



Ausarbeitung

Holzsequestrierung zur indirekten Vermeidung des Kohlendioxid- ausstoßes

Vergleich mit der Kohlendioxidsequestrierung



Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	4
2.	Holz als Kohlendioxidsenke	4
3.	Konzepte zur Holzsequestrierung	5
3.1.	Grenzen und Potenziale der unterirdischen Holzlagerung	6
3.2.	Vergleich mit der Kohlendioxidabscheidung (CCS)	8
4.	Fazit: Bedeutung der Holzsequestrierung	9
5.	Literatur- und Quellenverzeichnis	10

1. Einleitung

Bei allen Klimaschutzbemühungen geht es im Kern darum, den anthropogenen Treibhausgasausstoß zu senken, um die voranschreitende Erderwärmung zu verlangsamen und damit auf ein für Mensch und Umwelt vertretbares Maß zu reduzieren. Die prominentesten Klimaschutzmaßnahmen zielen dabei auf eine direkte und ursächliche Reduktion der Emissionen, etwa die Verminderung des Energieverbrauchs, des Kraftstoffverbrauchs und eine Umstellung der Stromversorgung auf klimafreundliche erneuerbare Energien. Neben diesen Maßnahmen zur ursächlichen Verminderung der Emissionen werden auch indirekte Methoden zur Effektvermeidung diskutiert, die entweder dafür sorgen, dass Treibhausgase nicht klimawirksam werden, diese nachträglich binden oder im Sinne einer Symptombehandlung die Folgen der Erderwärmung technologisch abzufedern suchen.

Bei den **indirekten Methoden der Vermeidung des Klimawandels** wird nicht der ursächliche Treibhausgasausstoß vermindert, sondern im Endergebnis die Treibhausgasbilanz der Atmosphäre verbessert. Dazu gehört beispielsweise die viel diskutierte Abtrennung von Kohlendioxid aus Kraftwerksabgasen und dessen unterirdische Lagerung (CCS= Carbon Capture and Storage). Auch das Einleiten von Kohlendioxid in die Ozeane zählt dazu. Einige Forscher schlugen 2008 nun die unterirdische Lagerung von Holz als langlebiger Kohlenstoffspeicher vor.

2. Holz als Kohlendioxidsenke

Alle Pflanzen wandeln Kohlendioxid aus der Luft mit Hilfe des Sonnenlichtes in höhere organische Kohlenstoffverbindungen um, die als Gerüst- und Bausubstanzen der Pflanzen dienen und somit das Wachstum der Pflanzen ermöglichen. Die Fähigkeit, via Photosynthese Kohlendioxid in Form von Kohlenstoffsubstanzen zu binden, ist seit langem bekannt. Der Beitrag der Wälder zum Klimaschutz wird dem entsprechend seit Beginn der Klimaschutzdebatte in den achtziger Jahren bis heute diskutiert.

Seit dieser Zeit sind immer wieder einzelne Publikationen über das Fixierungspotenzial von Kohlendioxid durch Aufforstung und gezielte Landnutzung erschienen. Bäume können als lebende **Kohlendioxidsenke** betrachtet werden, da sie fortlaufend Kohlendioxid aus der Atmosphäre aufnehmen und im Gegenzug Sauerstoff abgeben. Nach dem Absterben der Pflanzen wird das kohlenstoffhaltige Material allerdings im Laufe von Jahren durch Mikroben (bei Bäumen holzzeretzende Pilze und Bakterien, Würmer und Insekten) wieder abgebaut. Ein Teil des Kohlenstoffs wird dabei wieder als Kohlendioxid und Methan freigesetzt. Der Effekt der lebenden Kohlendioxidsenke „Baum“ wird dadurch nach seinem Absterben allmählich vermindert, keineswegs aber vollends zunichte gemacht, da Humus und andere kohlenstoffhaltige Substrate übrig bleiben.

Neben dem Aufforsten ist die Erzeugung langlebiger Holzprodukte wie Holzbauten zur Fixierung von Kohlendioxid aus der Atmosphäre eine anerkannte Methode der Treibhausgasreduzierung, die bei der jährlichen Treibhausgasemissionsberichterstattung der Regierungen an den Weltklimarat (Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC) berücksichtigt wird (Skog 2008: 56-72). Für die Industrieländer liegt die Minderung aus diesem Segment in der Größenordnung von einigen wenigen bis zu zehn Prozent der jährlichen Emissionen (Hashimoto et al. 2002: 183-193).

3. Konzepte zur Holzsequestrierung

Erst in jüngster Zeit erweiterten verschiedene Forscher darunter Ning Zeng und Fritz Scholz gemeinsam mit Ulrich Haase dieses Konzept, indem sie 2008 vorschlugen, Holz unterirdisch unter Abschluss von Luft zu lagern. Frisch geschlagene Baumstämme aus der Forstwirtschaft könnten laut Scholz und Haase in aufgelassenen Minen oder Seen deponiert werden. Zeng schlägt dagegen das Sammeln von Totholz sowie das Schlagen ausgewählter Bäume im naturbelassenen Wald vor. Die Stämme sollten im Waldboden, in geeigneten Deponien oder oberirdisch in überdachten Stapeln, vor Regen geschützt gelagert werden.

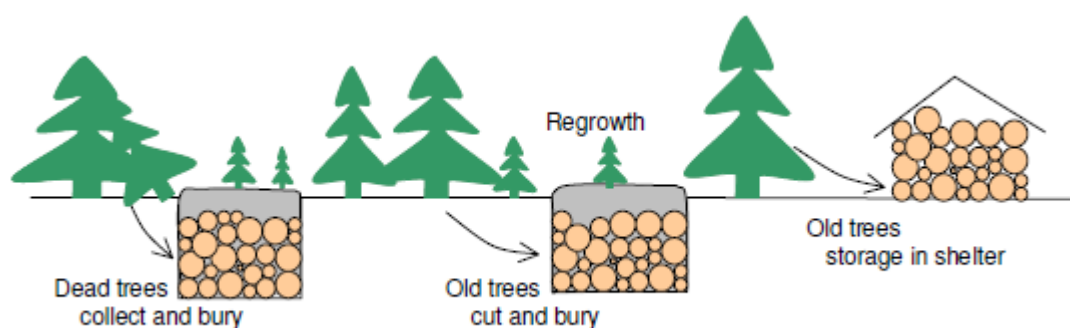


Abbildung 1: Schematische Darstellung des Konzepts zur Holzsequestrierung nach Zeng (Quelle: Zeng 2008: 3)

Unter den anaeroben (=fehlender Sauerstoff) Bedingungen würde die Zersetzung des Holzes nach diesen Vorschlägen unterdrückt. Zeng rechnet damit, dass sich der Abbau des Materials von zehn Jahren auf hundert bis tausend Jahre ausdehnen würde. Allerdings würde eine Zersetzung unter überdachten Lagern zweifelsohne wesentlich rascher voranschreiten als unterirdisch. Jedenfalls würde mit diesen Maßnahmen die Lebensdauer der Kohlendioxidsenke „Wald“ zusätzlich verlängert. Je nach Umgebungsbedingungen würde der Zerfall verzögert voranschreiten. Überdies würde ein allmählicher Karbonisierungsprozess einsetzen, der erdgeschichtlich im Laufe von Millionen Jahren zur Bildung von Kohle geführt hat.

Zeng beziffert das globale Sequestrierungspotenzial durch unterirdische Holzlagerung auf 10 ± 5 Gigatonnen Kohlendioxid pro Jahr. Die jährlichen globalen Kohlendioxidemissionen werden auf rund 30 Gigatonnen pro Jahr beziffert. Das Minderungspotenzial durch unterirdische Holzlagerung wird von Zeng in den Tropen mit 4,2 Gigatonnen pro Jahr als am größten angesehen, gefolgt von Wäldern in den gemäßigten Breiten mit 3,7 Gigatonnen pro Jahr und borealen¹ Wäldern mit

1 Die boreale Zone befindet sich auf der nördlichen Erdhalbkugel etwa zwischen dem 50. und dem 70. Breitengrad.

2,1 Gigatonnen pro Jahr (Zeng 2008: 1-12). Wenn man allerdings fünf Gigatonnen Kohlendioxid pro Jahr, das wäre ein Sechstel des weltweiten Ausstoßes, via Holzeinlagerung sequestrieren möchte, müsste man nach Zengs Hochrechnung alle drei Sekunden einen Baum fällen, was weltweit zwei Millionen Arbeitskräfte erfordern würde (Zeng 2008: 8).

Scholz und Haase erstellen in ihrem Essay ein Szenario für Deutschland, indem sie Pappelholz zur unterirdischen Lagerung wählen: Eine Tonne Holz enthalte demnach 1,8 Tonnen gebundenes Kohlendioxid. Unter mitteleuropäischen Bedingungen betrage das Wachstum von Pappeln 10 bis 20 Tonnen pro Jahr und Hektar, was einem Senkenpotenzial von 18 bis 36 Tonnen Kohlendioxid pro Hektar und Jahr entspricht (Scholz und Haase 2008: 383).

Im Jahr 2008 betragen die jährlichen Treibhausgasemissionen 945 Millionen Tonnen Kohlendioxid (Umweltbundesamt 2009). Um nur 0,3 Millionen Tonnen Kohlendioxid jährlich aus der Luft über Pappeln zu entfernen, müssten 8500 bis 17.000 Hektar mit diesen Bäumen bepflanzt werden. Dies wären laut Scholz und Haase 8,5 bis 17 Prozent des hiesigen Brachlandes. Um die weltweit ausgestoßenen 32 Gigatonnen Kohlendioxid pro Jahr zu sequestrieren, müssten eine Milliarde Hektar mit Pappeln bepflanzt und regelmäßig gerodet werden (Scholz und Haase 2008: 383). Die Autoren regen an, den Holzanbau zur Sequestrierung vor allem in Ländern mit schnellem Baumwachstum zu praktizieren. Dies sind überwiegend Schwellen- und Entwicklungsländer. Daher sollten die Industrieländer diesen Ländern Ausgleichszahlungen leisten, damit die Aufforstung finanziert werden könne (Scholz und Haase 2008: 383).

3.1. Grenzen und Potenziale der unterirdischen Holzlagerung

Als Vorteil der unterirdischen Holzlagerung nennt Zeng die Verringerung der Kohlendioxidemissionen im Fall einer Entwaldung und die Verminderung der Waldbrandgefahr. Beides sind jedoch scheinbare Vorzüge, die nur unter der Annahme eines schlimmsten Falles, nämlich des Waldbrandes, gelten. Gegenüber der Kohlendioxidsequestrierung besteht der Vorteil, dass das eingelagerte Holz ein reaktionsträges Material darstellt, von dem keine unmittelbaren Gefahren ausgehen (siehe folgendes Kapitel). Die Lagerstätten seien damit laut Zeng sicher; die Kosten für das Monitoring beurteilt der Autor als gering. Es handelt sich weiterhin um einen niedrig technologischen Ansatz, der dezentral abseits des Standortes von Kraftwerken oder anderen Kohlendioxidemittenten realisiert werden kann. In einem globalen Kohlendioxidmarkt würde die unterirdische Holzlagerung daher eine attraktive Option darstellen, notiert Zeng.

Im Konzept von Haase und Scholz wird zudem als weiterer Vorteil die Rückholbarkeit der deponierten Holzvorräte angeführt, die dann zu einem späteren Zeitpunkt weiter verwendet werden können.

Problematisch erscheinen im Konzept von Zeng, dass sämtliche naturbelassenen Wälder mit Zufahrtswegen erschlossen werden müssten, um regelmäßig totes Holz oder ausgewählte Bäume zu fällen und dann zu vergraben. Diese globale Bewirtschaftung sämtlicher Waldbestände der Erde erscheint nicht nur unrealistisch – Zeng merkt selbst an, dass gebirgige und sumpfige Regionen schwer zu erschließen wären (Zeng 2008: 7) – sondern auch ökologisch mit schwerwiegenden Konsequenzen behaftet. Nebst der Zerschneidung der Landschaft, der Bedrohung der Arten, der Beeinträchtigung des Waldbodens durch die Arbeit mit schwerem Gerät und durch das Graben

der unterirdischen Lagerstätten erwähnt Zeng seinerseits, dass Landwege im Regenwald heute meist der Ausgangspunkt für die fortschreitende Entwaldung sind. Von keinem der Autoren wird allerdings angesprochen, dass der Einschlag von Holz sowie das unterirdische Lagern seinerseits mit dem Verbrauch von Energie, nämlich von Kraftstoff für die erforderlichen Einsatzfahrzeuge, verbunden ist. Zeng spricht indes zu Recht eine weitere wichtige Problematik an: Der globale Stickstoffkreislauf würde unterbrochen, wenn in nennenswertem Umfang Holz sequestriert würde. Die in den Bäumen gebundenen Nährstoffe stünden dem ökologischen Kreislauf nicht mehr zur Verfügung, was das Gleichgewicht des Ökosystems nachhaltig beeinflussen würde, insbesondere bei nachwachsenden Pflanzen könnte eine Unterversorgung auftreten, die Zeng notfalls mit künstlicher Düngung beheben möchte. Dass nachgerade die Produktion von Stickstoffdünger bekanntermaßen äußerst klimaintensiv, weil mit hohen Treibhausgasemissionen verbunden ist, bleibt unerwähnt. Nicht auszuschließen sind im Konzept von Zeng Landnutzungskonflikte mit der herkömmlichen Forstwirtschaft, etwa dem Holzeinschlag für die Papier-, die Möbel- und weitere holzverarbeitende Industrie.

Größer ist dieser Konflikt sicherlich im Konzept von Scholz und Haase, die vorschlagen, bisherige Brachflächen mit Pappeln aufzuforsten. Auch für die Produktion von nachwachsenden Rohstoffen wird bekanntermaßen die Nutzung von Brach- oder Marginalflächen vorgeschlagen. Es ist weithin bekannt, dass eine Ausdehnung der Land- und Forstwirtschaft in diesem Sinn sich über den höheren Ressourceneinsatz, den erhöhten Einsatz von Dünger und die verstärkte Flächennutzung ungünstig auf den Naturhaushalt auswirkt, angefangen bei der Verschlechterung der Gewässer- und Bodenqualität bis hin zur Biodiversität. Zu guter Letzt erscheint eine verstärkte Pappelmonokultur in Deutschland auch aufgrund des Landschaftsbildes wenig wünschenswert. Im Übrigen wachsen Pappeln nicht nur außerordentlich schnell, ihr Holz ist auch besonders weich und witterungsunbeständig und wird sogar unter Wasser abgebaut. Dies stellt die Eignung für eine langfristige Sequestrierung in Frage. Nachdenklich sollte auch stimmen, dass die Wiederaufforstung von Wäldern, die in der Tat eine Treibhausgassenke darstellen, schon heute in der globalen Klimaschutzpolitik eine untergeordnete Rolle spielt. Vielmehr wird eine voranschreitende Entwaldung des Kontinentes beobachtet, die vor allem im Tropengürtel wie auch in Südostasien in rasantem Tempo fortgesetzt wird.

Als Vorzug der Holzsequestrierung führen beide Autoren an, dass die Methode preiswerter sei als die Kohlendioxidsequestrierung, da es sich um einen niedrigtechnologischen Ansatz handle. Scholz und Haase ermitteln für Deutschland maximale Kosten von 25 bis 50 Euro je Tonne Kohlendioxid. Zeng geht von 50 US-Dollar je Tonne Kohlendioxid aus. Diese Kosten sind zweifelsohne geringer als die avisierten Kosten für CCS, die in einer Bandbreite von 20 bis 270 US-Dollar je Tonne Kohlendioxid angegeben werden. Während die Kohlendioxidsequestrierung jedoch zunächst von Kraftwerks- oder Fabrikbetreibern, also den Verursachern der Treibhausgasemissionen, finanziert wird, ist die Holzsequestrierung nicht an den Verursacher gebunden. Sie kann dezentral an jedem Ort praktiziert werden. Damit stellt sich die Frage nach der Finanzierung und der Verantwortung für die Durchführung und das Monitoring der entstehenden Holzlagerstätten. Scholz und Haase schlagen diesbezüglich vor, dass Geld soll entweder vom Staat oder durch zusätzliche Steuern auf Strom oder Kraftstoffe aufgebracht werden.

3.2. Vergleich mit der Kohlendioxidabscheidung (CCS)

Bei der Kohlendioxidabscheidung wird das Kohlendioxid aus Kraftwerks- oder Fabrikabgasen chemisch abgetrennt und dann in einer geeigneten Lagerstätte unterirdisch verpresst (Donner, Lübbert 2006). Diese CCS-Technologie stellt eine Möglichkeit dar, die Kohlendioxidemissionen unmittelbar am Ort ihres Entstehens zumindest teilweise klimaunwirksam zu machen. Gleichwohl ist der technologische Aufwand beträchtlich, sodass von Wirkungsgradeinbussen in der Größenordnung von neun bis vierzehn Prozentpunkten bei herkömmlichen Großkraftwerken ausgegangen wird, da für das Abtrennen, das Verpressen, den Transport und die Lagerung des Kohlendioxids Energie bereit gestellt werden muss.

Bislang ist die Technologie für CCS im erforderlichen Maßstab noch nicht erprobt. Dem gegenüber ließe sich festhalten, dass die Holzeinlagerung technologisch weniger anspruchsvoll ist. Allerdings liegen auch bei ihr keine wissenschaftlichen Erfahrungen über die tatsächlichen Abbauraten je nach Lagerungsbedingungen z. B. wenige Meter unter dem Waldboden vor. Hinsichtlich des Energiebedarfs erstellen die Befürworter der Holzsequestrierung keine Bilanz, sodass hierüber keine vergleichende Aussage getroffen werden kann. Es kann lediglich qualitativ angemerkt werden, dass auch das Fällen von Baumstämmen, das Sammeln von Totholz, der Transport und die unterirdische Deponierung mit dem Verbrauch von Energie einhergehen wird.

In Bezug auf die Kohlendioxidsequestrierung wird kritisch diskutiert, dass unterirdische Lagerstätten über Jahrtausende abgedichtet und gegen den Austritt von Treibhausgas gesichert sein müssen. Ein unbeabsichtigtes plötzliches Entweichen von Kohlendioxid könnte lokal das Leben von Mensch und Tier bedrohen, da sich das erstickend wirkende Gas in Bodennähe sammelt. Global gesehen wäre ein größerer derartiger Treibhausgasausbruch eine Gefährdung der Klimabalance. Ferner ist von bergbaulicher Tätigkeit und von Geothermiebohrungen bekannt, dass es zu Erderschütterungen und Erdbewegungen bis hin zu Erdbeben kommen kann, was ebenfalls beim Betrieb entsprechender CCS-Lagerstätten berücksichtigt werden muss. Dem entsprechend ist ein andauerndes Monitoring der Standorte vorgesehen. Dieses verursacht allerdings fortlaufend Kosten, die zunächst vom Verursacher, also dem Kraftwerksbetreiber, später aber in der EU vom Staat getragen werden sollen.

Da von einer unterirdischen Holzlagerstätte geringere Gefahren ausgehen, erscheint die Argumentation der Befürworter plausibel, dass der Überwachungsaufwand für diese Standorte geringer ist und der Betrieb der Lager sicherer wäre. Gleichwohl stellt sich auch hier die Frage der Verantwortlichkeit und der Kosten, um ein unterirdisches Holzlager beispielsweise gegen Diebstahl zu schützen oder gegen unterirdische Schwelbrände zu sichern.

Sowohl bei der Kohlendioxidsequestrierung wie auch bei der unterirdischen Holzlagerung besteht die Gefahr, dass die Klimaschutzbemühungen zur Verminderung der Emissionen ins Hintertreffen geraten und damit eine Bekämpfung der Ursachen indirekten Vermeidungsstrategien weicht.

4. Fazit: Bedeutung der Holzsequestrierung

Konzepte zur Holzsequestrierung sind in der wissenschaftlichen Literatur bisher nur vereinzelt zu finden, wobei diese belegt durch Berechnungen des theoretischen Potenzials sind und als zukünftige Option zum Klimaschutz dargestellt werden. Darüber hinaus spielt die Holzsequestrierung in der praktischen Forschung keine Rolle. Für die Methode lassen sich Vorteile ins Feld führen, die aber oftmals nicht für sich gelten, sondern nur in Relation zu einem Referenzszenario stichhaltig sind. So kann die Holzsequestrierung als sicherer und kostengünstiger als die Kohlendioxidsequestrierung angesehen werden, aber auch sie kostet Geld, das entsprechend eines Vorschlags vom Staat kommen sollte. Insgesamt würde die unterirdische Holzlagerung, sofern sie in nennenswertem Umfang zur Treibhausgasreduktion beitragen soll, einen deutlichen Eingriff ins

Ökosystem darstellen. Dabei würde man sich mit dieser Maßnahme lediglich eine Verlängerung der Kohlendioxidsenke „Wald“ mit beträchtlichem Aufwand erkaufen. Es drängt sich die Frage auf, inwieweit eine bloße Erhaltung des Waldbestandes und gerade langlebiger, stark kohlenstoffbindender Harthölzer, nicht die weitaus kostengünstigere und in der Bilanz energie- und klimafreundlichere Klimaschutzmaßnahme wäre, zumal der globale Waldbestand gerade in den Tropenregionen schrumpft.



Literatur- und Quellenverzeichnis

Donner, Susanne; Lübbert, Daniel (2006). Kohlendioxid-arme Kraftwerke. Info-Brief der Wissenschaftlichen Dienste des Deutschen Bundestages. WF VIII G – 096/05, 19.04.2006, im Internet: http://www.bundestag.de/dokumente/analysen/2006/Kohlendioxid-arme_Kraftwerke.pdf [Stand:4.01.2010].

Hashimoto, Seiji et al. (2002). Wood products: potential carbon sequestration and impact on net carbon emissions of industrialized countries. In: Environmental Science & Policy, Bd. 5, S. 183-193.

Skog, Kenneth (2008). Sequestration of carbon in harvested wood products for the United States. In: Forest Products Journal, Bd. 58, Nr. 6, S. 56–72.

Umweltbundesamt (2009). Daten zur Umwelt 2009. Broschüre. Berlin 2009.

Zeng, Ning (2008). Carbon sequestration via wood burial. In: Carbon Balance and Management. 3. Januar 2008, Nr. 3, S. 1-12.