ohne diesen Treibhaus-

effekt wäre. Es sind ganz wenige Gase, die diese Wirkung haben. CO₂ ist das wichtigste davon. Aber auch Methan und Distickstoffoxid gehören dazu. Ohne diese „Treibhausgase“ und ihren Treibhauseffekt wäre es zu kalt auf der Erde, Leben wäre nicht möglich.

Diese Existenzgrundlage, Kohlendioxid in der Atmosphäre, wird durch die moderne Lebensweise der Menschen massiv und schnell verändert. Die technische Zivilisation lebt davon, daß fossile Brennstoffe – Kohle, Öl und Gas – verbrannt werden. Sie liefern die Energie, die alles bewegt. Es ist dabei unumgänglich – kein Weg führt daran vorbei – daß der in den Brennstoffen gespeicherte Kohlenstoff verbrennt, also oxidiert wird und als CO₂ in der Atmosphäre erscheint.

Eine andere Folge der technischen Lebensweise und den damit verbundenen Fortschritten



der Medizin ist die Zunahme der Menschheit. Wir begehen gerade betroffen das Erscheinen des sechsmilliardsten Erdenbürgers. Mehr Menschen bedeutet aber auch, daß mehr Platz zum Leben gebraucht wird. Wald wird deshalb in großem Maße zerstört. Land- und Weidewirtschaft, meist in nicht nachhaltiger Form, treten an seine Stelle. In den tropischen Gebieten kann man fast von einer Orgie der Wald-Zerstörung reden. Etwa 15 Millionen Hektar verlieren jährlich ihre Waldbedeckung, oft durch Abbrennen. Und da Wald zur Hälfte aus Kohlenstoff besteht, werden auch dadurch wieder große Mengen an Kohlendioxid in die Atmosphäre entlassen.

In den letzten 100 Jahren hat so der Gehalt der Atmosphäre an dem Treibhausgas CO₂ um ein Drittel zugenommen. Und das geht unaufhörlich weiter, solange fossile Brennstoffe unsere Lebensweise antreiben und Wälder beseitigt werden. Lange, eindrucksvolle Meßreihen belegen das. Allein im Zeitraum 1990 bis 1997 haben die energiebedingten Emissionen an CO₂ weltweit um 7 % zugenommen (s. dazu

Tab. 1). Diese Entwicklung hat zwei durchaus widersprüchliche Folgen, eine eher positive und eine bedenkliche.

Region	Veränderung %
Welt	+7
USA	+11
China	+34
Japan	+11
EU	+1
Deutschland	-9
Frühere SU	-40

Tab. 1: Die Veränderung der CO₂-Emissionen durch die Verbrennung fossiler Energieträger im Zeitraum 1990 bis 1997. Die Daten zeigen, daß trotz aller politischen Willenserklärungen nur solche Regionen ihre Emissionen verringern konnten, in denen es – wie in Osteuropa – zu massiven wirtschaftlichen Zusammenbrüchen kam (BWT 1999).

Das Bedenkliche zuerst! Mehr CO₂ bedeutet mehr Treibhauseffekt, mehr Treibhauseffekt bedeutet: Es wird wärmer! Irgendwo zwischen ein und drei Grad wird so die durchschnittliche Temperatur der Erde in den nächsten hundert



Waldzerstörung in den Tropen. Der Wald wird abgebrannt für eine kurzfristige Ackerlandnutzung. Foto: BMZ

Jahren zunehmen. Damit aber verändern sich die Lebensbedingungen auf diesem Planeten ganz erheblich!

Und dann das eher Positive: Kohlendioxid ist der wichtigste Pflanzennährstoff, und es ist zu vermuten, daß die Zunahme seiner Konzentration in der Luft einen Düngungseffekt für die Vegetation haben wird. Die Pflanzen und damit der Wald wachsen besser!

Die Nachteile einer globalen Temperaturerhöhung werden von Wissenschaft und Politik als so bedeutsam angesehen, daß dringend Schritte unternommen werden müssen, die diese Entwicklung in Grenzen halten. Zwei Ansätze sind dabei von Bedeutung. Erstens: Wir alle müssen energiebewußter werden. Das bedeutet im Klartext: Weniger energieaufwendige Aktivitäten bzw. gleiche technische Leistungen bei geringerem Energieverbrauch. Dabei spielt Holz eine gewichtige Rolle. Und dann der zweite Ansatz, nämlich der forstliche, dem dieser Beitrag vor allem gewidmet ist und in dem es darum geht, mehr Wald zu schaffen.

Kohlenstoff Global

In der Atmosphäre kommt Kohlenstoff als Kohlendioxid vor. Auf der Erde findet er sich in lebenden organischen Verbindungen wie in toten, dem Humus. Im Wasser ist er gelöst. Und das ist keinesfalls ein statischer Befund, sondern alle Vorkommen, alle Speicher stehen in permanenter Wechselwirkung miteinander. Die Abb.1 zeigt das.

Dieses Grundmuster des globalen Kohlenstoffkreislaufs ist in den letzten hundertfünfzig Jahren erheblich dadurch gestört worden, daß ein weiterer großer Speicher geöffnet wurde, näm-

lich die Lager fossilen, organisch gebundenen Kohlenstoffs. Ihr Aufbau fand in Jahrmillionen statt und ihre Verbrennung wird in wenigen Jahrhunderten vorstatten gehen, jedenfalls solange der Umgang mit den fossilen Energieträgern nicht sparsamer wird. Die großflächige Zerstörung von Wald tut das ihrige dazu. Etwa 80 % des zusätzlichen Kohlendioxidgehaltes der Atmosphäre entstammen fossilen Brenn-

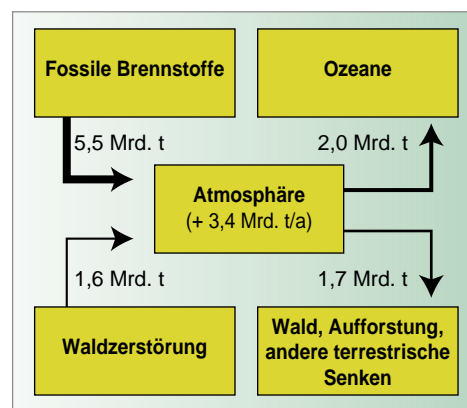


Abb.1: Der gestörte Kohlenstoffkreislauf. Kohle, Öl und Gas werden verbrannt, große Waldflächen werden zerstört. Dabei entsteht Kohlendioxid und geht in die Atmosphäre. Fast die Hälfte davon verbleibt auch dort und vergrößert den Treibhauseffekt und damit die Wahrscheinlichkeit einer Erwärmung der Erde. Die Ozeane und die Vegetation mildern die negativen Effekte dadurch, daß sie die andere Hälfte des freigesetzten CO₂ der Atmosphäre wieder entziehen. Durch Aufforstungen kann so ein mäßigender Einfluß auf diese Entwicklung ausgeübt werden. (Zahlenangaben nach CANNELL 1995).

stoffen und um die 20 % werden durch Waldzerstörungen freigesetzt.

Bei allen diesen Vorgängen handelt es sich immer um wirklich globale Prozesse. Gleichgültig, wo CO₂ freigesetzt wird, es verteilt sich mit den Luftströmungen schnell über die ganze Erde. Das gilt auch umgekehrt: Wo immer Kohlendioxid gebunden oder überhaupt an der Entstehung gehindert wird, die Wirkungen sind erdumspannend, global!

Kohlenstoff National

Auch auf nationaler Ebene lassen sich solche Bilanzen und Kreisläufe herleiten. Sie sehen dann allerdings etwas komplexer aus, wenn man den Blick auf die forstliche und technische Seite der Sache vertieft. Da ist zunächst der Wald, fast überall in Europa der bewirtschaftete. Sehr häufig wird er zwar genutzt, aber es wird seit langem keineswegs der ganze Zuwachs geerntet. Das aber bedeutet, daß die Vorräte an Holz im Walde größer werden und damit auch die darin gebundene Kohlenstoffmenge: Es findet also eine Entlastung der Atmosphäre von Kohlendioxid statt. Der größere Teil des Zuwachses wird jedoch geerntet, und zwar jährlich. Das Holz, das dabei aus dem Wald herauskommt, geht in die technisch industrielle Seite der Zivilisation ein. Und hier entfaltet es weitere Wirkungen auf den Kohlenstoffhaushalt: Alles, was aus Holz hergestellt wird, besteht ja auch zu 50% aus Kohlenstoff. Die Speicherwirkung des Waldes wird daher im hölzernen Produkt fortgesetzt.

Und dann ist Holz gespeicherte Sonnenenergie. Jedes Stück Holz kann verbrannt werden. Dabei ist es gleichgültig, ob es gleich im Walde zu Brennholz erklärt wird, ob es sich um Holzabfälle der industriellen Verarbeitung handelt oder ob Holzprodukte erst nach ihrem Gebrauch verfeuert werden. Die im Holz enthaltene Energie ist immer nutzbar. Dabei wird, wie bei allen Verbrennungen organischer Sub-



Holz ist ein zukunftssträchtiges Baumaterial. Auch moderne Architekturentwürfe lassen sich in Holz verwirklichen. Kindergarten in Bad Neuenahr, Stadtteil Ramersbach.

Foto: H. J. Pohlmeier

stanz, natürlich auch Kohlendioxid freigesetzt. Aus Kohlenstoff wird Kohlendioxid. So entstandenes Kohlendioxid unterscheidet sich jedoch fundamental von dem, das bei der Verfeuerung fossiler Brennstoffe oder der Verbrennung von Wald entsteht. Holz aus **nachhaltigem Waldbau** gibt nicht mehr Kohlendioxid ab, als gleichzeitig durch das Wachstum des Waldes wieder gebunden wird. Wenn das so ist, dann ist die Energiegewinnung aus solchem Holz kohlenstoffneutral, die Atmosphäre wird nicht belastet. Dies ist der grundlegende Unterschied zur Verbrennung fossiler Energieträger.

Und immer, wenn fossile Energieträger durch Holz ersetzt werden -also Energieholz oder industrielle Holzabfälle statt Heizöl, Kohle oder Gas – dann tritt ein weiterer und ganz wichtiger Effekt ein: Kohlendioxid aus fossilen Brennstoffen wird gar nicht erst freigesetzt. **Emissionsvermeidung**, das Ziel aller Klimapolitik, hier wird sie erreicht.

Damit ist es aber noch keineswegs getan. Holz ist ungemein vielfältig nutzbar. Und man kann es sehr oft und vorteilhaft anstelle von anderen Materialien verwenden. Es sei nur an das weite Feld des Bauwesens erinnert. Beton, Stahl, Aluminium und viele andere Materialien sind nur mit großem Aufwand an fossiler Energie herzustellen und



Holz ist gespeicherte Sonnenenergie. Stammt dieses Holz aus nachhaltiger Waldwirtschaft, so ist seine Nutzung zur Energiegewinnung kohlenstoffneutral.

Foto: H. J. Pohlmeier

zu verarbeiten. Wird statt dessen Holz aus nachhaltiger Waldwirtschaft verwendet, als Haus, Dachstuhl oder Möbel, dann wird wiederum die Freisetzung des unerwünschten Treibhausgases vermieden und damit erneut das große klimapolitische Ziel der **Emissionsvermeidung**, erreicht.

Bindung von CO₂ der Atmosphäre im Wald und in Forstprodukten, **Vermeidung** von CO₂-Emissionen durch die Nutzung von Holz als Energieträger und durch die Verwendung von Holz anstelle von Materialien, für deren Herstellung viel fossile Energie aufgewendet werden muß! Das sind die großen Wirkungen des

Verbundes Wald – Waldbau – Holzindustrie im Kohlenstoffzyklus. In Tab.2 ist das am Beispiel Bayerns für den Zeitraum von 1971 bis 1987 dargestellt. Nicht weniger als gut 16 % der Gesamtemissionen Bayerns sind danach in dem genau untersuchten Zeitraum entweder im Wald wieder gebunden oder ihre Entstehung ist überhaupt vermieden worden. Wald und Holzwirtschaft haben also eine Entlastung der Atmosphäre in bemerkenswerter Größe erbracht, ohne daß das in die regionalen oder

Kategorie	Ursache	C-Minderung (Mio t)	% der Gesamtemission*	
Bindung von CO ₂	biologisch	Vorratsaufbau im Wald	2.6	11.3
	technisch	Zunahme Produktspeicher	0.4	1.7
Emissionsvermeidung von fossilem CO ₂	Materialsstitution	0.4	1.7	
	Energiesubstitution	0.3	1.3	
Gesamtminderungseffekt		3.7	16.1	

Tab. 2: Die jährlichen Minderungswirkungen von Wald und Holzwirtschaft im Zeitraum 1971–1987 am Beispiel Bayerns (BÖSWALD 1996). Durch Ausweitung der Waldfläche kann die CO₂-ökologische Wirkung des Waldes weiter verstärkt werden. (*Gesamtemission Bayerns: 23 Mio t C/a)

nationalen Bilanzen eingegangen wäre. Niemand hat es bemerkt! Diese ungewohnten Zusammenhänge sind auf schematische Weise auch in Abb. 2 dargestellt.

Aufforstung und Kohlenstoffkreislauf

Und jetzt zum lokalen Beispiel: Die Aufforstung vor der Tür. Es geht um einen Acker, der einen Hektar groß ist. Der Besitzer forstet ihn auf, und zwar in einem Beispiel mit Buchen und einem anderen mit Fichten. Die Volumenwerte für Fichte liegen etwas höher. Dadurch jedoch, daß Buchenholz viel schwerer ist, enthält es so viel mehr an Kohlenstoff, daß beide Baumarten in dieser Hinsicht einigermaßen gleichwertig sind (s. Tab. 3). Zu berücksichtigen bei solchen

Vergleichen ist aber auch immer, daß die Risiken einer Fichtenaufforstung deutlich höher liegen als die für eine Pflanzung mit Buchen oder anderen Baumarten.

Es wird angenommen, daß der Boden noch aus der landwirtschaftlichen Zeit nährstoffreich ist und sehr gutes Wachstum garantiert, wahrscheinlich noch besseres als hier vorgegeben wird. Für die Buchenaufforstung sieht die Entwicklung dann folgendermaßen aus: Hundertzwanzig Jahre lang wächst der neue Bestand, produziert in dieser Zeit insgesamt 1.300 m³ Holz und speichert darin Kohlenstoff, und zwar 365 t. Die durchschnittliche Speichergröße der Aufforstungsfläche, über den 120-jährigen Berechnungszeitraum betrachtet, liegt bei 98 t Kohlenstoff pro Hektar. (Sie ergibt sich aus der

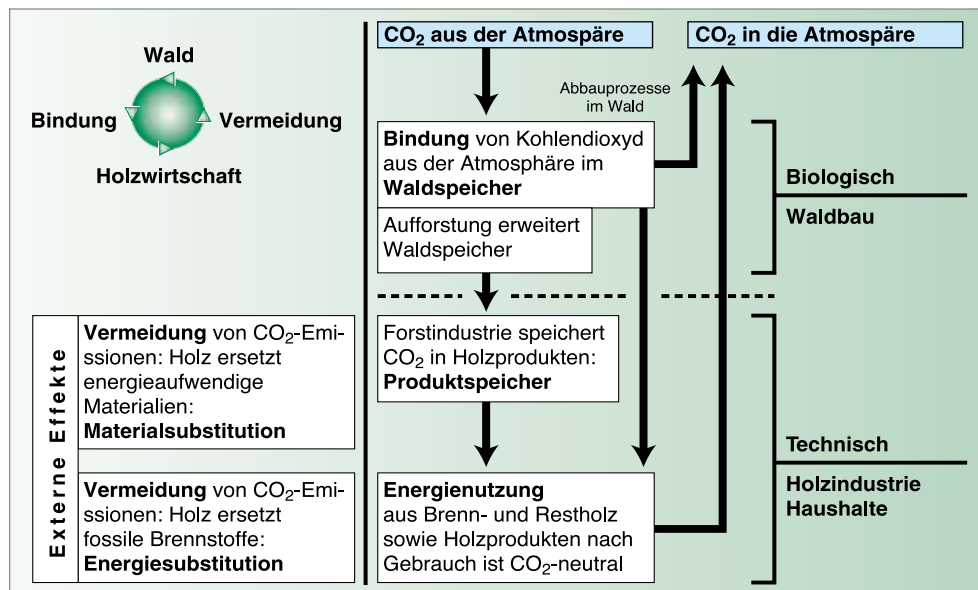


Abb. 2: Der regionale Kohlenstoffkreislauf als Ergebnis des Zusammenwirkens von Waldbau und Holzindustrie. In einem nachhaltig funktionierenden System Wald- und Holzwirtschaft ist der Eintrag an Kohlenstoff so hoch wie der Austrag. Es bildet sich ein geschlossener Kohlenstoffkreislauf. Die Atmosphäre bleibt unbelastet von zusätzlichem Treibhauseffekt. Solange der Waldspeicher zunimmt, weil die Ernte geringer als der Zuwachs bleibt, wie zur Zeit in Deutschland, findet eine Entlastung der Atmosphäre statt. Gleichzeitig kommt es über die industrielle und energetische Verwendung des produzierten Holzes zu einer Vermeidung von CO₂-Emissionen durch Energie- und Materialsstitutionen. Wald und Holzwirtschaft werden zu einer ökologischen Einheit.

Holz-, Reisig- und Wurzelmenge des verbleibenden Bestandes als jährlicher Durchschnittswert für eine Umtriebszeit von 120 Jahren).

Von den 1300 m³ Holz, die bei der Nutzung anfallen, ist etwa die Hälfte hochwertiges Stammholz, während die andere, vor allem Krone und schwache Stammteile, zu Industrieholz werden. Diese ganze forstliche Bioproduktion geht als Rohstoff in die Holzindustrie über und entfaltet auch dort wieder bemerkenswerte kohlenstoffökologische Wirkungen.

92 t C werden zu Holzprodukten. Dadurch entsteht ein Produktspeicher in Form von Holzhäusern, Dächern, Möbeln usw. Ersetzen diese Produkte bei ihrer Verwendung andere Materialien, die energieaufwendiger sind – also z. B. Stahl-, dann wird die mit deren Herstellung

verbundene Emission von 92 t Kohlenstoff gar nicht erst getätigt. Weitere 170 t Kohlenstoff werden eingespart, wenn das Holz – sei es Rest- oder Waldholz – zur Energiegewinnung verbrannt wird und dabei Heizöl ersetzt. Die Tab. 3 soll es erleichtern, diesen zunächst ungewohnten Zusammenhang zwischen Waldbau, Holzindustrie und weltweiter Ökologie zu verstehen, wobei die Dinge sich für die Fichte analog zur Buche verhalten.

Die Ökologie von Aufforstungen

Und dann bleibt ein Blick auf die ökologische Seite einer solchen Aufforstung. Mit Recht wird danach gefragt, ob sie nachhaltig, ob sie verträglich für den Standort ist. Ein erneuter Blick

1. WALD		m ³		Biomasse [t]		Kohlenstoff [t]	
	Buche	Fichte	Buche	Fichte	Buche	Fichte	
Reisig, Ernteverluste, Wurzeln, Streu ¹⁾				700	600	350	300
Holzproduktion ²⁾		1.300	1.650	730	620	365	310
KOHLENSTOFFÖKÖLOGIE							
Produktspeicher						92	93
Materialsubstitution						92	138
Energiesubstitution						170	130
Waldspeicher (Durchschnitt für 120 Jahre)						98	90
ÖKONOMISCHE BEWERTUNG							
Produktionswert Holz über 120 Jahre		Buche: 133.000 DM; Fichte: 180.000 DM					
Produktspeicher Substitution		}	müssen als Zertifikate über den Markt honoriert werden. Der aktuelle Preis ergibt sich aus Angebot und Nachfrage nach solchen Zertifikaten.				
Durchschnittlicher Waldspeicher							

1) **Biologischer Abbau** im und auf dem Boden, Sicherung des Nährstoffkreislaufes

2) **Holzindustrie**

Tab. 3: Überschlägliche Darstellung der kohlenstoffökologischen Rolle einer 1 ha großen Aufforstung mit Buche oder Fichte (Ertragswerte für Buche nach DITTMAR et al. 1986, 120 Jahre; für Fichte nach ASSMANN u. FRANZ 1963, 120 Jahre)

auf Tab. 3 gibt die klare Antwort. Nur knapp die Hälfte dessen, was die Aufforstung produziert, wird geerntet und geht in den technischen Bereich unserer Lebenswelt ein. Die andere Hälfte, Reisig, Wurzeln und vor allen Dingen die Streu, also Nadeln und Blätter, wird nicht entnommen. Das aber ist der bei weitem nährstoffreichste Teil der Gesamtproduktion. Er bleibt im Wald und hält im Verlauf der biologischen Ab- und Umbauprozesse Nährstoff- und Humushaushalt intakt, ohne daß gedüngt oder Bodenbearbeitungen ausgeführt werden müßten. Aufforstungen unterscheiden sich dadurch fundamental von jeder Art landwirtschaftlicher Nutzung.

Wo wird aufgeforstet?

Weltweit

Vier Milliarden Hektar sind weltweit mit Wald bedeckt. Bevor der Mensch kam, waren es über sechs Milliarden. Für Wald geeignete Flächen gibt es danach in großem Ausmaß. Doch es gibt auch viele und immer mehr Menschen, die Land brauchen. Trotzdem ist eines ganz sicher, in der Welt existiert viel Land, das nicht nur aufgeforstet werden könnte, sondern das aufgeforstet werden müßte: Überweidung, Übernutzung, Waldzerstörung auf Standorten, die eine nachhaltige Landwirtschaft nicht zulassen, aber auch Flächen auf denen Landwirtschaft nicht mehr rentabel ist. Weltweit mag eine grobe Schätzung genügen: Um die 250 Millionen Hektar sollten dringend wieder eine Waldbestockung durch Aufforstung erhalten, da eine bessere Nutzung darauf nicht denkbar ist. Das ist das Siebenfache der deutschen Landfläche! Daß eine solche Herkulesaufgabe

angegangen werden sollte, ist unzweifelhaft. Damit sie tatsächlich in Angriff genommen wird, müssen hier in Mitteleuropa die Beispiele geschaffen werden.

Europa und Deutschland

Natürlich weiß auch in Europa niemand genau, wie es mit den Aufforstungsmöglichkeiten genau steht. Immerhin hat eine erste und grobe Einschätzung aus dem deutschen Landwirtschaftsministerium eine Größenordnung von über 40 Millionen Hektar ins Gespräch gebracht.

Für die Bundesrepublik allein ist das Zahlenmaterial etwas aussagekräftiger. Die folgende Tabelle 4 zeigt das:

	Mill. ha
Landwirtschaftliche Nutzfläche ges.	17.6
davon: Ackerland	12.0
Grünland	5.6
davon Problemstandorte	3.0
davon aufforstbar	1.2

Tab. 4: Das Aufforstungspotential in Deutschland

Es gibt also 1,2 Millionen Hektar landwirtschaftlicher Fläche, die aufgeforstet werden könnten, ohne daß rechtliche, ökologische oder ästhetische Gründe dagegen sprächen. Aber natürlich bleibt es jedem Eigentümer überlassen, die Entscheidung zu treffen, ob er auf Wald setzen will oder nicht. Nimmt man einmal an, daß tatsächlich eine solche Fläche mit Wald bestockt würde, so könnten darauf im Verlauf eines Jahrhunderts um die zweihundertmillionen Tonnen Kohlenstoff gespeichert, also der Luft entzogen werden, und, einige Jahrzehnte nach der Wiederbewaldung allmählich beginnend, noch ein-



Erstaufforstungsfläche im Forstamt Neukloster (Mecklenburg-Vorpommern). Baumarten Stieleiche (70 % der Fläche) gemischt mit Esche, Bergahorn, Linde, Hainbuche und Kirsche.
Foto: C. Abs

mal 3 bis 4 Mill. t Kohlenstoff jährlich in den waldbaulich-industriellen Kohlenstoffkreislauf eingehen. Aufforstungen in der hier beschriebenen Größenordnung wären substantielle Beiträge zu einem nationalen Programm der Emissionsminderung.

Dies ist ein besonders wichtiger Aspekt, weil das Protokoll der Klimakonferenz in Kyoto 1997 vorsieht, daß von 1990 an Kohlenstoffbindungen, die durch Aufforstungen zustandekommen, auf die nationalen Minderungsquoten für CO₂ angerechnet werden können. Aufforstung als Teil der globalen Klimapolitik! Das aber bedeutet auch, daß erstmals eine rein ökologische Leistung des Waldes einen Marktwert bekommen wird. Das könnte entweder dadurch geschehen, daß Kohlendioxid-Bindungszertifikate für jede Aufforstung ausgegeben werden, für die sich dann ein Marktwert herausbildet. Oder aber die Regierungen fördern Aufforstungen dadurch, daß sie eine Bindungsprämie ausgeben. In jedem Fall müßte der damit verbundene Wert unabhängig von der üblichen wirtschaftlichen Nutzung sein,

sich also allein auf die CO₂- Bindung beziehen. Diese würde damit über das Holz hinaus zu einem echten Produkt mit Marktwert.

Schließlich, und das ist vielleicht das wichtigste, setzten Aufforstungen bedeutenden Umfangs in Deutschland oder Europa Maßstäbe für solche Regionen der Welt, in denen wirklich große Landflächen zur Verfügung stehen, Aufforstungen aber bisher keine nennenswerte Rolle spielen.

Literaturhinweise:

ASSMANN, E., FRANZ, F. (1963): Vorläufige Fichtenertragstafel für Bayern. Institut für Ertragskunde der Forstl. Forschungsanstalt München.

BWT (1999): Energiedaten 1999. Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie(Hrsg.).

BÖSWALD, K. (1996): Zur Bedeutung des Waldes und der Forstwirtschaft im Kohlenstoffhaushalt, eine Analyse am Beispiel des Bundeslandes Bayern. Forstl. Forschungsberichte München Bd. 159.

CANNELL, M. (1995): Forests and the global carbon cycle in the past, present, and future. European Forest Institute, Research Report No. 2.

DITTMAR, O., KNAPP, E., LEMBCKE, G. (1986): DDR Buchenertragstafel 1983. IFE-Berichte aus Forschung und Entwicklung, Nr. 4.