

Wald.Holz.Energie

Kohlenstoffsenke Holzwirtschaft



© Gernot Gleiss/Hollmann Turracher Höhe

www.biomasverband.at

klimaaktiv
Partner


ÖSTERREICHISCHER
BIOMASSE-VERBAND
AUSTRIAN BIOMASS ASSOCIATION

Mit Unterstützung vom

 Bundesministerium
Landwirtschaft, Regionen
und Tourismus



Aktive Waldbewirtschaftung ist die beste Kohlenstoffsенke

Mit der ungebremsten Verbrennung von Öl, Gas und Kohle befindet sich die Menschheit auf dem Weg in eine Klimakatastrophe. Stürme, Überflutungen, Dürren, Waldbrände und Missernten haben stark zugenommen, viele Ökosysteme drohen zu kippen und weite Landstriche unbewohnbar zu werden. Mit der Nutzung nachhaltig produzierter, nachwachsender Rohstoffe aus Land- und Forstwirtschaft, darauf basierender Bioenergie sowie Wind, Wasserkraft, Sonnenenergie und konsequentem Energiesparen haben wir die Lösungen, um schnell aus fossilen Energien auszusteigen und relevante Mengen CO₂ aus der Atmosphäre zu entnehmen.

Um Bioenergie ist in den vergangenen Jahren eine Debatte entbrannt, ob sie überhaupt zu Klimaschutzzielen beitragen kann oder ob ihre Forcierung nicht zu Waldrodungen, Biodiversitätsverlusten, Feinstaubbelastung, einem Abbau der Kohlenstoffvorräte im Wald und letztendlich zu einer Befeuerung der Klimakrise führt. Wir haben uns mit den Kritikpunkten auseinandergesetzt und versucht, in dieser Broschüre mit Fachbeiträgen führender Experten den aktuellen Wissensstand darzulegen.

Unser Ansatz heißt: schneller Ausstieg aus fossilen Energien, Schutz von Urwäldern, klimaeffizienter regionaler Holzeinsatz sowie nachhaltige Bewirtschaftung klimafitter Schutz- und Wirtschaftswälder. Diese können uns im Sinne der Nachhaltigkeit nicht unendlich viele, aber unendlich lange Rohstoffe bereitstellen. Werden unsere Wälder zu Kohlenstoffmuseen degradiert, scheitert der Ausstieg aus fossilen Energieträgern. Nichtstun und Träumereien von einer Wildnis sind keine Optionen, welche die Probleme der Menschheit lösen könnten.

Diese Broschüre soll auch eine Einladung an die Kritiker der Bioenergie sein, sich mit uns gemeinsam und abseits von Stehsätzen zu beraten. Zusammen schaffen wird den Ausstieg aus der fossilen Energie, auch ohne Atomkraft und Waldverwüstung, dafür aber in einer gemeinsamen, nachhaltig gelebten Verantwortung.

A handwritten signature in green ink that reads "Franz Titschenbacher". The signature is fluid and cursive, with a long horizontal stroke at the end.

Ihr Franz Titschenbacher

Präsident des Österreichischen Biomasse-Verbandes



Nachwachsende Ressource mit großem Potenzial

Österreich ist seit jeher ein Vorzeigebispiel für nachhaltige Waldbewirtschaftung. Fast 48 Prozent des Staatsgebietes sind mit Wald bedeckt. Jedes Jahr wächst mehr Holz nach, als wir nutzen – damit könnten über 100.000 Einfamilienhäuser zusätzlich gebaut werden.

Aufgrund des Klimawandels stehen der Wald und die Forstwirtinnen und Forstwirte unter großem Druck. Dabei ist der Rohstoff Holz aber von großer Bedeutung, um die gesetzten Klimaziele zu erreichen. Insbesondere der Holzbau und die Biomassebranche können einen Beitrag zu einem klimafreundlichen Gebäudesektor leisten. Deshalb brauchen wir auch in Zukunft eine aktive und nachhaltige Waldbewirtschaftung. Nur so kann uns die nachwachsende Ressource Holz in ausreichender Menge zur Verfügung stehen.

Mit dem Green Deal hat die EU eine Rahmenstrategie erarbeitet, mit welcher die Transformation hin zu einer nachhaltigen Wirtschaft erreicht werden soll. Das Klimapaket „Fit for 55“ der Europäischen Kommission enthält ein Bündel an Vorschlägen, um die angestrebte Reduktion von Treibhausgasen um 55 Prozent gegenüber dem Niveau von 1990 bis zum Jahr 2030 zu erreichen.

Diese Vorschläge berücksichtigen allerdings das bedeutende Potenzial von Wald und Holz nicht ausreichend. Leider wird der Wald von der EU-Kommission nur auf seine Funktion als CO₂-Senke reduziert. Dabei leistet er doch so viel mehr: Er schützt vor Naturgefahren, reguliert den Wasserhaushalt, ist Erholungsort und liefert Energie in Form von Wärme oder Strom für unsere Häuser. Deshalb werde ich mich auch in Zukunft dafür einsetzen, den Wald weiterzuentwickeln und nachhaltig zu nutzen.

Ihre Elisabeth Köstinger

*Bundesministerin für Landwirtschaft,
Regionen und Tourismus*



Wald spielt zentrale Rolle für Klimaschutz und Energiewende

Wälder erfüllen wichtige Funktionen: Sie sorgen für gute Luft und sauberes Wasser, bieten Lebensraum für Biodiversität, schützen vor Naturgefahren und sind Erholungsräume. Wälder spielen auch eine zentrale Rolle für Klimaschutz und Energiewende: Sie speichern Kohlenstoff in Biomasse und Böden und produzieren die Materialien für den Umstieg von einer fossilen Gesellschaft hin zur Bioökonomie.

Wir wollen die bestehende stoffliche und energetische Nutzung des Rohstoffes Holz mit dem Waldfonds weiter stärken und effizienter machen. Das Erneuerbaren-Ausbau-Gesetz sieht bis 2030 eine Erhöhung der jährlichen Stromerzeugung aus Biomasse um 1 TWh vor. Holz leistet damit einen wichtigen Beitrag zur Versorgungssicherheit, vor allem auch beim Ausgleich saisonaler Schwankungen und um unabhängiger von Gasimporten zu werden. Gleichzeitig können wir die Wärmewende schaffen, mit dem, was uns Biomasse, Wärmepumpen und Sanierungen heute schon anbieten. Hierzu haben wir mit einem historischen Förderprogramm für die Wärmewende über 1,9 Milliarden Euro für die nächsten Jahre mobilisiert.

Gesunde Wälder sind essenziell für die Aufrechterhaltung unserer Lebensgrundlagen. Die multifunktionalen Waldwirkungen hängen von der Vitalität, Stabilität und ökologischen Vielfalt des Waldes ab. In den letzten Jahren hat sich gezeigt, dass die europäischen Wälder zunehmend auch von durch den Klimawandel verstärkten Extremereignissen bedroht sind.

Damit unsere Wälder auch in Zukunft die für uns alle notwendigen Ökosysteme bereitstellen können, ist es erforderlich, ihre natürlichen Selbstregulierungsmechanismen und ihre Anpassungsfähigkeit zu fördern. Nur so kann auch die Bereitstellung von Holz als Baumaterial und Holzbiomasse für die Energiewende und Bioökonomie nachhaltig sichergestellt werden.

A handwritten signature in green ink, appearing to read 'Leonore Gewessler'. The signature is fluid and cursive.

Ihre Leonore Gewessler

*Bundesministerin für Klimaschutz, Umwelt,
Energie, Mobilität, Innovation und Technologie*



Gemeinsam der Klimakrise die Stirn bieten

Wir haben mit der Hochwasserkatastrophe in Deutschland, den Verwüstungen durch einen Tornado in Tschechien, den verheerenden Borkenkäferschäden im Waldviertel und einem der größten Waldbrände der österreichischen Geschichte im Wiener Quellschutzwald in den vergangenen Monaten einen Vorgeschmack davon bekommen, welche Folgen der Klimakrise uns in den nächsten Jahren erwarten. Die Wälder werden weiter und immer schneller sterben, wenn wir nicht rasch und entschlossen handeln.

Mit unseren Wäldern droht ein wesentlicher Teil der österreichischen Natur- und Kulturlandschaft, eine wirksame Lösung gegen die Klimakrise, eine Heimat seltener Arten, die Basis unserer Trinkwasserversorgung und ein zentrales Element der heimischen Wirtschaft zu verschwinden. Ich bin aber zutiefst davon überzeugt, dass wir als Gesellschaft diese große Herausforderung bewältigen können, wenn wir jetzt endlich die Klimakiller Öl, Kohle und Gas hinter uns lassen und miteinander eine neue, saubere und nachhaltige Zukunft gestalten.

Gleichzeitig dürfen wir den Wald durch unser Handeln nicht noch mehr gefährden. Wir brauchen gerade in Zeiten der Klimakatastrophe nachhaltige Bewirtschaftungsformen, die der Biodiversität ausreichend Raum geben und auf gesunde Baumartenmischungen und Bodenschonung achten. Selbstverständlich braucht es dafür auch die politischen Rahmenbedingungen, die dies ermöglichen.

Das Bewusstsein über die Wichtigkeit des Klimaschutzes ist in der Breite der österreichischen Bevölkerung angekommen – jetzt müssen wir gemeinsam daran arbeiten, dass sich dies in zukunftsfähigen Maßnahmen niederschlägt und die Politik endlich vom Reden ins Tun kommt.

Ändert sich nichts, ändert sich alles!

Katharina Rogenhofer

Sprecherin des Klimavolksbegehrens

Inhalt

Die Rolle des Waldes beim Klima- und Artenschutz

Ernst-Detlef Schulze 8

Rettungsanker BECCS? Bioenergie mit CO₂-Abscheidung und -Speicherung

Michael Obersteiner 18

Klimastabilisierung braucht negative Emissionen

Hans Joachim Schellnhuber 28

Beitrag der Forstwirtschaft zur Klimaneutralität 2050

Martin Höbarth 38

Vom Passagier zum Piloten – Klimawandelanpassung im Wirtschaftswald

Stefan Zwettler 48

Wald für alle – wie man Holznutzung, Kohlenstoffspeicherung und Biodiversität vereinbart

Peter Mayer 56

CO₂ raus – Pflanzenkohle rein!

Hansjörg Lerchenmüller 64

Exemplarische Nutzungskombinationen für den klimaoptimierten Holzeinsatz

Lorenz Strimitzer 76

Kohlenstoffnutzung und Klimaschutz – negative Emissionen mit Bioenergie

Christoph Pfemeter 84

Listen to the Science – aktuelle Literaturrecherche zu Bioenergie und ihrer Bedeutung für Klimaschutz, Energiewende, Biodiversität und regionale Wertschöpfung

Redaktion Die Ökoenergie 94

Die Rolle des Waldes beim Klima- und Artenschutz



In der Diskussion über den Klimawandel, der durch den Anstieg klimawirksamer Gase in der Atmosphäre bedingt ist, wird nach Möglichkeiten gesucht, diesen Anstieg zu begrenzen oder auszugleichen. Dabei wird immer wieder die Bedeutung des Waldes hervorgehoben, da die Holzvorräte im Wald erhebliche Mengen Kohlenstoff binden. Auch der Wald ist aber ein Wirtschaftsgut, in dem der Zuwachs geerntet wird, um Bedürfnisse der Öffentlichkeit zu befriedigen. Die Palette an aus Holz gefertigten Produkten reicht von Bauholz über Zeitungs- und Toilettenpapier bis hin zu Fasern für die Herstellung von Outdoor-Kleidung. In Zukunft – sofern in einer Bio-ökonomie Plastikprodukte aus Holz hergestellt werden – wird die Bedeutung von Wald als Holzlieferant steigen. Bei einer nachhaltigen Bewirtschaftung sollten die Vorräte im Wald trotz Nutzung konstant bleiben und würden daher bei oberflächlicher Betrachtung keinen Beitrag zum Klimaschutz leisten. Daher wird vonseiten des Naturschutzes argumentiert, dass allein

in einem Wald, in dem keine Nutzung erfolgt, die Klimaschutzwirkung des Waldes voll zur Geltung kommt. Dabei wird aber übersehen, dass die Öffentlichkeit Produkte aus Holz benötigt und in Anspruch nimmt.

Rahmenbedingungen

Die forstlichen Rahmenbedingungen zeigen auf der Basis der deutschen Bundeswaldinventur, dass die mittleren und maximalen Vorräte (kurz vor dem Verjüngungshieb) im bewirtschafteten und nicht-bewirtschafteten Nadelholz etwa gleich hoch sind (Tab. 1). Das gilt auch für die maximalen Vorräte im Laubholz. Nur im mittleren Vorrat liegt der bewirtschaftete Laubwald unter den Vorräten des nicht-bewirtschafteten Waldes. Dies könnte daran liegen, dass der nicht-bewirtschaftete Laubwald in dieser Stichprobe eine andere Altersverteilung hat als der bewirtschaftete. Dies wurde bislang nicht überprüft. Wollte man die mittleren Vorräte im bewirtschafteten Laubwald noch erhöhen, müsste auf Durchforstungen verzichtet werden. Dies hätte negative Aus-

Tab. 1: Mittlere und maximale Bestandesvorräte, mittlere flächengewichtete Bestandesalter und Zuwächse in nicht-bewirtschafteten und bewirtschafteten Laub- und Nadelwäldern

	Laubwald (Buche)		Nadelwald (Fichte)	
	unbewirtschaftet	bewirtschaftet	unbewirtschaftet	bewirtschaftet
Mittlerer Bestandesvorrat (m ³ /ha lebendes & totes Holz)	435 ±34	366 ±6	421 ±37	425 ±6
Maximaler Bestandesvorrat (m ³ /ha lebendes & totes Holz)	981 ±148	919 ±195	1.118 ±202	1.098 ±201
Alter (Jahre)	115	101	94	69
Zuwachs (m ³ /ha*a)	8,99	10,28	9,22	13,47
Vorratsänderung (m ³ /ha*a)	1,15	1,31	0,92	1,35

Quelle: Schulze et al., 2021



wirkungen auf die Bestandesstabilität und die Holzqualität, was die Verwendungsmöglichkeiten als wertvolles Sägerundholz und Bauholz einschränken würde.

Der Wirtschaftswald hat höhere Zuwächse als der nicht-bewirtschaftete und ist damit bei gleichem Vorrat jünger als der nicht-bewirtschaftete Wald. Der bewirtschaftete Nadelwald wächst jährlich um 4 Festmeter pro Hektar mehr zu als der nicht-bewirtschaftete. Auch im Laubwald beträgt der Mehrzuwachs des Wirtschaftswaldes mehr als 1 Festmeter. Damit übertrifft auch die jährliche Vorratszunahme im Wirtschaftswald jene des nicht-bewirtschafteten.

Keine Unterschiede beim Kohlenstoffvorrat im Boden

Kohlenstoff wird nicht nur im Holz, sondern auch im Mineralboden und im Auflagehumus gespeichert, wobei der höhere Anteil im Mineralboden gelagert ist. Weder in der organischen Auflage noch im Mineralboden gibt es signifikante Unterschiede zwischen bewirtschafteten und nicht-bewirtschafteten Beständen (Tab.2). Dies bestätigen Studien in den sehr alten Nationalparks Fontainebleau (Frankreich) und Bialowieza (Polen) sowie eine Stichprobeninventur im Nationalpark Hainich

(Deutschland). Diese Ergebnisse widersprechen zwar Untersuchungen, die auf einzelnen Versuchsflächen erfolgten, aber nicht die Bedingungen auf Landschaftsebene repräsentieren. Die zweite Bodenzustandserhebung (BZE II) in Deutschland zeigt, dass der Bodenkohlenstoff im Wald bei der derzeitigen Bewirtschaftung zunimmt (ca. 0,41 t C/ha*a). Auf geeigneten Standorten (z. B. Moore und andere Gebiete mit hohem Grundwasserstand) wäre es möglich, bei eingeschränkter Nutzung zusätzlichen Kohlenstoff im Boden zu binden. Die Möglichkeiten sind aber begrenzt [1].

CO₂-Freisetzung aus Totholzabbau

Wird das Holz nicht zum Bau und zur Energiegewinnung genutzt, verrottet es im Wald, dabei gelangt das CO₂ wieder in die Atmosphäre. Der Zeitraum bis zur Zersetzung des Totholzes ist mit der durchschnittlichen Abbaudauer von Holzprodukten vergleichbar. Die mittlere Verweildauer des Holzes bis zu einem Abbau von 50 Prozent der Masse ist von Holzprodukten im Wirtschaftskreislauf und von natürlich verrottem Holz sehr ähnlich. Im Bundesland Thüringen haben Holzprodukte im Schnitt nach 20 Jahren eine 50-prozentige Abbaurate, bei Totholz sind es durchschnittlich 28 Jahre. Bei der Buche erfolgt die Verrottung

Tab. 2: Kohlenstoffvorräte im Boden bis 1 m Tiefe in nicht-bewirtschafteten und angrenzenden bewirtschafteten Parzellen von alten Schutzgebieten Europas

Bodenschicht	Ort	Standortszahl	nicht-bewirtschaftet	bewirtschaftet
Organische Auflage (tC/ha)	Fontainebleau	20	11,3 ±7,3	7,0 ±4,4
	Bialowieza	20	6,2 ±4,1	20,3 ±11,4
	Hainich	465	7,2 ±4,5	5,3 ±3,5
	Bodenzustandserhebung	41 unbew./156 bew.	15,8 ±19,7	13,5 ±25,1
Mineralboden (tC/ha)	Fontainebleau	20	35,5 ±6,1	32,0 ±5,9
	Bialowieza	20	59,5 ±18,2	66,9 ±8,9
	Hainich	465	102,9 ±20,8	98,5 ±27,3
	Bodenzustandserhebung	41 unbew./156 bew.	80,28 ±41,0	81,10 ±40,1

Quelle: Verschiedene Untersuchungen des MPI-Biogeochemie in Laubwäldern und des Thünen-Instituts in Buchenbeständen sowie nach den Ergebnissen der BZE II in Deutschland



sogar schneller als die Lebensdauer der Produkte beträgt. Hier vergehen bis zur 50-prozentigen Zersetzung nur 14 Jahre; bei Produkten aus Buchenholz beträgt der Abbauperioden 19 Jahre (Tab. 3). Im Nadelholz erfolgt der mittlere Produktabbau etwas schneller als die Verrottung [2].

Möglichkeiten zum Vorratsaufbau beschränkt

Die Daten weisen darauf hin, dass die Möglichkeiten für einen weiteren Vorratsaufbau im Wald begrenzt sind. Dies zeigen auch Stichprobeninventuren, in denen die Vor-

räte in zwei Regionen mit Wirtschaftswald und in einer nicht-bewirtschafteten Region Thüringens (Nationalpark Hainich) in Abhängigkeit vom Alter des herrschenden Bestandes untersucht wurden [3]. In Abb. 1 dargestellt ist die Beziehung zwischen Bestandesvolumen an Holzmasse und Alter des Stammes mit mittlerer Grundfläche im Altersklassenwald Geney und im Westerald/Thüringen sowie dem Hainich Nationalpark auf etwa 3.000 Inventurflächen. Zusätzlich sind Inventurpunkte aus alten Nationalparks in der Ukraine (Uholka) und in Rumänien (Nera) eingezeichnet. Die um-

Tab. 3: Dauer des mittleren und vollständigen Abbaus von Holzprodukten im Vergleich zur natürlichen Zersetzung von Totholz in Jahren

Baumart	Holzprodukte		Zersetzung Totholz	
	Abbau zu 50 %	Abbau zu 90 %	Abbau zu 50 %	Abbau zu 90 %
Buche	19	56	14	41
Fichte	21	62	34	103
Mittelwert in Thüringen nach Baumartenanteilen	20	62	28	84

Quelle: Schulze et al., 2021



© Werner Gameraith

Der nicht-bewirtschaftete Wald (hier Urwald Rothwald, Wildnisgebiet Dürrenstein-Lassingtal) weist gegenüber dem Wirtschaftswald einen deutlich geringeren Zuwachs auf; die höheren Totholzvorräte belasten die Ökosystembilanz [4].



hüllende Linie der Messpunkte zeigt keine Unterschiede zwischen Wirtschaftswald und Nicht-Wirtschaftswald. Dass die Möglichkeiten, die bestehenden Holzvorräte weiter zu erhöhen, sehr begrenzt sind, liegt vor allem an der Limitierung des Alters durch Schadorganismen. So wird z.B. die Buche nur in Ausnahmefällen etwa 250 Jahre alt, denn die Baumart wird im stehenden Holz durch Pilze und Bakterien angegriffen, die nach Trockenereignissen über die Wurzel eindringen [5]. Bei Nadelholz limitieren andere Schädlinge das Höchstalter.

Wirtschaftswald heißt Vorratsaufbau plus Substitution

Da die Schutzgebiete in Deutschland ein relativ junges Alter aufweisen, sind dort noch positive Vorratsänderungen möglich. Letzten Endes gelangt der Vorratsaufbau im unbewirtschafteten Wald jedoch in ein Äquilibrium. Bei der Annahme, dass ein Vorratsaufbau im Wald bilanziell Emissionen aus fossilen Brennstoffen ausgleichen

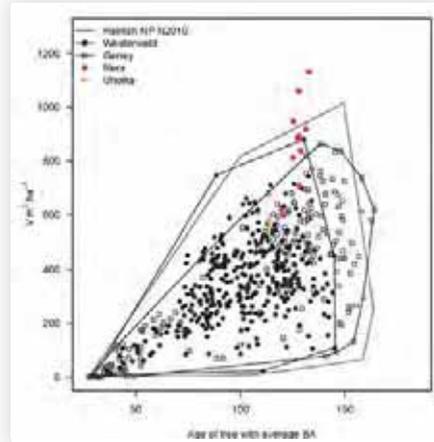


Abb. 1: Beziehung zwischen Bestandesvolumen und Alter des Stammes mit mittlerer Grundfläche im Altersklassenwald und nicht-bewirtschafteten Nationalparks

soll, hat diese Kompensation keinen Einfluss darauf, welche Menge an fossilen Brennstoffen genutzt wird. Genau wie im nicht-bewirtschafteten Wald werden auch im Wirtschaftswald hohe Vorräte aufgebaut



Genauso wie ein nicht-bewirtschafteter Wald kompensiert auch der Wirtschaftswald fossile CO₂-Emissionen, als einzigartige Zusatzleistung liefert er Holzprodukte, die energieintensive Baustoffe und fossile Energieträger ersetzen.





© ÖBMV

Brennholz ersetzt vor allem bei Kleinwaldbesitzern im ländlichen Raum fossiles Heizöl oder Erdgas.

und damit fossile Treibhausgasemissionen kompensiert. Als zusätzliche qualitative Leistung trägt aber die Holznutzung dazu bei, dass weniger fossile Brennstoffe benötigt werden. Denn die Bewirtschaftung führt infolge der stofflichen und energetischen Holzverwendung zur Vermeidung der Nutzung fossiler Brennstoffe und energieintensiver Materialien.

Energetische Nutzung von Holz

In der Diskussion über die energetische Holznutzung wird oft angemerkt, dass Holz eine geringere Energiedichte als fossile Brennstoffe besitzt und damit die Atmosphäre mehr belasten würde als die Verbrennung fossiler Brennstoffe. Hierbei wird vernachlässigt, dass in nachhaltig bewirtschafteten Wäldern das ausgestoßene CO₂ in absehbarer Zeit wieder gebunden wird, während eine Neubildung fossiler Brennstoffe Millionen Jahre dauert.

Durch die Ökosystematmung werden im nicht-bewirtschafteten Wald etwa 92 Prozent und im Wirtschaftswald 75 Prozent des photosynthetisch gebundenen Kohlenstoffs in relativ kurzer Zeit mikrobiell abgebaut. Der Abbau von Totholz und Schlagabraum (Zweige und Äste) bei Bewirtschaftung speist die Ökosystematmung. Mittels energetischer Holznutzung wird die chemisch gebundene Energie im Holz nicht durch Mikroorganismen, sondern vom Menschen verwertet. Dadurch werden energiereiche, fossile Brennstoffe ersetzt. Dies betrifft fast 10 Prozent des gesamten CO₂-Kreislaufes. Die Emission bei der Biomasseverbrennung wird durch geringere Ökosystematmung ausgeglichen. Waldbewirtschaftung und Holzverwendung verbessern die jährliche Treibhausgasbilanz Deutschlands zurzeit um etwa 11 bis 14 Prozent, die sich näherungsweise zu gleichen Teilen auf den Waldspeicher (lebende und tote Biomasse sowie Waldboden) und die Holzverwendung (Produktspeicher, stoffliche und energetische Substitution) verteilen.

Gesetzliche Einschränkungen der Waldbewirtschaftung

Neben den biologischen Rahmenbedingungen gibt es rechtliche Vorgaben, welche die forstlichen Bewirtschaftungen einengen. Laut Beschluss des EU-Parlaments [6] sollen in Zukunft 10 Prozent der Landesfläche unter besonderem Schutz stehen (aus der Nutzung genommen werden) und insgesamt 30 Prozent der Landesfläche geschützt werden (Auflagen in der Nutzung). Zusätzlich sieht das deutsche Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG, BJNR251310019) von 2019 vor, dass die Treibhausgasemissionen Deutschlands bis 2040 um 88 Prozent sinken sollen (Entwurf zur Änderung des Bundes-Klimaschutzgesetzes, 2021).

Der Sektor LULUCF (Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft) hat in diesem Rahmen eine eigene absolute



Vorgabe zu einer steigenden Netto-Aufnahme (Vorratsaufbau) von bis zu 40 Millionen Tonnen CO₂ im Jahr 2045. Da die Forstwirtschaft in diesem Sektor zurzeit die mit Abstand größte Senke darstellt, ist abzusehen, dass diese Verpflichtung vor allem im Wald erfüllt werden soll, was bei den zunehmenden Folgen des Klimawandels kaum zu erreichen ist.

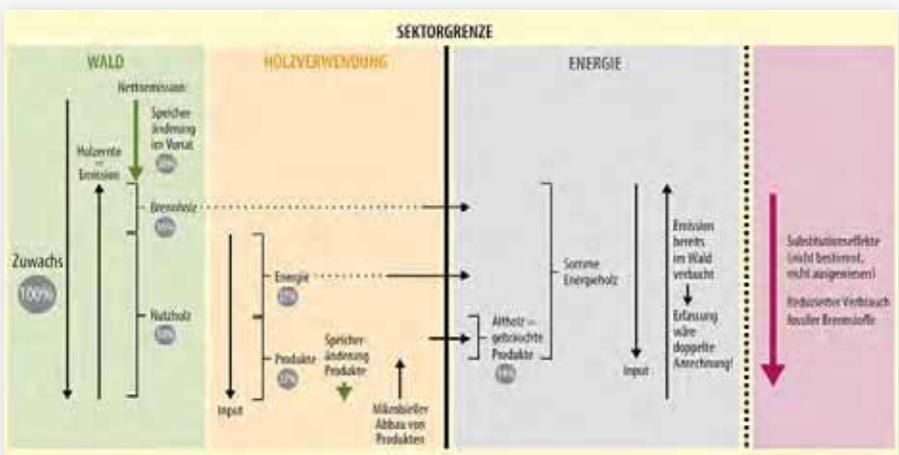
Problem der aktuellen Verrechnung

Die Verrechnung der Emissionen aus der Holznutzung erfolgt vor dem Hintergrund einer Trennung zwischen den Sektoren. Die Forst- und Holzwirtschaft gehört zum Sektor LULUCF, die endgültige Verwendung von Holz geschieht jedoch in anderen Bereichen und wirkt direkt und indirekt vor allem im Sektor Energie (Abb. 2).

In der Forstwirtschaft gibt es als Eingangsgröße einen Zuwachs, der entweder nicht geerntet wird und damit als Vorratsänderung (Speichererhöhung) messbar ist, oder als Nutzholz geerntet wird. Der Nutzholzanteil trennt sich in Energieholz (Scheitholz für Hausbrand vor allem im

ländlichen Raum), das nicht zwangsweise in die Holzrentestatistik eingeht (Kleinprivatwald, Nutzungen des Eigentümers) und Nutzholz, das vermarktet wird und statistisch erfasst ist. Dieses Nutzholz geht an die Holzwirtschaft, in der Abfallprodukte energetisch genutzt werden (z. B. Trocknung) und Produkte entstehen. Eine Kaskadennutzung der Produkte wäre dabei besonders positiv für den Klimaschutz [7], ehe ein Teil der Produkte biologisch abgebaut (Zaunpfahl verrottet in der Wiese, Toilettenpapier wird in der Kläranlage zersetzt) und ein anderer Teil nach der Nutzung energetisch verwertet wird (Altholz aus Bauten). In der Summe wird Scheitholz plus Abfall der Holzwirtschaft plus Altholz energetisch genutzt.

Hinzu kommen Effekte der Verwendung von Holz anstelle anderer, oft emissionsintensiver hergestellter Materialien. Da es aber sehr kompliziert ist, diese unterschiedlichen Pfade und Effekte der Nutzung nachzuvollziehen und zu quantifizieren, nahm man in den Richtlinien des IPCC eine Vereinfachung vor [8]. Das gesamte geerntete Holz wird als unmittelbare Emission dem



Quelle: Schulze et al., 2021

Abb. 2: Schematischer Fluss von Kohlenstoff aus lebender und toter Biomasse vom Wald über Holzprodukte und Energienutzung zurück in die Atmosphäre



Sektor LULUCF angerechnet, unabhängig davon, ob und wann dieses verrottet oder energetisch genutzt wird. Brennholz ist in dieser Rechnung nicht enthalten. Der Einsatz von Holz in der Energiewirtschaft wird als emissionsfrei bewertet, da die Emissionen ja bereits unter LULUCF erfasst wurden. Die Setzung eines Sektorziels für diesen Bereich kann jedoch dazu führen, dass die Forstwirtschaft weniger Holz an andere Sektoren abgeben kann, das heißt, die Energiewirtschaft würde eventuell kein heimisches Holz mehr erhalten.

Abb. 2 zeigt den schematischen Fluss von Kohlenstoff aus lebender und toter Biomasse vom Wald über Holzprodukte und Energienutzung zurück in die Atmosphäre.

Da die photosynthetische Bindung unabhängig von der Bewirtschaftung nicht berichtet wird, werden die respiratorischen Emissionen auch nicht berichtet.

Horizontale Pfeile in der Abbildung kennzeichnen den Transport von Holz von der Forst- und Holzwirtschaft zur Energieerzeugung. Vertikale schwarze Pfeile zeigen die „Inputs“ und die tatsächlichen Emissionen, deren Salden die dicken grünen Pfeile ergeben (Daten nach [8]). Diese grünen Pfeile repräsentieren die aktuell berichteten Speicheränderungen im Baumbestand des Waldes und in Holzprodukten. Die Länge des grünen Pfeils beim Produkt-speicher ist überhöht. Der durchschnittliche Kohlenstoffgehalt beträgt etwa 25 Prozent des Volumens von frischem Holz [2].

Drohende Einschlagsminderung

Die Verteilung des Holz- und Kohlenstoffflusses auf mehrere Sektoren (vor allem LULUCF mit Forst-Holz und Energie) hat zur Folge, dass die Holzernte der Forstwirtschaft als unmittelbare Emission angerechnet wird. Dies ist unabhängig von der Nutzung des Holzes. Diese Situation führt dazu, dass mit den gesetzlich festgelegten Emissionsminderungszielen des Klimaschutzgesetzes die Forstwirtschaft potenziell zu einer Minderung des Einschlags gedrängt wird. Holz müsste dann in Zukunft vermehrt importiert werden.

Forstwirtschaft nicht für Biodiversitätsverlust verantwortlich

Der Schutz der Artenvielfalt ist ein oft angeführtes Argument für Außernutzungsstellungen der Forstwirtschaft. Jede zweite Pflanzenart in Deutschland ist entweder geschützt, gefährdet oder unterliegt der Verantwortung Deutschlands, sie vor dem Aussterben zu bewahren. Von diesen Arten sind nur 10 Prozent Waldpflanzen (Tab. 4). Die Gesamtzahl naturschutzrelevanter Arten ist niedriger als die Summe der ein-



© Ower1234/Wikimedia Commons

Das Vorkommen des gefährdeten und geschützten Dolden-Winterliebs ist an Waldbewirtschaftung gebunden.



zelen Gefährdungstypen, da es vielfältige Überschneidungen gibt. In Deutschland ist keine Waldpflanzenart ausgestorben. Im offenen Land stellt sich dies allerdings ganz anders dar. Da es sich um unterschiedliche Pflanzengesellschaften handelt, kann der Wald in keiner Weise die Gefährdung von Arten im Offenland kompensieren bzw. die Offenlandarten beherbergen. Die Forstwirtschaft kann daher nicht alleine die Verantwortung für die Biodiversität der Landschaft übernehmen.

Eine Möglichkeit, die Ausweisung von Naturschutzflächen an der Naturschutzrelevanz zu orientieren, wäre, dass man auf die Arten fokussiert, die sowohl geschützt als auch gefährdet sind und für die Deutschland eine Verantwortung übernommen hat. Im Wald wären dies drei Arten: das Hügel-Lungenkraut, das Dolden-Winterlieb und der blattlose Widerbart. Das Problem dabei wäre aber, dass das Lungenkraut und das Winterlieb an Bewirtschaftung gebunden sind. Der Widerbart kommt selten vor und ist nicht auf Stilllegungsflächen angewiesen. Alle drei Arten sind nur durch Bewirtschaftung zu erhalten.

Nur der Wirtschaftswald ermöglicht einen gezielten Naturschutz. Organismengruppen sind abhängig von der Vielfalt der Pflanzen im Wald und diese ist im Wirtschaftswald höher. Die hohe Zahl an Gehölzarten in Deutschland ist wirtschaftsbedingt. In der Begründung zur Anerkennung der Buche als UNESCO-Naturerbe werden „Reinbestände“ von Buche gefordert. Dies widerspricht der Einsicht, dass die Artenvielfalt der Gehölzarten im Wald Ausgangspunkt der Biodiversität insgesamt ist. Bei Pilzen wurden entsprechende Modellrechnungen durchgeführt. Würde die Buche aussterben, würde sich an der Pilzflora nichts ändern. Andere Gehölzarten sind von größerer Wichtigkeit.

Die Waldeigentümer sollten beim Naturschutz stärker miteingebunden werden.

Tab. 4: Zusammenfassung von geschützten, gefährdeten und Verantwortungsarten

	Wald und Offenland	Offenland	Wald
Gesamtzahl	1.177	1.077	100
Geschützt	370	310	60
Gefährdet	712	660	52
Verantwortung	303	286	17

Quelle: Schulze & Ammer 2015

Auch über eine Vergütung der Waldeigentümer für den Erhalt geschützter Arten auf ihrem Besitz sollte nachgedacht werden. Des Weiteren ist auch die Regulierung des Abschusses von Schalenwild ein bedeutsamer Faktor, der aber bisher nicht verhindern konnte, dass die Wildbestände regional weiter angestiegen sind. ■

Danksagung: Ich danke Dr. Joachim Rock für die intensive Diskussion.

Literatur

- [1] Sierra, C. A.; Crow, S. E.; Heimann, M.; Metzger, H.; Schulze, E.-D. (2021): The climate benefit of carbon sequestration. *Biogeosciences* 18: 1029-1048
- [2] Schulze, E.-D.; Rock, J.; Kroiher, F.; Egenolf, V.; Wellbrock, N.; Irslinger, R.; Bolte, A.; Spellmann, H. (2021): Klimaschutz mit Wald, *BIUZ* 2021/1: 46-64
- [3] Schulze, E.-D. (2017): Biodiversität und Waldbewirtschaftung im Laubwald: *Artenschutzreport* 37/2017:3-11
- [4] Paul, T.; Kimberley, M. O.; Beets, P.N. (2021): Natural forests in New Zealand – a large terrestrial carbon pool in a national state of equilibrium. *Forest Ecosystems* 8:34
- [5] Purahong, W.; Tanunchai, B.; Wahdan, S.F.M.; Buscot, F.; Schulze, E.-D. (2021): Molecular Screening of microorganisms associated with discolored wood in dead European beech trees suffered from extreme drought event using next generation sequencing. *Plants*: 2021,10, 2092, 13pp
- [6] EU-Parlament (2021): EU Biodiversity Strategy for 2030: Bringing nature back into our lives. P9_TA(2021)0277
- [7] Fehrenbach, H.; Köppen, S.; Kauertz, B. et al. (2017): Biomass cascades. *UBA Texte* 53/2017, 28pp
- [8] IPCC Guidelines (2006) <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>

Prof. Dr. Dr. h.c. Ernst-Detlef Schulze
Gründungsdirektor des Max-Planck-Instituts für Biogeochemie
dschulze@bgc-jena.mpg.de



Wir planen Wärmeversorgungsanlagen

Neubau - Sanierung - Optimierung



Ringhofer & Partner GmbH

Gebäudetechnik, Bau- und Energieplanung



- Beratung
- Wirtschaftlichkeitsbetrachtung
- Rechtliche Beratung
- Bestandserhebung
- Wärmelieferverträge und Wärmeverkauf
- Förderabwicklung
- Planung und Ausschreibung
- Auftragsvergabe
- Qualitätsmanagement
- Bauüberwachung

... bis zum Betrieb

... aus einer Hand

HARGASSNER

HEIZTECHNIK DER ZUKUNFT



KLIMASCHUTZ

BEGINNT SCHON BEI IHRER HEIZUNG



PELLETS- | STÜCKHOLZ- | HACKGUT-HEIZUNGEN

JETZT UMSTEIGEN AUF BIOMASSE

Hohe Förderungen von Bund & Land kassieren

ALLES AUS EINER HAND

Perfekt abgestimmte Komplettpakete vom Profi für Profis

37 JAHRE ERFAHRUNG & INNOVATION

Ausgezeichnet mit dem österr. Staatspreis „Umwelt & Klima“



T: +43 (0) 77 23 / 52 74 - 0 | hargassner.at



Michael Obersteiner

Rettungsanker BECCS?

Bioenergie mit CO₂-Abscheidung und -Speicherung



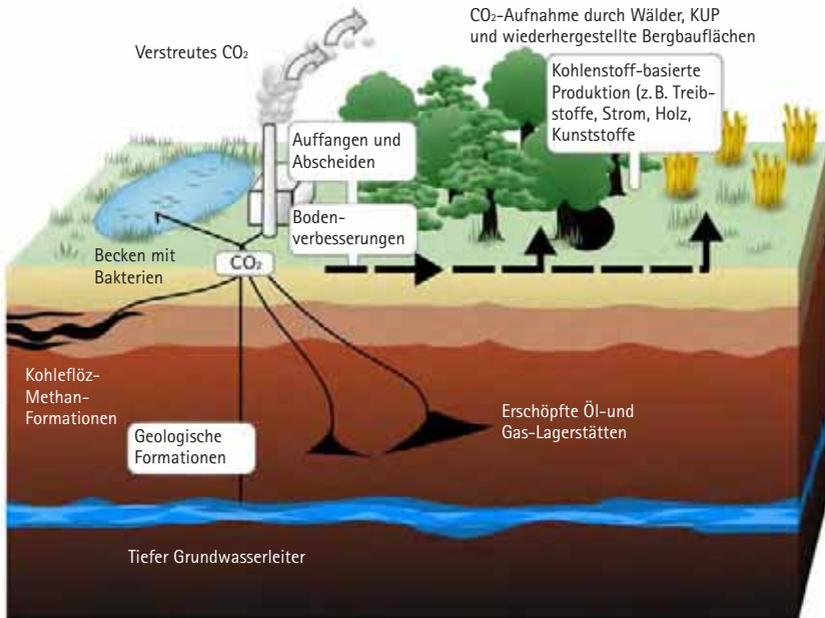
Der vom Institut für Umweltwandel (ECI) an der Universität Oxford geprägte Begriff BECCS (Bioenergy with Carbon Capture and Storage) ist eine technische Lösung, um CO₂ aus der energetischen Nutzung von Biomasse langfristig zu binden (Abb. 1). Die Biomasse wird in einer Biomasseanlage (z. B. Zellstofffabrik oder Biomassekraftwerk) verbrannt bzw. vergast. Dabei wird das CO₂ in den Rauchgasen der Anlage abgeschieden und verdichtet. Anschließend wird es in ehemaligen fossilen

Lagerstätten (Erdöl, Erdgas, Kohle) oder anderen geologischen Formationen verpresst. Die für BECCS benötigte Biomasse stammt beispielsweise aus Wäldern, Kurzumtriebsplantagen, landwirtschaftlichen Nebenprodukten oder auch Gräsern.

Negativemissionen im Pariser Klimaschutzabkommen

Das 2015 beschlossene internationale Klimaschutzabkommen von Paris verfolgt das Ziel, die globale Erderwärmung auf

Funktionsweise BECCS: Bioenergie mit CO₂-Abscheidung und -Speicherung



Quelle: ECI

Abb. 1: BECCS (Bioenergie mit CO₂-Abscheidung und -Speicherung): Aus den Abgasen von Biomasseanlagen wird CO₂ abgeschieden und in geologische Formen verpresst, um damit negative Emissionen zu erzielen.



deutlich unter 2 Grad Celsius zu begrenzen. Darüber hinaus sollen sich die Staaten bemühen, den Temperaturanstieg unter 1,5 Grad Celsius zu halten, um die verheerendsten Folgen des Klimawandels zu verhindern. Dafür sollen die Vertragsparteien so schnell wie möglich den Höchststand der Treibhausgasemissionen erreichen und danach rasche Reduktionen vornehmen. Oft wird angenommen, dass das Klimaproblem mit der Dekarbonisierung unserer Ökonomie gelöst wäre – dies ist aber nicht der Fall. Das Pariser Klimaschutzabkommen sieht auch vor, dass in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts ein Gleichgewicht zwischen anthropogenen Emissionsquellen und -senken erzielt werden soll. Es ist also direkt im Verhandlungstext von Paris verankert, dass in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts CO₂ mittels Senken wieder aus der Atmosphäre entnommen werden soll.

Reduktionsziele der Weltgemeinschaft zu unambitioniert

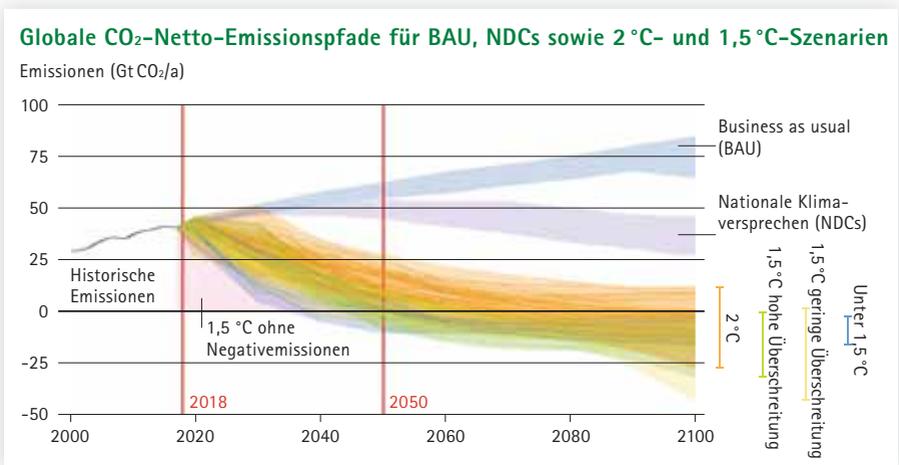
Viele Staaten wollen bis 2050 Klimaneutralität erreichen, Österreich und einige andere Länder schon 2040. Betrachtet

man die Selbstverpflichtungserklärung der Länder in den nationalen Plänen aus dem Pariser Klimaschutzabkommen, erkennt man eine gewaltige Differenz zu den laut Emissionspfaden des Weltklimarates IPCC für das 1,5-Grad-Ziel notwendigen Reduktionen des CO₂-Ausstoßes (Abb. 2).

Gerade der Landnutzungssektor (LU-LUCF) müsste schon in fünf Jahren eine Netto-Senke werden, also mehr Kohlenstoff aus der Atmosphäre binden als ausstoßen. Gemäß den nationalen Berichten planen aber die meisten Länder, ihre Emissionen im Sektor LULUCF noch weiter zu erhöhen. Auch die jüngste Klimakonferenz in Glasgow (COP26) konnte an der gigantischen Emissionslücke nichts ändern. Die Staaten sind nicht in der Lage, sich auf ausreichende Emissionsreduktionen zu einigen.

Klimasystem massiv gestört

Infolge der in den letzten Jahrzehnten vom Menschen verursachten Emissionen liegt die Konzentration von Kohlendioxid (CO₂) und Methan (CH₄) in der Atmosphäre genauso wie die globale Temperatur mittlerweile komplett außerhalb des Bandes

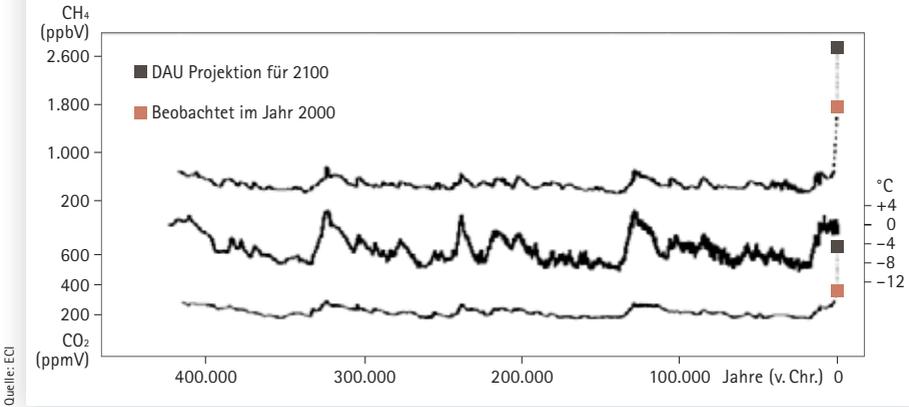


Quelle: Roe et al., 2019 [1]

Abb. 2: Es besteht eine gewaltige Lücke zwischen den zur Einhaltung der Klimaziele erforderlichen Reduktionen der Treibhausgasemissionen und den nationalen Selbstverpflichtungserklärungen (NDCs).



Entwicklung globale Temperatur sowie CO₂- und CH₄-Gehalt der Atmosphäre



Quelle: ECI

Abb. 3: Das Klimasystem ist massiv aus den Fugen geraten, dies zeigen die langfristigen Werte für die globale Temperatur (Mitte) sowie die Konzentration von Kohlendioxid (unten) und Methan (oben) in der Atmosphäre an.

der Erdgeschichte (Abb.3). Das System ist massiv gestört, es besteht dringender Handlungsbedarf. Die Menschheit droht sich aus einer stabilen Klimaperiode herauszubefördern.

Permafrost – Gefahr von Kipp-Punkten

Die Emissionspfade zur Einhaltung des 1,5-Grad-Zieles sind notwendig, um

das Auslösen von Klimakippelementen zu vermeiden. Es stellt sich die Frage, ob wir reagieren können, wenn etwas Unvorhergesehenes passiert. Ein drohendes Szenario ist das Auftauen des Permafrostes. Denn darin ist viermal so viel Kohlenstoff gebunden, wie der gesamte CO₂-Gehalt der Atmosphäre beträgt. Es wäre also mit enormen zusätzlichen Emissionen zu rechnen. In den geläufigen Klimamodellen ist eine



© Geocryologist/Wikimedia Commons

Auftauende Permafrostböden in den kanadischen Nordwest-Territorien: Der Permafrost stellt ein wichtiges Kippelement dar, bei dessen Überschreitung riesige Mengen an Treibhausgasemissionen freigesetzt werden.



Mobilisierung des Permafrosts (Auftauen des Permafrosts und damit verbundene CO₂-Emissionen) typischerweise nicht enthalten. Sollte man dieses Szenario miteinrechnen, haben wir das noch freie Kohlenstoffbudget des 21. Jahrhunderts mit einer Wahrscheinlichkeit von 5 Prozent bereits heute verbraucht. Das heißt, wir müssten unsere CO₂-Emissionen sofort komplett einstellen und auch netto negative Treibhausgasemissionen erzielen. Wollen wir den heute noch vorhandenen Permafrostboden bis ins Jahr 2500 erhalten, bräuchten wir für 150 bis 250 Jahre sogar eine kleine Eiszeit. Wir müssten die globale Mitteltemperatur also deutlich senken, damit diese Böden langfristig wieder gefrieren können. Negativemissionstechnologien (NETs) werden vor allem aus zwei Gründen benötigt:

1. Zur Einhaltung des 1,5-Grad-Zieles, weil die Staaten nicht schnell genug reduzieren können.
2. Um gegenzusteuern, wenn Kippelemente des Erdsystems gefährlich werden.

Umsetzung Kohlenstoffmanagement auf Landschaftsebene

Bioenergie ist eine essenzielle Technologie zur Erzielung negativer Treibhausgasemissionen. Zur Erzeugung der benötigten Bioenergie sind auch Änderungen in der Bewirtschaftung der Landflächen erforderlich. Ein Beispiel ist ein Investitionsprojekt der Holz- und Papierindustrie Stora Enso, die in Brasilien Kohlenstoffmanagement auf Landschaftsebene betreibt: In Bahia im Osten Brasiliens hat der Konzern seit 1994 auf zuvor landwirtschaftlich genutzten Flächen



Extensive/intensive Landwirtschaft



Auf einer zuvor intensiv landwirtschaftlich genutzten Fläche in Brasilien forstet die Holzindustrie Stora Enso wieder auf und praktiziert eine kohlenstoff-optimierte Waldwirtschaft.

© Stora Enso

© Stora Enso



tropischen Regenwald wieder aufgeforstet. Einerseits erfolgen Renaturierungen von Wäldern bzw. wird Entwaldung vermieden, um Treibhausgasemissionen auszugleichen. Dazu kommen Aufforstungen mit Eukalyptus für eine Zellstofffabrik; andere Aufforstungen dienen als Rohstoff für Bioenergie, die teilweise mit CCS kombiniert wird. Die Landwirtschaft kompensiert ihre verlorene Produktionsfläche hauptsächlich durch Intensivierung.

Neben Aufforstungen im großen Stil (vor allem in den Tropen) benötigen wir weltweit dringend eine kohlenstoff-optimierte Waldwirtschaft. Letzteres heißt nicht, den Kohlenstoffgehalt im Wald zu maximieren, sondern bedeutet die Optimierung der Waldwirtschaft bezüglich Netto-Negativemissionen inklusive BECCS und Biokohle. Auch in Österreich gibt es Potenziale für Aufforstungen. Es fallen große Mengen Biomasse aus Kalamitätsholz und dem Waldumbau zu klimafitteren Mischwäldern an. Bioenergie und BECCS sind auch Möglichkeiten, bei temporären Überangeboten von minderwertigem Holz die Preise zu stabilisieren.

Landnutzungssektor als Kohlenstoffsenke

Abb. 4 zeigt die Beiträge des Landnutzungssektors zur Klimamitigation bzw. zur Einhaltung des 1,5-Grad-Zieles. Die Landwirtschaft hat angesichts der steigenden Weltbevölkerung ein relativ geringes Mitigationspotenzial. Bei der Forstsenke (Landnutzung) wird zu einem großen Teil über CO₂-Zahlungen für vermiedene Entwaldungen und Aufforstungen Kohlenstoff im Wald aufgebaut.

Obwohl in den Szenarien viel aufgeforstet wird, geht der Beitrag der Forstsenke ab etwa der Mitte des Jahrhunderts zurück, weil dann mehr Biomasse zur Kohlenstoff-Sequestrierung genutzt wird. Diese Kohlenstoffbindung erfolgt nicht nur über BECCS, sondern z. B. auch über Holzbau. Das hellgrüne Band zeigt den Beitrag der Bioenergie in Form der Substitution fossiler Energieträger. Dunkelgrün gekennzeichnet ist dagegen der reine Verpressungseffekt von CCS, also der Abscheidung und Speicherung. Zusammenfassend sind Landwirtschaft und Landnutzungsänderung zwar wichtig zur Abschwächung des Klima-

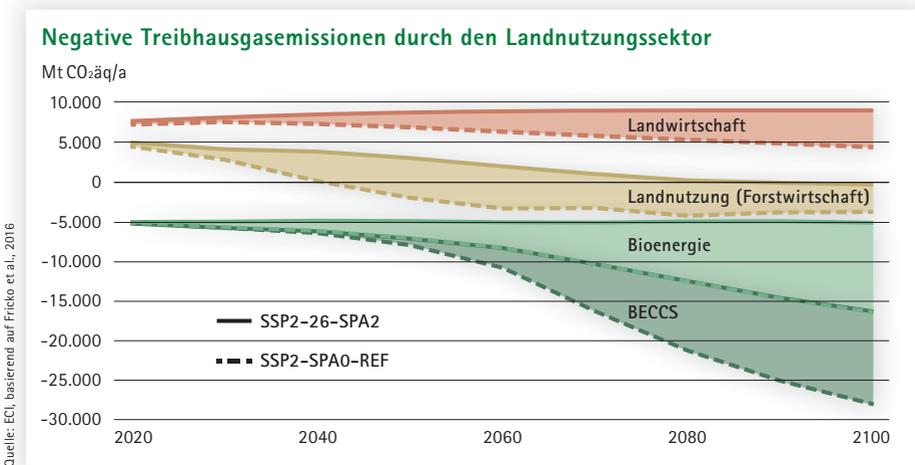


Abb. 4: Im Vergleich zu den Senkeneffekten von Land- und Forstwirtschaft können Bioenergie und BECCS ungleich mehr zur Abmilderung des Klimawandels beitragen.

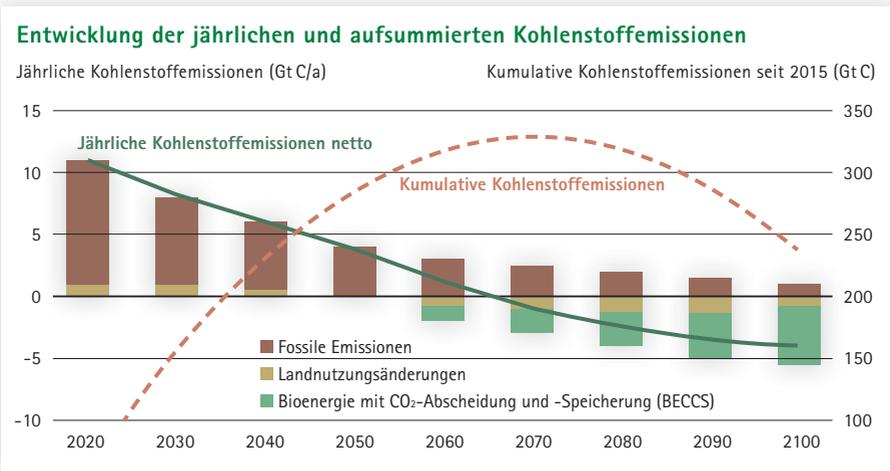


wandels, die großen „CO₂-Staubsauger“ sind aber Bioenergie und BECCS.

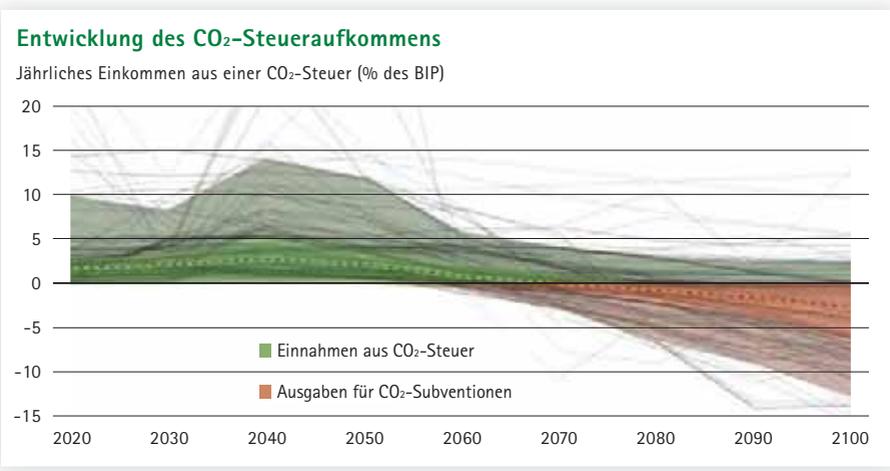
Finanzierbarkeit von Negativemissionstechnologien

Zahlreiche Länder – darunter ab 2022 auch Österreich – haben eine Form der CO₂-Besteuerung fossiler Energieträger eingeführt, um diese teurer und damit unattraktiver zu machen. Dabei generiert der

Staat über die CO₂-Bepreisung ein Steuer-einkommen; das gleiche gilt auch für Auktionen zum Erwerb von CO₂-Zertifikaten. Da gemäß den IPCC-Emissionspfaden die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre sinken soll (Abb.5), würde das Aufkommen aus der CO₂-Steuer ab etwa 2050 negativ werden. Für Negativemissionstechnologien fällt keine CO₂-Steuer an, dieser Sektor müsste also von Subventionen des Staates



Quelle: Bednar et al., 2021 [2]



Quelle: Bednar et al., 2021 [2]

Abb.5 u. 6: Während der Staat zunächst Einnahmen aus einer CO₂-Steuer lukriert, entsteht durch Entwicklung von Negativemissionstechnologien ein großes Finanzierungsproblem, dem mit CO₂-Wechselkrediten begegnet werden könnte.

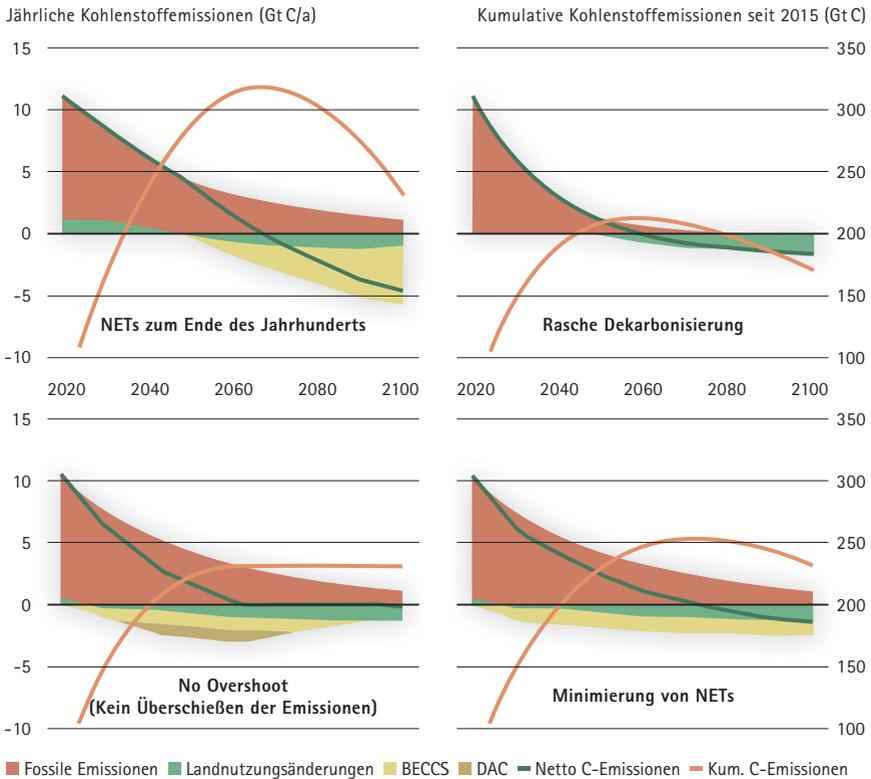


gespeist werden. Beispiele von BECCS in Zellstoffwerken in Skandinavien gehen von Kosten zwischen 50 und 90 Euro pro abgechiedener Tonne CO₂ aus. Berechnungen zeigen, dass die Höhe der notwendigen Subventionen etwa 2 bis 3 Prozent des weltweiten Bruttoinlandsproduktes ausmachen würde. Sollen die Industrieländer auch für ihre historischen Emissionen aufkommen, gelangt man in eine Größenordnung von 10 Prozent des Staatshaushaltes. Angesichts der notwendigen Ausgaben für Forschung, Gesundheit oder Bildung erscheint dies nicht realisierbar.

Vom Ablasshandel zum CO₂-Wechselkredit

Ein mögliches Finanzierungsinstrument für NETs wären CO₂-Wechselkredite. Diese sind sinnvoller als der CO₂-Emissionshandel, bei dem z. B. ein Kohlekraftwerk als Ausgleich für seinen Treibhausgasausstoß ein Emissionszertifikat kauft – ohne Verpflichtung, sich künftig weiter zu engagieren. Die „Emissionssünde“ wird für immer vergeben, was einem Ablasshandel gleichkommt. NETs bieten die Chance, heutige CO₂-Emissionen in Zukunft tatsächlich zu kompensieren, indem sie der Atmosphäre wieder ent-

Vergleich verschiedener Emissionsmodelle (Archetypen)



Quelle: Obersteiner et al., 2019 [3]

Abb. 7: Zahlreiche Argumente sprechen dafür, anstatt erst in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts bereits zeitgleich zur Dekarbonisierung mit dem Aufbau von Nettoemissionstechnologien zu beginnen.



nommen werden. Das Motto lautet: Wenn ich heute eine Emission verursache, muss ich später einen Teil davon wieder aus der Atmosphäre herausholen. Dieser Anteil kann z.B. 10 Prozent oder auch 200 Prozent betragen. Das Kohlekraftwerk, das CO₂ ausstößt, nimmt einen Wechselkredit auf, der später eine Negativemission finanzieren kann. CO₂-Wechselkredite könnten die Finanzierung von NETs erleichtern und bieten die Möglichkeit, BECCS und andere NETs zeitlich vorzuziehen. Wird dieses Thema nicht ernstgenommen bzw. wird nicht früh genug damit begonnen, um über technologisches Lernen die Kosten zu senken, kommt es in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts zu einem gewaltigen Finanzierungsproblem.

Je früher, desto besser

Es gibt keine Anzeichen dafür, dass die globalen Treibhausgasemissionen sinken. Die Fortführung des jetzigen Emissionsniveaus bedeutet, dass wir in Zukunft viel mehr NETs brauchen werden. Deshalb sollte viel früher als geplant mit dem Aufbau von Negativemissionstechnologien begonnen werden. Abb.7 stellt der ursprünglich erst in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts geplanten Einführung von Negativemissionen (Abb. links oben) die Option gegenüber, möglichst rasch mit BECCS (oder auch DAC = Direct Air Capture) zu beginnen (Szenarien „No Overshoot“ bzw. „Minimierung von NETs“). Aufgrund der erwähnten Unsicherheiten und weil viele Länder es nicht schaffen zu dekarbonisieren, ist es die bessere Strategie, mit NETs zeitgleich zur Dekarbonisierung anzufangen. Je länger wir warten, umso größer ist auch das Transitionsrisiko bezüglich technischer und biologischer Kapazität, groß angelegte NETs umzusetzen.

Die Länder sollten sich bereits jetzt zu NETs verpflichten, die sie in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts umsetzen. Die Staatengemeinschaft hat allerdings noch

nicht begonnen, sich über dieses Thema zu unterhalten, geschweige denn, darüber zu verhandeln. Die Nationalstaaten müssen sich überlegen, wie viel BECCS, Biokohle und andere NETs sie brauchen. Auch Österreich muss seinen Bedarf dieser Technologien abschätzen und einen Stresstest der heimischen Wirtschaft für Net Zero durchführen. Recht aktiv ist schon der Industriesektor: Microsoft möchte in den nächsten Jahren seine historischen Emissionen kompensieren und ist dabei, Netto-Negativemissionen aufzubauen und zu finanzieren.

Weitere Lösungsoptionen

Neben BECCS und Biokohle gibt es weitere Möglichkeiten, um CO₂ wieder aus der Atmosphäre herauszuholen. Durch das Auftragen von geriebenem Gestein (Enhanced Weathering) lassen sich degradierte Wald- oder Ackerböden verbessern, indem Bodenkohlenstoff aufgebaut wird. Der Verwitterungsprozess entzieht der Atmosphäre CO₂. Dazu kommt die langfristige Kohlenstoffbindung im Holz durch die Bioökonomie in Form von Holzhäusern oder langlebigen Holzprodukten.

Neben dem Kohlenstoffmanagement im Wald ist auch das Biodiversitätsmanagement essenziell, denn Artenvielfalt ist eine funktionale Komponente für die Stabilität der Wälder. Wichtig bei der Umsetzung ist es, an die Innovationskraft des Menschen zu glauben und ideologischen Grabenkämpfen mit Evidenz zu begegnen. ■

Literatur

- [1] Roe et al. (2019): Contribution of the land sector to a 1.5 °C world
- [2] Bednar et al. (2021): Operationalizing the net-negative carbon economy
- [3] Obersteiner et al. (2019): How to spend a dwindling greenhouse gas budget

Univ.-Prof. Dr. Michael Obersteiner

Director Environmental Change Institute,
University of Oxford

michael.obersteiner@ouce.ox.ac.uk



FÄLLBAGGER MIT 21 METERN REICHWEITE

PREMIERE!

728E

 21m

 34,5t

Sichere, leistungsstarke Fälltechnik

für Kommunen, Baumpfleger
und Lohnunternehmer

Effektive Baumpflege

- für Problembäume und Verkehrssicherung
- nach Windwurf, Waldbrand, Schneebruch

Problemlos im Einsatz

- Straßenzulassung möglich
- Nur 3 m Transportbreite



Informatives
White Paper
kostenlos
zum Download



Teleskoplader

Balancer

Materialumschlag

Seilbagger

Raupenkran

Telekran

Hafenkran

Alfred Endl

SENNEBOGEN
Maschinenfabrik GmbH
94315 Straubing, Germany
alfred.endl@sennebogen.de

SENNEBOGEN



POLYTECHNIK[®]

Biomass Energy

ENERGIEGEWINNUNG AUS BIOMASSE

- Holz- und Biomassefeuerungsanlagen
(von 300 kW bis 30 000 kW Einzelkesselleistung)
- Elektrizitätserzeugung aus Biomasse (KWK)
(von 200 kWel bis 20 000 kWel Einzelturbinenleistung)
- Poly-H.E.L.D. Verbrennungstechnologie
(geringer Staub – höchste Effizienz)
- CO₂ neutrale Trigenerationsanlagen
- Carbonisierungsanlagen / Biochar

**Vertrauen
Sie auf:**
55 Jahre Erfahrung,
bewährte Technologien
& Konzepte



POLYTECHNIK Luft- und Feuerungstechnik GmbH

Hainfelderstraße 69-71, 2564 Weissenbach, Österreich, E-Mail: office@polytechnik.at
Tel. AT: +43 (0) 2672 890-0, Tel. DE: +49 (0) 7191 911 525-0

www.polytechnik.com

Hans Joachim Schellnhuber

Klimastabilisierung braucht negative Emissionen



Auch wenn die Nachrichtenlage aktuell von Corona beherrscht wird: Die Erde erwärmt sich rapide, die Gefahr einer „Heiß-Zeit“ mit dramatischen Folgen für die Menschheit wächst weiter. Die Stabilisierung des Klimas ist die größte Herausforderung des Jahrhunderts. Das Pariser Klimaabkommen von 2015 hat völkerrechtlich festgelegt, die Erderwärmung auf deutlich unter 2 Grad Celsius zu begrenzen. Der Weltklimarat rät jedoch, die Grenze möglichst bei +1,5 Grad Celsius zu ziehen. Hinter diesen Zielwerten steckt fundierte wissenschaftliche Forschung.

Im Jahr 2020 betrug die Erderwärmung gegenüber vorindustriellen Werten (1850 bis 1900) bereits 1,25 Grad Celsius, damit

sind wir nur noch ein Viertel Grad von der kritischen Grenze des Weltklimarates entfernt (Abb. 1). In den nächsten zehn bis 20 Jahren wird die Menschheit diese Grenze vermutlich überschreiten. Dies hat Konsequenzen: Beispielsweise wird der für die Ausprägung des Klimas und Wetters auf der Nordhalbkugel bedeutsame Jetstream schwächer und bildet immer größere Wellen, die sechs bis acht Wochen über bestimmten Regionen stehenbleiben können. Dies führt dort zu Extremwetterereignissen, wie lang anhaltenden Hitzewellen, Dürren oder Überschwemmungen. So wurden die katastrophalen Sturzfluten im Westen Deutschlands im Juli 2021 durch wochenlang vorherrschende starke Unwetterlagen

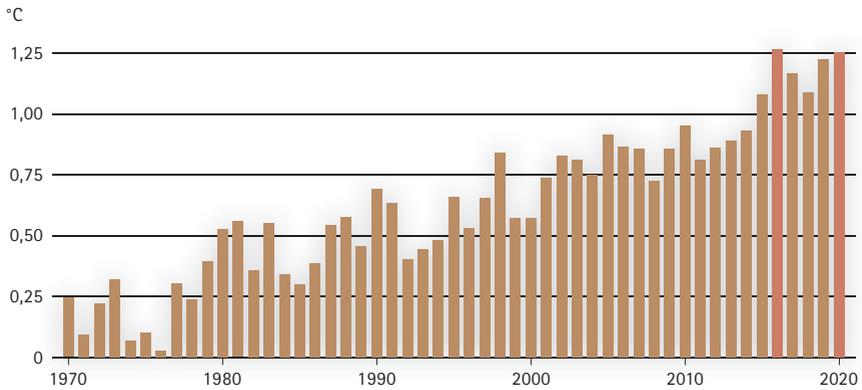


© Rhein-Erft-Kreis/dpa/picturedesk.com

Massive Überschwemmungen und Erdrutsche im Juli 2021 in Erftstadt-Blessem bei Köln: Dass die Sturzfluten in Deutschland so dramatisch ausfielen und zahlreiche Todesopfer forderten, ist Folge der Klimaerwärmung.



Durchschnittliche jährliche globale Temperatur im Vergleich zu 1850 bis 1900

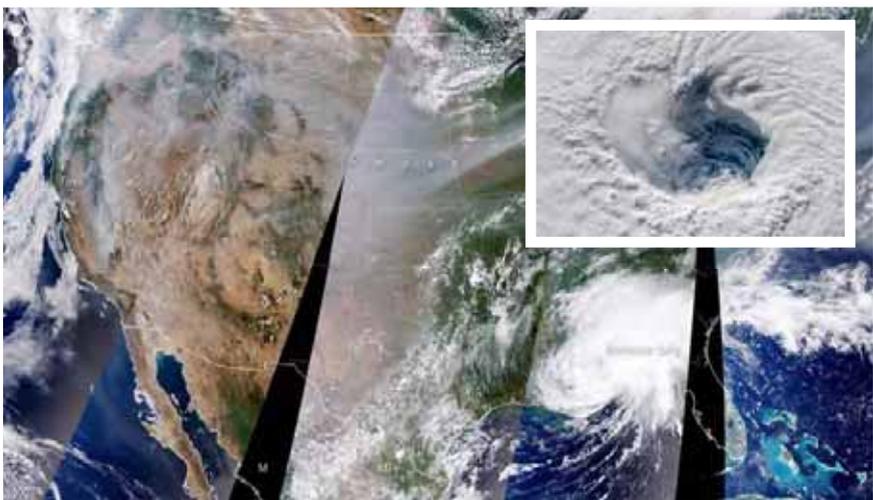


Quelle: ERA5

Abb. 1: Die globale Temperatur lag im Jahr 2020 bereits um 1,25 Grad Celsius über dem vorindustriellen Niveau; zur vom Weltklimarat empfohlenen Grenze von 1,5 Grad Celsius fehlt nur noch ein Viertel Grad.

ausgelöst. Dazu kam, dass die aufgrund des Klimawandels wärmere Luft mehr Wasser aufnehmen kann, was dazu führt, dass Starkregenereignisse viel intensiver ausfallen. Außerdem wurde im Jahr 2020 eine Rekordzahl von 29 tropischen Wirbelstürmen im Atlantik verzeichnet.

Auf dem Höhepunkt der letzten Eiszeit vor etwa 20.000 Jahren war die globale Mitteltemperatur nur um 3 bis 4 Grad Celsius niedriger als in der vorindustriellen Zeit. Seit Beginn des Holozäns, vor etwa 11.000 Jahren, als die sich menschliche Zivilisation entwickelte, sind das Klima und



© ESA

Zwischen Feuer und Wirbelsturm: Während der Rauch der Waldbrände im September 2020 von der Westküste der USA nach Osten zieht, erreicht Hurrikan Sally vom Atlantik die Ostküste (kleines Bild: Auge eines Hurrikans).



die globale Mitteltemperatur sehr lange Zeit stabil geblieben.

Pariser Korridor als Brandmauer zur Rettung der Zivilisation

Infolge der Verbrennung fossiler Energieträger befinden wir uns derzeit auf dem Pfad eines Klimaszenarios, das für das Jahr 2500 eine Erderhitzung um etwa 8 Grad Celsius prognostiziert, über den Kontinenten bedeutet dies sogar einen Temperaturanstieg von 11 bis 12 Grad Celsius. Auch innerhalb des Pariser Korridors von +1,5 bis +2 Grad Celsius können sich im Erdsystem große Unfälle ereignen, die durch sogenannte Kippelemente verursacht werden und teilweise unumkehrbar sind (Abb. 2).

So könnte etwa der westantarktische Eisschild irreversibel abschmelzen, ebenso droht das Abschmelzen des Grönland-Eises, der alpinen Gletscher oder des arktischen Sommermeises. Andere mögliche Großunfälle, welche die Existenz unserer Zivilisation gefährden, liegen oberhalb des Pariser Korridors und können damit noch vermieden werden. Dazu gehören das Abreißen des Golfstromes, das Abschmelzen

der Ostantarktis oder die Versteppung des Amazonas-Regenwaldes. Das Pariser Klimaabkommen stellt eine Brandmauer dar, die den größten Teil des Weltgebäudes noch schützt, daher müssen wir diesen Korridor unbedingt halten.

Zeit für die große Transformation

Die Lage ist bitterernst. Wir müssen unsere Treibhausgasemissionen drastisch senken; die Emissionen aus der Verbrennung von Öl, Gas und Kohle müssen jedes Jahrzehnt halbiert werden, um bis 2050 auf null zu kommen. An einer großen Transformation, also der völligen Abkehr vom fossilen Wirtschaften (Dekarbonisierung) bis 2050, führt aus Sicht der Klimaforschung kein Weg vorbei (Abb. 3).

Es gibt positive Anzeichen, dass die dringend notwendige Transformation schon begonnen hat. In den Niederlanden hat kürzlich das oberste Gericht des Landes entschieden, dass der Erdölkonzern Shell seinen Kohlendioxid-Ausstoß drastisch senken muss. Derartige Entscheidungen haben auch Auswirkungen auf die Weltfinanzmärkte.

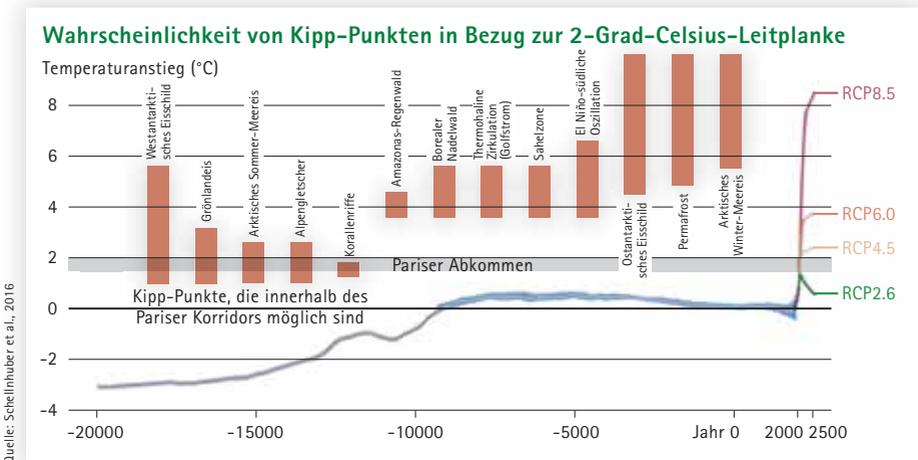


Abb. 2: Auch innerhalb des Pariser Korridors von einem Anstieg der globalen Mitteltemperatur von 1,5 bis 2 Grad Celsius können große Klimaunfälle (Kipp-Punkte) erreicht werden, die schlimmsten lassen sich aber noch vermeiden.



Natürliche und künstliche Kohlenstoffsenken schaffen

Oft wird vergessen, dass wir neben der Verminderung fossiler Emissionen gleichzeitig den Raubbau an natürlichen Senken, insbesondere die Entwaldung im globalen Süden, stoppen bzw. sogar umkehren müssen. Um die Erderwärmung zu begrenzen, braucht es die Stärkung der natürlichen Kohlenstoffsenken (vor allem Wälder, die über die Photosynthese CO₂ aus der Atmosphäre binden, und Moore) sowie die Schaffung artifizierlicher Kohlenstoffsenken (organische Städte und Infrastrukturen, die CO₂ über Jahrhunderte sicher speichern).

Durch Schaffung von Kohlenstoffsenken können wir auch bei einem Überschreiten der 1,5-Grad-Grenze die Atmosphäre danach wieder von CO₂ reinigen. Wir könnten wieder zu einem globalen Temperaturanstieg von +1,5 Grad Celsius zurückkehren oder diesen Wert sogar unterschreiten.

Der Elefant im Klimaraum

Bislang wurde der Faktor „Gebaute Umwelt“ in der Klimagleichung nicht angemessen berücksichtigt. Das muss sich schleunigst

ändern. Durch die Errichtung, Nutzung sowie den Rückbau von Gebäuden und Infrastrukturen ist der Bausektor für rund 40 Prozent der globalen Treibhausgasemissionen verantwortlich. Es geht quasi um den „Elefanten“ im Klimaraum. In Deutschland werden Ein- und Zweifamilienhäuser noch zu 80 Prozent aus Stahlbeton oder Ziegel unter enormem Einsatz fossiler Energien gebaut. Etwa 11 Prozent der globalen Emissionen gehen direkt auf das Konto der Betonproduktion. Das ist knapp der fünffache Klimaeffekt des gesamten Flugverkehrs, der weltweit zu 2 bis 3 Prozent der Treibhausgasemissionen beiträgt. Wenn wir die gebaute Umwelt nicht in die Klimagleichung einbeziehen, haben wir keine Chance, die 2-Grad-Linie von Paris zu halten.

Wir können die Emissionen aus dem Bausektor weitgehend vermeiden und sogar so bauen, dass wir CO₂ aus der Atmosphäre herausholen. Wenn wir Städte und Siedlungen mit organischer Architektur errichten und renovieren, können wir die gebaute Umwelt zu einer mächtigen Kohlenstoffsenke umgestalten. Holz muss zum wichtigsten Rohstoff für den Gebäudesektor werden.

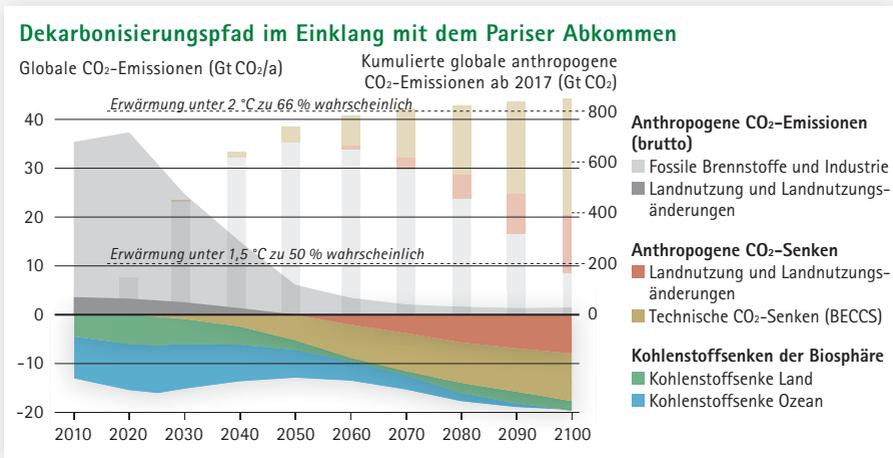


Abb. 3: Neben der rigorosen Reduzierung der fossilen Treibhausgasemissionen sind auch negative Emissionen mit natürlichen und technischen Kohlenstoffsenken dringend notwendig, um die Pariser Klimaziele zu erreichen.





Das 84 m hohe Hoho in Wien besteht unter anderem aus Brettsperrholz-Wänden und Brettschichtholz-Stützen.

Vor allem beim Bauen in den Städten wird der Klimaschutz entschieden. Würden wir die bis 2050 erwartete zusätzliche Weltbevölkerung von etwa 2 Milliarden Bürgern zu 90 Prozent in Stahlbetongebäuden und nur zu 10 Prozent in Holzgebäuden unterbringen, würde dies zusätzliche Emissionen von 71 Gigatonnen CO₂äq verursachen. Würden die für diese Menschen benötigten neuen urbanen Gebäude dagegen zu 90 Prozent in Holzbauweise errichtet, würden 75 Gigatonnen CO₂äq dauerhaft gespeichert und nur 7 Gigatonnen – also nur ein Zehntel der Emissionen – ausgestoßen. Fazit: Wenn wir die Waldzerstörung stoppen, den Wald nachhaltig umbauen, großflächig aufforsten und mit Holz statt Beton bauen, wird der Bausektor vom Klimasünder zum Klimafreund.

Entschlossene Bauwende

Ersetzen wir Stahlbeton durch organische Materialien wie Holz oder Bambus, können

Jährliche Veränderung der Waldfläche zwischen 1990 und 2015

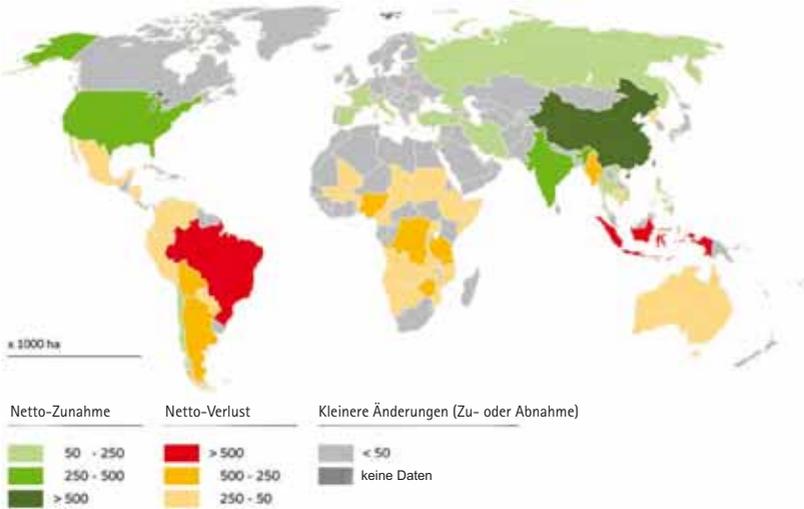


Abb. 4: Veränderungen der jährlichen Waldfläche zwischen 1990 und 2015: Während es in Europa, Nordamerika und vor allem China Zuwächse gibt, nimmt die Waldfläche im globalen Süden ab, besonders dramatisch in Brasilien und Indonesien.



wir erhebliche Mengen an klimaschädlichen Emissionen vermeiden. Darüber hinaus würde sogar eine mächtige CO₂-Senke entstehen. Dadurch könnte ein Teil der historischen Emissionen wiedergutmacht werden. Mit regenerativer Architektur könnten wir uns quasi aus der Klimakrise herausbauen. Eine Modellrechnung zeigt: Ein Einfamilienhaus aus Massivholz kompensiert allein schon den CO₂-Ausstoß von 100 Hin- und Rückflügen zwischen Berlin und New York.

Mit Holzbau hoch hinaus

Feuer, Sturm, Termiten – für all das hält die moderne Holzverarbeitung inzwischen zahlreiche Lösungen bereit. Auch Hochhäuser lassen sich heute schon problemlos organisch konstruieren, zum Beispiel aus Brettsperrholzelementen (Cross-Laminated Timber). Selbst Wolkenkratzer könnten aus Holz gebaut werden. Wenn man die richtigen Materialien und Techniken einsetzt, sind Holz- oder Bambusgebäude zudem wesentlich erdbebensicherer als Stahlbeton-Konstrukte. Auch im Kostenbereich liegt der Bau mit organischen Materialien

fast schon auf gleichem Niveau wie konventionelles Bauen.

Zirkuläre Forstwirtschaft

Durch klimafreundliche und zirkuläre Forstwirtschaft besitzen wir mit Biomasse eine einzigartige Option. Negative Emissionen lassen sich durch Nutzung von Bioenergie mit CO₂-Abscheidung und -Speicherung (BECCS) sowie veränderte Land- und Forstwirtschaft erzielen. Wir müssen die gesamte Wertschöpfung neu denken mit dem Ziel der langfristigen Kohlenstoffspeicherung in Holzprodukten. Um das zu erreichen, müssen sich Waldbesitzer auch mit Kreativen, wie Architekten und Designern, zusammensetzen.

Entwaldung stoppen und Flächen wieder aufforsten

Auf der Nordhalbkugel nimmt die Waldfläche momentan zu, dramatisch ist die Lage im globalen Süden (Abb. 4). Dort muss die Entwaldung für die Soja- und Palmölproduktion gestoppt werden. Es gibt Möglichkeiten, degradierte Flächen wieder aufzuforsten. China hat es geschafft, mit



© Rex/Shutterstock/Xinhua/Alamy

Veränderung eines Lössplateaus in China zwischen den Jahren 2007 und 2019: Im Rahmen eines gigantischen Aufforstungsprogrammes will China 350.000 km² Land bepflanzen und der Desertifikation entgegenwirken.



einem gigantischen Aufforstungsprogramm die Wüstenbildung im Land teilweise umzukehren. Darüber hinaus gibt es sogar ein Projekt, die Sinai-Halbinsel wieder zu begrünen, die vor 5.000 bis 6.000 Jahren über weitverzweigte Flusssysteme verfügte. Eine kluge Biomassepolitik muss z. B. auch Freihandelsabkommen in die internationale Debatte miteinbeziehen. Ohne globale Solidarität steht die Menschheit auf verlorenem Posten.

Eine „Waldbaupumpe“ mit Holznutzung, Wiederaufforstung, Holzkonstruktion und einer Kaskadennutzung von Holzbauten und -produkten kann die Atmosphäre nachhaltig von CO₂ reinigen. Aufgrund des Wachstumszeitraums der Bäume handelt es sich um ein Jahrhundertprojekt. Wir könnten immerhin in zwei Jahrhunderten wiedergutmachen, was wir zuvor in 200 Jahren durch die Verbrennung fossiler Energieträger an Schaden angerichtet haben.

Und was ist mit dem Naturschutz?

Wenn wir die Klimaerwärmung nicht durch eine nachhaltige Nutzung des Waldes abmildern, müssen wir künftig über keine Funktion des Waldes mehr diskutieren. Denn dann werden sich Ökosysteme komplett ändern, was die Lebensgrundlagen der Menschen stark gefährdet. Am klimangepassten Waldumbau und der Wiederaufforstung degradierter Flächen führt aus Sicht der Umweltforschung ohnehin kein Weg vorbei. Auf der Basis nachhaltiger Forstwirtschaft können organische Materialien produziert und im Baubereich genutzt werden. Hingegen müssen artenreiche, größtenteils tropische Primärwälder konsequent geschützt und von der Verwertung ausgenommen werden.

Bauhaus der Erde

Gut 100 Jahre nach Gründung des Bauhauses von Weimar hat Klimaforscher

Hans Joachim Schellnhuber mit rund 20 Persönlichkeiten das „Bauhaus der Erde“ ins Leben gerufen. Startschuss war die gemeinsame Unterzeichnung der „Erklärung von Caputh“ im Dezember 2019. In Erinnerung an den von Walter Gropius verfolgten ganzheitlichen Ansatz soll das Bauhaus der Erde mit Pionieren eine neue Debatte anstoßen und den Blick auf die gebaute Umwelt lenken. Letztlich geht es um die Frage: Wie können wir die gebaute Umwelt in Zukunft ökologisch nachhaltig, sozial gerecht und ästhetisch ansprechend gestalten? Die Vision: ein Siedlungswesen, das regenerativ, polyzentrisch, digital, inklusiv und schön ist. Die Europäische Kommission hat die Idee vom Bauhaus der Erde mit dem „Neuen Europäischen Bauhaus“ aufgegriffen.

Ganzheitlicher Ansatz nach Vorbild des Weimarer Bauhauses

Als Keimzelle einer globalen Bewegung hat sich die Initiative Bauhaus der Erde zum Ziel gesetzt, die gebaute Umwelt nachhaltig zu transformieren. Dafür brauchen wir in Deutschland verbindliche Zielsetzungen für den Holzbau im nächsten Koalitionsvertrag und eine zeitgemäße Reform der Bauvorschriften. Ab sofort sollten Neu- und Erweiterungsbauten in Deutschland überwiegend aus Holz gebaut werden – zumindest soweit dies mit nachhaltiger Forstwirtschaft vereinbar ist. Vorteilhaft wäre die Schaffung eines integrierten Ministeriums für Landnutzung, Raumentwicklung und gebaute Umwelt in Deutschland.

In Anlehnung an die Bauhaus-Bewegung des 20. Jahrhunderts wählt das Bauhaus der Erde einen ganzheitlichen Ansatz. Es will einen breiten gesellschaftlichen Diskurs anstoßen, der eine neue Vision der gebauten Umwelt hervorbringt. Es gilt, diese Vision, die sich an den Begriffen Nachhaltigkeit, Teilhabe und Ästhetik orientieren sollte, in den nächsten Jahrzehnten umzusetzen.





EU-Kommissionspräsidentin Ursula von der Leyen bei der Vorstellung des Neuen Europäischen Bauhauses

Neue Erzählung vom Bauen

Was der Baubranche bislang nicht gelungen ist, ist, ein großes Narrativ zu entwickeln. Eine große, überzeugende, sympathische Erzählung davon, wie wir in Zukunft bauen und leben wollen. Ein ganzheitliches Narrativ, das eine neue Baukultur fördert, die zugleich menschenwürdig, ökologisch nachhaltig und ästhetisch ist. Ein Narrativ, das die Konsumenten lieben, das die Bauherren lieben und zu dem auch die Behörden sagen: „Tolle Idee. Lasst uns das machen!“

Diese will das Bauhaus der Erde in der Tradition des historischen Bauhauses entwerfen und verbreiten. Dadurch soll ein gesellschaftlicher Diskurs angestoßen werden, der die gebaute Umwelt unter den Bedingungen des 21. Jahrhunderts als „Gesamtkunstwerk“ betrachtet – unter

Berücksichtigung von demografischen Entwicklungen, Umweltveränderungen, sozialen Verwerfungen, kulturellen Dynamiken sowie digitalen und anderen disruptiven Innovationen. An einer neuen architektonischen Epoche führt aus Sicht der Initiatoren kein Weg vorbei. Dabei will das Bauhaus der Erde zugleich Triebfeder für Innovationen im Bausektor und Stachel im Fleisch der Politik sein. Zunächst wird die Initiative aus einem Think Tank, Innovationslab und Netzwerk bestehen. Auch Demonstrationsprojekte organischer Architektur sind Teil der Strategie.

Wie könnte die gebaute Umwelt in Zukunft aussehen?

Während sich die moderne Architektur nach dem Zweiten Weltkrieg immer stärker am Maschinellen orientierte, sollte sich die gebaute Umwelt in Zukunft eher am Vorbild des Natürlichen ausrichten. Vielleicht werden sich gegen Ende des 21. Jahrhunderts bestimmte urbane Strukturen materiell und strukturell kaum noch von Ökosystemen unterscheiden. Immerhin hat die Evolution rund 500 Millionen Jahre gebraucht, um den Baum zu erfinden und zu optimieren. Sein „Fleisch“ (das Holz) hat daher überragende Materialeigenschaften, sein „Skelett“ (Wurzelwerk, Stamm und Krone) einzigartige Systemeigenschaften. Diese und andere Merkmale lebendiger Wesenheiten gilt es für das Bauwesen zu entdecken und nachhaltig zu nutzen. Die grüne Bauhausbewegung braucht die nachhaltige Forstwirtschaft als starken Partner auf der Angebotsseite. Eine nachhaltige Forstbewirtschaftung nimmt eine Schlüsselrolle bei der Stabilisierung des Klimas und bei der Rettung unserer Welt ein. ■

Prof. Dr. Dr. h.c. Hans Joachim Schellnhuber
Gründer und Direktor Emeritus des Potsdam-
Instituts für Klimafolgenforschung
emdir@pik-potsdam.de



UMWELTFREUNDLICHE WÄRME

mit modernster Technik



Kessel für Scheitholz,
Pellets & Hackgut
von 4 kW bis 1.500 kW

Innovative Brennwert-
technologie für Pellets
und Hackgut



GERLITZEN, ÖSTERREICH

Ganz nach dem Motto „Raus aus dem Öl“ wurde in der Hotelanlage auf der Gerlitzten ein alter Ölkessel gegen zwei umweltfreundliche und moderne HERZ Hackgutanlagen mit 100 kW und 200 kW ausgetauscht und sorgen nun für behagliche und kostengünstigere Wärme.

HERZ Energietechnik GmbH Herzstraße 1, A-7423 Pinkafeld, Tel.: +43 3357 42840-0, E-Mail: office-energie@herz.eu, Web: www.herz.eu

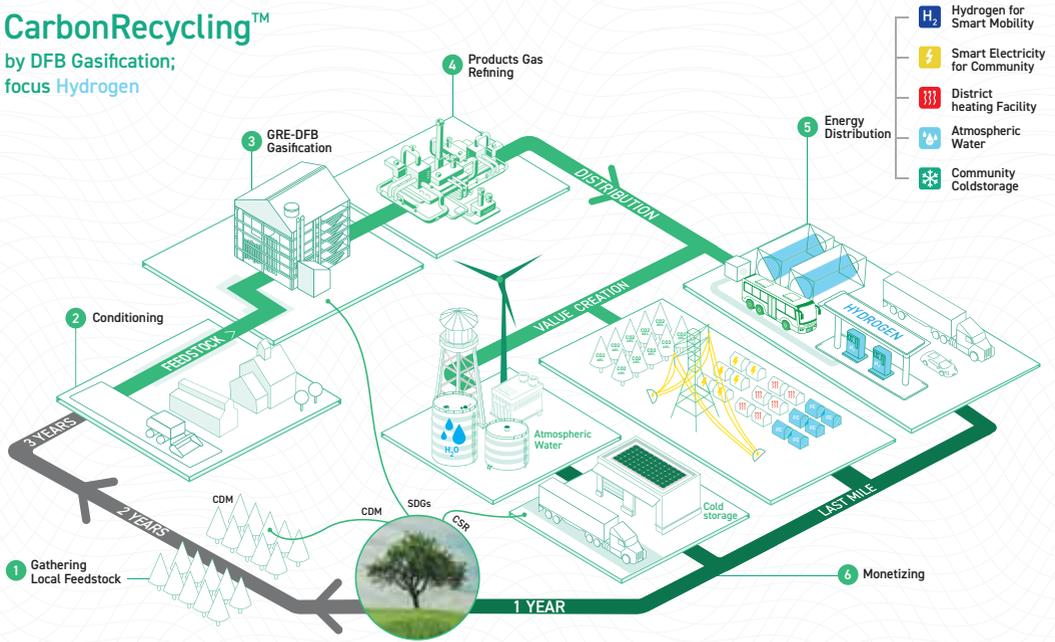
Eschböck
BIBER Holzhackmaschinen
www.eschboeck.at



nachhaltig und fortschrittlich

CarbonRecycling™

by DFB Gasification;
focus **Hydrogen**



The Güssing Carbon Development Model (CDM) converges on the supply of low valued carbon, often called "waste" from agriculture, municipality, and industry. The GRE-DFB gasification process emissions are sequestered and recycled into contracted plantations (Carbon Stock) to regrow new feedstock supply, green carbon! The technology developed at Vienna University of Technology, Austria under the direction of Prof. Hermann Hofbauer, the GRE-Dual Fluidized Bed (DFB) technology, has proven to be an extraordinary high efficient energy-producing technology. Furthermore, the GRE-DFB technology opens up new vistas for biomass conversion in a DFB biorefinery to produce power and heat gas for households and industry. The emissions from the use of green energy are being sequestered & recycled back to CarbonRecycling™.



Güssing BKG, Burgenland, Austria

Feedstock
Woodchips
2 ton/h
16,000 ton/y

Electricity Energy
2.0 MW

Thermal Energy
4.5 MW



Nongbua Green Power, Thailand

Feedstock
Multi

Electricity Energy
1.0 MW

Investment
THB 160 M

Thermal Energy
1.5 MW



Daigo, Japan

Feedstock
Biomass

Electricity Energy
1.2 MW

Thermal Energy
1.5 MW



Participate to be part of
Green Future.

Value creation by CarbonRecycling™;
Empowering communities, Employing people!

1 ton CO₂
€ 30 =

Available now!
www.carbonxchange.com



Martin Höbarth

Beitrag der Forstwirtschaft zur Klimaneutralität 2050

Kohlenstoffmanagement durch Waldbewirtschaftung und Holznutzung



Der Österreichische Forstverein versteht sich als Plattform für alle, denen der Wald und das Forstwesen ein Anliegen sind. Waldeigentümer und forstliche Praktiker, Experten aus Wissenschaft und Forschung, der Verwaltung sowie sonst am Wald interessierte Personen, Betriebe und Institutionen gestalten über den Österreichischen Forstverein und die Landesforstvereine. Daraus resultiert ein einzigartiges Fachkompetenz-Netzwerk zu allen Fragen, die den Wald betreffen. Aufgrund der forstpolitischen Bedeutung haben sich seine Fachgremien mit dem Kohlenstoffmanagement durch Waldbewirtschaftung und Holzverwendung als Beitrag der Forst-

wirtschaft zur Klimaneutralität bis 2050 befasst.

Hintergrund

Die durch den ungezügelter Verbrauch fossiler Rohstoffe verursachte globale Klimakrise wird auch die Herausforderung der Zukunft bleiben. Um dieser Entwicklung entgegenzuwirken, hat die Europäische Kommission am 11. Dezember 2019 ihren „Green Deal“ präsentiert. Dieser hat unter anderem zum Ziel, dass bis 2050 in der EU keine Netto-Treibhausgasemissionen mehr freigesetzt werden.

Dies bedeutet, dass die Politik vom Landnutzungssektor, der als wichtigster Bereich CO₂-Emissionen aufnehmen und speichern kann, über gesetzliche Regelungen einen entsprechenden Beitrag einfordern wird. Die Art und Weise der zukünftigen Waldbewirtschaftung wird dadurch massiv beeinflusst werden. Beispiele dazu gibt es bereits, wie die Verordnung Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF) oder die Umsetzung von Nachhaltigkeitskriterien bei der Produktion von Holzbiomasse im Rahmen der Erneuerbaren-Energien-Richtlinie (RED).

Die Europäische Kommission sieht Lösungsmöglichkeiten vor allem in

- a) einer deutlichen Reduktion der CO₂-Emissionen um 55 Prozent bis 2030,
- b) der spürbaren Steigerung der Rohstoff- und Energieeffizienz,
- c) einer kreislaufforientierten Bioökonomie und
- d) der umfassenden Steigerung der Kohlenstoffspeicherung in Landökosystemen.



© ÖBMV

Durch Belassen von Totholz, Veteranenbäumen oder Altholzinseln fördern die Waldbesitzer die Biodiversität.





© ÖBMV

Werden Waldflächen nicht genutzt, reduziert dies die nachhaltig verfügbaren Holz mengen – dies steht im Widerspruch zu den Zielen der Bioökonomie.

Zielkonflikte bei Biodiversitäts- und Klimapolitik vermeiden

Gleichzeitig mit dem Klimaschutz verfolgt die EU-Politik die Erhaltung und Verbesserung der Biodiversität. Der Schutz des Klimas und der biologischen Vielfalt werden bewusst miteinander verknüpft. Daraus können sich aber auch Zielkonflikte ergeben, die derzeit in der Diskussion wenig beachtet werden.

Im Rahmen einer nachhaltigen Waldbewirtschaftung sind Biodiversitäts- und Klimaschutzziele vereinbar. Dazu gehört ein ausgewogenes Verhältnis von nachhaltig bewirtschafteten Waldflächen und wohl begründeten Schutzgebieten. Die Forcierung bereits bestehender Maßnahmen, wie die Förderung von Veteranenbäumen bis hin zu Altholzinseln und Naturwaldreservaten auf Basis von Vertragsnaturschutz, fördern primär die Biodiversität. Sie sind integrativer Teil einer multifunktionalen Waldbewirtschaftung und eine Ökosystem-Dienstleistung jener, die den Wald bewirtschaften. Eine faire Abgeltung von Nutzungsverzichten und aktiven Maßnahmen wird dabei vorausgesetzt.

Zu den komplexen Zusammenhängen von Klimaschutz und neuen großflächigen Außernutzungsstellungen von Waldflächen im Kontext einer multifunktionalen, nachhaltigen Waldbewirtschaftung hat der Österreichische Forstverein bereits im Mai 2012 ein eigenes Positionspapier veröffentlicht („Raider Deklaration“).

Waldwirtschaft & Holznutzung – Teil der Krisenbewältigung

Im Klimawandel ist der Wald selbst massiv Betroffener, aber auch Teil der Lösung. Die aktive Bewirtschaftung der Wälder zu deren Erhaltung sowie Erhöhung ihrer Leistungsfähigkeit und die effiziente Verwendung von Holz können einen maßgeblichen Beitrag zur Bewältigung der Klimakrise leisten. Dazu ist jedoch ein ganzheitlicher Blick auf die gesamte Wertschöpfungskette Wald-Holz notwendig.

Der Wald- und Holzsektor in Österreich ist seit Jahrzehnten aufgrund der Zunahme von Waldfläche und Holzvorrat eine Netto-Senke. Dies war und ist durch eine implementierte, nachhaltige Waldbewirtschaftung auf Basis des Forstgesetzes möglich.



Den Lösungsvorschlägen a) bis c) der EU-Kommission wird uneingeschränkt zugestimmt. Jedoch nur die Kohlenstoffspeicherung der Wälder in den Vordergrund zu stellen, ist aus folgenden Gründen unangebracht:

- a) Wälder sind weltweit von der Klimakrise bedroht. Lange Dürreperioden und überdurchschnittlich hohe Temperaturen führen nicht nur verstärkt zu Waldbränden, extremen Sturmereignissen und erhöhtem Schädlingsdruck, sondern schwächen auch die Widerstandskraft des Waldes. Daher kann die Kohlenstoffspeicherung im Wald nicht die einzige waldbezogene Strategie zur Bekämpfung des Klimawandels sein.
- b) Die Aufgabe der Nutzung von Waldflächen bedeutet jedoch eine Reduktion der grundsätzlich nachhaltig verfügbaren Holzmengen. Die Dekarbonisierung kann aber ohne vermehrte Verwendung von Holz anstelle endlicher, klimaschädlicher Materialien nicht gelingen. Daher sind weitere Schutzgebiete umfassend auf ihre Auswirkungen auf das Potenzial für materielle Substitution, die Forcierung einer kreislauforientierten Bioökonomie sowie auf Wirtschaftssektoren und Beschäftigung auf nationaler und regionaler Ebene zu prüfen.
- c) Der international wettbewerbsfähigen Holz verarbeitenden Industrie in Österreich würde nicht der volle Umfang an nachhaltig produzierbarem Rohstoff Holz zur Verfügung stehen. Dies hätte negative Auswirkungen auf die Wettbewerbsfähigkeit und Arbeitsplätze des gesamten Wald- und Holzsektors, insbesondere in ländlichen Regionen. Damit würden auch alternative Beschäftigungsmöglichkeiten (Green Jobs) für den jedenfalls schrumpfenden „fossilen Sektor“ verloren gehen.

- d) Auf die Nutzungspotenziale des europäischen Waldes unbegründet und leichtfertig zu verzichten, würde eine Verschiebung der Holzproduktion in Regionen bedeuten, in denen keine vergleichbar hohen Umwelt-, Sozial- und Waldbewirtschaftungsstandards wie in Europa existieren. Dieser „Leakage-Effekt“ ist jedenfalls zu vermeiden. Die multifunktionale Waldbewirtschaftung und die nachhaltige Erzeugung von Holz sind Stärken Europas, die nicht geschwächt werden dürfen.

Allgemeine Grundsätze

- a) Die Klimakrise wird durch den ungezügelt Verbrauch fossiler Rohstoffe verursacht. Der rasche Ausstieg aus den fossilen Rohstoffen und CO₂-intensiven Materialien ist Voraussetzung, um den Klimawandel abschwächen zu können.
- b) Der waldbasierte Sektor ist einer der wenigen Bereiche der Wirtschaft, der zusätzlich zur Reduktion fossiler Emissionen auch einen positiven Beitrag zur Bewältigung der Klimakrise durch die Aufnahme von Kohlenstoff leisten kann. So wurden in der EU und auch in Österreich seit dem Zweiten Weltkrieg die Waldfläche und der Holzvorrat laufend vergrößert. Damit wurde gleichzeitig eine wachsende Kohlenstoffsенке aufgebaut und zwar schon vor dem Jahr 1990, das als Referenzjahr in der Klimapolitik verwendet wird. Ohne diese enorme Vergrößerung der Kohlenstoffsенке wäre heute die Herausforderung zur Bewältigung der Klimakrise für die EU und für Österreich deutlich größer.
- c) Das Problem „Klimawandel“ kann durch die Speicherung von Kohlenstoff in Land- bzw. Waldökosystemen nicht bewältigt werden. Es ist dies nur ein Beitrag zur Abmilderung. Die derzeit noch auf fossilen Rohstoffen basierende Wirtschaft muss im Sinne einer



„biogenen Kohlenstoff-Kreislaufwirtschaft“ auf erneuerbare und nachwachsende Ressourcen umgestellt werden, und der Ressourcenverbrauch insgesamt muss drastisch reduziert werden.

- d) Der Klimaschutz kann nur mit der Unterstützung und nicht gegen die Interessen der Bewirtschafter von Ökosystemen und der daran anschließenden Wertschöpfungsketten weiterentwickelt werden.
- e) Ein verbessertes Kohlenstoffmanagement ist eine Dienstleistung für die Gesellschaft. Diesbezügliche Maßnahmen sollen durch motivierende politische Anreize auf freiwilliger Basis umgesetzt und auch in angemessener Form abgegolten werden.
- f) Die Bewirtschaftung der Wälder muss unter dem Blickwinkel aller Waldwirkungen gesamthaft betrachtet werden. Die Eingrenzung allein auf Klimaschutz und Biodiversität wäre weder zum Wohle der Gesellschaft noch der Umwelt und damit ein gesellschaftspolitischer Rückschritt.

Kohlenstoffmanagement ist eine Klimaschutz-Dienstleistung

Die gezielte Beeinflussung der biogenen Kohlenstoffflüsse im Wald wird zu einer Zukunftsaufgabe der Waldbewirtschafter. In Zukunft muss ausschließlich mit jenem Kohlenstoff gewirtschaftet werden, der sich bereits im biogenen Kreislauf befindet. Dieser Kohlenstoff ist vor allem im Holz der Bäume sowie in den daraus gewonnenen Produkten gespeichert und wird vorher von diesen Bäumen über die Photosynthese der Atmosphäre entzogen.

Ein wirkungsvoller Klimaschutz muss daher die Wälder vital erhalten und den im Holz gebundenen Kohlenstoff für die Bioökonomie nachhaltig nutzen. Die folgenden drei Ebenen sind daher zu berücksichtigen:

a) Substitution und Kohlenstoffspeicherung in Holzprodukten

Wissenschaftliche Studien belegen, dass die vermiedenen fossilen Emissionen der stärkste Hebel beim Klimaschutz sind. Fossile Rohstoffe und CO₂-intensive



© ectus-Baudevelopment- u- Michael-Baumgartner-KTO

Der Ersatz fossil-intensiver Materialien durch Holz ist inklusive dessen langfristigen Speichereffekts der größte Hebel für den Klimaschutz – im Rahmen des Waldfonds belohnt ein CO₂-Bonus Bauherren, die sich für Holz entscheiden.



Materialien müssen daher durch biogenen Kohlenstoff, insbesondere Holz, ersetzt werden. Bei der stofflichen Nutzung wirkt zusätzlich der Speichereffekt über die gesamte Lebensdauer des Holzproduktes. Holzverwendung kann somit positiv zur Abschwächung der Klimakrise beitragen.

Waldbesitzer erzeugen eine Vielzahl an Produkten, vom Energieholz über das Holz für die Papier- und Zellstoffindustrie bis hin zum Sägerundholz. Die „Entlohnung“ erfolgt auf dem Holzmarkt durch den Verkauf der jeweiligen Sortimente.

b) CO₂-Aufnahme durch vitale Wälder

Nur vitale Wälder können auch CO₂ aufnehmen. Zudem ist die Fähigkeit von Wald-ökosystemen, den Kohlenstoff dauerhaft zu speichern, aufgrund natürlicher Vorgänge bzw. der Lebensdauer von Bäumen begrenzt.

Der Großteil unserer heutigen Wälder wurde in einer Zeit begründet, in welcher der Klimawandel noch nicht spürbar war.

Die Klimaerwärmung läuft viel zu rasch ab, als dass darauf gewartet werden könnte, dass sich diese Wälder von alleine an die veränderten Umweltbedingungen anpassen würden. Aktive Waldbewirtschaftung soll die Wälder bei der Anpassung an die neuen Klimabedingungen unterstützen, damit sie auch in Zukunft ein Maximum an CO₂ aus der Atmosphäre herausholen können.

c) Kohlenstoffspeicherung im Wald

Durch den Klimawandel wird das Wachstum der Wälder beeinflusst. So kann es auch zu einer Verringerung des Zuwachses und damit der CO₂-Aufnahme und Kohlenstoffspeicherung kommen. Aus folgenden Gründen bestehen daher Zweifel, dass die derzeitige alleinige Fokussierung auf die maximale Vorratsanreicherung im Wald die erhoffte Klimaschutzwirkung erzielen kann:

- Bestände mit geringerer Bestandesdichte weisen eine höhere Resistenz während bzw. eine bessere Erholung



© FAST Pichl

Durch aktive Waldbewirtschaftung entstehen stabile, vitale und zuwachskräftige Waldbestände, die mehr CO₂ aufnehmen können und somit mehr zum Klimaschutz beitragen als überalterte Wälder.



nach Trockenperioden auf. Stammzahlreiche, dichte und alte Wälder sind anfälliger gegen den Klimawandel.

- Die Klimakrise führt weltweit zu einer verstärkten Baumortalität und lichtereren Wäldern. Die damit verbundene stärkere Besonnung des Waldbodens führt zu Humusabbau und verstärkten CO₂-Emissionen.
- Die Alters-, Baumarten- und Vorratsstrukturen im österreichischen Wald sprechen mittelfristig für eine Abnahme der Speicherfähigkeit.
- Die Kohlenstoffgehalte der Waldböden liegen in Österreich im Bereich der Sättigungspotenziale und können somit nicht mehr wesentlich zur Kohlenstoff-Sequestrierung beitragen.

Das Belassen von Holz im Wald bis zu seiner natürlichen Zersetzung sieht der Österreichische Forstverein daher primär als eine langfristig wirkende Klimaschutzmaßnahme an. Vielmehr dienen solche Maßnahmen der Erhaltung und Förderung der Waldbiodiversität und sollten auch aus dieser Sichtweise heraus honoriert werden.

Honorierung von Klimaschutz-Dienstleistungen

Österreich weist einen sehr kleinstrukturierten Waldbesitz auf. Die durchschnittliche Waldausstattung der 137.600 Betriebe im Kleinwald (< 200 Hektar) liegt bei 11,7 Hektar. Äußerst komplexe und daher auch kostenintensive Zertifizierungen von Kohlenstoffpools sind Kleinwaldbesitzern nicht zumutbar und würden sie vom „Kohlenstoffmarkt“ ausschließen.

Auf einzelne Forstbetriebe bezogene Kohlenstoffbilanzierungen erscheinen aus derzeitiger Sicht aber auch aufgrund der nach wie vor vorhandenen technischen Barrieren bei den Bilanzierungen problematisch zu sein. Die Honorierung von

Klimaschutzleistungen könnte auf zwei Arten erfolgen:

a) Bezahlung für die Durchführung von Maßnahmen

Die Wiederaufforstung nach Katastrophen, das Einbringen von Mischbaumarten sowie klimaangepasster Herkünfte und die Erhöhung der Strukturdiversität zur Stabilisierung des Ökosystems und Maßnahmen, die einen höheren Zuwachs bewirken, sind Klimaschutzleistungen durch Waldbesitzer, die leistungsbezogen honoriert werden sollten. Zusätzlich sollten Bauherren, die sich bewusst für den klimafreundlichen Baustoff Holz entscheiden, mit einem „Bonus“ je verbauter Tonne Kohlenstoff belohnt werden. Dies kann zu einer Holzbauoffensive führen und dem Klimaschutz dienen.

b) Pauschale Abgeltung des jährlichen Holzzuwachses

Ohne CO₂-Aufnahme (Zuwachs) gibt es auch keine Speicherwirkung (Holzvorrat). In die Zukunft betrachtet ist daher die wesentliche Kenngröße der Klimaschutzleistung eines Waldes der Zuwachs. Je vitaler Waldbesitzer ihren Wald halten, desto größer wird dieser Zuwachs. Der durchschnittliche Zuwachs in Österreich beträgt 9 Vorratsfestmeter je Hektar. Dafür könnte den Waldbesitzern ein marktkonformer Preis je Tonne Kohlenstoff ausbezahlt werden. Eine Differenzierung zwischen den Besitzkategorien ist möglich. Zur Finanzierung dieser Klimaschutzleistungen kommen mehrere Modelle infrage:

- **Ökosponsoring:** Firmen, die in Richtung einer CO₂-Neutralität streben, könnten als Investoren gewonnen werden.
- **Öffentliche Mittel:** Einrichtung und Verwaltung eines Klimaschutzfonds durch den Staat. Gespeist werden sollte dieser durch eine Bepreisung für fossile CO₂-Emissionen und Kompensationszahlungen für nicht vermeidbare





Das Belassen von Totholz trägt aufgrund der Kohlenstoffsättigung der Waldböden nicht langfristig zum Klimaschutz bei – als Maßnahme zur Förderung der Waldbiodiversität sollte sie den Waldbesitzern abgegolten werden.

fossile Emissionen aus dem Bereich des Handels mit Emissionszertifikaten (ETS). Derzeit existierende Fördertöpfe sind ungeeignet – sie sind viel zu gering dotiert und führen nur zur Verlagerung bestehender Zahlungsflüsse.

„Greenwashing“ verbieten

Firmen, die auf Basis hoher fossiler Emissionen Geld verdienen (z. B. Treibstoffproduzenten, Fluglinien etc.), neigen dazu, ihren Kunden pro getanktem Liter Treibstoff oder geflogenen Kilometer auf freiwilliger Basis einen „Klimaschutzbeitrag“ zu verrechnen. Mit diesem Geld werden z. B. Waldflächen zur Außernutzungsstellung angekauft. Damit wird dem Kunden „Klimaschutz“ vorgegaukelt und ein reines Gewissen vermittelt, obwohl mit seinem Handeln keine Treibhausgaseinsparung verbunden ist. Solche Aktivitäten, die häufig in Kooperation mit global agierenden Umweltkonzernen umgesetzt werden, sind als klassisches „Greenwashing“ zu bezeichnen.

„Greenwashing“ führt eher zu einer Erhöhung von Treibhausgasemissionen und untergräbt zudem die ehrliche Abgeltung tatsächlicher Klimaschutzleistungen.

„Greenwashing-Modelle“ sollten daher vom Gesetzgeber verboten werden. Wenn sich Konzerne und andere Akteure „klimaneutral“ nennen wollen, dann haben diese alle fossilen Emissionen bis auf den Anteil nicht vermeidbarer Emissionen zu reduzieren. Nicht vermeidbare fossile Emissionen sind mit Kompensationszahlungen zu belegen. Auch diese Zahlungen sollten in einen staatlich verwalteten Klimaschutzfonds fließen und für Klimaschutzprojekte herangezogen werden.

Schlussfolgerungen für die Politik

- a) Es braucht einen Maßnahmenplan zum raschen Ausstieg aus fossilen Rohstoffen.
- b) Der Bedarf zahlreicher Firmen, Kompensationsmaßnahmen für nicht vermeidbare fossile Emissionen zu setzen, ist enorm. Bisher fließt dieses Geld über global agierende Naturschutzkonzerne überwiegend in „Waldschutzprojekte“ und Neuaufforstungen außerhalb Europas. Die Politik muss Rahmenbedingungen schaffen, damit sich neue Märkte im Bereich des Klimaschutzes entwickeln können, ohne bisherige Stoffströme zu zerstören.



- c) Der LULUCF-Bereich ist für Kompensationszahlungen aus dem ETS-Bereich und aus Teilen des Non-ETS-Bereiches (Verkehr, Hausbrand) zu öffnen.
- d) Der seit dem Jahr 1960 um etwa 390 Millionen Vorratsfestmeter auf aktuell 1,18 Milliarden Vorratsfestmeter gesteigerte Holzvorrat im österreichischen Wald ist als Vorleistung der Forstwirtschaft zum Klimaschutz anzuerkennen und entspricht einem Linderungseffekt von rund 650 bis 700 Millionen Tonnen CO₂.
- e) Der laufende, jährliche Zuwachs muss auch in Zukunft geerntet werden dürfen, um
1. eine steigende Nachfrage nach dem Rohstoff Holz für die Bioökonomie auch bedienen zu können,
 2. möglichst viele Waldbestände in der Phase einer hohen jährlichen CO₂-Aufnahme zu halten und um
 3. einen altersbedingten Zuwachsrückgang zu vermeiden.
- f) Ein zusätzlicher Kohlenstoffaufbau ist eine Mehrleistung und auf Basis von Vertragsklimaschutz abzugelten.
- g) Aus Klimaschutzgründen sind insbesondere Maßnahmen, welche die Anpassung und Vitalität der Wälder und deren Zuwachs steigern, als Klimaschutz-Dienstleistung anzuerkennen.
- h) Vom Staat ist ein eigener „Klimaschutzfonds“ einzurichten und auch zu verwalten. Gespeist werden soll dieser Fonds aus den Kompensationszahlungen einzelner Großemittenten und Sektoren, die aus der Verfehlung von Reduktionszielen resultieren. Aus diesem Fonds sollen auch die Klimaschutzmaßnahmen der Waldbesitzer finanziert werden.
- i) Weitere großflächige Außennutzungsstellungen führen zu einer stark reduzierten Rohstoffverfügbarkeit. Sie sind daher umfassend auf alle Auswirkungen auf die Regionalwirtschaft, Beschäftigung entlang der Wertschöpfungskette und Verlagerungseffekte in andere Länder (carbon leakage) zu prüfen. Solche Verlagerungseffekte sind jedenfalls zu vermeiden.
- j) Die energetische Verwertung von Holz ersetzt fossile Rohstoffe, verhindert die zusätzliche Einspeisung von fossilem Kohlenstoff in den biogenen Kohlenstoffkreislauf und entlastet somit langfristig das Klima. Zusätzlich unterstützt sie die Umwandlung des Energiesystems zur überwiegenden Nutzung erneuerbarer Quellen bei gleichzeitiger Gewährleistung von Energiesicherheit und Verhinderung von Energiearmut. Die Schwächung der Konkurrenzfähigkeit von Holz gegenüber Erdöl, Erdgas und Kohle aufgrund von Erschwernissen bei der Waldbewirtschaftung sind abzustellen (z. B. Renewable Energy Directive II).
- k) Die bewusste Entscheidung von Konsumenten für langlebige Holzprodukte (z. B. Hausbau) ist als Klimaschutzleistung anzuerkennen und aus dem Klimaschutzfonds zu finanzieren. Produkte auf fossiler Basis sollten mit einem CO₂-Preisauflauf versehen werden, um die Konkurrenzfähigkeit biobasierter Produkte zu erhöhen.
- l) Es wird abgelehnt, die Waldbesitzer einseitig zu Klimaschutzleistungen zu verpflichten. Die Entscheidungsfreiheit über Grund und Boden würde gravierend eingeschränkt und Einkommenspotenziale vernichtet werden. Dieser massive Eingriff ins Eigentum wäre ohne eine faire Entschädigung mit der österreichischen Verfassung nicht vereinbar. ■

Dipl.-Ing. Martin Höbarth
 Geschäftsführer Österreichischer Forstverein
 m.hoebarth@lk-oe.at





Einfache Regelung via Touchscreen und online über Handy, Tablet & Co auf www.meinETA.at

ETA Heizkessel von 7 bis 500 kW



ETA Heiztechnik GmbH
Gewerbepark 1
A-4716 Hofkirchen an der Trattnach
Tel. +43 (0)7734/2288-0, info@eta.co.at

Perfektion aus Leidenschaft.

**Biomasse:
modernes Heizen
mit Komfort**

www.eta.co.at

Bundesministerium
Klimaschutz, Umwelt,
Energie, Mobilität,
Innovation und Technologie

**HOLT DIE
LEICHTEN AUS
DEM KELLER**

Jetzt alte Kohle-, Gas- oder Ölheizung
gegen eine neue, klimafreundliche
Alternative tauschen.

Bis zu
7.500 €
Förderung
sichern.





Kennen Sie
schon unseren
Showroom?
showroom.akahl.com

WIR BRINGEN HOLZNEBEN- PRODUKTE IN IHRE EFFIZI- ENTESTE FORM

Ob trockene Hobelspäne, nasse Sägespäne oder Hackschnitzel – unsere schlüsselfertigen Anlagen verarbeiten Ihr Ausgangsprodukt zu hochwertigen Pellets. Als CO₂-neutraler Brennstoff eignen sie sich ideal für industrielle Anwendungen in Kraftwerken als auch für den Einsatz in Privathaushalten. Flachmatrizenpressen von AMANDUS KAHL stellen Pellets energiesparend aus Weichhölzern, Harthölzern und torrefiziertem Holz her, mit bis zu 12 t/h. Und mit der Erfahrung aus über 50 Jahren Holzpelletierung.



Jetzt QR-Code scannen und mehr erfahren

AMANDUS KAHL GmbH & Co. KG · Germany
info@akahl.de · shop.akahl.de · akahl.com



Stefan Zwettler

Vom Passagier zum Piloten – Klimawandelanpassung im Wirtschaftswald



Die Auswirkungen der Klimaerwärmung setzen dem Ökosystem Wald global betrachtet bereits in vielen Regionen massiv zu. Die Borkenkäfer-Kalamitäten in weiten Gebieten Mitteleuropas zeichnen dazu ein klares, untrügerisches Bild. Seit Jahren wird auf wissenschaftlicher Ebene intensiv diskutiert und modelliert, und es werden Maßnahmen untersucht, die dazu beitragen, den Wald mit seinen wichtigen Funktionen bestmöglich als Klimaschutzfaktor und in seiner Artenvielfalt zu erhalten. Sehen Umweltaktivisten den wirksamsten Klimabeitrag in einer großflächigen, europaweiten Außernutzungsstellung von Waldgebieten zur Kohlenstoffspeicherung und eine deutliche Reduktion der Holznutzung, zeigen seriöse wissenschaftliche Erkenntnisse einen konstruktiven, erfolgversprechenden Beitrag zur Lösung der Klimakrise in einer kontinuierlichen, vorratsnachhaltigen Waldbewirtschaftung.

Orientierung und Ausgangslage

Im österreichischen Wald sind rund 985 Millionen Tonnen Kohlenstoff gebunden, das entspricht etwa 3,6 Milliarden Tonnen CO₂. Damit ist der Wald zusammen mit dem Waldboden eine wichtige Kohlenstoffsenke. Doch diese Pufferwirkung ist begrenzt und kann nicht beliebig erweitert werden. Im Projekt „CareforParis“ haben das Bundesforschungszentrum für Wald, die Universität für Bodenkultur Wien und das Umweltbundesamt mehrere Szenarien der Waldbewirtschaftung, bezogen auf die Klimaveränderung und deren Auswirkungen auf den österreichischen Wald, modelliert.

Dabei wurden die Subsysteme Wald, Holzprodukte und Emissionsvermeidung in die Berechnungen einbezogen.

Untersucht wurden – anhand der Referenzwerte – 2 Grad Celsius plus und 4,5 Grad Celsius plus. Unterstellt wurden die unterschiedlichen Szenarien – Zunahme von Kalamitäten etwa durch Borkenkäfer, die Verkürzung der Umtriebszeit bei der Holznutzung, der Wechsel von Baumarten hin zu einem höheren Laubholzanteil und der weitere Aufbau von Holzvorräten in den Wäldern durch Verringerung der Nutzung. Die daraus für die Praxis gewonnenen Erkenntnisse lassen aufhorchen: Der Wald wird in jedem der unterstellten Szenarien innerhalb eines Zeitfensters von 15 bis 90 Jahren zu einer Kohlenstoffquelle. Fließt in die Betrachtungen die marktorientierte Waldnutzung mit ein, liegt in den nicht erzeugten Emissionen aufgrund der Substitution energieintensiver Rohstoffe und fossiler Energieträger der größte Klimaschutzeffekt.

Durch Holznutzung Emissionen vermeiden

Die vermiedenen Emissionen je geerntetem Vorratsfestmeter Stammholz aus Österreichs Wäldern betragen aktuell rund 0,6 Tonnen CO₂-Äquivalent, dabei ist die Senkenleistung des Waldes nicht miteingerechnet. Diese Tatsache zeigt deutlich, dass eine Außernutzungsstellung von Waldgebieten, bezogen auf den Klimaschutz, einen fatalen, hochriskanten Trugschluss darstellt. In vielen Regionen und Gebirgslagen würde die Standort- und Objekt-



schutzfunktion aufgrund instabiler Waldbestände nicht mehr gewährleistet sein. Fehlende Holzprodukte müssten dann durch Produkte mit höherem Anteil an fossilen Rohstoffen ersetzt werden, die zusätzliches CO₂ aus der Erdkruste in die Atmosphäre blasen. Ein Widerspruch in sich, denn die Vermeidung von fossilen Treibhausgasemissionen muss oberste Priorität haben.

Schlüssige Expertenempfehlung

Die von den Wissenschaftlern aus dem Projekt CareforParis gewonnenen Erkenntnisse münden in einer schlüssigen Expertenempfehlung, die für eine klare politische Weichenstellung genauso richtungsweisend ist wie für die praktische Umsetzung zukunftsfähiger Waldbewirtschaftungskonzepte:

1. Kurzfristig: ab sofort Investition in langlebige Holzprodukte auf der Basis unserer nachhaltigen Forstwirtschaft
2. Mittelfristig: Anpassung des waldbasierten Sektors an vermehrtes Angebot von Laubholz

3. Langfristig: Umsetzung einer kontinuierlichen, vorratsnachhaltigen Waldwirtschaft; langfristiger Sättigungseffekt und abnehmende Senkenwirkung des Waldes.

Klimawandelanpassung durch Waldwirtschaft

Es steht außer Zweifel, dass eine „rasche“ Klimawandelanpassung nur durch eine nachhaltige Waldwirtschaft zu erzielen ist. Dringende Durchforstungsmaßnahmen und Verjüngungshiebe tragen dazu bei, Bäume vital zu halten, Baumkronen Raum zu geben, Struktur und Schichtung in die Waldbestände zu bringen, Mischbaumarten zu fördern und Kalamitäten durch Schadinsekten bestmöglich hintanzuhalten.

Die Zwischenauswertung der in regelmäßigen Abständen vom BFW durchgeführten Österreichischen Waldinventur (ÖWI) gibt uns dazu Einblick. In der aktuellen Periode 2016 bis 2018 weist die ÖWI einen stehenden Holzvorrat von 1.173 Millionen Vorratsfestmetern (Vfm) aus. Das



© Zwitter

Klimawandelanpassung erfolgt durch aktive nachhaltige Waldbewirtschaftung mittels Durchforstungen zur Standraumerweiterung, Strukturierung und Schichtung von Beständen sowie zur Förderung von Mischbaumarten.



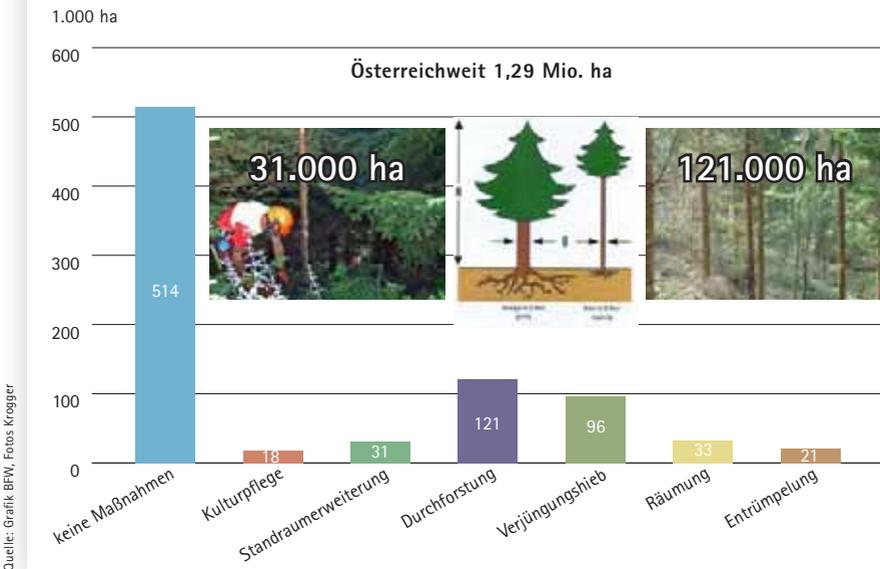
sind durchschnittlich 351 Vfm pro Hektar. Die aktuelle Nutzungsempfehlung allein für die Steiermark weist eine Holzmenge von rund 80 Millionen Vfm aus. Darin enthalten sind dringende Durchforstungsmaßnahmen auf einer Fläche von rund 121.000 Hektar (Abb. 1). Für diese wichtige Aufgabe beträgt die geschätzte Holzmenge rund 20 Millionen Vfm. Verjüngungshiebe werden auf einer Fläche von etwa 96.000 Hektar mit einem stehenden Holzanteil von rund 37 Millionen Vfm rezeptiert. Für ganz Österreich ergibt die statistische Auswertung ein Nutzungspotenzial von rund 250 Millionen Vfm. Dabei werden geschätzte 80 Millionen Vfm Holz in dringend zu verjüngenden Schutzwäldern nutzbar ausgewiesen. Der Haken an der Geschichte liegt darin, dass die EU-Rechtsvorschrift LULUCF (Verordnung über Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft) den Holzein-

schlag in Österreich mit rund 20 Millionen Erntefestmetern (Efm) pro Jahr begrenzt. Es muss nämlich sichergestellt werden, dass die Treibhausgasemissionen aus LULUCF ausgeglichen werden, indem im Zeitraum 2021 bis 2030 mindestens gleichgroße Mengen CO₂ aus der Atmosphäre abgebaut werden. (Anmerkung: Bei Umrechnung von Vorratsfestmeter auf Erntefestmeter ist ein Reduktionsfaktor von rund 20 Prozent vorzusehen.)

Königsdisziplin Waldbau baut auf wissenschaftlichen Erkenntnissen

Die heute getätigten waldbaulichen Maßnahmen entscheiden darüber, ob der Wald in Zukunft weiterhin die ökologischen, ökonomischen und sozialen Leistungen erbringen kann. Das endgültige Ergebnis kann erst in mehreren Dekaden im Wald selbst abgelesen werden. Mischbaumarten streuen das

Nutzungspotenziale Ertragswald Steiermark laut ÖWI Zwischenauswertung 2016/18



Quelle: Grafik BFW, Fotos Kröger

Abb. 1: In der Steiermark weist die ÖWI auf 31.000 ha Standraumerweiterungen und auf 121.000 ha dringende Durchforstungsmaßnahmen zur Verbesserung der Bestandesstabilität aus; in Österreich herrscht auf 1,29 Mio. ha Handlungsbedarf.



Risiko im Schadensfall. Der Unterbau mit bislang fehlenden, geeigneten Baumarten, die Nutzung genetischer Variationen, die Erhöhung der Waldstruktur, die Verkürzung der Umtriebszeit und die Anpassung der Wildbestände sind wichtige Maßnahmen, die laufend gesetzt werden können. Umweltbedingungen, die für einige Baumarten limitierend wirken, stellen für andere Baumarten keinen Stressfaktor dar. Zahlreiche Forschungseinrichtungen auf nationaler und internationaler Ebene befassen sich mit dem Thema Waldanpassung im Klimawandel. Über das Projekt PLUSBAUM bemüht man sich, in Österreich die bestgeeignete Genetik für die Hauptbaumarten durch Klone, Anzucht und Samenernte verfügbar zu machen, um beispielsweise trocken- und frostresistent Baumarten in den Umlauf zu bringen bzw. bessere Zuwachseleistungen zu erreichen. Es ist bekannt, dass mit einer Klimaveränderung auch eine Änderung der Baumartenverbreitung stattfindet. Diese Prozesse laufen in der Natur zu langsam ab (Beispiel Nacheiszeit), um eine Anpassung innerhalb einer Baumgeneration zu ermöglichen. Mit dem Projekt „Assisted Migration“ soll ein Samentransfer für wichtige

Baumarten aus geeigneten europäischen Regionen auf der Basis einer klimatischen Ähnlichkeit möglich gemacht werden. Zahlreiche Anbauversuche für neue Baumarten wie Douglasie, Gelbkiefer, Roteiche etc. sollen in Zukunft eine sinnvolle Ergänzung zu den heimischen Baumarten bilden.

Dynamische Waldtypisierung Steiermark als Meilenstein

Der Landesforstdienst Steiermark hat in enger Zusammenarbeit mit der Landwirtschaftskammer Steiermark und den Land&Forst Betrieben Steiermark ein Forschungsprojekt initiiert, das bezogen auf den Standort und die klimatischen Einflüsse angepasste Planungs- bzw. Beratungsgrundlagen und eine Entscheidungshilfe für die Waldbewirtschaftung liefert. Geologische Grunddaten, Ergebnisse aus terrestrischen

Erhebungen von Boden und Vegetation sowie der entsprechenden Klimadaten bilden

die Grundlage für die Modellierung regionaler Standortdaten unter Betrachtung unterschiedlicher Klimaszenarien (Abb. 2). Damit wird eine Grundlage über aktuelle und zukünftige Baumarteneignungen bzw. -mischungen geschaffen. Jeder



Abb. 2: Das EKG Wald ist ein Indikator für einen gesunden und klimafitten Wald – Ampel auf Grün bedeutet: Kronenanteil > 50 Prozent, drei Baumarten auf der Fläche, drei Schichten im Waldbestand und Jahringbreite > 3 Millimeter.

Waldbesitzerin und jedem Waldbesitzer steht dann eine gezielte, auf den Waldstandort abgestimmte, die Klimaszenarien berücksichtigende Empfehlung für die Wahl unterschiedlich geeigneter Baumarten zur Verfügung. Je nach Risikobereitschaft kann dann die entsprechende Entscheidung für die Aufforstung bzw. die Bestandesbegründung getroffen werden. Die Abschlusspräsentation dieses richtungsweisenden Projektes wird im März 2022 in Graz stattfinden. In der Folge wird das Projekt dynamische Waldtypisierung auch für alle anderen Bundesländer in die Umsetzung gebracht.

Waldfonds

Mit dem Waldfonds hat die Bundesregierung im Jahr 2020 ein großes Zukunftspaket für den österreichischen Wald geschnürt. 350 Millionen Euro stehen mit dem Fokus „Gesunde und klimafitte

Wälder“ für zehn gezielt aufeinander abgestimmte Maßnahmen zur Verfügung. Konkret geht es um die Wiederaufforstung nach Schadereignissen, die Errichtung von klimafitten Wäldern, die Abgeltung von durch den Klimawandel verursachten Borkenkäferschäden, die Errichtung von Lagerstätten für Schadholz, die mechanische Entrindung als Forstschutzmaßnahme, die Sicherstellung von Waldbrandprävention und -bekämpfung, den Betrieb von Forschungsanlagen zur Herstellung von Holzgas und Biotreibstoffen, den Forschungsschwerpunkt für klimafitte Wälder (Dynamische Waldtypisierung), eine Holzinitiative bzw. Holzbauoffensive sowie die Stärkung, den Erhalt und die Förderung der Biodiversität im Wald. Von diesen Maßnahmen profitieren Waldbewirtschafteter genauso wie die gesamte Wertschöpfungskette Forst-Holz-Papier, das Klima und auch die Allgemeinheit.

Wald schützt Klima und schafft Arbeit

Unser Wald ist der beste Klimaschützer: Nachhaltige Bewirtschaftung, Holzbau, nachwachsende Energie

The infographic is shaped like a tree trunk cross-section. At the top, it lists 'ARTENVIELFALT' (Biodiversity) with icons of a deer, plants, and trees. Below this, three pillars represent different aspects of sustainability:

- Nachhaltige Waldbewirtschaftung:** Die nachhaltige Bewirtschaftung unserer Wälder ist ein europaweites Vorzeigebispiel für eine gelebte ökosoziale Marktwirtschaft.
- Klimafreundliche Holzbauten:** Unser Wald entzieht der Atmosphäre klimaschädliches CO₂, Holzbauten speichern Kohlenstoff, während gleichzeitig junge Bäume anstelle des geernteten Holzes nachwachsen.
- Wald ist Wärme:** Aus forstlichen Nebenprodukten wird Wärme hergestellt. Aus Schadholz und forstlichen Nebenprodukten wird Holzdiezel erzeugt.

At the bottom, a green banner reads '∞ NACHHALTIGKEIT ∞'.

Quelle: IKT Steiermark

Abb. 3: Aufbauend auf dem Fundament der Nachhaltigkeit muss der Wald der Zukunft ökologische, ökonomische und soziale Grundsätze gleichermaßen berücksichtigen.





FORST MACHT UNSER MORGEN

Nachhaltige Forstwirtschaft
sorgt für den klimafitten
Wald der Zukunft.

Holz nützen, Klima schützen



Herausforderung „Europäische Waldstrategie“

Das Konzept des Green Deal der EU-Kommission hat das Ziel, bis 2050 in der Europäischen Union die Netto-Emissionen von Treibhausgasen auf null zu reduzieren und somit als erster Kontinent klimaneutral zu werden. Neben einer Biodiversitätsstrategie, einer Klimawandelanpassungsstrategie und anderen verbindlichen Rechtsmaterien soll eine Europäische Waldstrategie über einen delegierten Rechtsakt der EU-Kommission verabschiedet werden. Darin vorgesehen sind neben großflächigen Außernutzungsstellungen und einer massiven Reduktion der Holzertemengen verschärfte Nachhaltigkeitskriterien für eine Nutzung von Biomasse.

Es geht so weit, dass den Mitgliedsstaaten die Waldkompetenz abgesprochen wird und in Zukunft ein EU-Kontrollsystem eingerichtet werden soll. Es bedarf aktuell großer Anstrengungen, die ideologiegetriebenen Ansätze durch klare Fakten zu entkräften, um den österreichischen Wald nicht zum Spielball falsch verstandener und fehlgeleiteter europäischer Umwelt- und Klimapolitik verkommen zu lassen. Weniger Holz zu nutzen würde die Klimakrise nur weiter anheizen.

Resümee

Die Erkenntnisse der Wissenschaft und die Faktenlage zeigen, dass eine Weiterführung unserer größtenteils kleinstrukturierten Familienwaldwirtschaft unter dem Fokus geeigneter Mischbaumarten einen wichtigen Baustein für eine Klimawandelanpassung der Wälder und auf dem Weg zur Klimaneutralität 2050 darstellt. Auf dem Fundament der Nachhaltigkeit bauen die drei Säulen, aktive Waldwirtschaft, Holzbauoffensive und weiterer Ausbau der Bioenergie, auf (Abb. 3). Die Bemühungen zum Erhalt der Artenvielfalt in unseren Wäldern bilden das Dach eines interaktiven, wohldurchdachten Maßnahmenkonzepts. Die erfolgreiche Umsetzung muss für die Waldbewirtschafter in Zukunft mit einer Honorierung verbunden sein, denn Waldwirtschaft muss sich rechnen. Das In-Wert-Setzen dieser Ökosystemleistungen samt Kohlenstoffbindung stellt die beste Investition für die Aufrechterhaltung der umfangreichen Waldleistungen und einer Klimawandelanpassung im Wirtschaftswald dar. ■

Dipl.-Ing. Stefan Zwettler

Leiter der Abteilung Forst und Energie,
Landwirtschaftskammer Steiermark
Stefan.Zwettler@lk-stmk.at





AUSTROFLAMM

www.austroflamm.com



MUS-MAX[®] **WOOD-TERMINATOR** **Holzhackmaschinen**



Traktorhacker WT 9XL Z
Einzug: (BxH) 82 x 70 cm
Hackleistung bis 100 Srm



Traktorhacker WT 11 Z Hack-Truck WT 11 NMV
Einzug: (BxH) 114 x 75 cm /Hackleistung bis 240 Srm, Multi-Tool
Hackrotor für Hackmesser oder Klingen, hydr. Wurfgebläse



Hackschnitzeltroggebläse - Antrieb: E-Motor bzw. Traktor



Hackschnitzel-Schrägförderer



ENERCONT – Mobiles Hackgut-Lager-Heizsystem

Vorteile des ENERCONT mobilem Hackgut-Lager-Heizsystem

- ✓ Geringer Platzbedarf
- ✓ Geringe Investition
- ✓ Flexibilität
- ✓ Geringe Baukosten
- ✓ Bestehende Heizungsanlagen
- ✓ Flächendeckende Logistik
- ✓ Geringe Lärm-/Staubemission

ENERCONT – Trocknungscontainer

Vorteile der ENERCONT Trocknungscontainer

- ✓ Mit dem ENERCONT Trocknungscontainer haben Sie Logistik-Behälter und Trocknungsanlage in einem. Also kein mühsamer Transport zwischen Trocknungsanlage und Lager.
- ✓ Energie wird optimal genutzt. Warmluft, die bisher einfach in die Luft entweicht, wird mit dem ENERCONT Trocknungscontainer optimal genutzt und Sie sparen Geld.
- ✓ Da die Luft nach oben aufsteigt, wird eine gleichmäßige Trocknung des Hackgutes erreicht.
- ✓ ENERCONT Trocknungscontainer sind kostengünstig in der Errichtung und einfach zu handhaben.



Wald für alle – wie man Holznutzung, Kohlenstoffspeicherung und Biodiversität vereinbart



Was verbinden Sie mit dem Wald? Natur, Schutz, Gesundheit, Sport, Jagd, Einkommen, Holzprodukte. Für viele ist es mehr als eine dieser Leistungen. Aber können alle Leistungen gleichzeitig erbracht werden? Und welche Rolle spielt der Wald bei der CO₂-Speicherung?

Nachhaltigkeitsziele und Green Deal als Rahmen

Beginnen wir mit einem globalen Blick auf den Wald und damit auf die nachhaltigen Entwicklungsziele (Sustainable Development Goals, SDG). Diese 17 globalen Ziele (Abb. 1) sind darauf gerichtet, eine Entwicklung für unser aller Zukunft zu beschreiben – und dabei wirtschaftliche, ökologische und soziale Aspekte zu beachten. Wälder spielen in vielen dieser SDGs [1] eine sehr wichtige Rolle, zum Beispiel:

- SDG 3 zielt darauf ab, Lösungen anzubieten, welche die Verschmutzung von Luft, Wasser und Boden reduzieren.
- SDG 8 und 9 zielen darauf ab, ein höheres Maß an wirtschaftlicher Produktivität zu erreichen – durch Diversifizierung, technologische Aufrüstung und Innovation.
- SDG 13 zielt auf die Stärkung der Widerstandsfähigkeit und Anpassungsfähigkeit gegenüber klimabedingten Gefahren und Naturkatastrophen ab.
- Und schließlich: SDG 15 zielt auf die Erhaltung und nachhaltige und effiziente Nutzung terrestrischer Ökosysteme und natürlicher Ressourcen ab – wie zum Beispiel Wälder.

Diese und noch viel mehr Ziele und Interessen zur Entwicklung einer nachhaltigen



© Vereinte Nationen 2015

Abb. 1: Nachhaltigkeitsziele der Vereinten Nationen



Gesellschaft spiegeln sich auch im Green Deal der Europäischen Union [2] wider und werden für die Politikgestaltung wichtig. Bezogen auf den Wald, reichen die Ziele dabei von der Abschwächung des Klimawandels über den Erhalt und die Verbesserung der Biodiversität, die Unterstützung der Nutzungs- und nachhaltigen Produktpolitik bis zur Bereitstellung einer intakten Umwelt für unsere Gesundheit, Erholung und soziale Aspekte.

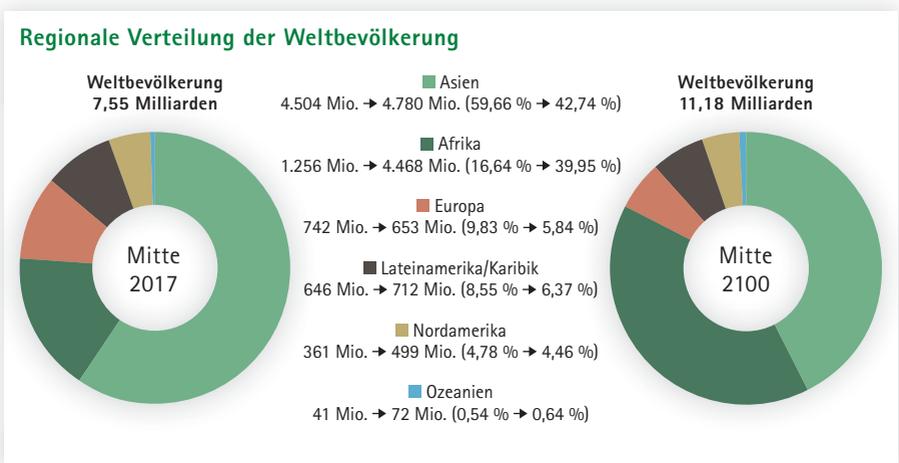
Aber im Green Deal wird auch klargestellt, dass es wichtig ist, die möglichen Zielkonflikte zwischen diesen ökonomischen, ökologischen und sozialen Zielen zu verstehen.

Bevölkerungsdynamik und die Rolle des Waldes

Einer der Megatrends, den wir alle erleben und der einen großen Einfluss auf unsere zukünftige Gesellschaft hat, ist die wachsende Weltbevölkerung. Derzeit beherbergt die Erde über 7 Milliarden Menschen – und wir werden bis zum Jahr 2100 auf etwa 11 Milliarden Menschen anwachsen (Abb. 2) [3]. Ein massiver Anstieg mit vielen Fragen: Wie können wir so viele Menschen mehr

ernähren? Wie müssen sich unsere Gesellschaften entwickeln, z.B. in Richtung einer kreislauforientierten Bioökonomie?

In Bezug auf die Wälder geht es dabei um die Entwicklung der Landnutzung und mögliche Landnutzungsänderungen. In der Vergangenheit hat dies – als ein Treiber – zur globalen Entwaldung beigetragen. Laut Waldzustandsbericht der FAO (2020) [4] sank der Anteil der globalen Waldfläche an der gesamten Landfläche in den drei Jahrzehnten zwischen 1990 und 2020 von 32,5 Prozent auf 30,8 Prozent. Dies entspricht einem Nettoverlust von 178 Millionen Hektar Wald, eine Fläche etwa so groß wie Libyen. Allerdings ging die durchschnittliche Rate des Netto-Waldverlustes von etwa 8 Millionen Hektar auf etwa 5 Millionen Hektar pro Jahr zurück. In Europa, insbesondere auch in Österreich (Abb. 4), nimmt die Waldfläche nach Angaben von Forest Europe [5] weiter zu. Sie beträgt derzeit in den Forest Europe-Ländern, ohne die Russische Föderation, etwa 227 Millionen Hektar und macht fast 35 Prozent der gesamten Landfläche aus. In der EU bedecken Wälder etwa 42 Prozent der Landfläche [6]. All dies muss in



Quelle: Vereinte Nationen, World Population Prospects: The 2017 Revision

Abb. 2: Bevölkerungsentwicklung bis 2100: In Afrika wird sich die Einwohnerzahl mehr als verdreifachen.





Abb. 3: Konzept der Bioökonomie

Relation zum Bevölkerungswachstum und den damit verbundenen Auswirkungen gesetzt werden. Insbesondere die Entwicklung und Gestaltung unseres Konsumverhaltens spielt für alle Zukunftsszenarien eine sehr wichtige Rolle. Lassen Sie mich den letzten Punkt mit einem weiteren Megatrend verbinden: die Urbanisierung. Im Jahr 2100 werden mehr als zwei Drittel der Weltbevölkerung in Städten leben [7]. Neue An-

forderungen an die Wälder – vor allem in der Nähe von Städten – werden entstehen. Während der aktuellen COVID-19-Krise erleben wir bereits einen signifikanten Anstieg für Gesundheits- und Erholungsleistungen, besonders im Umkreis von Städten.

Integration von Interessen: Bioökonomie und Walddialog

Wie kann man unsere unterschiedlichen Ziele und Interessen als Gesellschaft in einem gemeinsamen Plan verarbeiten? Mit dem dynamischen Konzept der kreislauforientierten Bioökonomie [8] ist es möglich, von der Produktion von Rohstoffen über die Erhaltung und die Verbesserung der Biodiversität bis hin zum individuellen Konsumverhalten einen strategischen Überbau zu etablieren (Abb. 3). Dieses alle Sektoren umfassende Konzept kann auch die Wechselwirkungen unserer Interessen am Wald im Sinne einer nachhaltigen Waldbewirtschaftung berücksichtigen und eine nachhaltige Gesellschaftsentwicklung ermöglichen.

Ein international beachtetes Beispiel der Integration verschiedener Interessen am

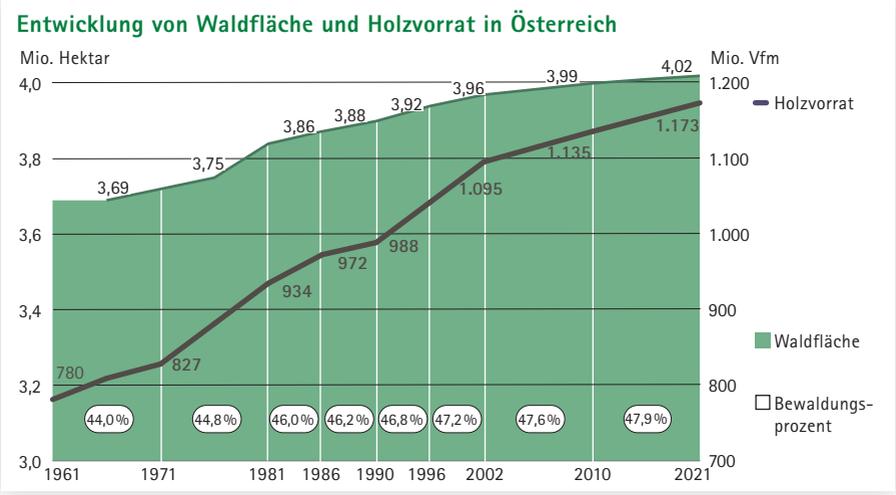


Abb. 4: Entgegen dem weltweiten Trend nehmen die österreichische Waldfläche und auch der Holzvorrat ständig zu, sodass in einigen Jahren die Hälfte des Bundesgebietes von Wald bedeckt sein könnte.



Wald ist der österreichische Walddialog [9]. 85 Organisationen aus verschiedenen Sektoren ist es gelungen, eine gemeinsame Strategie mit Maßnahmenplan abzustimmen. Ein Teil davon sind Kriterien und Indikatoren für eine nachhaltige Waldbewirtschaftung, basierend auf dem gemeinsamen pan-europäischen Set des Prozesses „Forest Europe“. Bemerkenswert ist, dass in allen Bereichen gemeinsame, messbare Zielwerte vereinbart werden konnten.

Die Rolle des Waldes im Klimawandel

Im komplexen Dickicht der Interessen am Wald ist aber vor allem der Klimawandel einer der Megatrends, der viele Aspekte beeinflusst. Insbesondere sind für den Wald, wie für alle Ökosysteme, eine Reihe von Anpassungsmaßnahmen erforderlich. Hier hat das BFW bereits eine Reihe von forschungsbasierten Empfehlungen für die Entwicklung eines klimafitten Waldes erarbeitet.

Der Wald nimmt grundsätzlich Kohlendioxid aus der Luft auf und speichert den Kohlenstoff im Holz. Dieser Kohlenstoff-

vorrat nimmt derzeit und in naher Zukunft zu und hilft beim Klimaschutz. Wird die globale Erderwärmung aber nicht, wie im Pariser Klimaschutzabkommen beschlossen, auf unter 2 Grad Celsius begrenzt, ist dieser Beitrag gefährdet. Höhere Temperaturen und dadurch erforderliche Anpassungsmaßnahmen im Wald können die Senkewirkung des Waldes und des Holzsektors deutlich beeinflussen.

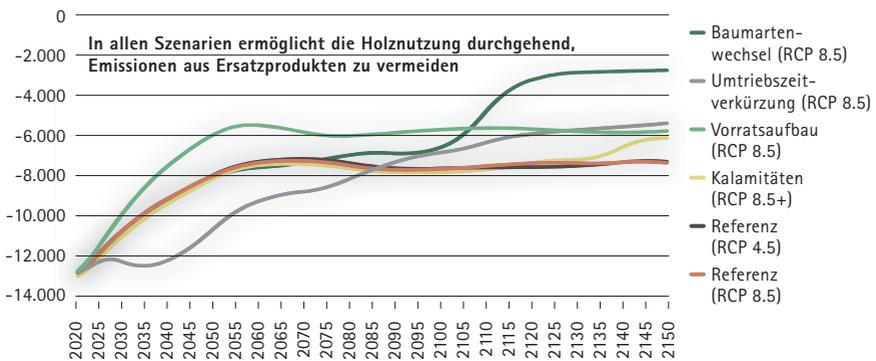
Österreichs Wald wird noch für die nächsten 30 bis 100 Jahre eine CO₂-Senke darstellen, danach zeigen die Szenarien des von BFW, BOKU und Umweltbundesamt im Rahmen des Klima- und Energiefonds durchgeführten Projektes „CareforParis“ [10] ein gegenteiliges Bild: Der Wald wird zur Kohlenstoffquelle. Wenn wir das Klimaziel von Paris erreichen wollen, hat daher die Vermeidung von Treibhausgasemissionen oberste Priorität.

Holzprodukte für mehr CO₂-Speicherung

Langlebige Holzprodukte spielen eine zentrale Rolle, weil sie einen zusätzlichen

Trend der jährlichen Emissionen (+) oder Senken (-) 2020 bis 2150

Vermiedene Emissionen in kt CO₂/a (- Senke/ + Emission)



Quelle: BFW, 2019

Abb. 5: Die Holznutzung vermeidet die mit dem Einsatz von energieintensiven Produkten aus Metall, Beton oder Kunststoff verbundenen Treibhausgasemissionen – dieser Effekt gilt für alle im Projekt CareforParis untersuchten Szenarien.



Kohlenstoffspeicher darstellen. In den Szenarien zeigt sich, dass sich diese Speicherkapazität durch begrenzte Einsatzmöglichkeiten, begrenzte Produktlebensdauer und begrenztes Rohstoffangebot sukzessive verringert (Abb. 5). Die Klimakrise wird auch die ökonomischen Rahmenbedingungen der Forst- und Holzwirtschaft, Stichwort Baumartenzusammensetzung, verändern.

Verwendet man nun Holzprodukte, können Emissionen vermieden werden, da Holzprodukte einen kleineren Kohlenstoff-Fußabdruck als Ersatzprodukte aus anderen Rohstoffen aufweisen. Dies ist ein dauerhaft positiver Effekt auf die Treibhausgasbilanz – auch dann, wenn der Wald zur Emissionsquelle wird und sich der Kohlenstoff-Fußabdruck von Ersatzprodukten durch dekarbonisiertes Wirtschaften verringert. Die Holzverwendung leistet damit einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz. Wird weniger Holz genutzt, stellt der Wald zwar für einen beschränkten Zeitraum eine stärkere CO₂-Senke dar, die gesamte Bilanz fällt allerdings schlechter aus, weil als Er-

satz weitgehend auf fossile Rohstoffe zurückgegriffen werden muss (Abb. 6). Für die Dekarbonisierung ist Holz damit ein unverzichtbarer Rohstoff. Es zeigt sich aber auch klar, dass die Beschränkung einer globalen Temperaturerhöhung auf unter 2 Grad Celsius die entscheidende Anpassungsmaßnahme ist, um den Beitrag des Waldes gegen die Klimakrise zu managen.

Wald/Klima/Biodiversität – die Zukunft

Die Nachhaltigkeitsziele der Vereinten Nationen, der Green Deal der EU und die kreislauforientierte Bioökonomie bieten Modelle einer zukünftigen Gesellschaftsentwicklung. Die Gestaltung seiner vielfältigen Leistungen, wie z. B. Holznutzung, Kohlenstoffspeicherung und Biodiversität, bedürfen dynamischer Konzepte und spielen in der Umsetzung dieser Modelle eine entscheidende Rolle. Um in diesem Kontext die Klimaziele von Paris zu erreichen, haben die Vermeidung und Reduktion von Treibhausgasemissionen die oberste



Quelle: Weiß, P., 2019 [11]

Abb. 6: Holzprodukte schaffen einen zusätzlichen Kohlenstoffspeicher – bei reduzierter Holznutzung müssen Ersatzprodukte verwendet werden, und es gelangt mehr CO₂ aus dem fossilen Kohlenstoffvorrat in die Atmosphäre.



Priorität. Trotzdem wird mit Unterstützung der Forschung intensiv an der Entwicklung eines klimafitten Waldes gearbeitet.

Ein stärkerer Klimawandel und erforderliche Anpassungen im Wald können die Treibhausgasbilanz des Waldes allerdings verschlechtern und die ökonomischen Rahmenbedingungen des waldbasierten Sektors verändern. Der österreichische Wald und die Holzprodukteteams sind dabei selbst nur zeitlich begrenzte Kohlenstoffspeicher. Eine verringerte Holznutzung würde zusätzlich zu höheren Emissionen von fossilem Kohlenstoff führen. Der größte Hebel für den Klimaschutz ist daher der Ersatz fossiler Rohstoffe durch Holzprodukte und die damit vermiedenen Emissionen.

Wald für alle – die Rolle von Wald und Holz in der Gesellschaft wird weiter zunehmen, vom Holzhaus über Biodiversität bis zum Erholungs- und Gesundheitsort. ■

Literatur

- [1] <https://sdgs.un.org/goals>
- [2] https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en
- [3] <https://population.un.org/wpp/>;
<https://www.dsw.org/infografiken/>
- [4] <http://www.fao.org/state-of-forests/en/>
- [5] https://foresteurope.org/wp-content/uploads/2016/08/SoEF_2020.pdf
- [6] <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/EDN-20180321-1>
- [7] <https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Highlights.pdf>
- [8] https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/research-area/environment/bioeconomy/bioeconomy-strategy_en <https://www.bmbwf.gv.at/Themen/HS-Uni/Hochschulgovernance/Leitthemen/Nachhaltigkeit/Bioökonomiestrategie.html>
- [9] <https://info.bmlrt.gv.at/themen/wald/walddialog.html>
- [10] <https://www.bfw.gv.at/pressemitteilungen/bfw-praxisinformation-51-careforparis/>
- [11] Weiß, P. (2019): Vortrag zu „Projekt CareforParis – Zusammenschau“, Universität für Bodenkultur, Wien, 23. Oktober 2019. Im Rahmen der Veranstaltung „CARE-FORPARIS: Adaption for CARBON Efficient FORests and the entire wood value chain (including a policy decision support tool) – Evaluating pathways supporting the PARIS Agreement“

- BFW Praxisinformation 2019: Zwischenauswertung der Waldinventur 2016/18

- BFW Praxisinformation (2020): Klimakrise managen: Ausblick für Wald und Holznutzung
- Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (2018): Österreichische Waldstrategie 2020+
- Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (2019): Bioökonomie. Eine Strategie für Österreich
- Deutsche Stiftung Weltbevölkerung (2021), Infografik: Vereinte Nationen World Population Prospects: The 2017 Revision
- European Commission (2017): Review of the European Bioeconomy Strategy 2012
- European Commission (2019): Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. The European Green Deal
- EUROSTAT (2018): News – International day of forests
- FAO (2020): The State of the World's Forests 2020
- Forest Europe (2020): State of Europe's Forests 2020
- United Nations (2015): Transforming our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development.
- United Nations (2019): World Population Prospects.
- United Nations (2019): World Urbanization Prospects 2018, Highlights.

Dipl.-Ing. Dr. Peter Mayer

Leiter Bundesforschungszentrum für Wald
peter.mayer@bfw.gv.at



Abb. 7: Der Wald ist für alle da, dabei sind viele unterschiedliche Ansprüche zu vereinbaren.



**BESSER HEIZEN
MIT MEHR KOMFORT**

NEU! Jetzt **€ 7.500,-**
„Raus aus Öl und Gas“-Bonus*

Zusätzlich zur Landesförderung*

**DIE NEUE FRÖLING
HEIZKESSEL-GENERATION**
Innovative Lösungen von 7 - 1500 kW.

- Scheitholzkessel
- Hackgutkessel
- Pelletskessel
- Kombikessel

* Nähere Informationen und Richtlinien zu den Förderungen unter www.froeling.com oder beim Fröling Gebietsleiter.

www.froeling.com

Tel. 07248 / 606 - 2101



Biomasse – Energie für die Zukunft

Wir liefern die Technik

100 **JENZ**
YEARS
since 1921

www.jenz.at

JENZ

HOLZVERGASER & BLOCKHEIZKRAFTWERKE

MIT HOLZPELLETS



BURKHARDT

ENERGIE- UND GEBÄUDETECHNIK

KRAFT-WÄRME-KOPPLUNG MIT HOLZPELLETS FÜR

- Wohnsiedlungen mit vielen Einheiten
- Industrie und Handwerksbetriebe
- Nahwärmenetze
- Krankenhäuser
- Alten- und Pflegeheime
- Schulen und Bildungseinrichtungen
- Supermärkte und Einkaufszentren
- Hotels und Gastronomie
- Schwimmbäder

Burkhardt GmbH . Kreutweg 2 . D-92360 Mühlhausen

www.burkhardt-energy.com



Warum braucht Klimaneutralität auch Kohlenstoffsenken? Die Brisanz des fortschreitenden Klimawandels nimmt zu. Technologisch haben wir alle Lösungen in der Hand, um die Emissionen um 90 bis 95 Prozent zu verringern. Die Emissionsreduktion allein ist jedoch nicht mehr ausreichend, denn wir haben bereits heute zu viel CO₂ in der Atmosphäre. Deshalb und weil wir nach dem weitgehenden Ausstieg aus den fossilen Energieträgern immer noch Restemissionen haben werden, brauchen wir einen aktiven CO₂-Entzug durch Kohlenstoffsenken (C-Senken) in einer gewaltigen Größenordnung. Nur so können wir überhaupt Klimaneutralität erreichen.

Klimaneutralität bedeutet eine ausgeglichene Bilanz von verbleibenden Emissionen auf der einen Seite und neu geschaffenen Kohlenstoffsenken auf der anderen (Abb. 1). Dahin kommen wir, indem wir massiv Emissionen einsparen und gleich-

zeitig C-Senken schaffen. Da der Ausbau von C-Senken Zeit braucht und es technische und wirtschaftliche Grenzen gibt, gilt dabei der Grundsatz: Nur wenn wir unsere Emissionen ausreichend reduzieren, reicht das Potenzial der Kohlenstoffsenken aus.

Innerhalb der nächsten zwei Jahrzehnte können und müssen wir die Emissionen so weit senken, dass höchstens 15 Prozent übrig bleiben. In der EU bedeutet dies, dass das C-Senkenvolumen auf mindestens 850 Millionen Tonnen CO₂ jährlich anwachsen muss. Wir sehen, wir haben es mit einer drängenden Mammutaufgabe zu tun. Also: Los geht's!

Wie können Kohlenstoffsenken aussehen?

Nach heutigem Sachstand gibt es sechs Negativemissionstechnologien (engl. Negative Emission Technologies, kurz NETs) mit relevantem Potenzial und beherrschbarem ökologischen Risikoprofil (Abb. 2). Vor dem Hintergrund dieser Mammutaufgabe werden wir alle sechs NETs benötigen, denn keine Lösung allein wird das notwendige Volumen an C-Senken bereitstellen können. So gilt es, all diese Lösungen und Optionen weiterzuentwickeln und geeignete Anwendungen zu finden.

Sofort umsetzen lassen sich drei Lösungen: Aufforstung bzw. Wiederaufforstung, Pflanzenkohle/PyCCS und der Aufbau bodenorganischer Substanz. Sie ermöglichen kurzfristig ein relevantes Volumen, sind kosteneffizient und bringen neben dem Klimanutzen auch einen Zusatznutzen mit. Dieser Zusatz- oder Anwendungsnutzen

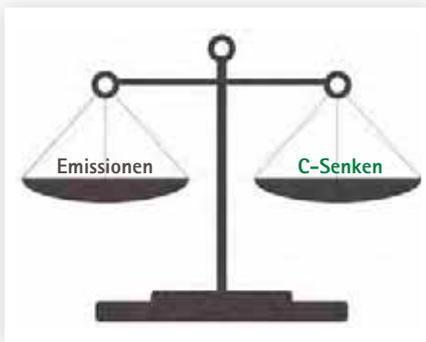
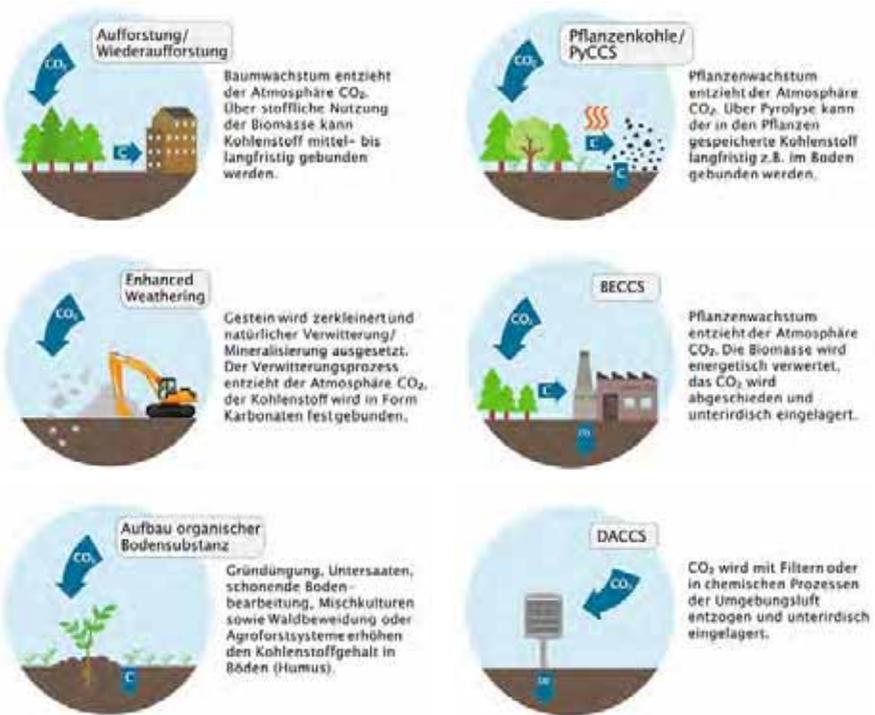


Abb. 1: Klimaneutralität erfordert ein Gleichgewicht von Emissionen und Kohlenstoffsenken.



Negativemissionstechnologien mit relevantem Potenzial und beherrschbarem Risiko



Quelle: EBC

Abb. 2: Überblick über die Negativemissionstechnologien, die heute als die aussichtsreichsten Lösungsoptionen zur Schaffung von Kohlenstoffsinken angesehen werden können

(engl. co-benefit) verteilt die Kosten auf mehrere Schultern und macht die CO₂-Rückholung günstiger. Alle drei Lösungen zeigen bei guter Umsetzungspraxis überwiegend positive Auswirkungen auf die Ökosysteme.

Enhanced Weathering, die gezielte Gesteinsverwitterung, wird inzwischen intensiv beforscht und erscheint sehr aussichtsreich. Diese Option zeigt grundsätzlich ein sehr großes Potenzial, auch für eine schnelle Skalierung, jedoch sind in Bezug auf die konkrete Umsetzung noch zahlreiche Fragen offen.

Bei zweien der sechs Negativemissionstechnologien wird CO₂ aus der Luft (DACCS)

bzw. aus dem Rauchgas von Biomasseverbrennung (BECCS) abgeschieden. Das abgeschiedene CO₂ muss für die Schaffung einer C-Senke verflüssigt werden und unterirdisch, beispielsweise in alten Öllagerstätten in der Nordsee, verpresst oder in einer passenden geologischen Gesteinsformation abgeschieden werden. In jedem Fall wird der Aufbau der notwendigen Infrastruktur viele Jahre, wenn nicht Jahrzehnte in Anspruch nehmen.

Bei BECCS stellen sich nach derzeitigem Kenntnisstand noch zahlreiche Fragen, insbesondere in Bezug auf die Verfügbarkeit möglicher Standorte. Für einen wirtschaftlichen und ökologisch sinnvollen Betrieb



solcher Anlagen müssen drei Standortvoraussetzungen gegeben sein:

1. Es muss günstige Restbiomasse ohne große Transportwege verfügbar sein,
2. die im Prozess anfallende Abwärme muss sinnvoll genutzt werden können und
3. es muss eine Infrastruktur für den Abtransport des flüssigen CO₂ mit Schiffen oder über Pipelines vorhanden sein oder mit vertretbarem Aufwand geschaffen werden können.

DACCS gilt als sehr aussichtsreich und wird derzeit mit viel Einsatz weiterentwickelt. Dabei zeichnen sich technologisch große Fortschritte und zukünftig greifbare Kostensenkungspotenziale ab. Da diese Technologie einen beträchtlichen Energiebedarf aufweist, ist ein großskaliger Einsatz jedoch erst dann bzw. nur dort sinnvoll, wenn bzw. wo überschüssiger erneuerbarer Strom in ausreichender Menge verfügbar sein wird. Damit die Skalierung von DAACS auf ein relevantes Volumen gelangt, wird es in den nächsten Jahren und Jahrzehnten erhebliche Investitionen brauchen. Dann kann sie jedoch in Verbindung mit dem

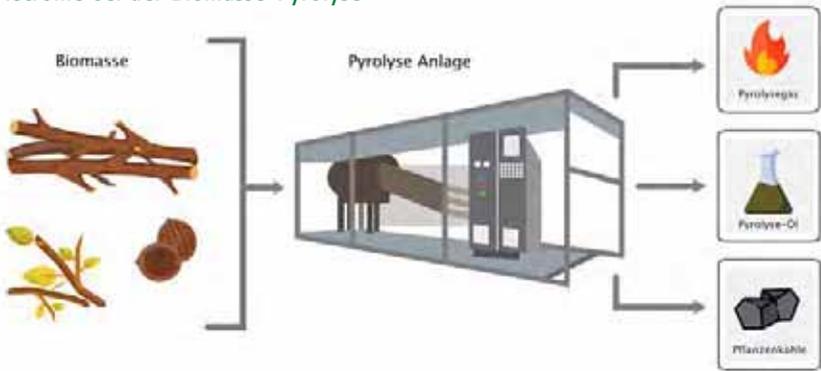
beschleunigten Ausbau der Photovoltaik und der Windkraft zu einer Schlüsseltechnologie im Kampf gegen die Klimakrise werden.

Pflanzenkohle/PyCCS kommt als NET eine ganz besondere Bedeutung zu: Sie ist über Jahrhunderte stabil, die CO₂-Speicherung kann einfach und exakt bilanziert werden, und die Technologie bietet wirtschaftlich interessante Synergien mit der Bioenergienutzung. Die Anlagentechnik ist inzwischen kommerziell verfügbar und so kann Pflanzenkohle/PyCCS als NET innerhalb von zehn bis 15 Jahren zu klimarelevanten Beiträgen skaliert werden. Mit den NETs (Wieder-) Aufforstung, Aufbau bodenorganischer Substanz und Enhanced Weathering verbindet sie ebenfalls Synergien.

Was ist Pflanzenkohle?

Pflanzen entziehen der Atmosphäre CO₂ – dies verdanken wir der Photosynthese. Lässt man diese Biomasse verrotten oder verbrennt sie, gelangt der Kohlenstoff als CO₂ zusammen mit weiteren klimaschädlichen Gasen zurück in die Atmosphäre. Das gilt es zu verhindern, was mit der Pyrolyse gelingt. Darunter versteht man ein „Backen“

Stoffströme bei der Biomasse-Pyrolyse



Quelle: EBI

Abb. 3: Bei der Pyrolyse von Holz oder anderer Biomasse entstehen Pyrolysegas, ein Pyrolyse-Öl und Pflanzenkohle – die Prozessführung bestimmt die Aufteilung auf die drei möglichen Endprodukte.



in Sauerstoff-limitierter Umgebung. Dabei wird die schwarze Pflanzenkohle gebildet. Weiterhin entstehen energiereiches Pyrolyse-Öl und Pyrolysegas (Abb. 3).

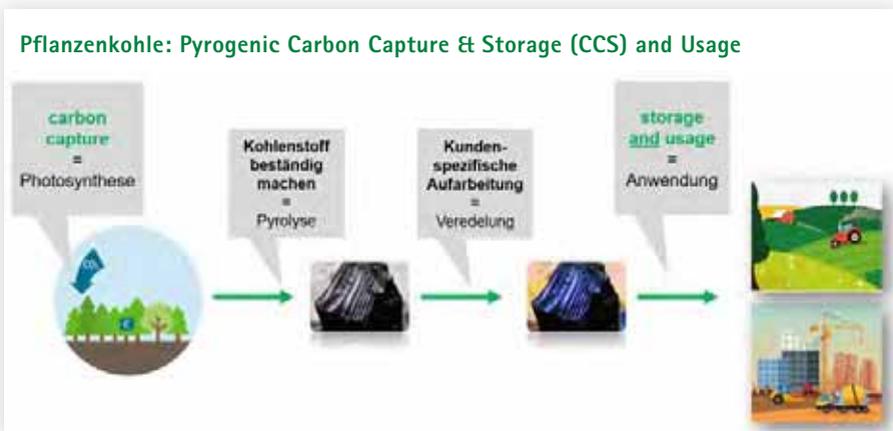
Was macht Pflanzenkohle als NET so wertvoll?

Wenn es um den Aspekt der Negativemissionen von Pflanzenkohle geht, spricht man von PyCCS (Pyrogenic Carbon Capture and Storage). Dies bedeutet: Über Photosynthese eingefangener Kohlenstoff wird mittels Pyrolyse dauerhaft beständig gemacht. Diesen Kohlenstoff gilt es nun zu lagern (C-Senke) und am besten gleichzeitig zu nutzen (Zusatznutzen). Denn Kohlenstoff ist ein wertvoller Rohstoff für den Einsatz in vielen verschiedenen Anwendungsbereichen – allen voran in Boden Anwendungen und Baustoffen. Genau dieser Zusatznutzen der Pflanzenkohle macht PyCCS zu einer wirklich schlaun Idee und unterscheidet den Ansatz fundamental von Negativemissionslösungen, deren einziger Zweck es ist, CO₂ einzulagern und die damit ein reiner „cost-case“ sind. Damit sich Pflanzenkohle positiv auf das Klima auswirken kann, ist die Ge-

samtbilanz von Biomassegewinnung, Pyrolyse, Weiterverarbeitung und Anwendung entscheidend. Nur wenn diese insgesamt klimapositiv ausfällt, kann man von einer echten C-Senke sprechen.

Seit einigen Jahren gibt es für Pflanzenkohle ein Qualitätssicherungssystem: das Europäische Pflanzenkohle Zertifikat (EBC) [1]. Es wurde im Juni 2020 um den neuen Standard zur Zertifizierung von Kohlenstoffsenken ergänzt [2]. Damit ist eine wissenschaftlich fundierte Basis für eine Quantifizierung der C-Senkenleistung durch Pflanzenkohle vorhanden. Die wichtigsten Elemente sind:

- Die Gewinnung der Biomasse muss klimaneutral sein.
- Emissionen aus dem Pyrolyseprozess müssen in Abzug gebracht werden.
- Emissionen aus dem Transport und gegebenenfalls aus der Weiterverarbeitung der Pflanzenkohle müssen ebenfalls subtrahiert werden.
- Die schlussendliche Pflanzenkohle-Anwendung bestimmt die Dauerhaftigkeit der C-Senke, so muss z. B. bei der Boden Anwendung ein jährlicher Zerfall angenommen werden, bei der



Quelle: EBC

Abb. 4: Pflanzenkohle ist über die Photosynthese eingefangener Kohlenstoff, der mittels Pyrolyse beständig gemacht wird – sie ist unbedenklich für die Umwelt, leicht transportierbar und bietet ein breites Anwendungsspektrum.



Anwendung im Beton oder Asphalt ist das nicht nötig.

Eine der größten Stärken der Pflanzenkohle ist ihre Stabilität. Sie ist sehr dauerhaft und wird kaum biologisch oder chemisch zersetzt. Für die Klimawirkung einer Kohlenstoffsenke macht es einen erheblichen Unterschied, ob eine Tonne Kohlenstoff nur über 30 Jahre gespeichert wird (z. B. bei der Aufforstung) oder über Jahrhunderte stabil bleibt (z. B. Pflanzenkohle). Abb. 5 vergleicht Speicherkurven unterschiedlicher Kohlenstoffsenken. Die Stabilität des Humus ist von der Bewirtschaftung des Bodens abhängig, die Aufforstung wiederum vom Klima selbst – von der Abwesenheit von Dürre und Bränden. Letztere werden jedoch durch den Klimawandel häufiger.

Die Anwendung von Pflanzenkohle in landwirtschaftlichen Böden wird schon seit Beginn des Jahrtausends als Methode zur Bindung und Speicherung von Kohlenstoff diskutiert. Zahlreiche wissenschaftliche Arbeiten haben sich seither mit der Persistenz des Kohlenstoffs im Boden beschäftigt [3,4,5,6] und gezeigt, dass die mittlere Verweildauer des Pflanzenkohle-Kohlenstoffs im Boden höher als die aller anderen organischen Kohlenstoffverbindungen ist

[7,8,9,10]. Bei den Baustoffen geht die Wissenschaft von einem Abbau gleich null aus, da die Pflanzenkohle keinerlei mikrobieller Zersetzung ausgesetzt ist. Die langfristige Speicherung ist somit grundsätzlich sichergestellt, was eine rigorose Bilanzierung der Pflanzenkohle-basierten Kohlenstoffsenken ermöglicht.

Weitere Vorteile der Pflanzenkohle als NET

- **Potenzial:** Pyrolyse kann einen Großteil der pflanzlichen Kohlenstoffverbindungen in äußerst stabile Formen umwandeln. Biomasse in Form von Rest- und Abfallstoffen ist in großem Ausmaß vorhanden. Potenzialabschätzungen zeigen, dass allein in der EU ein Senkenvolumen von 255 Millionen Tonnen CO₂ innerhalb von 15 Jahren erreichbar ist. Dies ist ein absolut relevantes Potenzial.
- **Umsetzbarkeit:** Die Pyrolyse-Technologie ist heute bereits kommerziell verfügbar und kann leicht skaliert werden. Die Logistik für Biomasse steht, sie muss „nur“ von der reinen Verbrennung, zu der aus Klimasicht deutlich sinnvoller Pyrolyse umgelenkt werden.
- **Modularität:** Pflanzenkohle ist großtechnisch und auch kleinteilig rea-

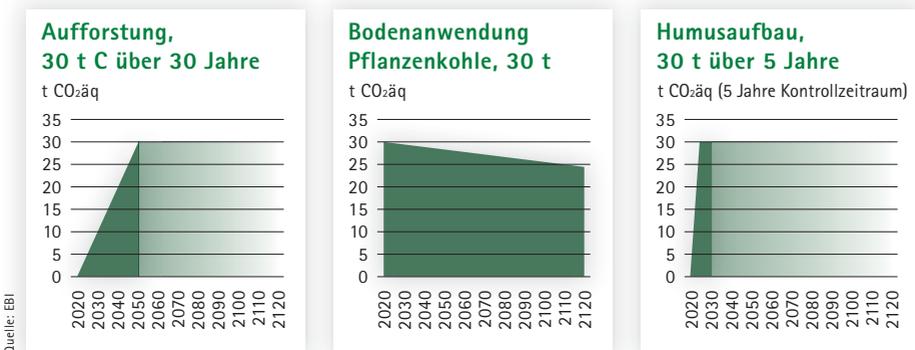


Abb. 5: Kohlenstoffsenken-Vergleich hinsichtlich Speicherkurve – in allen Fällen wurde angenommen, dass im Maximum 30 Tonnen CO₂-Äquivalente gebunden sind.



lisierbar. Die Erfolgsgeschichte der Photovoltaik zeigt, dass gerade modulare Lösungen schnell skaliert werden können und dabei Kosten stark reduziert werden.

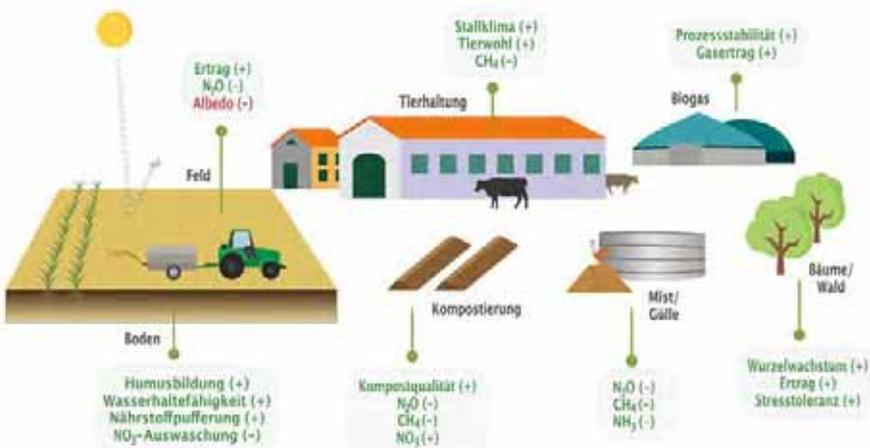
- Schutz der Ökosysteme: Bei einer angemessenen Qualitätssicherung (z.B. EBC-Richtlinien) bestehen keine ökologischen Risiken. Zudem ist Pflanzenkohle leicht zu transportieren und dezentral herstellbar.
- Kohlenstoff-Effizienz: Mit der aktuellen Anlagentechnik werden heute 20 bis 60 Prozent des Kohlenstoffs in der Pflanzenkohle gebunden. Wird zusätzlich auch das Pyrolyse-Öl abgeschieden, lässt sich mit PyCCS eine Kohlenstoffspeicherung von bis zu 70 Prozent realisieren. Der jeweils verbleibende Kohlenstoffanteil wird energetisch genutzt, um daraus z. B. Strom und Wärme zu erzeugen.
- Kosten: Pflanzenkohle hat einen Primärnutzen. Die C-Senkenleistung ist

ein Zusatznutzen. Daher leisten schon Vergütungen ab 100 Euro/Tonne CO₂ einen signifikanten Beitrag zum Business Case und begünstigen den Einsatz von Pflanzenkohle. Kohlenstoffsenken-Zertifikate auf Basis von Pflanzenkohle, wie beispielsweise von der Carbonfuture GmbH, leisten heute schon einen wichtigen Beitrag zur Skalierung des Pflanzenkohlemarkts.

Anwendungsmöglichkeiten und Zusatznutzen von Pflanzenkohle

Die Einsatzmöglichkeiten von Pflanzenkohle reichen von der Landwirtschaft über Stadtbaum-Pflanzsubstrate bis hin zu Baumaterialien und vielen weiteren Anwendungen (Abb. 6). Eine Vielzahl von praktischen Erfahrungen und unzählige wissenschaftliche Publikationen belegen, dass Pflanzenkohle in der Landwirtschaft vielfältig gewinnbringend und nutzenstiftend eingesetzt werden kann [11]. So ist es möglich, je nach Bodenqualität, Ertragssteigerungen zu erzielen,

Anwendungsnutzen von Pflanzenkohle



Quelle: EBI

Abb. 6: Anwendung von Pflanzenkohle in den Systemen Tierhaltung, Mist/Gülle, Biogasanlage, Kompostierung, Feld, Bäume/Wald und Boden





Der klimapositive Straßenbelag speichert mehr CO₂, als bei der Erzeugung verbraucht wurde.

den Humusaufbau zu fördern [12, 13] sowie die Wasserspeicherfähigkeit von Böden und damit die Trockenresistenz zu erhöhen [14, 15]. Zudem können Treibhausgasemissionen wie Methan und Lachgas sowie Nitratauswaschungen [16] reduziert werden. Als Zusatz bei der Kompostierung erhöht Pflanzenkohle die Kompostqualität und verringert Stickstoffverluste [17, 18]. Auch in der Tierhaltung zeigt die Pflanzenkohle einen vielfältigen Nutzen und verbessert das Tierwohl [19].

Die Stadt Stockholm konnte bei ihrem Biochar-Projekt zeigen, dass ein Pflanzenkohlehaltiges Pflanzsubstrat bei Stadtbäumen das Wachstum fördert und die Resistenz gegen Trockenstress steigert [20, 21]. Aktuell wird in der Forschung und in Pilotprojekten zunehmend Pflanzenkohle in Baustoffen getestet, denn durch Zusatz von Pflanzenkohle lassen sich diese klimapositiv stellen.

Grüner Asphalt und Beton

Pflanzenkohle als technischer Kohlenstoff kann als Additiv zu Beton und Asphalt deren Eigenschaften verbessern [22]. Beton ist nach Wasser das meistbenötigte Konsumgut der Welt. Die globale Nachfrage nach Bauzuschlagsstoffen wird bis 2022 schätzungsweise 66 Milliarden Tonnen erreichen [23] – ein enormes Potenzial für C-Senken. Ähnlich sieht es bei Asphalt aus. Zur Umsetzung des jährlichen Bedarfs werden jedes Jahr global 1,8 Milliarden Tonnen Asphalt gegossen [24]. Würden 2 Prozent Pflanzenkohle zugegeben, könnte ein Bedarf von 32 Millionen Tonnen entstehen. Jüngst wurde in Dornbirn in Vorarlberg durch das EnergieWerk Ilg ein Straßenbelag entwickelt, dem 2 Prozent Kohlenstoff beigemischt wurden. Damit speichert der Asphalt mehr CO₂, als bei der Erzeugung verbraucht wurde. Bei vielen der Anwendungen muss Pflanzenkohle vor



dem Einsatz spezifisch veredelt werden. Das bekannteste Beispiel dafür ist die Aufladung von Pflanzkohle mit Nährstoffen für die Bodenverbesserung. Aber auch für Anwendungen in Baustoffen bedarf es entsprechender Verarbeitungsschritte. Die Techniken dazu, aber auch die Rezepte zur Veredelung von Pflanzkohle, werden derzeit von einigen Unternehmen verfeinert und skaliert.

Biomasse: Verbrennen, pyrolysieren oder kombinieren?

Biomasse kann entweder zur Energiegewinnung verbrannt oder zur Schaffung einer Kohlenstoffsенke genutzt werden. Im Englischen gibt es das Sprichwort: „You can't have your cake and eat it.“ Übertragen auf Biomasse heißt das: Entweder wird sie verbrannt oder zum Aufbau einer C-Senke verwendet. Letzteres muss nun zunehmend in den Fokus rücken.

Verbrennung setzt CO₂ frei, Pyrolyse schafft Kohlenstoffsенken. In einer Zeit, in der es Emissionen um 90 bis 95 Prozent zu reduzieren gilt, liegt die künftige Biomasse-nutzung auf der Hand. Die gute Nachricht

ist: Bioenergie-Herstellung kann mit Pyrolyse kombiniert werden. Denn die meisten Pflanzkohle-Anlagen können gleichzeitig auch Wärme und einige auch Strom produzieren. Ein weiterer Vorteil der Pyrolyse-Bioenergie-Kombi ist: Weitere nachhaltige Biomasse-Ressourcen kommen ins Spiel, z. B. Klärschlamm und Altholz.

Welchen Beitrag kann die Pflanzkohle leisten?

Pflanzkohle (PyCCS) hat den großen Vorteil, dass sie zügig skaliert werden kann. Die Überlegung des European Biochar Industry Consortiums (EBI) zur Skalierung ist die folgende: Es kann und muss uns in Europa gelingen, innerhalb von 15 bis 20 Jahren die Emissionen auf allenfalls 15 Prozent des Werts von 1990 zu reduzieren. Damit wären die Emissionen zu diesem Zeitpunkt auf 850 Millionen Tonnen CO₂ verringert. Als europäische Pflanzkohle-Industrie haben wir uns zum Ziel gesetzt, mindestens 30 Prozent dieser Menge durch aktiven Kohlenstoffentzug mit Pflanzkohle abzudecken. In Zahlen lautet dieses Ziel also: 255 Millionen Tonnen CO₂. Ist das

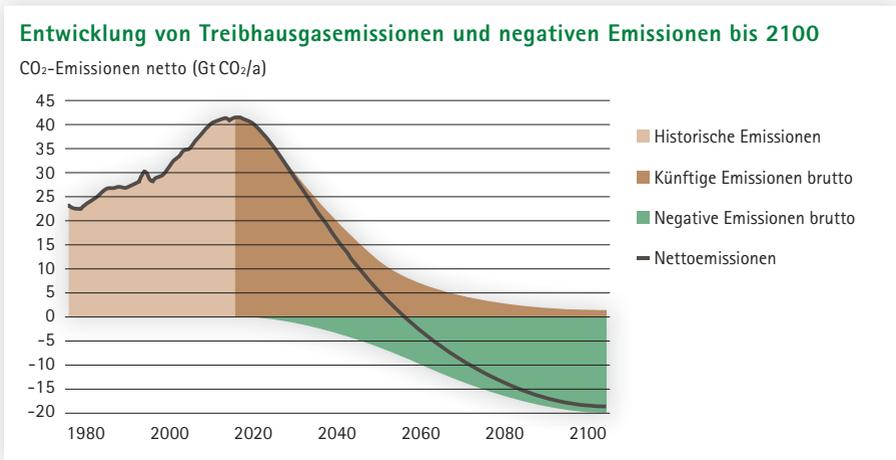


Abb. 7: Die Klimaziele von Paris erfordern weltweite CO₂-Neutralität bis 2050 – die Klimaneutralität ist jedoch nur ein Etappenziel, nach 2050 müssen wir CO₂-negativ werden.



zu schaffen? Die kurze Antwort lautet: „Ja“. Die erforderliche Biomasse ist vorhanden, die Industrie skalierbar und die Anwendungsmöglichkeiten sind vielfältig und verfügen über ausreichend Potenzial.

Etwas ausführlicher: In Europa stehen inzwischen einige professionelle Anlagenbauer am Start – Unternehmen wie beispielsweise CTS, ETIA/VOW, PYREG und SynCraft –, die den schnell wachsenden Anlagenmarkt bedienen. Bis Jahresende 2020 wurde in Europa bereits eine Pflanzkohle-Produktionskapazität entsprechend 20.000 Tonnen Pflanzkohle bzw. rund 40.000 Tonnen CO₂ installiert (Abb.8). Der Anlagenmarkt wächst beträchtlich, und auch das Wachstum wächst: Die Produktionskapazität verdoppelte sich in zwei Jahren von 2018 bis 2020. Für 2021 erwarten wir eine Verdoppelung innerhalb eines Jahres. Ein Blick auf die Biomasse zeigt, dass auch diese ausreichend zur Verfügung steht, denn vielfach werden Rest- und Abfallstoffe nicht effizient genutzt. Um auch bei steigenden Produktionsvolumen für ausreichend Biomasse zu sorgen, können weitere Ressourcen einbezogen werden. Möglich ist z. B. die Pyrolyse

von Klärschlamm, die in Deutschland nur noch auf die politische Freigabe wartet. In Schweden wird Klärschlamm bereits pyrolysiert und Kohlenstoff erhaltend eingesetzt. Die Bewertung von Chancen und Risiken benötigt einen wissenschaftsbasierten Ansatz. Zudem brauchen wir Entscheidungsträger in Politik und Wirtschaft, die sich mit dem aktuellen wissenschaftlichen Sachstand auseinandersetzen. Apropos wissenschaftlicher Sachstand ...

Was sagt die Wissenschaft zur Pflanzkohle?

Auch schon ziemlich viel und zunehmend mehr. Der Weltklimarat IPCC hat 2018 die Pflanzkohle als NET anerkannt. Angefangen hat die Pflanzkohle-Forschung in den späten 1990er-Jahren. Seither nimmt der Wissenszuwachs exponentiell zu – in den letzten fünf Jahren sogar so enorm, dass 80 Prozent aller wissenschaftlichen Arbeiten mit dem Stichwort „biochar“ (engl. für Pflanzkohle) in dieser Zeitspanne veröffentlicht wurden (Abb.9). Eine im Jahr 2014 veröffentlichte Arbeit beinhaltet also maximal 20 Prozent des gesamten Wissens und ist somit als veraltet einzustufen.

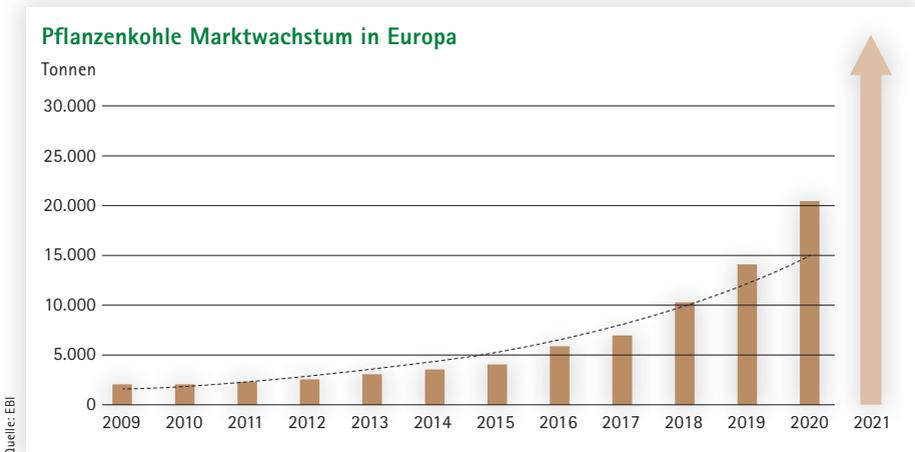


Abb. 8: Kumulative Pflanzkohle-Produktionskapazität in Europa



Wer tiefer in die Thematik einsteigen möchte, dem empfehlen wir immer einen Blick zum Veröffentlichungsdatum. Eine Übersicht über die aktuellen Veröffentlichungen:

- Schmidt, HP. et al. (2020): Pflanzenkohle in der Landwirtschaft: Hintergründe zur Düngertilgung und Potenzialabklärung für die Schaffung von Kohlenstoffsenken. *Agroscope Science* | Nr. 112/2021
- Lerchenmüller, H. et al. (2020): Mit Pflanzenkohle basierten Kohlenstoffsenken dem Klimawandel entgegenwirken: EBI-Whitepaper. http://www.biochar-industry.com/wp-content/uploads/2020/09/Whitepaper_Pflanzenkohle2020.pdf
- EBC (2020): Zertifizierung des C-Senken-Potenzials von Pflanzenkohle. Arbaz, Switzerland: <http://european-biochar.org>

Fazit

Der Klimawandel stellt uns vor eine drängende Mammutaufgabe: Innerhalb

der nächsten zwei Jahrzehnte können und müssen wir die Emissionen so massiv senken, dass höchstens 15 Prozent übrig bleiben. Um die Restemissionen auszugleichen und somit das Ziel der Klimaneutralität zu erreichen, braucht es Kohlenstoffsenken. Die Pflanzenkohle kann in Europa 30 Prozent des erforderlichen Volumens umsetzen. Pflanzenkohle/PyCCS kommt als NET eine ganz besondere Bedeutung zu: Sie ist über Jahrhunderte stabil, die CO₂-Speicherung kann einfach und exakt bilanziert werden, und die Technologie bietet wirtschaftlich interessante Synergien mit der Bioenergienutzung.

Die Anlagentechnik ist kommerziell verfügbar, und so kann Pflanzenkohle/PyCCS als NET innerhalb von 10 bis 15 Jahren zu klimarelevanten Beiträgen skaliert werden. Mit den NETs Aufforstung bzw. Wiederaufforstung, Aufbau bodenorganischer Substanz und Enhanced Weathering verbindet sie ebenfalls Synergien. Gemeinsam mit der eher langfristig wichtigen DACCS-Technologie und gegebenenfalls mit BECCS sind NETs zweifelsfrei ein Schlüssel im Kampf

Literatur zum Thema Pflanzenkohle (Biochar)

Anzahl der Arbeiten



Quelle: Conte, P., 2021: Recent Developments in Understanding Biochar's Physical-Chemistry

Abb. 9: Etwa 80 Prozent aller wissenschaftlichen Arbeiten zum Stichwort „Biochar“ sind in den vergangenen fünf Jahren entstanden.



gegen die Klimakrise und können mit vereinten Kräften den entscheidenden Unterschied machen bzw. werden zwingend gebraucht, um den Unterschied zu machen.

Vor dem Hintergrund der knappen Zeit brauchen wir vereinte Kräfte und Geschwindigkeit: Pflanzenkohle, Aufforstung und Wiederaufforstung sowie Humusaufbau sind startklar und werden sofort im großflächigen Einsatz benötigt. Die weiteren NETs gilt es weiterzuentwickeln und geeignete Anwendungen zu finden. Die drängende Mammutaufgabe gehört uns allen: der Politik für die entsprechenden Rahmenbedingungen. Und jedem einzelnen von uns, für die stetige Reduktion des CO₂-Ausstoßes und das Unterstützen der Kohlenstoffsenken. ■

Literatur

- [1] EBC. (2012): European Biochar Certificate – Guidelines for a Sustainable Production of Biochar. European Biochar Foundation (EBC), Arbaz, Switzerland. (<http://European-biochar.org>). Version 9.1E of 25th Sept. 2020
- [2] EBC. (2020): Zertifizierung des C-Senken Potentials von Pflanzenkohle. Arbaz, Switzerland: <http://european-biochar.org>
- [3] Glaser, B.; Lehmann, J. & Zech, W. (2002): Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal – A review. *Biol. Fertil. Soils* 35, S. 219–230
- [4] Lehmann, J.; Gaunt, J. & Rondon, M. (June 2006): Bio-char Sequestration in Terrestrial Ecosystems – A Review. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*
- [5] Laird, D. A. (2008): The charcoal vision: a win-win scenario for simultaneously producing bioenergy, permanently sequestering carbon, while improving soil and water quality. *Agronomy Journal*
- [6] Woolf, D.; Amonette, J.; Street-Perrott, F.; Lehmann, J. & Joseph, S. (2010): Sustainable biochar to mitigate global climate change. *NATURE COMMUNICATIONS*
- [7] IPCC. (2019): 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories
- [8] Lehmann et al. (2015): Persistence of biochar in soil. In *Biochar for Environmental Management: Science, Technology and Implementation* (S. 233–280)
- [9] Wang, J.; Xiong, Z. & Kuzyakov, Y. (2016): Biochar stability in soil: meta-analysis of decomposition and priming effects. *Global Change Biology – Bioenergy* 8(3), S. 512–523
- [10] Camps-Arbestain, M.; Amonette, J.; Singh, B.; Wang, T. & Schmidt, H.-P. (2015): A biochar classification system and associated test methods. In J. Lehmann & S. Joseph (Hrsg.), *Biochar for environmental management* (S. 165–194). London: Routledge
- [11] Schmidt, H.-P.; Kammann, C.; Hagemann, N.; Leifeld, J.; Bucheli, T.; Monedero, M.; Cayuela, M. (2021): *Biochar in agriculture – A systematic review of 26 global meta-analyses*
- [12] Blanco-Canqui, H.; Laird, D. A.; Heaton, E. A.; Rathke, S. and Acharya, B. S. (2020): Soil carbon increased by twice the amount of biochar carbon applied after 6 years: Field evidence of negative priming. *GCB Bioenergy*, 12(4): 240–251
- [13] Weng, Z. et al. (2017): Biochar built soil carbon over a decade by stabilizing rhizodeposits. *Nature Clim. Change*, 7(5): 371–376
- [14] Ye, L. et al. (2020): Biochar effects on crop yields with and without fertilizer: A meta-analysis of field studies using separate controls. *Soil Use and Management*, 36(1): 2–18
- [15] Razzaghi, F.; Obour, P. B.; Arthur, E. (2020): Does biochar improve soil water retention? A systematic review and meta-analysis. *Geoderma*, Volume 361
- [16] Borchard, N. et al. (2019): Biochar, soil and land-use interactions that reduce nitrate leaching and N2O emissions: A meta-analysis. *Science of The Total Environment*, 651: 2354–2364
- [17] Godlewska, P.; Schmidt, H.-P.; Ok, Y. S.; Oleszczuk P. (2017): Biochar for composting improvement and contaminants reduction. A review. *Bioresour Technol.* 2017 Dec; 246:193–202
- [18] Zhao, S.; Schmidt, S.; Qin, W.; Li, J.; Li, G.; Zhang, W. (2020): Towards the circular nitrogen economy – A global meta-analysis of composting technologies reveals much potential for mitigating nitrogen losses. *Science of The Total Environment*. Volume 704
- [19] Schmidt, H.-P.; Hagemann, N.; Draper, K. and Kammann, C. (2019): The use of biochar in animal feeding. *PeerJ*, 7: e7373
- [20] Embrén, B. (2016): *Planting Urban Trees with Biochar*. The Biochar Journal (tBJ). Arbaz, Switzerland. ISSN 2297-1114. www.biochar-journal.org/en/ct/77, pp 44–47.
- [21] FLL – Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (2017). *Versuche in der Landschaftspflege*. Versuchs-Nr. 06. <https://www.fll.de/leistungsprofil/forschung/versuche-in-der-landespflege.html>
- [22] Gupta, S. and Kua, H. W. (2017): Factors Determining the Potential of Biochar As a Carbon Capturing and Sequestering Construction Material: Critical Review. *Journal of Materials in Civil Engineering*/Volume 29 Issue 9
- [23] De Brito, J. and Silva, R. (2016): Current Status on the Use of Recycled Aggregates in Concrete: Where Do We Go from Here? <https://doi.org/10.21809/rilemtechlett.2016.3>
- [24] European Asphalt Pavement Association and National Asphalt Pavement Association (2011): <https://eapa.org/the-asphalt-paving-industry-a-global-perspective>

Hansjörg Lerchenmüller

Vorsitzender European Biochar Industry Consortium e.V.

Hansjoerg@lerchenmueller-consulting.com





WIE DIE NATUR: GLÜHT OHNE EMISSIONEN.

SEIT 1921
windhager
DIE HEIZUNG
MIT DER ENERGIE VON MORGEN.



PuroWIN Premium – die Hackgut-Heizung mit Zero Emission-Technologie.

PuroWIN revolutioniert das Heizen mit Hackgut. Der patentierte Gegenstrom-Vergaser der innovativen Zero Emission-Technologie von Windhager bringt den Brennstoff von unten zum Glühen und verursacht bei der Verbrennung nur minimale Staubemissionen. www.mitderenergievonmorgen.at

Geringste Staubemissionen
durch patentierte
Vergasertechnologie

Sehr geringer Stromverbrauch
durch optimierte Zuführungstechnik



Wahlweise mit Schnecken- oder
einzigartigem Hackgut-Saugsystem

EGGER
PowAir
CLEANING

Die Zukunft startet: Industrie 4.0 braucht auch Anlagen-Reinigung 4.0

- ✓ 0% Wasser
- ✓ 0% bürsten
- ✓ 0% Schlackestrahlen
- ✓ 100% Reinigung
- ✓ 100% GRÜN



Reinigung von
Bioenergie-Anlagen
mobil in ganz Europa
24 Stunden pro Tag
7 Tage die Woche

FIXPREIS FÜR GANZ EUROPA

00800 CLEANING
00800 25326464
kostenfrei aus ganz Europa

office@eggerpowair.com
www.EggerPowAir.com

Gratis buchen!
Technisches
Assessment bei
Ihnen vor Ort

Lorenz Strimitzer

Exemplarische Nutzungskombinationen für den klimaoptimierten Holzeinsatz



Das österreichische Holzflussbild macht die starken Verflechtungen der Verwendung von Holzsortimenten am heimischen Markt sichtbar (Abb. 1 [1]). So durchlaufen z.B. rund 80 Prozent des Frischholzeinsatzes aus Holzeinschlag und Importen in Form von Säge- und Industrierundholz zuerst die Holz verarbeitenden Industrien, nur rund 20 Prozent werden als Hackgut und Brennholz direkt energetisch verwertet. Ein Großteil der energetisch genutzten Sortimente entfällt auf Sägenebenprodukte und Schwarzlauge. Das Flussbild verdeutlicht des Weiteren, dass die energetische und die stoffliche Verwendung von Holz untrennbar miteinander verbunden sind: Für die Herstellung hochwertiger Holzprodukte fallen zwangsläufig Koppelprodukte wie Durchforstungsholz, Rinde oder Sägenebenprodukte an, für die es neben der energetischen Verwendung oft keine sinnvolle Alternative gibt.

Zunehmende Kritik an Nutzung von Holz und Bioenergie

Die Nutzung von Holz ist in vielerlei Hinsicht eine österreichische Erfolgsgeschichte. Holz ist die wichtigste heimische erneuerbare Energieressource und leistet einen unverzichtbaren Beitrag zur Erreichung der Klima- und Energieziele [2]. Obwohl die energetische Nutzung von Holz seit einigen Jahren unter 250 PJ pro Jahr stagniert [3] und Holzvorrat und Waldfläche auf Rekordniveau [4] sind, gibt es zunehmend kritische Stimmen zur Bioenergie, aber auch zur Nutzung von Holz allgemein. Beginnend mit einem Bericht des britischen Think-

tanks Chatham House [5] wird seit 2017 in der Fachwelt insbesondere eine Debatte um die CO₂-Neutralität von Bioenergie geführt, welche verstärkt auch in die breite Öffentlichkeit getragen wird. Vor diesem Hintergrund wurden in gegenständlicher Analyse exemplarische Nutzungskombinationen von Holz untersucht und deren Effekte auf das Klima mittels Lebenszyklusanalyse (LCA) eingehend analysiert. Das Ziel dieser Betrachtung war, anhand der exemplarischen Beispiele die Zusammenhänge in der Wertschöpfungskette Holz aufzuzeigen und die wesentlichen Einflussparameter auf klimarelevante Emissionen im Lebenszyklus sichtbar zu machen.

Methodik

Die LCA ist die weltweit gängigste und international anerkannteste Methode zur objektiven Bewertung von Umweltauswirkungen. Als Datenbasis für die vorgestellte Analyse dienten österreich-spezifische Datensätze sowie Werte aus LCA-Datenbanken (Ecoinvent v3.7, GaBi-Professional). Ausgehend von der Grafik „Holzströme in Österreich“ (Abb. 1), wurden folgende exemplarische Beispiele der Holzverwendung hinsichtlich ihrer Klimaeffekte analysiert: ein Holzbauteil (Wandaufbau gemäß IBO-Passivhaus Bauteil-Katalog), ein Holz-möbelstück (Sessel) und das Heizen eines Einfamilienhauses mit Pellets (ein Jahr).

Die Auswahl erfolgte willkürlich und erhebt daher keinen Anspruch auf Repräsentativität für die Holzverwendung in Österreich. Die Analyse wurde mit der Software GaBi durchgeführt und es wurde ledig-



lich die Wirkungskategorie „Klimawandel“ untersucht.

Lebenszyklus vom Wald bis zur thermischen Verwertung

Die berechneten Beispiele (Produkte) erfüllen jeweils eine spezielle Funktion und haben dadurch einen spezifischen Nutzen. Dies ist für die Analyse von Referenzsystemen bzw. Substitutionseffekten wichtig und wurde berücksichtigt (z.B. wurden die Substitutionseffekte des Holzbauteils mit einer funktional äquivalenten Stahlbeton-Variante angenommen). In der Untersuchung wurde zudem das Gesamtsystem der entsprechenden Holzverwendung analysiert, und zwar „cradle-to-grave“, das heißt, alle Abschnitte des Lebenszyklus, vom Wald über das Produkt bis hin zur energetischen Verwendung am

Lebensende. Bei der Berücksichtigung der gesamten Bereitstellungskette wurden ebenso alle anfallenden Nebenprodukte der jeweiligen Systeme (z.B. Durchforstungsholz, Schlagabraum, Sägebrennprodukte (SNP) usw.) entsprechend mitberücksichtigt, da der Wald ein Gesamtsystem darstellt und auch als solches betrachtet wird. Der angesprochene „Nutzen“ des Systems ist also nicht alleine z.B. die Funktion eines Bauteils, sondern gleichzeitig auch die Bereitstellung von Bioenergie. Wichtig ist, dass Gutschriften (z.B. für den Ersatz von fossiler Energie wie Erdöl oder Erdgas durch Bioenergie) nur dann verteilt wurden, wenn entsprechende fossile Systeme auch tatsächlich ersetzt wurden bzw. voraussichtlich ersetzt werden. Zudem wurde hierbei immer die zeitliche Dimension mitbetrachtet – ein vollständig

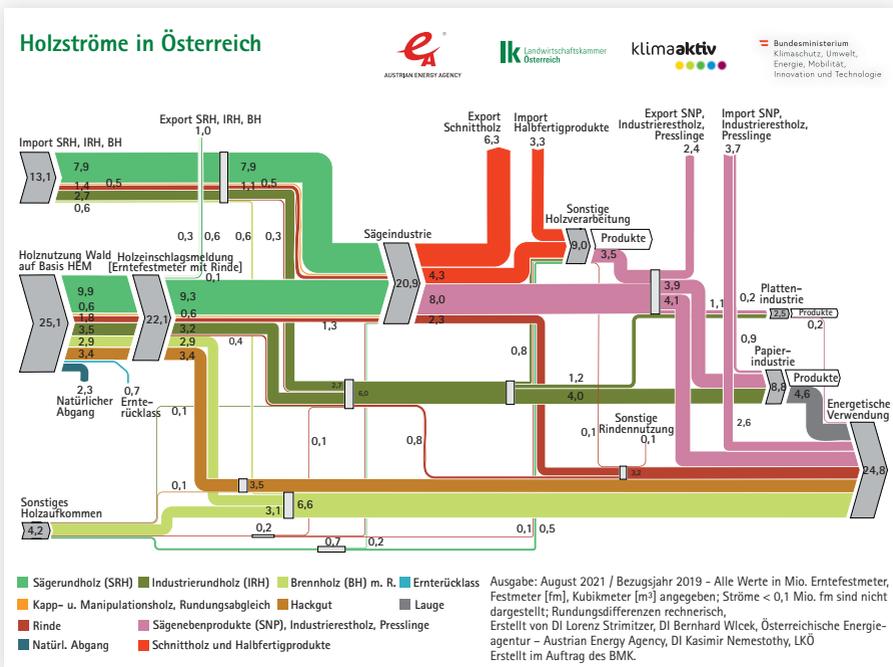


Abb. 1: Wie das österreichische Holzflussbild zeigt, gelangt der Großteil des energetisch genutzten Holzes als Koppel- bzw. Nebenprodukt von Holzern, Sägeindustrie, Holzverarbeitung oder Papierindustrie zu seiner Endverwertung.



dekarbonisiertes Raumwärmesystem der Zukunft bedingt z. B. auch, dass Holzbauteile am Ende ihres Lebenszyklus bei energetischer Verwertung keine anrechenbaren Gutschriften für den Ersatz von fossiler Energie mehr erhalten können.

Weiters wurde im Zuge von Sensitivitätsanalysen untersucht, welche Parameter und Faktoren das Ergebnis wesentlich verändern (können). Hierdurch bekommt die Branche Forst-Holz einen Einblick, mit welchen „Stellschrauben“ im System große Effekte erzielt werden können bzw. welche Veränderungen nur marginale Effekte haben.

Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigen, dass alle drei untersuchten Beispiele der Holzverwendung zu deutlichen Netto-Emissionseinsparungen führen. Im Folgenden wird kurz separat auf die Emissionen und die emissionsenkenden Effekte (z. B. Ersatz von fossiler Energie durch Bioenergie, Ersatz fossil-intensiver Referenzmaterialien) eingegangen.

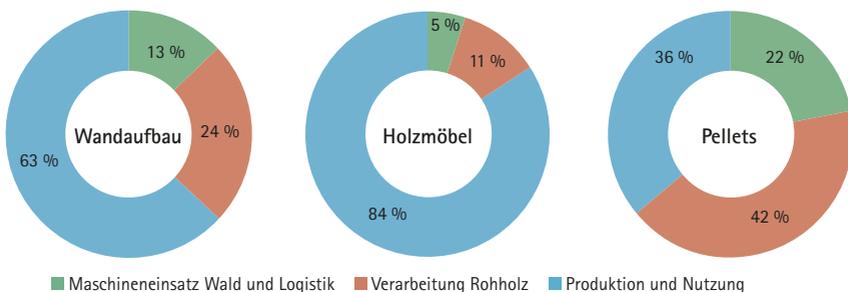
In Abb.2 ist dargestellt, auf welche Lebensphasen der drei Untersuchungsbeispiele sich die klimarelevanten Emissionen anteilmäßig aufteilen. Am Beispiel des Wandaufbaus ist gut ersichtlich, dass der größte Hebel zur Emissionsreduktion

die Produktion (und Nutzung) des Bauteils ist. Hier sind insbesondere die verwendeten Hilfsstoffe, Dämmmaterialien usw. relevant. Die Baustelle selbst bzw. der Transport des Bauteils sind von untergeordneter Bedeutung. Wesentliche Faktoren in der Vorkette (Rohholzverarbeitung) umfassen die Effizienz in der Holz verarbeitenden Industrie, den Stromverbrauch und die Reduktion des Energieeinsatzes für den Maschinenpark, die Entrindung und die Holz Trocknung. Effekte der Infrastruktur und weitere Betriebsmittel (z. B. Schmiermittel, Ersatzteile) sind von untergeordneter Bedeutung.

Im Wald selbst ist der Großteil der Emissionen auf den Dieselverbrauch für Maschinen (Harvester, Traktoren, Hacker) bzw. Ottokraftstoff für Motorsägen zurückzuführen. Vorgelagerte Prozesse wie Forststraßenbau und Instandhaltung, Produktion von Pflanzgut etc. sind für die Treibhausgasemissionen in gewählttem Beispiel vernachlässigbar.

Beim Holzmöbelstück ist der Beitrag des Produktionsprozesses noch ausgeprägter. Hier sind insbesondere der (fossile) Energieeinsatz, Hilfsstoffe (z. B. Metallschrauben, geklebte Verbindungen etc.) als relevante Einflussparameter auf die Emissionen zu nennen, Verpackung und Transporte fallen

Verteilung der Treibhausgasemissionen von Holzprodukten auf Lebensphasen



Quelle: Strimitzer

Abb. 2: Während beim Wandaufbau und bei Holzmöbeln der Großteil der Emissionen für Produktion und Nutzung anfällt (z. B. fossiler Energieeinsatz, Hilfsstoffe), entsteht bei Pellets der Hauptanteil in der Holzverarbeitung.



Tab. 1: Klimaeffekte von Holzprodukten mittels Lebenszyklusanalyse unter Einbeziehung der gesamten Bereitstellungskette (Holzbau u. Holzmöbel in kg CO₂äq/Pellets in t CO₂äq)

Holzbau/1 m ² Wandaufbau außen, 100 Jahre	System Wald	System Holzverarbeitung	System Holzbau	System End of Life	Summe
Treibhausgas-Emissionen	+2,4	+4,5	+12	+147,6	+166,5
Treibhausgas-Einsparungen	-30	-7,8	-48	-0	-233,4
Kohlenstoffspeicher			-147,6		
Bilanz					-66,9
Holzmöbel/1 Sessel, Lebensdauer 20 Jahre	System Wald	System Holzverarbeitung	System Möbel	System End of Life	
Treibhausgas-Emissionen	+0,2	+0,4	+3,1	+12,8	+16,5
Treibhausgas-Einsparungen	-2,6	-0,7	-7,3	-1,2	-24,6
Kohlenstoffspeicher			-12,8		
Bilanz					-8,1
Pellets/Heizen EFH unsaniert, 1 Jahr	System Wald	System Holzverarbeitung	System Heizen	System End of Life	
Treibhausgas-Emissionen	+1	+1,9	+1,6		+4,5
Treibhausgas-Einsparungen	-12,9	-2,4	-9,2		-19,7
Bilanz					-15,2

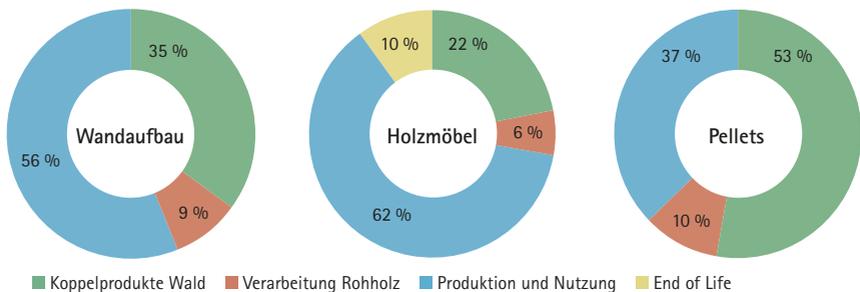
Quelle: Strimitzer

dagegen weniger ins Gewicht. Im Fall der Pellets ist die Produktion und Nutzung wesentlich unbedeutender, innerhalb derer sind aber vor allem die Lkw-Transporte klimarelevant.

Umgerechnet auf einen 1 m² Wandaufbau werden im Wald rund 2,4 kg CO₂-Äquivalente (z. B. fossile Treibstoffe für Maschinen und Motorsägen) emittiert, in der Holzverarbeitung 4,5 kg CO₂äq (z. B. Strom, Diesel für Maschinen, Entrinden, Trocknen) und in der Produktion und Nutzung rund 12 kg (z. B. Hilfsstoffe wie Mineralwolle oder PE-

Dichtung). Beim Holzstuhl sind es 0,2 kg im Wald, 0,4 kg während der Holzverarbeitung und rund 3,1 kg CO₂äq für die Produktion (z. B. Energie, Metallschrauben, Leim) und Nutzung. Das Heizen und die Warmwasserbereitstellung mit Pellets schlagen im gewählten Beispiel (Einfamilienhaus unsaniert, ein Jahr) mit Emissionen von etwa 1 Tonne CO₂äq im Wald, 1,9 Tonnen in der Holzverarbeitung und rund 1,6 Tonnen in der Produktions- und Nutzungsphase (z. B. Zustellung der Pellets, Strombedarf Pellets-kessel) zu Buche (Tab. 1).

Durch Substitution vermiedene Treibhausgasemissionen von Holzprodukten



Quelle: Strimitzer

Abb. 3: Wandaufbau und Holzmöbel sparen vor allem durch Substitution von Beton bzw. Kunststoff Treibhausgasemissionen ein, der Ersatz von Heizöl durch das Koppelprodukt Waldhackgut vermeidet zusätzlich Emissionen.



Vermiedene Emissionen durch Substitution und Koppelprodukte

Die durch genutzte Koppelprodukte (als Ersatz für fossile Brennstoffe) und Materialsubstitution vermiedenen Emissionen sind in Abb.3 abgebildet. Im Falle des Wandaufbaus sind die Substitutionseffekte überwiegend auf den Ersatz von Normalbeton (C20/25 mit 1 Prozent Bewehrung) im funktional äquivalenten Referenzbauteil zurückzuführen. Rund 9 Prozent entfallen auf den Ersatz fossiler Brennstoffe in der Holzverarbeitung. Im System Wald wirkt sich vor allem die Nutzung von Waldhackgut (aus Pflegemaßnahmen, Schlagabraum) als Ersatz für einen fossilen Referenz-Energiemix in der Wärmeversorgung positiv aus. Die stoffliche Nutzung von Nebenprodukten (z.B. SNP in Papier- und Plattenindustrie) wurde explizit nicht berücksichtigt, da hierfür kein funktional äquivalentes Referenzprodukt definiert werden konnte (Papier hat z. B. in bestimmten Anwendungen kein Ersatzprodukt).

Die Analyse des Holzmöbelstücks liefert in relativen Zahlen ähnliche Ergebnisse, wobei hier die Effekte der Materialsubstitution (durch ein funktional äquivalentes Kunststoff-Produkt aus Polypropylen) im gewählten Beispiel noch stärker ausgeprägt sind (62 Prozent der vermiedenen Emissionen). Aufgrund der geringeren Lebensdauer (Annahme 20 Jahre) wurde sehr wohl eine Gutschrift für die energetische Verwendung am Lebensende (End of Life) verteilt, da im Fernwärme-Mix im Jahr 2040 noch von rund 20 Prozent Erdgasanteil ausgegangen wurde.

In absoluten Zahlen belaufen sich die Substitutionseffekte bezogen auf 1 m² Wandaufbau auf -30 kg CO₂-Äquivalente im Wald (Waldhackgut als Ersatz für Heizöl), -7,8 kg in der Holzverarbeitung (Pellets ersetzen Heizöl, und Industriehackgut ersetzt Erdgas) und -48 kg in der Produktions- und Nutzungsphase (Ersatz von Normalbeton). Beim Holzstuhl sind es -2,6 kg CO₂äq im Wald, -0,7 kg in der Holz-



© Gray Organschi: Architecture/Bauhaus der Erde

Neben dem Ersatz von energieintensivem Normalbeton erzielt der Holzbau auch durch bei der Holzernie anfallende Nebenprodukte, wie z. B. Waldhackgut, das Heizöl ersetzt, Einsparungen an Treibhausgasemissionen.



verarbeitung, -7,3 kg in der Produktion und Nutzung (Ersatz von EU 28-PP-Granulat-Mix, inklusive Kunststoffverarbeitung) sowie -1,2 kg CO₂äq am Ende des Lebenszyklus (Müllverbrennung anstatt Fernwärme aus 20 Prozent Erdgas und 80 Prozent Erneuerbaren im Jahr 2040). Das Heizen mit Pellets zieht Substitutionseffekte von -12,9 Tonnen CO₂äq im Wald, -2,4 Tonnen in der Holzverarbeitung (SNP als Ersatz für fossile Brennstoffe, Industriehackgut als Ersatz für Erdgas) sowie -9,2 Tonnen in der Produktion und Nutzung nach sich.

Deutliche Nettoeinsparungen von Treibhausgasemissionen

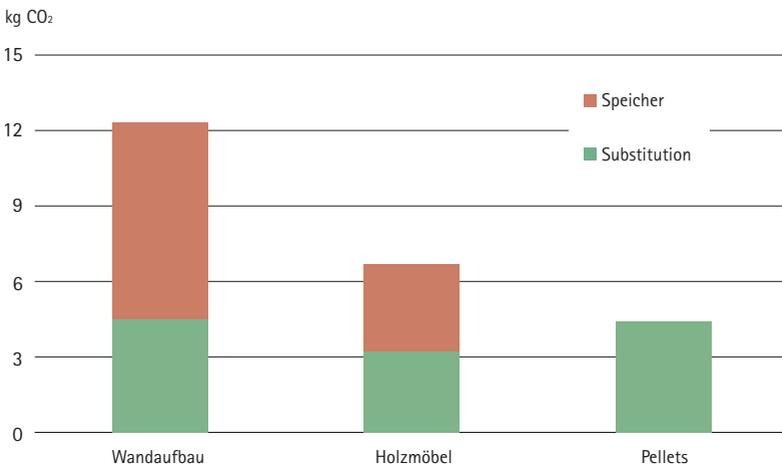
Stellt man die Emission an CO₂-Äquivalenten durch Material- und Energiesubstitution vermiedenen Emissionen gegenüber, so ergeben sich deutliche Netto-Einsparungen. Anders ausgedrückt: Pro emittiertem kg CO₂-Äquivalent werden gleichzeitig bedeutend mehr Emissionen verhindert: 4,5 kg CO₂äq im Beispiel des Holzbauteils, 3,2 kg

im Beispiel des Holzsessels und 4,4 kg beim Heizen mit Pellets (Abb. 4). Zusätzlich wird – wiederum bezogen auf die Emission von 1 kg CO₂-Äquivalent – CO₂ langfristig in Produkten gespeichert, etwa 3,5 kg CO₂ (für angenommene 20 Jahre) im Falle des Holzmöbelstücks und 7,8 kg CO₂ beim Wandaufbau (für angenommene 100 Jahre). Der Produktspeicher von Holzpellets ist verglichen damit sehr kurzfristig und wurde nicht berücksichtigt.

Fazit

In allen Beispielen sind die erzielten Vermeidungseffekte aus dem Ersatz fossiler Brennstoffe und von Referenzmaterialien deutlich größer als die tatsächlichen Emissionen. Die Holzverwendung führt demnach zu einer deutlichen Netto-Einsparung an Treibhausgasen. Viele Prozessschritte, von Pflegemaßnahmen und der Holzernte im Wald über die Logistik und Holzverarbeitung bis hin zur Güterproduktion, sind stark mechanisiert. Dies gewährleistet zwar eine

Klimapositive Effekte der Holznutzung – Substitution und Speicher pro kg CO₂-Emission



Quelle: Strimitzer

Abb. 4: Bei Gegenüberstellung der mit der Herstellung und Nutzung von Holzprodukten verbundenen CO₂-Emissionen mit der dadurch ermöglichten Material- und Energiesubstitution ergeben sich deutliche Netto-Einsparungen.





© Nora Strimitzer

Bei Holzmöbeln wurde eine thermische Nutzung am Ende der Lebenszeit in die Klimabilanz mit eingerechnet.

effiziente Holzernte und -verwendung, allerdings bedingt der derzeitige Maschinenpark einen entsprechenden (fossilen) Kraftstoffeinsatz und damit CO₂-Emissionen. Mittels technischer Lösungen wie z. B. Elektrifizierung oder alternative Kraftstoffe können diese Emissionen jedoch aus dem System eliminiert werden.

Insbesondere beim untersuchten Bauprodukt und beim Holzmöbelstück zeigte sich, dass der Ersatz fossil-intensiv erzeugter Referenzprodukte einen wesentlichen Hebel zur Vermeidung von Emissionen darstellt. Gerade im Baubereich gibt es aufgrund global wachsender Ballungszentren einen hohen Bedarf an neuem Wohnraum. Holz als Bau- und Werkstoff sowie andere nachwachsende Rohstoffe können hier ganz im Sinne der Bioökonomie als wichtige Kohlenstoffsenken dienen, wenn die Rohstoffnutzung nachhaltig erfolgt und die Emissionen in der Vorkette minimiert werden. Zudem müssen sie langfristig eingesetzt werden, um ihren Kohlenstoff-Speichereffekt effektiv auszunutzen.

Gleichzeitig können dabei zeitnah Produkte auf Basis von Erdöl, Kohle und Erdgas ersetzt werden, für die es absehbar noch keine klimafreundlichen Alternativen gibt.

Abschließend sei erwähnt, dass es zu kurz greift, den Wald und die Holznutzung bloß auf klimarelevante Aspekte zu reduzieren. Der bewirtschaftete Wald hat viele Funktionen und positive Wirkungen, die es durch eine nachhaltige Bewirtschaftung zu erhalten gilt. ■

Literatur

- [1] AEA & LKÖ (2021): Holzströme in Österreich. Online, siehe https://www.klimaaktiv.at/erneuerbare/energie-holz/holzstr_oesterr.html [30.08.2021]
- [2] Umweltbundesamt (2020): Klimaschutzbericht 2020. Online, siehe: <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/rep0738.pdf> [30.08.2021]
- [3] Statistik Austria (2020): Gesamtenergiebilanz 1970-2019 (Detailinformation). Online, siehe: https://pic.statistik.at/web_de/statistiken/energie_umwelt_innovation_mobilitaet/energie_und_umwelt/energie/energiebilanzen/index.html [31.08.2021]
- [4] Bundesforschungszentrum für Wald (BFW), Österreichische Waldinventur: siehe: <http://bfw.ac.at/rz/wi.home> [31.08.2021]
- [5] Chatham House (2017): Woody Biomass for Power and Heat. Impacts on the Global Climate. Research Paper, 23.02.2017

Dipl.-Ing. Lorenz Strimitzer

*Head of Center Renewable Materials & Resources,
Österreichische Energieagentur
lorenz.strimitzer@energyagency.at*



© ÖBMV

Mehr noch als der Ersatz von Heizöl wirken sich bei Pellets die Effekte in der Vorkette klimapositiv aus.





5,5 MW EU-Vorzeigeprojekt im Zentrum von Straßburg

Seit Oktober 2017 werden in Straßburg 1.500 Wohnungen bzw. 90.000 m² Wohnfläche mit Energie aus Biomasse versorgt. Das System wurde mitten im Stadtgebiet in einzigartiger Weise geräuschlos und emissionsarm realisiert. Die Leistung der eingesetzten 22 Guntamatic-

Modulblock-Anlagen mit je 250 kW liegt bei 5,5 MW. Bei diesem europäischen Vorzeigeprojekt wurden vorhandene Öl- und Gaskessel demontiert und durch besonders leise - bzw. nach außen geräuschlose - extrem effiziente und saubere Pellets-Modulblockbau-

weise ersetzt. Der maximale Tagesverbrauch liegt bei ca. 25.000 kg Pellets pro Tag - das entspricht einer Heizöleinsparung von 15 bis 20 Millionen Litern in zehn Jahren. Die ohnedies extrem sauberen und effizienten PRO-Modulgeräte wurden als Vorzeigeprojekt zusätzlich mit 22 Guntamatic-Elektrofiltern ausgestattet.

Know-how von Guntamatic

Das Projekt wurde in Zusammenarbeit von Guntamatic Frankreich, mehreren regionalen Spezialisten und Heizungsbauern vom Planungsbüro Riebenbauer verwirklicht und am 27. September 2017 durch Politiker aus dem Elsass offiziell eröffnet. Seither arbeitet die Anlage optimal. Das Konzept der Guntamatic PRO-Anlagen ist einfach: Während große Heizungsanlagen in der Regel

aufwendig geplant werden, sind die PRO-Anlagen aufgrund der einfachen und praktischen Serienbauweise vollständig vom Heizungsbauer von der Planung bis zur Montage und Inbetriebnahme umsetzbar.

Guntamatic Konzept

5,5-MW-Pellets-Modulblockanlage für ein Wohnprojekt

1.500 Wohnungen mit 90.000 m² werden von 22 Guntamatic-PRO/22-EC-Filter-Pelletsanlagen versorgt.

25.000 Liter Pufferspeicher und 27 Wärme-Übergabestationen

Bis zu 25.000 kg Pelletsverbrauch pro Tag

GUNTAMATIC

SAUGTEC

INDUSTRIELLE SAUGANLAGEN



BERATUNG
PLANUNG
AUSFÜHRUNG

Saugtec GmbH
Ihr Ansprechpartner:
Adi Furthner
Tel. 0 77 46 / 28 515

Igelsberg 6 · A-5211 Friedburg
www.saugtec.at



Biomasse CompactVac

- Konstruktiver Ex-Schutz, explosionsgeschützte Ausführung zum Einsatz in Zone 22
- Saugen und sicheres Entleeren von Hack-schnitzeln, Pellets und Asche, bei Bedarf staubfrei

Kohlenstoffnutzung und Klimaschutz – negative Emissionen mit Bioenergie



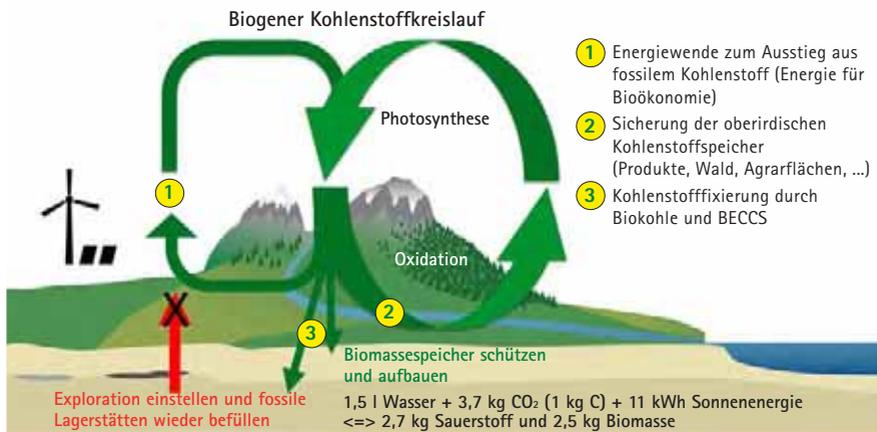
Biomasse entsteht durch Photosynthese. Pflanzen wandeln mithilfe von Sonnenenergie Wasser und Kohlenstoffdioxid (CO_2) in Sauerstoff und Biomasse um. Die so produzierte Biomasse ist wesentlicher Teil und Grundlage des Lebens auf der Erde und hat über die Verlagerung von großen Mengen Kohlenstoff in die Erdkruste, in die Atmosphäre und in die oberirdische Biomasse seit jeher unser Klima maßgeblich beeinflusst. Sobald eine Pflanze abstirbt und verrottet, verdaut oder verbrannt wird, gelangt der gespeicherte Kohlenstoff (C) innerhalb weniger Tage, Monate oder Jahre meist in Form von Kohlenstoffdioxid wieder zurück in die Atmosphäre. Durch Bioenergie kann ein Teil dieser Biomasse als Wärme,

Strom, Gas, Wasserstoff, Fernwärme oder Kraftstoff genutzt werden und so den Fluss von klimaschädlichem fossilem Kohlenstoff aus der Erdkruste in die Atmosphäre eindämmen. In diesem Beitrag wird Kohlenstoff in den Mittelpunkt der Betrachtung gestellt und biogener Kohlenstoff (C_b) aus dem oberirdischen Kohlenstoffkreislauf mit fossilem Kohlenstoff (C_f) aus der Erdkruste verglichen.

Photosynthese: Kohlenstoff im Kreislauf

Um 3,7 Kilogramm (kg) CO_2 aus der Atmosphäre zu entnehmen – das entspricht 1 kg C_b – und in Biomasse ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) zu speichern, sind für den biochemischen Prozess

Beiträge der Bioenergie zum Klimaschutz



Quelle: IPCC

Abb. 1: Bioenergie sichert sowohl die oberirdischen als auch die unterirdischen Kohlenstoffspeicher vor ihrer Übernutzung, mittels Biokohle und BECCS können zusätzlich Negativemissionen erzielt werden.



11 Kilowattstunden (kWh) Energie und 1,5 Liter Wasser (H₂O) erforderlich (Abb. 1). Diese Energie ist nach der Photosynthese in 2,5 kg Biomasse gespeichert, während des Prozesses werden 2,7 kg Sauerstoff (O₂) an die Atmosphäre abgegeben. Die entstandene Biomasse wird in der Pflanze selbst mehrmals umgewandelt. Dazu wird die erzeugte Biomasse zur Energiegewinnung abgebaut (oxidiert) und ein Teil des zuvor gespeicherten C_b wird in Form von CO₂ an die Atmosphäre abgegeben (Pflanzenatmung). Der Rest wird in der Biomasse (Biosphäre) gespeichert.

Änderungen in Kohlenstoff-speichern verändern das Klima

Pflanzen (lebende Biomasse) nehmen jedes Jahr etwa 123 Milliarden Tonnen C aus der Atmosphäre auf und geben etwa 119 Milliarden Tonnen C an die Atmosphäre ab, davon jeweils etwa die Hälfte durch Pflanzenatmung und Verrottung toter Biomasse (Abb. 2). Die Differenz wird in der lebenden (Blätter, Wurzeln, Halme, Holz)

oder toten Pflanzenmasse (Humus, Totholz) gespeichert. Über Millionen Jahre wurden so 550 Milliarden Tonnen C_b in der Vegetation, 1.950 Milliarden Tonnen C_b in Böden, 1.700 Milliarden Tonnen C_b im Permafrost und 1.470 Milliarden Tonnen C_b über geologische Prozesse in fossilen Lagerstätten angereichert und zu fossilem C_r umgewandelt. Die Verbrennung von Erdgas, Erdöl und Kohle hat große Mengen C_r (365 Milliarden Tonnen) aus fossilen Lagerstätten in die Atmosphäre verfrachtet und die Klimakatastrophe ausgelöst, obwohl ein wesentlicher Teil des C_r (155 Milliarden Tonnen) in den Ozeanen absorbiert wurde. Seit der industriellen Revolution wurden zusätzlich etwa 30 Milliarden Tonnen C_b aus der Biosphäre in die Atmosphäre verlagert.

Flächenbewirtschaftung: Schlüssel zum Klimaschutz

Der stetige Fluss von C_r aus der Erdkruste wird jedes Jahr größer und liegt aktuell bei jährlich 7,8 Milliarden Tonnen, hinzu kommen 1,1 Milliarden Tonnen C_b aus

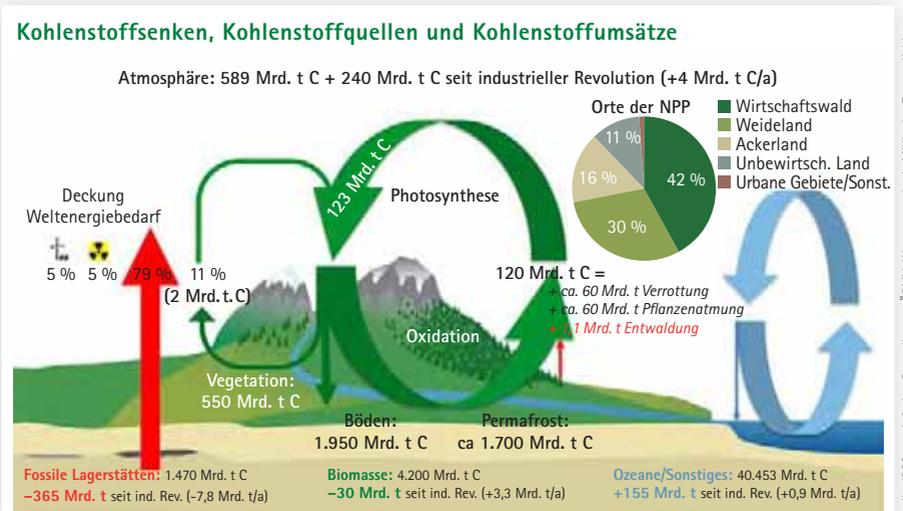


Abb. 2: Kohlenstoffhaushalt der Erde mit Beiträgen der Bioenergie zum Klimaschutz – die Unwucht des Systems ist durch die Förderung fossiler Rohstoffe bedingt.



Verteilung Bruttoinlandsverbrauch erneuerbarer Energien im Jahr 2018

Quelle: WBA, Eurostat, Statistik Austria

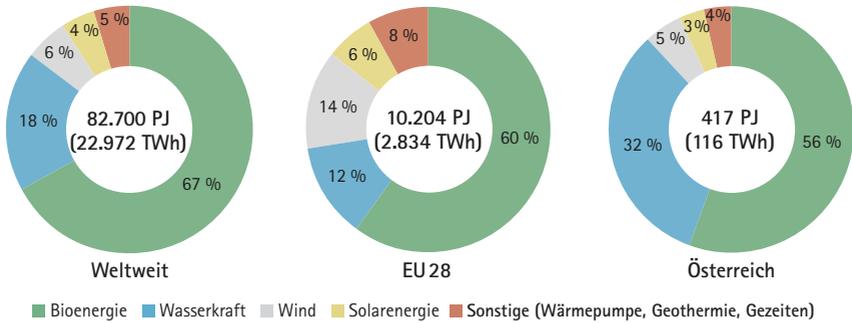


Abb. 3: Bioenergie ist der bedeutendste erneuerbare Energieträger in Österreich, in der EU und weltweit.

Entwaldung. Pflanzen und die Ozeane verlagern die Hälfte dieser Emissionen wieder in C-Speicher, die jährliche Zunahme an C in der Atmosphäre wird dadurch auf 4 Milliarden Tonnen C reduziert. Die Bewirtschaftung

der Landfläche hat wesentlichen Einfluss auf den Kohlenstoffkreislauf. Das weltweite Biomasse-Wachstum (NPP = Nettoprimärproduktion) von 123 Milliarden Tonnen C_b findet zu 42 Prozent im bewirtschafteten

Treibhausgasemissionen Österreich nach Wirtschaftssectoren und Energieträgern

Quelle: UBA, 2019 (Werte 2017); Darstellung ÖBMW

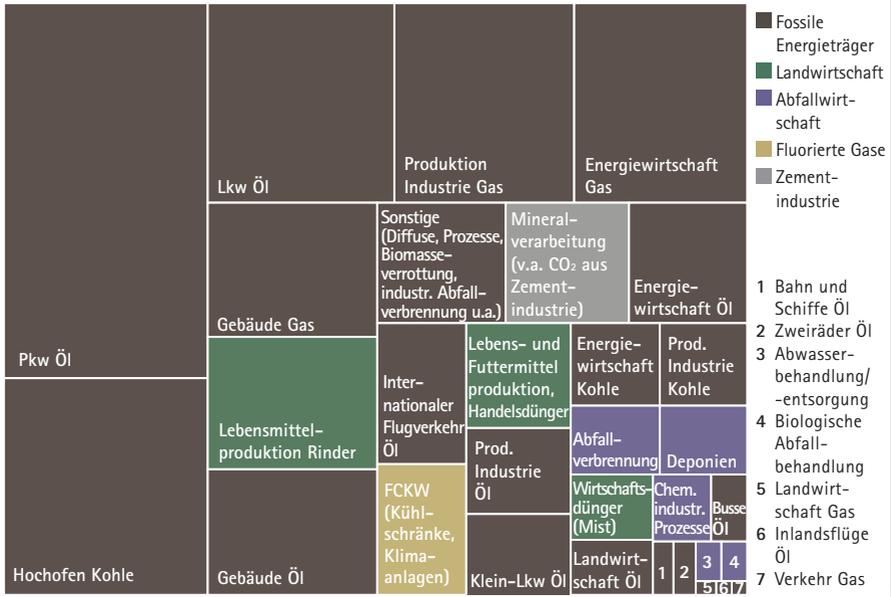
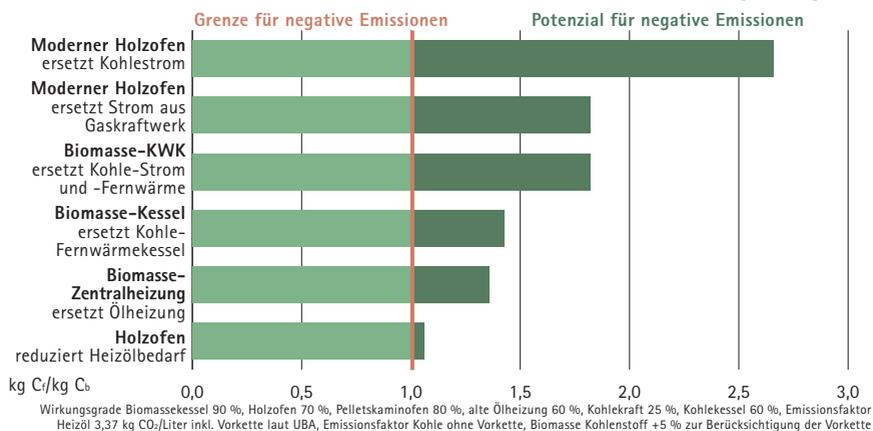


Abb. 4: Die größten Anteile der Treibhausgasemissionen in Österreich entfallen auf den Einsatz von Erdöl für Verkehr und Gebäude, Erdgas für Industrie, Energiewirtschaft und Gebäude sowie Kohle in der Industrie.



Vermiedene fossile C-Emissionen bei Einsatz von Holz in modernen Bioenergieanlagen



Quelle: ÖBMV

Abb. 5: Negative Emissionen durch Einsatz moderner Bioenergietechnologie anstelle von Kohle, Erdgas oder Heizöl

Wald, zu 30 Prozent auf Weideland, zu 16 Prozent auf Ackerflächen und zu 11 Prozent auf nicht bewirtschaftetem Land statt. Für energetische Zwecke wird nur ein kleiner Teil der Biomasse genutzt. Aktuell werden global etwa 2 Milliarden Tonnen C₀ energetisch verwendet und damit etwa 11 Prozent der weltweit benötigten Energie bereitgestellt. Gelingt es, den Anteil der energetisch eingesetzten Biomasse an der aktuell durch Verrottung und Pflanzenwachstum oxidierten Biomasse (119 Milliarden Tonnen C₀) von aktuell 1,6 Prozent auf 5 Prozent zu erhöhen, könnte damit in Verbindung mit dem Ausbau von Wasserkraft, Windenergie und Photovoltaik der Weltenergiebedarf gedeckt werden.

Bioenergie sollte so eingesetzt werden, dass sie neben der Energiewende zur Sicherung der oberirdischen C-Speicher und zur Erzielung negativer Emissionen beiträgt. Szenarien zum Erreichen der Klimaneutralität gehen von einer Steigerung des Bioenergieeinsatzes von weltweit aktuell 83 EJ (Abb. 3) auf 145 EJ (Internationale Energieagentur) bis 200 EJ (Weltbiomasseverband, IPCC) aus. Das würde bedeuten, dass maximal etwa 4,3 Prozent des jähr-

lichen Biomasseumsatzes auch energetisch genutzt werden müssten, ein Teil davon wird in den vorliegenden Szenarien mit CO₂-Abscheidung ergänzt.

Der Ausstieg aus fossilen Energien ist der Knackpunkt im Klimaschutz. Die öffentliche Diskussion fokussiert vielfach auf für den Klimaschutz vergleichsweise unbedeutende Bereiche, wie etwa den nationalen Flugverkehr oder durch die Lebensmittelproduktion bedingte Emissionen aus der Landwirtschaft. Das eigentliche Problem sind jedoch die Emissionen aus der Nutzung von Kohle, Erdöl und Erdgas. Abb. 4 gibt einen Überblick, in welchen Bereichen die großen Hebel beim Klimaschutz liegen. Die zur Eindämmung des Klimawandels dringlichste Aufgabe für den Einsatz von Biomasse ist der Ersatz von fossilen Rohstoffen in der Industrie, in der Energiewirtschaft, in den Haushalten und im Verkehr.

Ersatz von fossilem Kohlenstoff (energetische Substitution)

1 kg gespeicherter C kommt im Fall von Holz etwa 2 kg absolut trockener Biomasse (50 Prozent C-Anteil) gleich, darin sind etwa 10 kWh Energie (Brennwert) gespeichert.



Nutzt man diese Energie anstelle von Koks, können etwa 1 kg fossiles C_f , im Fall von Heizöl 0,75 kg und im Falle von Erdgas 0,5 kg in der Erdkruste verbleiben. Die geringere Energiedichte von Biomasse bezogen auf den C-Gehalt im Vergleich zu fossilen Brennstoffen wird oft als Argument gegen die Bioenergie verwendet, es lässt sich jedoch einfach entkräften. Veraltete fossile Anlagentechnik wird in der Praxis durch moderne Bioenergie-technologie ersetzt, daher kann trotz geringerer Energiedichte von Biomassebrennstoffen mit 1 kg C_b aus Biomasse mehr als 1 kg fossiles C_f in der Erdkruste verbleiben. Im Fall einer Ölheizung ersetzt 1 kg C_b somit mehr als 1,3 kg fossiles C_f , im Beispiel des Ersatzes eines Kohlekraftwerks mit moderner Biomasse-Kraftwärmekopplung bis zu 1,8 kg (Abb. 5). Es gibt auch einfache Lösungen, die mit geringem technischen Aufwand noch größere Effekte erzielen. Ersetzt etwa ein moderner Biomasseofen (Wirkungsgrad

70 Prozent) eine Stromheizung, die mit Elektrizität aus einem alten Kohlekraftwerk (Wirkungsgrad 25 Prozent) betrieben wird, sind es pro 1 kg C_b aus Biomasse 2,7 kg fossiles C_f . Liegen die C_f -Einsparungen über den C_b -Emissionen aus der Verbrennung, bzw. über jenen, die bei der Verrottung anfallen, ist die Biomasse nicht nur C-neutral, sondern erzielt negative Emissionen.

Produktspeicher und stoffliche Substitution

Zum Erreichen der Klimaziele müssen nicht nur Treibhausgasemissionen eingespart, sondern ab Mitte dieses Jahrhunderts große Mengen an C aus der Atmosphäre entnommen werden. Gleichzeitig nehmen die erzielbaren fossilen Emissionsreduktionen infolge des immer stärker werdenden Anteils an erneuerbaren Energien am Energiesystem im Laufe der Zeit ab. Um langfristig negative Emissionen erzielen zu können, ist es erforderlich, in Negativemissions-

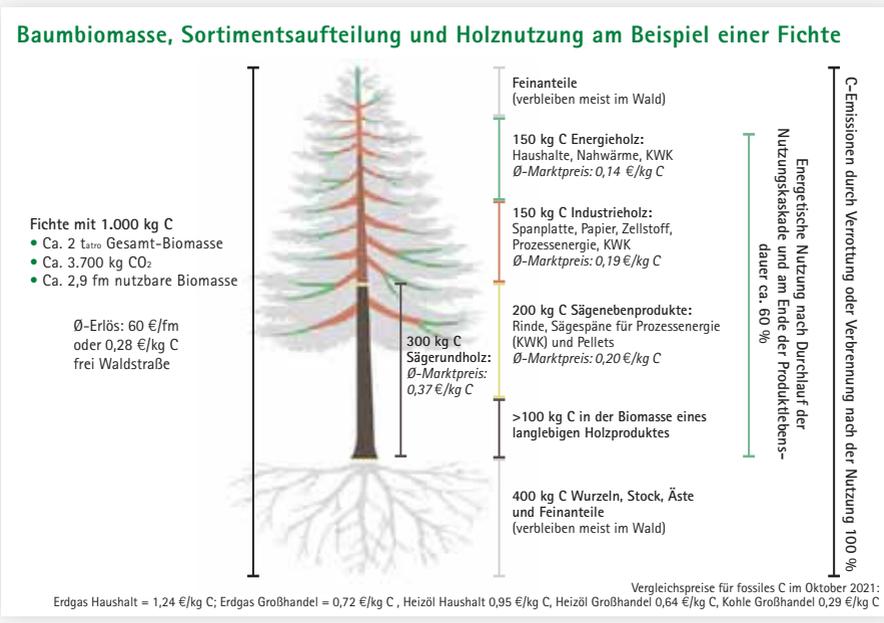


Abb. 6: Kein Wald wird zur Gewinnung von Energieholz geerntet; es ist stets Koppelprodukt wertvollerer Sortimente.

technologien zu investieren. Bereits heute können Holzprodukte einen Teil des geernteten C_b über mehrere Jahrzehnte speichern. Eine erntereife Fichte besteht etwa aus 1.000 kg C_b (Abb. 6). Nach der Ernte verbleiben etwa 400 kg C_b in Form von Wurzelstock, Nadeln oder Ästen im Wald. 300 kg können aufgrund der geringen Qualität nur als Industrie- oder Energieholz genutzt werden, etwa 300 kg können als wertvolles Sägerundholz verwertet werden. Dieses wird im Sägewerk entrindet und in Bretter geschnitten, danach meist gehobelt und zurechtgeschnitten, anschließend zu Bauteilen weiterverarbeitet und schließlich in einem Möbelstück oder in einer Holzkonstruktion verbaut. Dabei fallen wiederum 200 kg C_b in Form von Rinde, Sägespänen, Hobelspänen, Hackschnitzeln und Kappholz an, bis zuletzt etwa 100 kg C_b über mehrere Jahrzehnte in einer Holzkonstruktion gespeichert werden können (Erhöhung des Produktspeichers). Zusätzlich können diese Holzprodukte energieintensiv produzierte Materialien wie Stahlbeton oder Kunststoffe ersetzen (stoffliche Substitution). Der Rest der Biomasse wird energetisch genutzt und substituiert fossile Emissionen in der Holzproduktion oder in Heizungen und Kraftwerken (energetische Substitution).

Holzenergie basiert auf Nebenprodukten und Reststoffen

Holzenergie entsteht im allergrößten Umfang aus der Nutzung von Koppelprodukten, Reststoffen und Abfällen, die bei der Erzeugung höherwertiger Güter anfallen (Sägerundholz, Schnittholz, Möbel, Papier, Nahrungsmittel, Baumwolle, nicht absetzbares Industrieholz etc.). Als gutes Beispiel dient ein österreichischer Forstbetrieb (Abb. 6). Dieser konnte im Jahr 2019 für ein Kilogramm C_b in Form von Sägerundholz etwa 0,37 Euro Erlösen, für Industrieholz 0,19 Euro/kg C_b und für Energieholz rund 0,14 Euro/kg C_b . Während Sägerundholz



© ÖBBV

Mit der Produktion von Sägerundholz finden Forstbetriebe ihr Auskommen, Bioenergie ist Nebenprodukt.

etwa 50 bis 60 Prozent der im Forstbetrieb angefallenen Holzmenge ausmacht, sind es bei Energie- und Industrieholz jeweils rund 20 Prozent. Die Einnahmen aus dem Energieholzverkauf machen nur 10 Prozent des Umsatzes des Forstbetriebes aus. In Summe lagen die durchschnittlichen Einnahmen aus dem Verkauf eines Baums bei etwa 0,28 Euro/kg C_b (60 Euro/fm). Betrachtet man die Kostenstruktur eines durchschnittlichen Betriebes, liegen die reinen Erntekosten bei etwa 0,12 Euro/kg C_b . Mit Energieholz könnten zusätzliche Kosten, wie für den Bau und die Erhaltung von Forststraßen, waldbauliche Maßnahmen und Verwaltung überhaupt nicht abgedeckt werden. Im Vergleich zu fossilem Kohlenstoff ist die mitteleuropäische Forstwirtschaft durchaus konkurrenzfähig: Während Energieholz im Jahr 2021 für 0,14 Euro/kg C_b an der Waldstraße verfügbar ist, zahlt ein Haushalt für Heizöl 0,95 Euro/kg C_r . Obwohl die Technologie für die Verfeuerung von Biomasse meist teurer als jene für die

Verfeuerung von Heizöl oder Erdgas ist, liegt in dieser Differenz der Grund für den Erfolg der Biomasseheizungen begründet.

Klimaeffiziente Holznutzung forcieren, Kaskadenzwang ablehnen

Um die Klimaeffizienz der Holznutzung zu steigern, sollte mit dem geernteten C_b möglichst viel fossiler C_f ersetzt und möglichst viel biogener C_b langfristig gebunden werden. Durch die intelligente Kombination von stofflicher und energetischer Nutzung sind zusätzlich zum Speichereffekt in langlebigen Holzprodukten hohe Substitutionseffekte erzielbar. Die Kombination von Brettschichtholz, Pelletsproduktion und Verwertung der Reststoffe einer Kraftwärmekopplungsanlage führt im Beispiel (Abb. 7) pro eingesetztem 1 kg biogenem C zu mehr als 1 kg vermiedenem fossilen C. Diese Ergebnisse können in Zukunft durch Kohlenstoff-Abscheidung und -Speicherung (Carbon Capture and Storage = CCS) oder die Nutzung von Biokohle verbessert werden. Nach der Ernte sollte nur so viel tote Biomasse im Wald verbleiben, wie aus ökologischen und waldbaulichen Gründen notwendig ist. Koppelprodukte sollten dort Ver-

wendung finden, wo sie die größten Mengen an fossilem C_f ersetzen können. Energieintensive Holzverarbeitungsschienen, die viel Prozessenergie benötigen, keine Nebenprodukte für die Energiewende bereitstellen und geringe stoffliche Substitutionseffekte erzielen, sollten nicht forciert werden.

Bei der Holzernte und -verarbeitung sollte in Zukunft auf fossile Energien verzichtet werden. Moderne Bioenergie bietet hier gute Ansätze: Mit HolzdieSEL kann die Holzernte ohne fossile Emissionen erfolgen. Biomasse-KWK-Anlagen können neben der Wärme für die Holz Trocknung auch den Strom für die Sägen, Hobel und Verleimung bereitstellen.

Für die Papier- und Zellstoffproduktion, die zu den größten Verbrauchern von fossilem Erdgas in Österreich zählt, bietet sich die Holzgastechologie an. Abzulehnen sind dagegen politisch verordnete Kaskadenzwänge; diese können dazu führen, dass energieintensive Holzverarbeitungsmethoden forciert werden, die kaum C-Speicher- oder -Substitutionseffekte aufweisen. In diesem Fall kann die rein energetische Nutzung zu wesentlich besseren Klimaschutzeffekten führen.

Quelle: Szenarien zu CO₂-Einsparungen bei der Produktion von Holzprodukten – Eine exemplarische Analyse der Bioenergie für die österreichische Forst- und Holzwirtschaft, BOKU 2017, Tabelle Energieverbrauch Holzzernte und Sägewerk

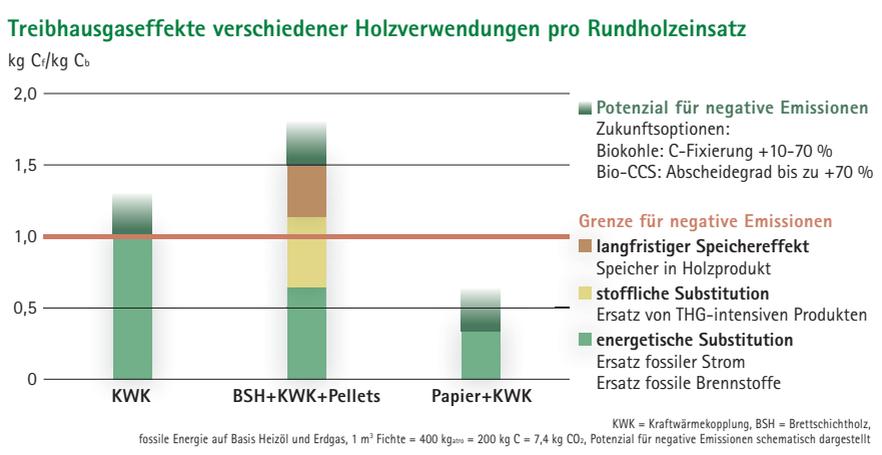


Abb. 7: Energetische und stoffliche Substitution, langfristige Speichereffekte und künftige Optionen



BECCS und Biomasseverkohlung

Neben der sich in der Forschungsphase befindlichen Technologie BECCS (Bioenergy with Carbon Capture and Storage), die CO₂ nach der Verbrennung aus den Rauchgasen absondert, verdichtet und danach in fossilen Lagerstätten deponiert, könnte auch Pflanzenkohle wieder an Bedeutung gewinnen. Bei diesem Prozess wird unter Freisetzung von Bioenergie ein Teil des C₀ in Biokohle fixiert. Damit ist der Kohlenstoff nicht mehr biologisch abbaubar. Er kann langfristig deponiert, aber auch als Zusatz zu Baumaterialien oder zur Bodenverbesserung eingesetzt und gespeichert werden. Die Anlagen sind aufgrund ihrer geringen Größe (ab 0,5 MW) dezentral einsetzbar und sehr rohstoffflexibel. Sie können in bestehenden Systemen eingesetzt und mit der Strom- und Wärmeerzeugung kombiniert werden. Je nach Anlagenkonzept können so 10 bis 70 Prozent des biologisch abbaubaren C₀ langfristig

fixiert werden. Der C-Speichereffekt der Wertschöpfungskette Holz kann so vervielfacht werden. Im Gegensatz zur reinen Bioenergienutzung geht für diese Prozesse jedoch Nutzenergie für den Ersatz fossiler Rohstoffe verloren. Die breite Einführung dieser Technologien muss daher auch mit dem zeitlichen Bedarf an Bioenergie für die Energiewende abgestimmt werden. Im großen Umfang sind sie sinnvoll, wenn keine fossilen Kohlenstoffflüsse aus der Erdkruste mehr ersetzt werden müssen.

Pflanzenart entscheidet über C-Aufnahme und C-Speicher

Besonders die Wahl des Pflanzenbewuchses und der damit verbundenen Bewirtschaftung hat einen Einfluss auf den Kohlenstoffspeicher. Die Summe der Blattoberfläche auf einem Stück Land entscheidet, wie viel Kohlenstoff aus der Atmosphäre entnommen wird, sie ist bei unterschiedlichen Pflanzenarten ähnlich. Von der Art

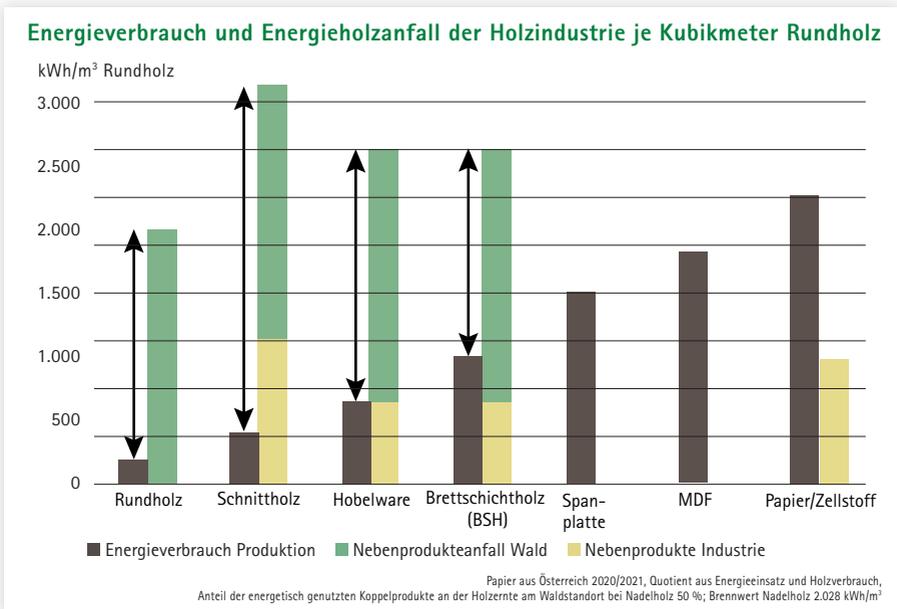


Abb. 8: Energieverbrauch und Energieholzanfall gängiger Holzverarbeitungsmethoden aus Holzermte und Industrie





© UPM

Die Papier- und Zellstoffindustrie ist der Industriesektor mit dem größten Erdgasverbrauch in Österreich – hier bestehen große Substitutionspotenziale durch Holzgas.

des Bewuchses und der Bewirtschaftung hängt allerdings ab, in welchem Ausmaß, in welcher Form und für welche Zeitspanne der Kohlenstoff gebunden wird. Während Bäume und Sträucher Biomasse in Form von Holz binden und die Lebensdauer der Pflanzen mehrere Jahrzehnte bis Jahrhunderte beträgt, verrottet die Biomasse kurzlebiger Pflanzen oft innerhalb weniger Monate, ohne langfristig große Mengen C_b zu binden. In der oberflächigen Biomasse werden pro Quadratmeter (m^2) Wald im Jahr etwa $0,15 \text{ kg } C_b$ gebunden, auf einer Kurzumtriebsfläche $0,8 \text{ kg } C_b$, im Grünland etwa 3 kg und auf einer Maisfläche $7,2 \text{ kg } C_b$. Wald wird im Schnitt nach etwa 100 Jahren geerntet, eine Kurzumtriebsfläche rund alle fünf Jahre, Grünland und Ackerflächen oft mehrmals im Jahr. Vor der Ernte sind bei diesen Beispielen auf 1 m^2 Wald $15 \text{ kg } C_b$ gespeichert, auf 1 m^2 Kurzumtrieb 4 kg , auf dem Maisacker $7,2 \text{ kg/m}^2$ und auf dem Grünland 3 kg/m^2 . Dieses Bild ändert sich, wenn man längere Zeiträume betrachtet. Nach 100 Jahren Bewirtschaftung hat der Wald etwa $15 \text{ kg } C_b$ bereitgestellt, eine Kurzumtriebsfläche 400 kg und ein Mais-

feld 720 kg . Natürlich müssen für eine Gesamtbewertung noch Effekte in der unterirdischen Biomasse, im Boden und jene der Bewirtschaftung selbst betrachtet werden (Einsatz von Diesel oder Düngemitteln, Fruchtfolge etc.). Zudem wurden für diese Berechnungen Durchschnittserträge verwendet, Wald wächst meist auf Flächen mit geringerem Ertrag, Mais dagegen auf sehr ertragreichen Böden. Während auf Ackerflächen und Grünland ein hoher Ressourceneinsatz (Treibstoff, Kunstdünger, Wirtschaftsdünger, Pflanzenschutz) erforderlich ist, ist dieser bei Kurzumtriebsflächen und im Wald wesentlich geringer.

Die Zeit erfordert beherrztes Eingreifen – alle Optionen prüfen

Die energetische und stoffliche Substitution sind sehr zeitkritisch; je schneller der stetige Fluss an Kohlenstoff aus der Erdkruste Richtung Atmosphäre unterbunden wird, umso weniger Kohlenstoff muss der Atmosphäre später wieder aufwändig entnommen werden. Ein kurzfristiger Abbau von oberirdischen Kohlenstoffspeichern zugunsten des Schutzes fossiler Kohlenstoff-



speicher sollte diskutiert werden, da biogene Kohlenstoffspeicher in einer intakten Umwelt schnell wieder aufgebaut werden können. Bleibt das Klima nicht intakt, sind die bestehenden oberirdischen Kohlenstoffspeicher vielfach verloren. Ein gezielter Vorratsabbau sollte vorrangig in Waldregionen erfolgen, deren Baumartenausstattung infolge der absehbaren Klimaerwärmung nicht ihr Erntealter erreichen wird. Erfolgt der Einsatz der anfallenden Holzmenge nach dem Prinzip der klimaeffizienten Holznutzung, führt der Abbau des oberirdischen Kohlenstoffspeichers auch kurzfristig zu keiner Erhöhung bzw. zu einer Reduktion der C-Konzentration in der Atmosphäre. Große Zwischenlager für Biomasse, erneuerbares Gas oder Treibstoffe können zudem zu einer zeitlichen Verlagerung der Emissionen führen, falls dies notwendig ist.

Wald wird von Kohlenstoffsenke zur Kohlenstoffquelle

Das Bundesforschungszentrum für Wald, das Umweltbundesamt und die Universität für Bodenkultur haben in der umfangreichen gemeinsamen Studie „CareforParis“ verschiedene Szenarien für die Waldbewirt-

schaftung untersucht und kommen zum eindeutigen Ergebnis, dass die Nutzung von Holz für Produkte und Energie die beste Option für den Klimaschutz ist. Über kurz oder lang entwickelt sich der österreichische Wald von einer Netto-Kohlenstoffsенke zu einer Kohlenstoffquelle. In allen Szenarien fallen sehr relevante Mengen an Energieholz an, die meisten weisen in den nächsten Jahrzehnten einen Anstieg dieser Mengen aus (Abb.9). Egal, für welche Bewirtschaftungsszenarien sich die Gesellschaft entscheiden wird – Vorratsaufbau, Vorratsabbau oder konstanter Vorrat – es gibt sehr gute Argumente, die energetische Biomassenutzung zu forcieren, und es sind in jedem Fall große Mengen an nachhaltig produzierter minderwertiger Biomasse für die Energiewende verfügbar. Werden diese Potenziale nicht genutzt, verrottet die Biomasse und es müssen stattdessen zusätzlich große Mengen fossilen Kohlenstoffs genutzt und emittiert werden. ■

Dipl.-Ing. Christoph Pfemeter
Geschäftsführer Österreichischer
Biomasse-Verband
pfemeter@biomasseverband.at

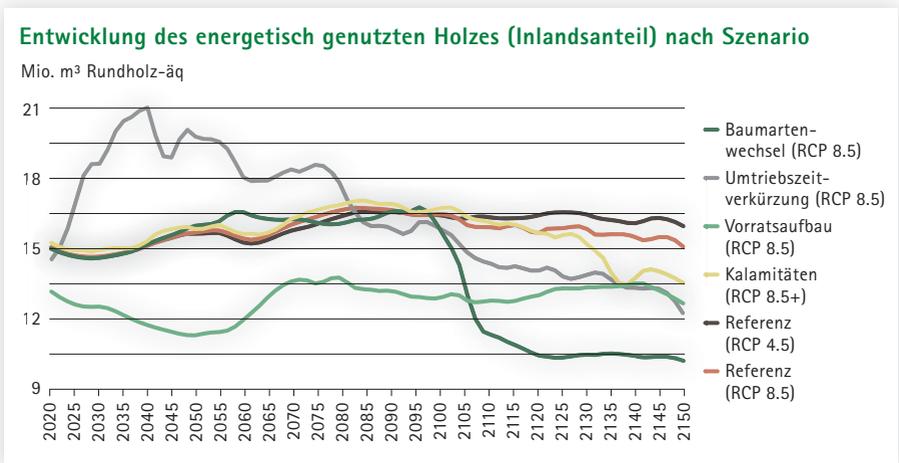


Abb. 9: Energieholzanzahl in unterschiedlichen Bewirtschaftungsszenarien der Studie CareforParis

Quelle: BFW



Listen to the Science

Aktuelle Literaturrecherche zu Bioenergie und ihrer Bedeutung für Klimaschutz, Energiewende, Biodiversität und regionale Wertschöpfung

Der Weltklimarat IPCC wurde gegründet, um politischen Entscheidungsträgern regelmäßige wissenschaftliche Bewertungen zum Klimawandel, seinen Auswirkungen und Risiken zu liefern sowie um Minderungs- und Anpassungsstrategien zusammenzutragen und aus wissenschaftlicher Sicht zu bewerten. Die Sachstandsberichte des IPCC werden in der Wissenschaft als glaubwürdigste und fundierteste Darstellung bezüglich des naturwissenschaftlichen, technischen und sozio-ökonomischen Forschungsstandes über das Klima und seine Veränderungen betrachtet. Zur Erstellung seiner Sachstands- und Sonderberichte beruft der IPCC tausende Wissenschaftler aus aller Welt. Der IPCC-Sonderbericht von 2019 über Klimawandel und Landflächen [1] kommt zu dem Ergebnis, dass der Mensch inzwischen über 70 Prozent der globalen eisfreien Landoberfläche umgestaltet hat. Wir nutzen ein Viertel bis ein Drittel dessen, was Sonne, Wasser und Erde über die Photosynthese als Nahrung, Futter, Faserstoff, als Holz und als Energieträger produzieren. Insgesamt gibt es heute mehr Grün auf der Welt, denn die Photosyntheserate hat flächenmäßig in den letzten drei Jahrzehnten insgesamt messbar zugenommen („greening“). Dort, wo sie abgenommen hat („vegetation browning“), ist meistens Wasserstress die Ursache. Die Landfläche der Erde setzt Kohlenstoff in Form von CO₂ in großer Menge um. Während durch bestimmte landwirtschaftliche Aktivitäten – hauptsächlich Reisanbau, Wiederkäuerhaltung und Düngung – mehr Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O) freigesetzt

als gebunden werden, nehmen die Pflanzen und der Boden der Erde jährlich 6,0 ± 2,6 Milliarden Tonnen mehr an CO₂ auf, als sie abgeben. Die Vegetation – inklusive der menschlichen Landnutzung – entzieht also der Atmosphäre in beträchtlicher Menge CO₂ und bremst damit die Klimaerhitzung. Global betrachtet, gibt es eine negative „carbon debt“, also eine Kohlenstoffbindung auf der Landfläche. Wenn man die Wirkung von Methan und Lachgas dazuzählt, bilanziert das gesamte Landsystem hinsichtlich seines Treibhausgashaushaltes in Summe neutral, obwohl es Rohstoffe, Nahrungsmittel und Energie für eine stark steigende Weltbevölkerung bereitstellt. Die Anreicherung von CO₂ in unserer Atmosphäre und damit die Klimaerhitzung stammt also in Summe aus der Verbrennung der fossilen Kohlenstoffbestände der Erdkruste – von Kohle, Öl und Erdgas.

Es ist allerdings unklar, ob das Landsystem bei steigender Temperatur weiterhin so viel CO₂ aufnehmen kann. Die Experten warnen, dass die Stabilität der Nahrungsmittelversorgung abnehmen wird und Hungersnöte weltweit zunehmen werden, wenn die Durchschnittstemperatur weiter steigt. Denn die Ökosysteme geraten durch den fortschreitenden Klimawandel, Wetterextreme und die zunehmend anspruchsvolleren Ernährungsgewohnheiten der wachsenden Weltbevölkerung unter Druck.

Nachhaltige Forstwirtschaft und Bioenergie helfen bei Klimazielen

Der IPCC stellt aber unmissverständlich klar, dass nachhaltige Forstwirtschaft („forest



management“) die negativen Folgen der Klimaänderung begrenzen kann und – wenn man die Klimaziele von Paris erreichen will – es einer Kombination aus Aufforstung, verminderter Entwaldung und Bioenergienutzung bedarf. Zur Einhaltung der Klimaziele muss man mehr Land für die Produktion von Bioenergie nutzen, und zwar umso mehr, je niedriger der Temperaturanstieg letztlich ausfallen soll. Je geringer die Fläche, auf der Bioenergie produziert wird, desto höher der erwartete Temperaturanstieg.

Nabuurs (2017 [2]) kommt aufgrund umfangreicher Literaturrecherchen zum Ergebnis, dass „klimasmarte“ Forstwirtschaft in der EU, basierend auf nachhaltiger Bewirtschaftung der Wälder, der Bereitstellung von Holzbaustoffen, Holzprodukten und Bioenergie, ihren aktuellen CO₂-Minderungseffekt von jährlich 569 Millionen Tonnen noch um weitere 441 Millionen Tonnen CO₂ pro Jahr steigern könnte.

Über die Auswirkungen möglicher Nutzungsintensivierung auf die Kohlenstoffspeicher der Landfläche und die Wirkungen der Kohlenstoffspeicherung und Substitutionseffekte verschiedener Nutzungsarten herrscht seit Jahren ein wissenschaftlicher Diskurs. Aktuell wird dieser, ausgelöst durch Kampagnen zum Zweck der Außer-nutzungsstellung von Waldflächen und der anstehenden Weichenstellungen in der EU-Energiepolitik, breit in der Öffentlichkeit diskutiert.

Aktuelle Forschungsergebnisse zeigen, dass eine verstärkte Bioenergienutzung nicht nur für den Klimaschutz erforderlich, sondern auch mit Biodiversitäts- und Waldschutz vereinbar ist bzw. dass positive Effekte nachgewiesen werden können. Untersuchungen in Nordamerika (Dwivedi et al., 2019 [3]) haben nachgewiesen, dass die Nutzung von Waldbeständen nach einer bestimmten Zeitperiode zu höheren CO₂-Einsparungen führt als die Nichtnutzung. Der Einsatz von Bioenergie verringert diese

Zeitspanne: Während sie in einem Szenario mit Zellstoffnutzung im Bereich von ein bis zwei Jahrzehnten liegt, reduziert der Einsatz von Biomasse (Pelletsproduktion zur Verstromung) diese Periode auf zwei bis drei Jahre. Für Mitteleuropa zeigen sich ähnliche Ergebnisse. Schulze (et al., 2019 [4]) beziffert die Effekte der nachhaltigen Holznutzung in Mitteleuropa zur Treibhaus-gaseinsparung mit 3,2 bis 3,5 Tonnen CO₂äq pro Hektar und Jahr, wobei etwa 1,9 bis 2,2 Tonnen CO₂äq auf Bioenergie zurückzuführen sind. Im Vergleich dazu trägt ein ungenutzter Wald ohne Bewirtschaftung nur zu 0,37 Tonnen CO₂äq pro Hektar und Jahr zum Klimaschutz bei.

Der Bioenergieeinsatz konnte in der Europäischen Union seit 2000 mehr als verdoppelt werden und lag 2018 bei 145 Millionen Tonnen Öleinheiten (Eurostat). Das nachhaltig verfügbare Potenzial liegt nach einer Literaturrecherche zwischen 169 und 737 Millionen Tonnen Öleinheiten [5]. Die betreffende Studie kommt zum Schluss, dass in Summe (Forstwirtschaft, Landwirtschaft, Abfälle und Reststoffe) unter Berücksichtigung verschiedener Einschränkungen ein mittleres Potenzial von 406 Millionen Tonnen Öleinheiten an Biomasse zur Verfügung steht. Dies entspricht etwa 25 Prozent des Energieeinsatzes der EU im Jahr 2016.

Wernick (et al., 2021 [6]) hat festgestellt, dass der in Europas Wäldern gespeicherte Kohlenstoff über die letzten 25 Jahre zugenommen hat und kommt zum Ergebnis, dass die Nutzung von Bioenergie auf Basis von Nebenprodukten erfolgt und keine Kahlschläge oder Entwaldungen auslöst. In waldreichen Ländern wie Schweden, Finnland und Österreich zeigen die nationalen Waldinventuren und Energiestatistiken, dass die Steigerung des Bioenergieeinsatzes mit einer Erhöhung der Holzvorräte im Wald einherging. Favero (et al., 2020 [7]) kommt zum Schluss, dass eine gesteigerte



Bioenergienachfrage infolge der dadurch forcierten Aufforstungen zu einer größeren Erhöhung der Kohlenstoffvorräte führt, als in Szenarien ohne Bioenergie.

Bioenergie und Biodiversität

Nicht nachhaltige Bewirtschaftung oder die Nutzung von Urwäldern bedingen das Risiko von Biodiversitätsverlusten. Eine Förderung der Bioenergienutzung und der Schutz von Waldflächen kann zugleich zu einer Erhöhung der CO₂-Speicherung und zum Schutz von Primärwäldern führen. Der Einfluss der nachhaltigen Waldbewirtschaftung und der damit verbundenen Nutzung von Biomasse für energetische Zwecke auf die Biodiversität ist unbestritten. Sabatini (et al., 2018 [8]) kommt zum Ergebnis, dass die Auswirkungen bei nachhaltiger Bewirtschaftung (positiv oder negativ) nicht eindeutig und global zu beziffern sind, sondern auf Bestandesebene bewertet werden müssen. Fahrig (2020 [9]) sieht unterschiedliche Nutzungsformen auf kleiner Fläche, wie sie der mitteleuropäischen Waldnutzung entsprechen, gegenüber großflächigen Nutzungen im Vorteil.

Für Schulze (et al., 2015 [10]) sind neben einem begrenzten Anteil unbewirtschafteter Wälder, die sich erst über Jahrhunderte zu wirklichen Urwäldern entwickeln werden, vor allem nachhaltig und unterschiedlich genutzte Wälder für die Biodiversität von Bedeutung. Für Arten mit besonderen Habitat-Ansprüchen könnten alternative Schutzprogramme nötig sein, um spezielle Lebensräume zu bieten. Schall (et al., 2020 [11]) zeigt für Buchenwälder, dass die Kombination einer feinkörnigen Waldbewirtschaftung wie Einzelstamm-entnahmen und die Außernutzungsstellung von Wirtschaftswald auf Landschaftsebene die regionale Waldbiodiversität eher verringert als verbessert. Die herkömmliche Bewirtschaftung fördert die regionale Biodiversität.

Bioenergie-Potenziale

In Österreich werden jährlich etwa 45 Millionen Tonnen Biomasse (Kalt et al., 2014 [12]) umgesetzt, etwa 12 Millionen Tonnen werden energetisch verwertet, großteils erfolgt zuvor eine stoffliche Nutzung. Die Daten dieser Studie stammen von 2011 und entsprechen einer Primärenergiebereitstellung von 233 PJ. Eine aktuelle Potenzialanalyse (Dießbauer et al., 2019 [13]) hat errechnet, dass in Österreich etwa 450 PJ Bioenergie nachhaltig bereitgestellt werden könnten. Eine Analyse der publizierten Energiewendeszenarien zeigt jedoch, dass bis 2050 nur zwischen 50 und 76 Prozent dieses Potenzials am Energiemarkt abgesetzt werden könnte (Pfeimeter et al., 2019 [14]). Kranzl (et al., 2018 [15]) hebt hervor, dass sich der Biomasseeinsatz im Raumwärmebereich trotz massiver Erhöhung der Biomassekesselverkäufe aufgrund wärmerer Winter, besserer Gebäudedämmung und effizienterer Heizgeräte rückläufig entwickeln wird. Ein in der Studie durchgeführter Kostenvergleich zeigt zudem auf, dass Biomasseheizungen bei einem sehr geringen Risiko von Preissteigerungen für die meisten Gebäudetypen zu den günstigsten Heizmöglichkeiten zählen. Eine Analyse der Feinstaubemissionen im Raumwärmebereich (Schwarz et al., 2019 [16]) hebt hervor, dass sich diese durch den Einsatz moderner Biomasse-Kesseltechnik um mehr als 80 Prozent reduzieren lassen.

Der Vergasung von Biomasse und Aufbereitung zu einpeisefähigem Erdgas oder flüssigen Biotreibstoffen wird großes Potenzial beigemessen. Die aufbringbare Gasmenge liegt im Bereich der Hälfte des aktuellen Gasverbrauchs in Österreich [13]. Im Bereich der Bereitstellung flüssiger Biotreibstoffe könnte der komplette land- und forstwirtschaftliche Maschinenpark auf Fischer-Tropsch-Treibstoffe auf Basis Energieholz umgestellt werden. Dies hätte zwar geringfügig höhere Treibstoffkosten und In-



vestitionen von 2 Milliarden Euro zur Folge, würde aber Kosten von über 20 Milliarden Euro einsparen, die in eine neue Traktorenflotte mit alternativen Antrieben investiert werden müssten (Hofbauer et al., 2020 [17]). Bioenergie zählt sowohl im Wärme-, Strom- und Treibstoffsektor zu den günstigsten Möglichkeiten, Treibhausgasemissionen einzusparen und weist in einigen Bereichen sogar negative CO₂-Vermeidungskosten auf (Strasser et al., 2019 [18]). Mit der Kombination von Holzbau und hocheffizienter Bioenergie kann der Atmosphäre durch die Nutzung 1 Tonne biogenen Kohlenstoffs mehr als 1 Tonne Kohlenstoff entzogen werden (negative Treibhausgasemissionen). Diese Kombination weist deutliche Vorteile gegenüber energieintensiven stofflichen Nutzungskaskaden auf (Lettner et al., 2017 [19]).

Bioenergie erzielt im Wärmebereich eine sehr hohe regionale Wertschöpfung, die deutlich über jener von fossilen Energien liegt (Höher et al., 2015 [20]). Sind beispielsweise für einen Scheitholzkessel, der von einem regionalen Biomassehof beliefert wird, insgesamt etwa 143 Arbeitskräftestunden pro TJ Brennstoff an regionaler Beschäftigung notwendig, um die Versorgungskette vom Wald bis zum Betrieb und zur Wartung der Heizanlage langfristig aufrechtzuerhalten, so sind es für Versorgung, Wartung und Betrieb eines Ölkessels 21 regionale Arbeitskräftestunden.

Forstliche Biomasse erzielt negative Emissionen

Ein internationales Team aus 28 Wissenschaftlern und zwölf Nationen hat sich in einer umfangreichen wissenschaftlichen Arbeit (Cowie et al., 2021 [21]) den aktuellen Wissensstand zu den Auswirkungen der Bioenergie auf die Erreichung der Klimaziele zusammengetragen und kommt zu folgendem Ergebnis: Die Nutzung nachhaltiger forstlicher Biomasse zur Energiegewinnung

(Wärme, Strom oder Kraftstoffe) kann den Verbrauch fossiler Brennstoffe kurzfristig effektiv reduzieren und dazu beitragen, die Nutzung fossiler Brennstoffe in Technologien und Infrastrukturen, die auf diese angewiesen sind, schrittweise einzustellen. Darüber hinaus kann Bioenergie aus dem Wald (in Kombination mit CO₂-Abscheidung oder Biokohlenutzung) negative Emissionen bereitstellen, die aller Voraussicht nach erforderlich sind, um das langfristige Temperaturziel des Pariser Abkommens zu erreichen. Im Folgenden eine Kurzzusammenfassung.

Nachhaltige Waldwirtschaft sichert Kohlenstoffvorrat und Wachstum

Eine gesteigerte Nachfrage nach Biomasse kann – nachhaltige Waldnutzung vorausgesetzt – Aufforstungen stimulieren. Dies sichert die Holzproduktion und führt zu zusätzlicher Kohlenstoffspeicherung. In bestehenden Wäldern kann die Bioenergienachfrage (bei Belassen der grünen Ast- und Nadelmasse [22]) dazu beitragen, das Wachstum zu fördern (z. B. verbesserte Standortvorbereitung, schneller wachsende Baumarten, Düngung), dies verbessert die Klimawirkung von Wäldern. Ein gutes Beispiel ist Schweden, das im 19. Jahrhundert auf weiten Flächen entwaldet war. Durch die intensive nachhaltige Waldbewirtschaftung wurde der Rückgang der Waldfläche wieder umgekehrt. Das Bestandsvolumen der schwedischen Wälder hat sich in den letzten 100 Jahren verdoppelt, während die jährliche Ernte zugenommen hat. Dieses Ergebnis wurde durch die Forstpolitik unterstützt, die sicherstellt, dass die Ernte das Wachstum nicht übersteigt und die Wälder nach der Ernte regeneriert werden. In Dänemark, Finnland und im Südosten der USA ist ein ähnlicher Trend zu einem erhöhten Kohlenstoffvorrat bei gleichzeitiger Zunahme der Holzernte zu verzeichnen. Die Existenz eines Bioenergiemarktes kann die



finanzielle Tragfähigkeit der Durchforstung verbessern, welche die Produktion von hochwertigem Holz mit den genannten Klimavorteilen durch Produktsubstitution stimuliert. Darüber hinaus kann die Gewinnung von (ansonsten ungenutzter) Biomasse geringerer Qualität (z. B. Schadholz, überalterte Bestände) die Häufigkeit und Schwere von Waldbränden und den damit verbundenen Waldverlust reduzieren.

Schornsteinemissionen nicht ausschlaggebend

Moderne Bioenergienutzung kann den Nachteil der geringeren chemischen Energiedichte von Holz im Vergleich zu fossilen Energien mehr als ausgleichen. Die Auswirkung einer Umstellung von fossilen Brennstoffen hin zu Biomasse auf die atmosphärische CO₂-Konzentration kann nicht durch einen Vergleich der CO₂-Emissionen zum Zeitpunkt der Verbrennung (Schornsteinemissionen) bestimmt werden. Ein derartiger Vergleich setzt die Biomassernte mit Entwaldung gleich, die einen dauerhaften Kohlenstofftransfer vom Land in die Atmosphäre verursacht. Bioenergie ist ein integrierter Bestandteil der nachhaltigen Waldbewirtschaftung, die zu einem Kohlenstofftransfer von der Atmosphäre in Landkohlenstoff führt. Die Schornsteinemissionen pro erzeugter kWh Energie variieren zudem deutlich mit der eingesetzten bzw. ersetzten Technik. Kleinere Biomassekraftwerke können einen geringeren elektrischen Umwandlungswirkungsgrad haben als große Kohlekraftwerke, aber da es sich in der Regel um Anlagen mit Wärmenutzung handelt, drängen sie auch die Wärmeerzeugung aus fossilen Brennstoffen zurück. Selbst bei einem reinen Brennstofftausch erhöhen sich die Schornsteinemissionen nur im geringen Umfang, weil die eingesetzte Biomasse aufgrund ihres höheren Feuchtigkeitsgehalts zu besseren Wirkungsgraden führen kann.

Betrachtung eines Einzelbaumes oder Bestandes irreführend

Die Betrachtung eines einzelnen Baumes oder einzelnen Bestandes zur Ableitung der Klimaeffekte von Bioenergie ist unzulässig. Derartige Bewertungen liefern inkonsistente Ergebnisse und können als Grundlage für die Beurteilung der Klimafolgen von Waldsystemen und der bereitgestellten Holzprodukte irreführend sein. Für Biomasse, die als Koppelprodukt aus Wäldern zur Holzproduktion gewonnen wird, ist die relevante Referenz im Allgemeinen nur die Waldbewirtschaftung, wobei Durchforstungs- und Ernterückstände vor Ort zersetzt (oder verbrannt) werden. Eine Bewertung von forstlich genutzter Biomasse muss auch die Auswirkungen der Waldbewirtschaftung auf Kohlenstoffvorräte im Wald, auf die Bereitstellung von Produkten und die erzielten Substitutionseffekte beinhalten.

Biomassetransport hat nur geringe Bedeutung für Emissionen

Der Beitrag des überregionalen Transports von Biomasse zu den Treibhausgasemissionen wird häufig überschätzt. Besonders die Verfrachtung mittels Hochseeschifffahrt ist im Vergleich zum Lkw-Transport sehr effizient. Der Pelletstransport von Nordamerika nach Europa erhöht die Treibhausgasemissionen der Lieferkette um 3 bis 6 g CO₂/MJ. Beim Lkw-Transport von getrocknetem Hackgut oder Pellets über 500 Kilometer entstehen zwischen 3 und 15 g CO₂/MJ. Im Vergleich dazu liegen die Emissionsfaktoren für die Kohleverbrennung bei 96 g CO₂/MJ und 16 g CO₂/MJ für die Bereitstellung.

Bioenergie im Energiesektor CO₂-neutral zu werten, ist korrekt

Dies mag als ungenaue Vereinfachung erscheinen, der Ansatz ist jedoch notwendig, um Doppelzählungen zu vermeiden, da alle CO₂-Emissionen im Zusammenhang mit der Holzernte bereits im Sektor „Landnutzung,



Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft“ (LULUCF) gezählt werden. Die Bioenergie kann sich positiv, aber auch negativ auf die Atmosphäre auswirken. Die Berichtspflichten der UNFCCC legen fest, dass CO₂-Emissionen im Zusammenhang mit der Verbrennung von Biomasse im Landnutzungssektor gezählt werden, also am Ort der Ernte. Sie werden daher im Energiesektor mit null ausgewiesen, um Doppelzählungen zu vermeiden [23]. Dieser Berichtsansatz ist korrekt, lückenlos und geht nicht davon aus, dass Bioenergie klimaneutral ist. Das Risiko von Doppelzählungen und Auslassungen von Emissionen besteht allerdings beim Import von Biomasse aus Ländern, die nicht dem Kyoto-Protokoll unterliegen. Es werden daher einheitliche Regeln vorgeschlagen, die sicherstellen, dass alle Parteien den Landsektor umfassend und transparent in der Berichterstattung und Bilanzierung berücksichtigen.

Irreführende Schlussfolgerungen gefährden Energiewende

Irreführende Schlussfolgerungen zu Klimawirkungen forstlicher Bioenergie können Studien ziehen, die auf die Emissionen am Ort der Verbrennung fokussieren oder nur Kohlenstoffbilanzen einzelner Waldbestände berücksichtigen. Gleiches gilt, wenn kurzfristige Minderungsbeiträge über langfristigen Nutzen gestellt werden oder Wechselwirkungen außer Acht gelassen werden, die Klimawirkungen der forstlichen Bioenergie beeinflussen. Berechnungen der Amortisationszeit (carbon payback time, carbon debt) werden von subjektiven Methodenwahlen beeinflusst und spiegeln nicht den Beitrag der Bioenergie innerhalb eines Portfolios von Minderungsmaßnahmen wider. Daher ist es weder möglich noch angemessen, einen generischen Wert für die maximal akzeptable Amortisationszeit für bestimmte Nutzungsoptionen forstlicher Bioenergie anzugeben. ■

Literatur

- [1] IPCC (2019): An IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems
- [2] Nabuurs, G.-J. et al. (2017): By 2050 the Mitigation Effects of EU Forests Could Nearly Double through Climate Smart Forestry
- [3] Dwivedi, P. et al. (2019): Is wood pellet-based electricity less carbon-intensive than coal-based electricity? It depends on perspectives, baselines, feedstocks, and forest management practices
- [4] Schulze, E.-D. et al. (2019): The climate change mitigation effect of bioenergy from sustainably managed forests in Central Europe
- [5] Faaij, A. (2018): Securing sustainable resource availability of biomass for energy applications in Europe; review of recent literature
- [6] Wernick, I. K. et al. (2021): Quantifying forest change in the European Union
- [7] Favero, A. et al. (2020): Forests: Carbon sequestration, biomass energy, or both?
- [8] Sabatini, F.M. (2018): Trade-offs between carbon stocks and biodiversity in European temperate forests
- [9] Fahrig, Lenore (2019): Why do several small patches hold more species than few large patches?
- [10] Schulze, E.-D.; Ammer, C. (2015): Konflikte um eine nachhaltige Entwicklung der Biodiversität: Spannungsfeld Forstwirtschaft und Naturschutz
- [11] Schall, P. et al. (2020): Can multi-taxa diversity in European beech forest landscapes be increased by combining different management systems?
- [12] Kalt, G.; Amtmann, M. (2014): Biogene Materialflüsse in Österreich – Derzeitiger Stand und Perspektiven für eine verstärkte stoffliche Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen in den Bereichen Biokunststoffe und Dämmstoffe
- [13] Dißbauer, C. et al. (2019): Machbarkeitsuntersuchung Methan aus Biomasse
- [14] Pfemeter, C. et al. (2019): Bioenergie-Atlas Österreich 2019
- [15] Kranzl, L. et al. (2018): Wärmekunft 2050. Erfordernisse und Konsequenzen der Dekarbonisierung von Raumwärme und Warmwasserbereitstellung in Österreich
- [16] Schwarz, M. et al. (2019): Factsheet Staubemissionen. Aktuelle Daten und Ausblick auf 2050
- [17] Technische Universität Wien. Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik & Technische Biowissenschaften (2020): Hofbauer, H. et al.: Reallabor zur Herstellung von Holzdielen und Holzgas aus Biomasse und biogenen Reststoffen für die Land- und Forstwirtschaft
- [18] Strasser, C. et al. (2019): CO₂-Einsparungskosten – Analyse der Sektoren Mobilität und Wärmebereitstellung
- [19] Lettner, M. et al. (2017): Szenarien zu CO₂-Einsparungen bei der Produktion von Holzprodukten. Eine exemplarische Analyse der Rolle der Bioenergie für die österreichische Forst- und Holzwirtschaft
- [20] Höher, M. et al. (2015): Regionale Wertschöpfung und Beschäftigung durch Energie aus fester Biomasse
- [21] Cowie, A. L. et al. (2021): Applying a science-based systems perspective to dispel misconceptions about climate effects of forest bioenergy
- [22] Sterba, H. (1988): Increment losses by full-tree harvesting in Norway spruce (*Picea abies*). *Forest Ecology and Management*, 24(4), 283-292
- [23] IPPC (2019): Goodwin, J.; Gillenwater, M.; Romano, D.; Radunsky, K.: 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 1: General Guidance and Reporting. Chapter 1: Introduction to National GHG Inventories

Redaktion Die Ökoenergie
office@oekoenergie.cc



Neue Publikationen

„Basisdaten Bioenergie Österreich 2021“

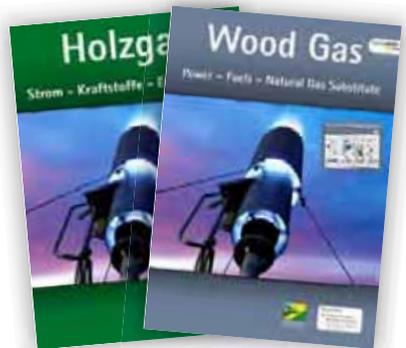
Die 9. Auflage der „Basisdaten Bioenergie Österreich 2021“ enthält alle Daten und Zahlen rund um Energieverbrauch, Klimawandel, erneuerbare Energien und insbesondere Bioenergie. Auf 68 Seiten mit mehr als 80 Schaubildern und Tabellen finden die Leserinnen und Leser jede Menge Fakten zu Energie allgemein, Klimawandel, Forstwirtschaft, Wärme aus Biomasse, Ökostrom und Biotreibstoffen sowie zur Preisentwicklung am Energiesektor. Kurze Texte mit zusätzlichen Informationen erläutern die Abbildungen und tragen zum Verständnis bei.



Die Broschüre kann per E-Mail (office@biomasverband.at) bestellt werden. Eine digitale Version steht zum Download bereit: www.biomasverband.at/publikationen

Folder „Holzgas“ in deutscher und englischer Version

Das vor über 200 Jahren erfundene Prinzip der Holzvergasung erlebt eine Renaissance. Lag der Fokus zunächst auf Strom und Wärme, gehört inzwischen auch die Produktion von Wasserstoff, Synthetischem Erdgas (SNG), Diesel oder Kerosin zu den vielfältigen Anwendungen. Diese Entwicklungen werden im Folder „Holzgas“ des Österreichischen Biomasseverbandes präsentiert.



Ein Schwerpunkt liegt auf der wirtschaftlichen Betrachtung der verschiedenen Holzgasprodukte, wie Kraftwärmekopplung, Holzdieisel, Synthetisches Erdgas oder Local Green Gas. Anschaulich als Poster wird die geschichtliche Entwicklung der Holzgastechnologie dargestellt: von der Erfindung der Holzdestillation durch den französischen Ingenieur Philipp Lebon im Jahr 1786 bis zur heutigen Zeit, in der kommerziell ausgereifte Holzgasanlagen Stand der Technik sind und vielfältige Optionen zur klimafreundlichen Produktion von Strom, Wärme und Treibstoffen bieten.

Unter dem Titel „Wood Gas: Power – Fuels – Natural Gas Substitute“ ist der Folder auch in englischer Sprache in digitaler Form erhältlich: www.biomasverband.at/publikationen





ÖSTERREICHISCHER
BIOMASSE-VERBAND

www.biomasseverband.at



ISBN 978-3-9504380-5-5

Gendering

Die im Text verwendete Form wurde der einfacheren Lesbarkeit halber gewählt und gilt wertfrei für Angehörige beider Geschlechter.

Impressum

Herausgeber, Eigentümer und Verleger: Österreichischer Biomasse-Verband; Inhalt: Autoren der einzelnen Beiträge; Redaktion: Forstassessor Peter Liptay, DI Christoph Pfemeter; Grafik & Design: Wolfgang Krasny und Peter Liptay; Foto Titelseite: Gernot Gleiss/Hollmann Turracher Höhe; Druck: Print Alliance HAV Produktions GmbH, Druckhausstraße 1, A-2540 Bad Vöslau; Erscheinungstermin: 12/2021.

Der Inhalt der Broschüre wurde mit größter Sorgfalt erstellt, für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität der Inhalte können wir jedoch keine Gewähr übernehmen. Ein detailliertes Quellenverzeichnis zu den Beiträgen kann (soweit nicht ohnehin angegeben) von den Autoren angefordert werden.





**ENERGIE
IST EIN
KREIS.**

Schließ ihn mit uns.

WE ARE HIRING!

Mehr Informationen unter
www.syncraft.at/unternehmen/karriere



Aktuelle Publikationen



Unsere Bücher, Folder und Broschüren können Sie gerne per Mail unter office@biomasseverband.at oder per Telefon 01/533 07 97-13 bestellen.

ISBN 978-3-9504380-5-5