

# Holzverbrennung und Aufforstung klimaneutral? Eine Analyse.

Gerd Esser\*

15. April 2022

Oft wird vermutet oder unterstellt, dass die Energiegewinnung aus der Verbrennung von Holz oder Holzpellets klimaneutral sei. Als Argument wird dabei vorgebracht, dass der mit dem Holz zu  $\text{CO}_2$  verbrannte Kohlenstoff “sowieso aus der Atmosphäre stamme, durch Photosynthese der Pflanzen gebunden worden sei, und nun eben wieder dorthin zurückgelange”. Bei dieser vordergründigen Argumentation wird vergessen, dass auch das zu Recht als klimaschädlich bezeichnete Verbrennen von Kohle ebenfalls “nur” Kohlendioxid freisetzt, das ursprünglich aus der Atmosphäre stammt. Die ursprüngliche Herkunft aus der Atmosphäre kann also nicht als Argument für Klimaneutralität benutzt werden.

Warum ist das Verbrennen von Kohle nicht klimaneutral, wenn der Kohlenstoff doch aus der Atmosphäre stammt? Weil er schon vor Millionen von Jahren über eine lange Zeit hinweg durch Pflanzen gebunden wurde und dabei ein großer Vorrat angehäuft worden war, eine Lagerstätte. Der dadurch der Atmosphäre entzogene Kohlenstoff wurde in diesem langen Zeitraum durch geologische Prozesse aus dem Erdinneren wieder ersetzt. Jeder Abbau dieser Lagerstätten liefert daher einen zusätzlichen Beitrag zum  $\text{CO}_2$  Gehalt der Atmosphäre.

## Der Kohlenstoffhaushalt der Biosphäre

Wie sieht es nun mit dem in der Biosphäre gebundenen Kohlenstoff aus? Nehmen wir zunächst zum besseren Verständnis an, die Biosphäre sei ungestört und im Gleichgewicht mit der gegenwärtigen Atmosphäre. Für eine reale Biosphäre, die bereits vielfach gestört ist, gelten die Überlegungen ganz genauso. Für die sichere Analyse des Kohlenstoffhaushalts der realen Biosphäre benutzt man allerdings seit vielen Jahren hochkomplexe mathematische Modelle.

Jährlich binden die auf dem Land lebenden grünen Pflanzen der Erde insgesamt rund 45 Milliarden Tonnen Kohlenstoff aus der Atmosphäre, die selbst rund 800 Milliarden Tonnen Kohlenstoff (als  $\text{CO}_2$ ) enthält. Diesen Prozess nennt man die Netto-Primärproduktion der terrestrischen (Land-)Biosphäre. Durch diesen Prozess wird, ähnlich wie bei der Kohle, eine “Lagerstätte” gebildet: Die lebende Biomasse der Landvegetation enthält rund 600 Milliarden Tonnen Kohlenstoff. Die tote Biomasse in und auf dem Boden, der sogenannte Bestandesabfall, und der organisch

---

\*Prof.(iR) Dr. Gerd Esser, Institut für Pflanzenökologie, Justus-Liebig-Universität, Gießen  
gerd.esser@bot2.bio.uni-giessen.de    Homepage: <https://www.prosopis.de>

gebundene Kohlenstoff im Boden (Humus) enthalten zusätzlich sogar rund 2 100 Milliarden Tonnen Kohlenstoff.

Im Gleichgewichtszustand einer ungestörten Vegetation verändert sich nun diese “Lagerstätte” in der terrestrischen Biosphäre nicht, denn die Menge Kohlenstoff, die durch die Netto-Primärproduktion gebunden wird, stirbt auch jährlich wieder ab, sonst würden die lebenden Pflanzen ins Unendliche wachsen. Durch dieses Absterben fließen also im Gleichgewichtszustand jährlich ebenfalls 45 Milliarden Tonnen Kohlenstoff in die tote Biomasse. Diese wird nun durch Organismen, oft Bakterien und Pilze, abgebaut zu  $\text{CO}_2$ . Auch dieser Abbau beläuft sich auf jährlich 45 Milliarden Tonnen Kohlenstoff. Wir sehen also: Eine Biosphäre im Gleichgewicht bindet weder Kohlenstoff, noch ist sie eine Quelle dafür, sie wäre hinsichtlich des Spurengases Kohlenstoffdioxid klimaneutral. Übrigens produziert diese Biosphäre natürlich auch keinen Sauerstoff, wie fälschlich oft vermutet wird, denn die Menge Sauerstoff, die bei der Netto-Primärproduktion in der Atmosphäre verbleibt, wird bei den Abbauvorgängen des toten Materials wieder vollständig verbraucht.

Fassen wir kurz zusammen: Dem “Umsatz” der Biosphäre von jährlich ca. 45 Milliarden Tonnen Kohlenstoff (Import durch die Netto-Primärproduktion und Export durch den Abbau der toten Substanz) stehen in der lebenden und toten Biomasse zusammen knapp 3 000 Milliarden Tonnen Kohlenstoff als “Lagerstätte” gegenüber. Durch diesen “Umsatz” der Landbiosphäre wird der Kohlenstoff der Atmosphäre in 18 Jahren einmal umgesetzt, der in der Biomasse gebundene, global gemittelt, nur alle 65 Jahre. Daher reagiert die Atmosphäre sehr empfindlich auf Veränderungen in der Biosphäre, die ja ein Mehrfaches an Kohlenstoff enthält: Es handelt sich um ein instabiles System. Jede Veränderung in der Biosphäre hat große Auswirkungen auf den  $\text{CO}_2$  Gehalt der Atmosphäre.

Während diese globale Betrachtung die Größenordnung des Problems ins rechte Licht rückt, ist für konkrete Maßnahmen eine regionale Betrachtung erforderlich, denn diese biosphärischen “Lagerstätten” können von Ort zu Ort sehr verschieden sein.

Beispielhaft sollen hier die Werte einiger regionaler biosphärischer Kohlenstoffspeicher angeführt werden (alle Werte in Kilogramm Kohlenstoff pro Quadratmeter Grundfläche). Ein mitteleuropäischer erwachsener Buchenforst 12–18 in der lebenden Pflanzenmasse und 9,4–43,4 im toten Material und Humus. Ein tropischer Regenwald (Amazonien) ca. 24 in der lebenden Pflanzenmasse und 13,6–50,8 im toten Material und Humus. Manche warmgemäßigten Nadelwälder (z.B. in den nordwestlichen USA) bis 153 in der lebenden Pflanzenmasse und bis 150 in der toten Pflanzenmasse und im Humus. Schon diese wenigen Beispiele zeigen, welche ungeheuren Mengen an Kohlenstoff in Pflanzen und vor allem im Boden gespeichert sind.

## **Entnahme von totem Material aus der Biosphäre**

Betrachten wir nun die Folgen einer Störung des zunächst angenommenen im Gleichgewicht befindlichen Systems. Was geschieht, wenn wir damit beginnen, frisch abgestorbenes Material, Äste oder Zweige, aus dem Wald zu entnehmen, um sie zu verbrennen oder zu Pellets zu verarbeiten und dann zu verbrennen?

An der Aufnahme von Kohlenstoff aus der Atmosphäre, der Netto-Primärproduktion, ändert sich nichts, denn wir haben ja “nur” totes Material entnommen. Am Abbau des toten Materials und des Humus gibt es zunächst auch keine Veränderung, denn die Menge an abbaubarem Material und die Abbaubedingungen sind anfangs noch unverändert. Beide Prozesse, Netto-Primärproduktion und Abbau, bleiben gleich groß und heben sich gegenseitig auf. Allerdings haben wir einen zusätzlichen Kohlenstoff-Fluss eingeführt, nämlich die Verbrennung des entnommenen Materials. Dieser Fluss ist nicht kompensiert, es ist ein Netto-Fluss zu Lasten des Bestandesabfalls und des Bodenkohlenstoffs, der die atmosphärische  $\text{CO}_2$  Konzentration erhöht. Und dieser Netto-Fluss wird so lange fortbestehen, über Jahrzehnte oder sogar Jahrhunderte, bis die durch unsere Entnahme verminderte Zufuhr von totem Material in den Bestandesabfall und weiter in den organisch gebundenen Kohlenstoff des Bodens diesen so stark vermindert hat, dass sein Abbau auf die Größe “Netto-Primärproduktion minus Entnahme” abgesunken ist.

Wir haben die biosphärische “Lagerstätte” durch die Entnahme von totem Material also zu einer Quelle für Kohlenstoff gemacht, wodurch der  $\text{CO}_2$ -Gehalt der Atmosphäre ansteigt. Berücksichtigt man den Brennwert von Holz und seinen Gehalt an Kohlenstoff, dann sind die  $\text{CO}_2$ -Emissionen durch die Verbrennung von Holz oder Holzpellets etwa so hoch, wie sie bei der Verbrennung von Kohle für die gleiche Energieausbeute wären. Zusätzlich aber haben wir hohe Emissionen an Feinstaub, Aerosolen und gesundheits- und umweltschädlichen Gasen erzeugt.

## **Entnahme von frischem Holz aus der Biosphäre**

Die Entnahme von frischem Holz aus der Biosphäre zur Energiegewinnung geschieht durch Rodung zur Änderung der Landnutzung, durch direkte Entnahme von Feuerholz, durch Verwendung von Abfallholz aus holzverarbeitenden Betrieben, oder durch weitere, ähnliche Maßnahmen. In jedem dieser Fälle wird die Biosphäre zur Quelle für Kohlendioxid, ganz genau so wie im vorigen Kapitel für die Entnahme von Totholz beschrieben, denn der Kohlenstoff des verbrannten Holzes wird rasch in die Atmosphäre abgegeben und fehlt daher beim Aufbau und Erhalt des biosphärischen Speichers, insbesondere des organisch gebundenen Kohlenstoffs des Bodens (Bodenumus), der eine sehr langlebige “Lagerstätte” für Kohlenstoff darstellt. Daran ändert sich auch nichts, wenn es sich um Abfallholz handelt, das “sowieso schon gerodet wurde”.

Die Entnahme von frischem Holz hat jedoch noch weitere Folgen. Die Anzahl Bäume und damit der Blattflächen-Index werden verringert. Dadurch wird in den meisten Fällen die Netto-Primärproduktion des Forstes vermindert, was zu einem weiteren Ungleichgewicht zwischen Bindung und Abbau von Kohlenstoff in diesem Ökosystem zum Nachteil der Bindung führt. Der Forst wird daher zu einer noch stärkeren Quelle für Kohlenstoffdioxid als das schon bei der Entnahme von Totholz der Fall war.

### **Aufforstungen als “Kompensationsmaßnahmen” ?**

Verbreitet ist die Vorstellung, man könne emittiertes Kohlenstoffdioxid durch das Pflanzen von Bäumen oder durch Aufforstung wieder binden. Betrachten wir also den Einfluss solcher Maßnahmen auf die Kohlenstoffbilanz der Biosphäre.

Ein heranwachsender Forst leitet den durch die Netto-Primärproduktion aus der Atmosphäre aufgenommenen Kohlenstoff zunächst überwiegend in die lebende Pflanzenmasse, insbesondere das Holz, und speichert ihn dort. Die Produktion an Bestandesabfall ist zunächst noch gering und weitgehend auf absterbendes Laub beschränkt, da absterbende Stämme in nennenswerter Menge ja noch fehlen. Dadurch ist die Zufuhr von Kohlenstoff in den Bestandesabfall und den Bodenumus zunächst noch gering und besteht im Wesentlichen aus rasch abbaubarem Blattmaterial. Je nach dem Gehalt des Bodens an organisch gebundenem Kohlenstoff (Humus) kann dessen Abbau noch höher sein als die Netto-Primärproduktion und der junge Forst ist dann sogar eine Netto-Quelle für Kohlenstoffdioxid. Um abschätzen zu können, ob ein nach der Aufforstung heranwachsender Forst eine Quelle für CO<sub>2</sub> werden wird, oder ob er eventuell tatsächlich in geringem Umfang CO<sub>2</sub> netto binden kann, ist eine genaue Analyse des Systemzustandes, insbesondere natürlich auch des organisch gebundenen Kohlenstoffs des Bodens, unabdingbar. Ohne diese Maßnahmen ist eine Vorhersage, ob eine Aufforstung als Kompensationsmaßnahme taugt oder aber im Gegenteil kontraproduktiv ist, nicht möglich.

Ähnliche Überlegungen sind sinngemäß bei jeglichem Eingriff in die Landbedeckung und bei Änderungen der Landnutzung erforderlich, wenn man ein Interesse an der Verminderung des CO<sub>2</sub> Ausstoßes hat. Gerade bei Vegetationstypen aus hauptsächlich krautigen Pflanzen, wie Steppen oder Savannen und manchmal sogar in der Landwirtschaft, ist der Vorrat an organisch gebundenem Kohlenstoff des Bodens oft viel höher als der Kohlenstoffgehalt der oberirdischen Pflanzenmasse und wird doch in sehr vielen Fällen bisher einfach ignoriert. Seine Berücksichtigung ist zwar aufwendig, aber unverzichtbar zur Einschätzung der Folgen von Maßnahmen für die CO<sub>2</sub> Bilanz der Fläche.

## Zusammenfassung

Die Verwendung von Holz oder Holzprodukten, z.B. Pellets, zur Energiegewinnung ist in keinem Fall klimaneutral. Die dabei freigesetzte Menge an dem Treibhausgas CO<sub>2</sub> entspricht etwa derjenigen, die bei der Verbrennung von Kohle für die gleiche Energiemenge freigesetzt würde. Dabei ist es unerheblich, ob frisches oder totes Holz oder Abfallholz verbrannt werden.

Zur Beurteilung, ob die Aufforstung an einem Ort zur Bildung einer Quelle oder Senke für CO<sub>2</sub> führt, ob sie also als Kompensationsmaßnahme taugt oder das Gegenteil bewirkt, ist eine eingehende fachwissenschaftliche Voruntersuchung, insbesondere des Bodenkohlenstoffs (Humus), auf der vorgesehenen Fläche erforderlich.