

Zeitschrift: Regio Basiliensis : Basler Zeitschrift für Geographie
Herausgeber: Geographisch-Ethnologische Gesellschaft Basel ; Geographisches Institut der Universität Basel
Band: 57 (2016)
Heft: 3

Artikel: Dekarbonsierung und Energieerzeugung geht gleichzeitig : die Zukunft ist klimapositiv!
Autor: Schmid, Martin
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1088226>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 15.04.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>


Dekarbonisation und Energieerzeugung geht gleichzeitig – die Zukunft ist klimapositiv!

Martin Schmid

Zusammenfassung

Die fruchtbarsten Böden der Welt heissen "Schwarzerden" und enthalten Pflanzenkohle, die entweder durch natürliche Ereignisse wie Steppenbrände oder durch Menschenhand in den Humushorizont gelangt ist. Gemäss den Funden zeigt sich die Kohle nachweislich über mehrere tausend oder zehntausend Jahre stabil, unabhängig von der Bodenzusammensetzung. Die Verkohlung von Ernterückständen zu Pflanzenkohle und deren Rückführung in den Humus würde sämtliche menschengemachten Klimagas-Emissionen kompensieren. Diese Massnahme würde aber nicht nur global dem Klima nützen. Sie würde lokal auch die Bodenfruchtbarkeit und die Toleranz der Böden gegenüber Dürre und Staunässe erhöhen, den Nährstoffrückhalt verbessern und somit gleichzeitig Gerüche und weitere Klimagas-Emissionen wie Lachgas und Methan reduzieren. Der am Ökozentrum weiterentwickelte Pyrolyse-Prozess stellt die sauberste Form der Verbrennung dar und bringt somit auch Verbesserungen in der Lufthygiene bei der Biomassenutzung. Die Abgase dieser "Wärme-Kraft-Kohle-Kopplung" sind nach bisherigen Messungen auch bei aschereicher Biomasse frei von Partikel-Emissionen und weisen geringste Kohlenmonoxid-Emissionen auf. Durch die gleichzeitige stoffliche und energetische Nutzung von bisher schlecht nutzbaren Biomasse-Sortimenten wird ein lokaler Nutzen von CHF 300.– bis 500.– pro Tonne abgeschiedenes CO₂ erzeugt. Dies ist somit nicht nur die sicherste, sondern auch die einzige finanziell kostenlose Strategie zur CO₂-Abscheidung und -Speicherung, die zudem den ländlichen Raum weltweit nachhaltig stärken wird. Die Pflanzenkohle und deren Herstellung durch Pyrolyse birgt daher das Potenzial, den gesamten vom Menschen verursachten Anstieg des Kohlenstoffs in der Atmosphäre zu kompensieren oder gar rückgängig zu machen.

1 Einleitung

Die Landwirtschaft trägt massiv zum Ausstoss von Klimagasen bei – in Form von Oxidation bei gepflügten Böden, anderen Formen von Humusverlust (Erosion), Methan-, Lachgas- und Ammoniak-Emissionen durch die Düngerproduktion sowie der Handhabung des Hofdüngers (Jauche anstatt Mist etc.; ). Sie hat aber auch das Potenzial, selber zur Reduktion des Klimagas-Ausstosses beizutragen. Die dortigen Potenzialschätzungen reichen bis hin zur vollständigen Kom-

Adresse des Autors: Dipl. Ing. HTL/FH Martin Schmid, Ökozentrum, Schwengiweg 12, CH-4438 Langenbruck; E-Mail: martin.schmid@oekozentrum.ch

pension des menschengemachten Ausstosses und zusätzlicher Reduktion des Kohlenstoffgehaltes der Atmosphäre auf vorindustrielle Werte (Sullivan 2013; Abb. 1). Das Interessante an den Massnahmen der Klimaschutz-Möglichkeiten der Landwirtschaft ist ihr lokaler Zusatznutzen (Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit, Erhöhung der Toleranz gegenüber extremen Wettersituationen, Reduktion von Düngerverlust und Geruchsbelästigungen, Erhöhung der Stallhygiene, entsprechende Reduktion der Fremdkosten für Dünger, Bewässerung und veterinärmedizinische Behandlung), welcher mitunter oder sogar meistens die Kosten der Massnahmen überschreitet, so dass der globale Nutzen des Klimaschutzes kostenlos wird (Schmid 2016).

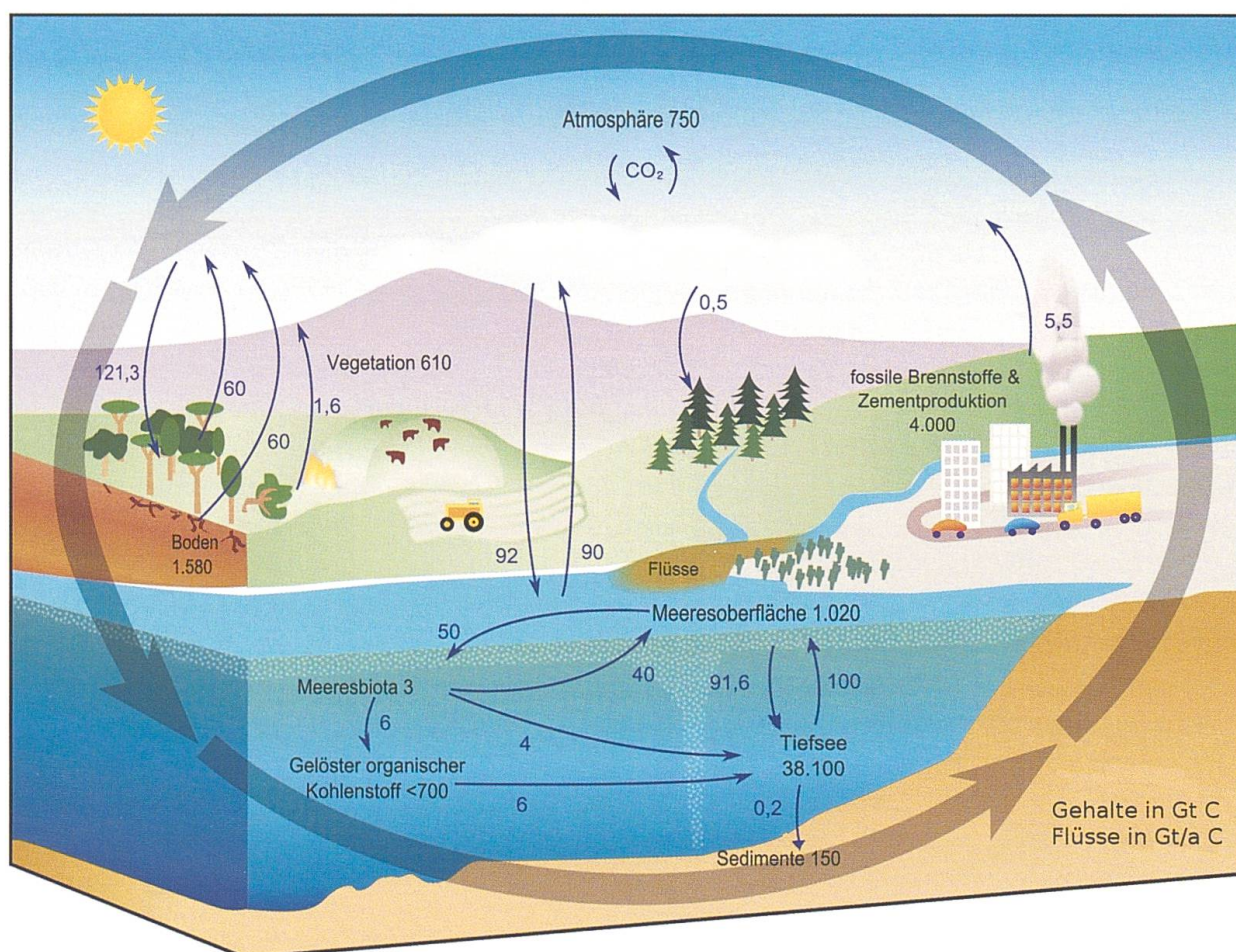


Abb. 1 Der Kohlenstoffkreislauf zeigt, dass sich im Boden (Humus) doppelt so viel Kohlenstoff befindet wie in der Atmosphäre. Die Zahlen verdeutlichen, wie viele Milliarden Tonnen Kohlenstoffe (Gt C) in den verschiedenen Reservoiren vorhanden sind bzw. zwischen den einzelnen Speichern pro Jahr (Gt/a C) ausgetauscht werden (aus:).

1.1 Pyrolyse

Eine dieser Massnahmen reicht weit über die Grenzen der Landwirtschaft hinaus und auch hinein in die urbane Energieerzeugung und das Stoffrecycling: die Pyrolyse von Biomasse-basierten Reststoffen zu Pflanzenkohle (engl. 'biochar'). Pyrolyse ist die thermische Zerlegung von kohlenwasserstoffhaltigen Stoffen unter Luftabschluss. Dabei entsteht eine wasserstoffreiche Gas Mischung sowie ein Gemisch flüssiger Stoffe (unter Teere oder Pyrolyseöl zusammengefasst) und Koks oder Aktivkohle, je nach Einsatzstoff auch Holzkohle (Pflanzenkohle genannt). Werden sor-

tenreine Kunststoffe eingesetzt, kann mit der Pyrolyse nach dem Hamburger Verfahren wieder Monomer und ein Anteil Energie erzeugt werden (🌐₃). Da die Pyrolyse von Biomasse stark exotherm ist, wird gleichzeitig Energie frei – und trotzdem wird ein gut nutzbarer Stoffstrom erzeugt.

Die fruchtbarsten Böden der Welt heissen Schwarzerden. Sie enthalten Pflanzenkohle, die entweder natürlich entstanden ist, zum Beispiel durch Steppenbrände in der Ukraine und Westrussland (Schwarzerde, russisch *чернозем* [Tschernosem]; 🌐₄), oder von Menschenhand zusammen mit Fäkalien und Kompost in den Boden eingebracht wurde, so vor 3'000 bis 7'000 Jahren im Amazonas-Becken (Schwarze Erde, portugiesisch *Terra Preta*; Waechter 2015) oder seit mindestens 700 Jahren im westlichen Afrika (neuste Entdeckungen der Ethnologie in Sierra Leone, Ghana, Guinea und Liberia; Leach et al. 2012). Es ist durch die Funde und weiterführende Forschung mittlerweile erwiesen, dass der als Pflanzenkohle eingebrachte Kohlenstoff über tausende Jahre stabil bleibt – und das in allen untersuchten Bodenarten (Kuzjakov et al. 2009). Gleichzeitig kann die Pflanzenkohle durch die grosse Oberfläche und den anfänglich hohen pH-Wert weitere Stoffe im Boden halten sowie als Ionentauscher nützliche Umwandlungsprozesse unterstützen.

1.2 Energie aus schwer nutzbaren Stoffen

Weltweit harren Milliarden Tonnen von schwer nutzbaren Stoffen einer sinnvollen Nutzung: Ernterückstände (Stroh, Spelzen, Schalen, Pulpe, Rinde, Kerne), Landschaftspflegeschnitt (Grünschnitt, Wurzelholz mit Sand), Ausgesiebtetes aus Kompostierung, Biogas- und Wasserkraft (Siebüberkorn, feste Gärreste, Schwemmholz) sowie bereits ausgefaulte oder schwer vergärbare Schlämme (Klärschlamm, Papierschlamm). Gerade in ländlichen Gebieten der Tropen ist hingegen der Zugang zu technischer Energie und Dünger oft schwierig sowie die Böden oft humusarm.

Mit angepasster Technologie können nun für alle Einsatzstoffe – trocken oder feucht – und für jede Betriebsgrösse – bis hin zu familiären Kleinstbauernbetrieben – auf der Pyrolyse basierende Lösungen entwickelt werden, welche lokal oder zumindest regional Energie und Pflanzenkohle erzeugen. Dies kann der Pyro-Cook (Abb. 2; 🌐₅) sein, der es in Haiti einer Kleinbauernfamilie ermöglicht, trockenes Gartenschnittgut anstatt Waldholz gleichzeitig in Holzkohle und ein rauchfreies Kochfeuer umzusetzen, oder eine PPP120-Anlage (Abb. 3; Schmid 2013), welche in einem



Abb. 2 Angepasste Technologie von klein bis gross und von trocken bis feucht. Der kleine 'Pyro-Cook' von Kaskad-E in Basel, entwickelt für Haiti: Er erzeugt aus trockenem Gartenschnitt Kohle und ein rauchfreies Kochfeuer.



Abb. 3 Die PPP120-Anlage – das in Vietnam nachgebaute Gerät des Ökozentrums. Aus feuchter Kaffeepulpe wird Kohle und Kaliumdünger erzeugt und gleichzeitig 150 kW Heizleistung für den Trockner mit einem Inhalt von 4 t Rohkaffee geliefert. Noch grössere Anlagen sind ebenfalls denkbar und in Planung.

Kaffee-Verarbeitungszentrum für 30 Kleinbauern aus der feuchten Kaffeepulpe Pflanzkohle und Prozesswärme erzeugt, die den Rohkaffee gleichzeitig auf marktfähige Qualität trocknen lässt. Oder aber eine Anlage einer grossen Gärtnerei mit Gewächshäusern in der Schweiz, die aus jährlichen 4'000 t Siebreste der Kompostierung 600 t Pflanzkohle, 500 kW Heizwärme-Dauerleistung sowie 150 kW elektrische Dauerleistung zu erzeugen vermag, was einer jährlichen Reduktion von fast 5'000 t CO₂ entspricht.

2 Forschung zur Pyrolyse und Umsetzung der Technik

2.1 Pionierleistungen des Ökozentrums

Seit 1983 werden am Ökozentrum Biomasse-Energiesysteme entwickelt und getestet, seit 1994 die FLOX[®] (flammenlose Oxidation) weiterentwickelt und seit 2004 die daraus abgeleitete Schwachgasverbrennungstechnik und deren industrielle Anwendung entwickelt. Für die gekoppelte Strom- und Wärmeproduktion aus Feststoffbiomasse wird seit 2006 die Heissluft-Turbinentechnik favorisiert (Schmid et al. 2007) und entsprechend ebenfalls getestet und weiterentwickelt. Die angepassten Technologien werden sowohl in Mitteleuropa wie auch in der Entwicklungszusammenarbeit weltweit mit den lokalen KMU bis zur Serienproduktion begleitet.

Kaffeepulpe ist ein umweltschädigender Reststoff, dessen Nutzung seit den 1960er-Jahren erfolglos erforscht wurde (Braham & Bressani 1979). Das Ökozentrum untersuchte im Auftrag der 'Cleaner Production Center'-Initiative ab 2009 neue Lösungen (Sattler et al. 2010) und schlug

2011 die Pyrolyse zu Pflanzkohle vor. Es entwickelte einen vereinfachten Prozess, der im Labor 2013 erfolgreich umgesetzt und geprüft werden konnte. 2014 wurde daraufhin ein Prototyp für einen peruanischen Maschinenhersteller für die Verarbeitung der Kaffee-Ernte gebaut und geprüft. Das Gerät verarbeitet bis zu 40 kg feuchte Kaffeepulpe pro Stunde (mit bis zu 54 % Wassergehalt) und erzeugt daraus bis zu 70 kW Heizleistung und bis zu 6 kg Pflanzkohle pro Stunde. 2015 fand der erste Technologie-Transfer-Workshop statt ((7), (8)), und Anfang 2016 sind erste Anlagen in Peru und Vietnam im Bau oder bereits in Betrieb. Die Verbreitung in Vietnam sowie ein Landwirtschafts-Forschungsprojekt mit einer Kleinbauernkooperative mit Unterstützung durch das Forschungsinstitut für Biolandbau (FiBL) wird zur Zeit begleitet.

2.2 Netzwerk für Pyrolyse

Aufgrund der vielen Aktivitäten und Anfragen zu Pflanzkohle in der Schweiz wurde unter dem Namen ‘CharNet’ im Herbst 2015 in Langenbruck (BL) ein Profi-Netzwerk gegründet ((7), (8)). Dieses Netzwerk bündelt den Forschungsbedarf auf dem Gebiet der Pflanzkohle und vernetzt intern wie extern. Es zählt bereits über 70 Mitglieder aus Forschung (Eawag, ZHAW, FiBL, Agroscope, Ithaka, Ökozentrum), ‘Urban Farming’, Landwirtschaft, Kompostierung, Gartenbau, Gewässerschutz, Bodenschutz sowie Anlagenbauer für kleine und grosse Pyrolyse-Systeme. ‘CharNet’ ist seit Juni als Verband Mitglied von Biomasse-Suisse.

2.3 Weiterentwicklung des Pyrolyse-Prozesses

Parallel dazu wird am Ökozentrum zusammen mit einem erfahrenen Schweizer Kompostierwerke- und Biogas-Anlagenbauer seit Oktober 2015 eine Anlage entwickelt, die die erwähnte Schwachgastechnik, die Heissluftturbinentechnik und die Pyrolyse zu einer robusten Einheit verbindet, die jegliche feste Biomasse-Reststoffe inklusive Störstoffe wie Sand, Steine und Plastikfolien zu Pflanzkohle, Strom, Wärme, Klimaschutz sowie sehr sauberen Abgasen umsetzt.

Der neue, abgewandelte Pyrolyse-Prozess, der vorerst ‘PPP’ genannt wird (von ‘Pulpa Pyro Peru’ bzw. ‘Pyro Power Plant’), weist einige Vorteile auf: Er benötigt weniger bis gar keinen hitzebeständigen Stahl, da die Wärme nicht über die Reaktoroberfläche eingebracht, sondern durch Eindüsung von sauerstoffarmem Abgas direkt in den Reaktor geführt wird. Dadurch ist die Anlage auch unempfindlich gegen Überhitzung im Falle eines Stromausfalles. Der Reaktor wird dadurch kompakter und benötigt keine Fördersysteme im Innern. Durch die Strömungsumkehr wird das Gas im kalten Teil des Reaktors durch die frische Biomasse gefiltert und auskondensiert. Das Gas ist danach beinahe teerfrei und kalt und kann gut gefördert werden. Die Teere werden in der Folge mit der Biomasse nochmals der Pyrolyse zugeführt und zu mehr Kohle und Gas aufgeschlossen. Die erzeugte Kohle hat direkt die Eigenschaften von Aktivkohle, da die Gasaktivierung im Prozess integriert ist.

3 Resultate

3.1 Emissionsschutz

Bei der Einführung einer umwelttechnischen Massnahme ist das Wichtigste, keine neuen potenziellen Gefahren zu Land, zu Wasser und in der Luft zu riskieren. Die Pyrolyse kann, wie von der traditionellen Köhlerei in Meilern bekannt ist, auch Klimagase emittieren, Energie verschwenden

sowie eine Kohle erzeugen, die durch Schwermetalle und Chlorbestandteile der Einsatzstoffe wie auch durch unsaubere Prozessführung umwelttoxische Stoffe erzeugen könnte. Deshalb wurde vom Ithaka-Institut (Arbaz VS), von Agroscope (Tänikon ZH) und von Eurofins Ost (Freiberg Sachsen) das ‘European Biochar Certificate’ (EBC) entwickelt (☉₉), welches dies alles regelt – sowohl durch Grenzwerte bei Polyaromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK), Polychlorierten Biphenolen (PCB) und Schwermetallen als auch durch eine Positiv-Liste der zugelassenen Einsatzstoffe sowie einer Empfehlung zur Wärmenutzung. Im Weiteren müssen die Abgase die entsprechenden Abgasvorschriften einhalten.

Hält die Pflanzenkohle die Regeln dieses EBC ein, ist sie in der Schweiz seit dem März 2013 gemäss Düngemittelverordnung “verkehrs-fähig” (*Grossenbacher* 2013). Im Weiteren ist sie in den meisten europäischen Ländern (inklusive Schweiz) auch als Futtermittel-Zusatz zugelassen.

Untersuchungen am System ‘PPP’ für die Kaffeepulpe haben bereits gezeigt, dass die Abgase dieses neuen Prozesses auch ohne Filter strengste Grenzwerte einhalten können: Es ist partikelfrei (unter der Messschwelle des Messgerätes), und die Kohlenmonoxid-Emissionen liegen unter 10 mg/m^3_n (bei 13 % Sauerstoff). Die erzeugte Kohle hat in allen untersuchten Fällen die Grenzwerte für PAK mit sehr grosser Sicherheitsmarge eingehalten (*Schmid et al.* 2015).

3.2 Klimaschutz

Wird die erzeugte Pflanzenkohle im Humusboden eingelagert, so entspricht jedes Kilogramm Kohlenstoff einer Reduktion von 3.66 kg CO₂ im Kreislauf und somit in der Atmosphäre. Wird die gleichzeitig mit der Pyrolyse erzeugte Energie einbezogen, so werden für jede Kilowattstunde erzeugte Nutzenergie aus der Atmosphäre 900 g CO₂ entzogen (durch das vorhergehende Pflanzenwachstum in Form von 500 g trockener Biomasse). Bei der Pyrolyse wird durch den Verbrennungsprozess der Pyrolysegase aber auch wieder 400 g CO₂ freigesetzt. Netto werden der Atmosphäre somit pro kWh Nutzenergie 500 g CO₂ entzogen und in Form von 136 g Kohlenstoff im Boden eingelagert. Es kann daher von klimapositiver Energie gesprochen werden (Abb. 4).

Die zusätzlichen Klimaschutz-Effekte, die die Pflanzenkohle im Tierdarm, im Stall, in der Jauchegrube und auf dem Acker durch Verhinderung anderer Emissionen (Lachgas, Methan) erbringt, sind hierbei noch nicht berücksichtigt. Es gibt Forschende, die diesen Effekt auf mindestens nochmals so viel einschätzen (*Schimmelpfennig et al.* 2014).

3.3 Ökonomie und technische Umsetzung

Da eine Pyrolyse-Anlage im Vergleich etwa zu einer Biogasanlage sehr schnell arbeitet, das heisst den Einsatzstoff nur rund eine Stunde im Reaktor beherbergt (für Trocknung, Aufwärmung, Pyrolyse und Abkühlung), ist sie auch entsprechend kompakt in der Bauform. Die Energie wird zudem ähnlich einem Verbrennungssystem innert weniger Minuten abgegeben, und die Anlagen sind entsprechend schnell in Betrieb genommen und auch wieder abgestellt. Dadurch liefern sie Prozessenergie nach Bedarf.

Werden nun die Nutzen der Pflanzenkohle berechnet, so entsteht ein Marktwert, der im Bereich jenes von Holzkohle liegt – er kann aber als Futtermittelzusatz auch höhere Werte annehmen (ähnlich Aktivkohle). Weltweit gesammelte Zahlen ergeben bei grösseren Abnahmemengen (‘Big-Bag’ [1.3 m³] oder grösser) ein Spektrum von CHF 500.– bis 1’300.– pro Tonne.

Der Marktwert der Energie richtet sich vor allem nach der Reduktion des Eigenverbrauches von landwirtschaftlichen oder industriellen Betrieben. Für die folgenden Aussagen wurde er mit CHF 0.16 pro kWh Strom und CHF 0.06 pro kWh Wärme angenommen. Mit diesen Werten kann gesagt werden, dass der Ertrag durch die Erzeugung von Pflanzenkohle und Energie je etwa die

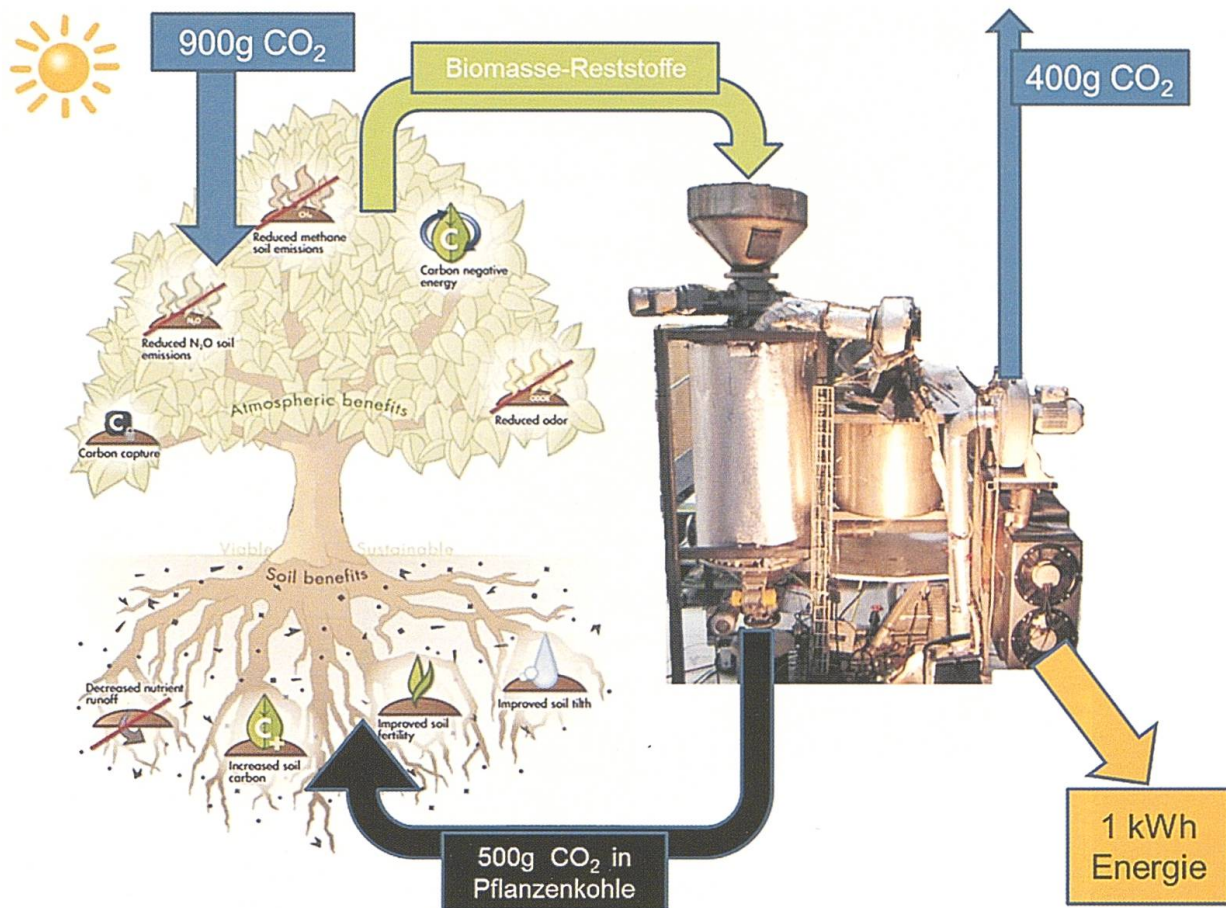


Abb. 4 Klimapositive Energie: Pro Kilowattstunde Nutzenergie wird dem globalen Kohlenstoffkreislauf (Abb. 1) und so der Atmosphäre 500 g CO₂ entzogen.

Hälfte zum Umsatz beitragen wird. Wenn davon ausgegangen wird, dass gegenüber einem Biomasse-Heizkessel sogar noch “schlechtere” und somit preiswertere oder gar kostenlose oder entsorgungskostenpflichtige Brennstoffe eingesetzt werden können und zusätzlich keine Abgas-Nachbehandlung benötigt wird, kann ein Pyrolyse-System um ein Mehrfaches wirtschaftlicher sein als eine reine Biomasse-Energie-Anlage. Aus der Sicht des Klimaschutzes kann gesagt werden, dass pro Tonne abgeschiedenes CO₂ (auch wieder ohne weitere Emissionsminderung durch die Kohle in der Landwirtschaft) ein Nutzen von CHF 300.– bis 500.– entsteht. Dies ist somit vermutlich die einzige Technologie zur CO₂-Abscheidung und -Speicherung (engl. ‘carbon capture and storage’ [CCS], siehe Kasten), die nicht nur nichts kostet, sondern noch Einkommen erzeugt!

Mit CCS werden meist grosstechnische Konzepte bezeichnet, bei welchen CO₂ aus Abgasen von fossilen Kraftwerken (Steinkohle, Braunkohle, Schweröl) abgeschieden wird, um es im Erdinneren in Endlagern einzubringen – in ehemaligen Untertage-Minen oder leeren Gas- oder Ölfeldern. Diese Konzepte werden zu Recht kritisiert, weil sie den Druck im Erdinneren verändern. Zudem scheinen sie vor allem als Ausrede für die Kohlekraft zu dienen, um dafür eine Gnadenfrist zu erhalten. Ganz eindeutig verbindet alle diese Technologien zwei Nachteile: Sie kosten Geld und Energie, das heisst freiwillig macht das niemand.

4 Fazit

Mit der Pyrolyse kann in der Landwirtschaft weltweit ein weiterer Stoffkreislauf geschlossen werden, der viel zusätzlichen Nutzen schafft. Dadurch kann auch die Wirtschaftlichkeit der Biomasse-Energieanlagen massiv gesteigert und nicht zuletzt ein grosser Beitrag zum Klimaschutz geleistet werden, ohne dies mit Zertifikaten oder anderen Subventionen finanzieren zu müssen. Zudem ergeben sich völlig veränderte Stoff- und Produktionsströme (Abb. 5).

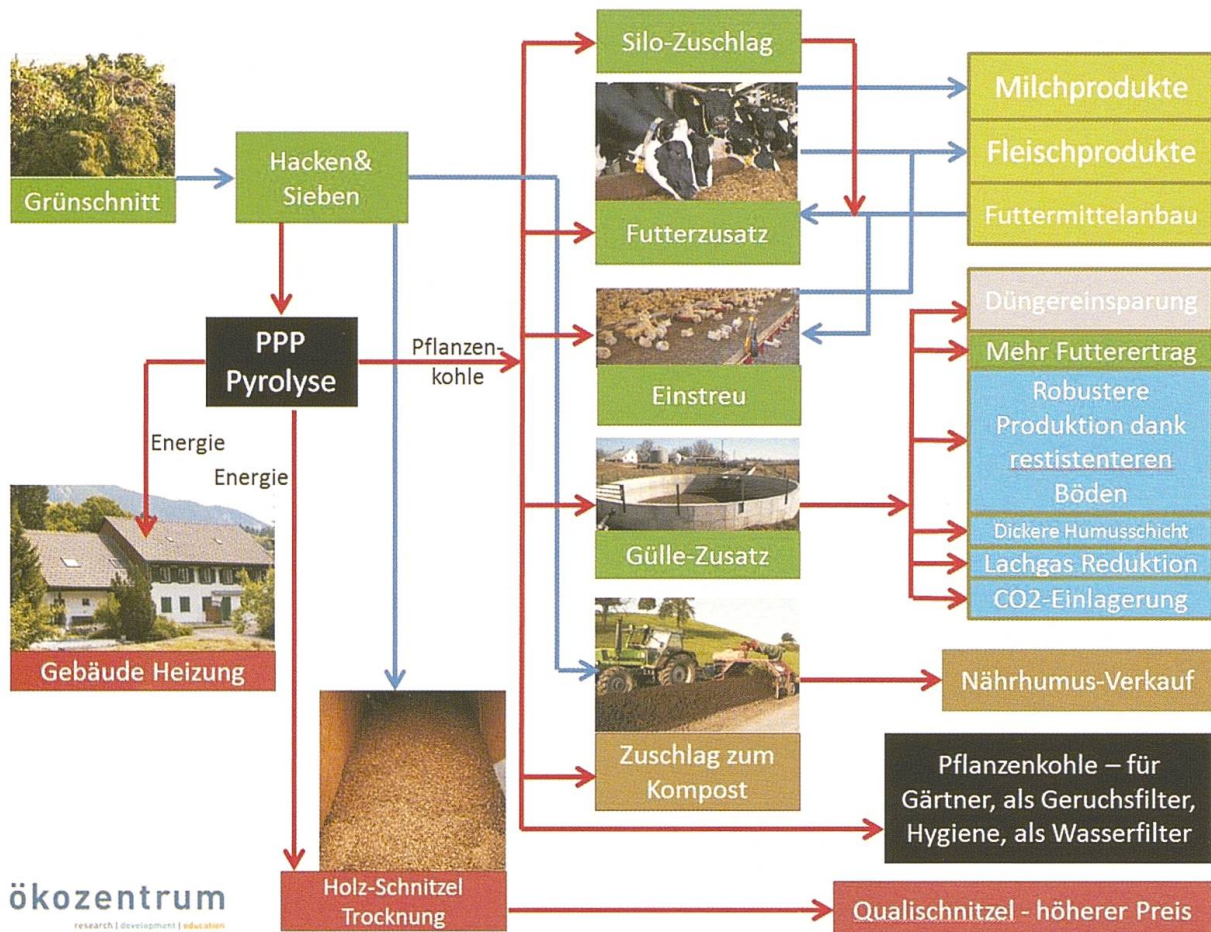


Abb. 5 Beispiel eines Schweizer Landwirtschaftsbetriebes mit Milch- und Fleischproduktion, eigenem Futteranbau sowie Lohnbetrieb in der Strassen- und Wegrandpflege. In blau sind die bestehenden Stoff- und Produktströme dargestellt, in rot die durch die Pyrolyse und die Pflanzenkohle neu entstandenen bzw. entstehenden Ströme und Produkte: Der Grünschnitt geht in die Pyrolyse – mit der Wärme werden die besseren Hackschnitzel zu Qualischnitzeln getrocknet und der Hof geheizt. Die Kohle geht ins Futter, in die Einstreu, in die Güllegrube und in die Feldrandkompostierung sowie in ‘Big-Bags’ in den Direktverkauf an Gärtnereien und andere Kompostverwerter. Neben der Kohle und den Qualischnitzel entstehen zusätzliche Produkte und Verbesserungen: “Terra Preta”, Mehrertrag und/oder Düngereinsparung, stabilere Böden (bessere Trockenheits- und Staunässeresistenz) sowie eine bessere Stickstoffbilanz mit geringeren Lachgas- und Geruchs-Emission.

Die weltweite Forschung auf diesem Gebiet stimmt sehr hoffnungsvoll, insbesondere in den Tropen sind die Ertragssteigerungen immens. Würden auf jedem Quadratmeter Ackerland weltweit 200 g Kohle aus den Ernterückständen erzeugt und in den Boden zurückgeführt, würde dies den gesamten menschgemachten Klimagas-Ausstoss kompensieren. Dies soll aber “sauber” geschehen – bei gleichzeitiger Nutzung der frei werdenden Energie. Deshalb: Lasst uns richtig Kohle machen (Abb. 6)!

Abb. 6 Das Bild zeigt Pflanzenkohle aus dem Fruchtfleisch der Kaffee-Kirsche, in deren Kern jeweils zwei Kaffeebohnen sind. Von diesem Material fallen pro Jahr 20 Millionen Tonnen an, was einem Potenzial von mehr als 70 Millionen Tonnen CO₂-Reduktion entspricht. Dies bei lokal hohem Nutzen: Das Grundwasser versauert nicht mehr, das Abfallproblem ist gelöst, die Böden der Plantage sind weniger sauer und erhalten natürliches Kalium zurück, sie benötigen auch keinen Kalk mehr und viel weniger Kunst-Dünger. Zudem liefert der Pyrolyse-Prozess die Energie zur Trocknung des Rohkaffees (aus: Pfluger 2014, 36).



Literatur

- Braham J.E. & Bressani R. (Hrsg.) 1979. *Coffee Pulp. Composition, Technology, and Utilization*. Institute of Nutrition of Central America and Panama, Ottawa, 1–95. Online verfügbar: <https://idl-bnc.idrc.ca/dspace/bitstream/10625/6006/1/IDL-6006.pdf> [Eingesehen am 27.9.2016].
- Grossenbacher D. 2013. BLW gibt grünes Licht – Pflanzenkohle vorerst frei einsetzbar. *Schweizer Bauer* vom 30.4.2013. Online verfügbar: www.schweizerbauer.ch/pflanzen/ackerbau/blw-gibt-gruenes-licht---pflanzenkohle-vorerst-frei-einsetzbar-10391.html [Eingesehen am 28.9.2016].
- Kuzyakov Y., Subbotina I., Chen H., Bogomolova I. & Xub X. 2009. Black carbon decomposition and incorporation into soil microbial biomass estimated by ¹⁴C labeling. *Soil Biology and Biochemistry* 41(2): 210–219.
- Leach M., Fairhead J. & Fraser J. 2012. Green grabs and biochar: Revaluing African soils and farming in the new carbon economy. *Journal of Peasant Studies* 39(2): 1–22. Online verfügbar: <https://opendocs.ids.ac.uk/opendocs/bitstream/handle/123456789/3882/Leach%20Fairhead%20and%20Fraser%20Green%20grabs%20biochar%20Pre-final.pdf?sequence=3> [Eingesehen am 26.9.2016].
- Pfluger C. 2014. Lass uns richtig Kohle machen. *Zeitpunkt* 131: 36–39. Online verfügbar: www.zeitpunkt.ch/fileadmin/download/ZP_131/36_Lass_uns_richtig_Kohle_machen_CP_131.pdf [Eingesehen am 1.10.2016].
- Sattler S., Lukacs A. & Hengevoss D. 2010. *Entwicklung und Implementierung einer Technologie zur umweltfreundlichen Verbrennung von Kaffee- fruchtfleischabfällen in El Salvador*. Langenbruck, 1–15. Online verfügbar: www.repic.ch/files/2013/7544/1756/SB_Oekozentrum_ElSalvador.pdf [Eingesehen am 27.9.2016].
- Schimmelpfennig S., Müller C., Grünhage L. & Kammann C. 2014. Biochar, hydrochar and uncarbonized feedstock application to permanent grassland – Effects on greenhouse gas emissions and plant growth. *Agriculture Ecosystems & Environment* 191: 39–52.
- Schmid M. 2013. *Pulpa Pyro Peru – valuable resources from difficult residues*. Posterbeitrag für REPIC Jahrestagung. Online verfügbar: http://web537.136.hosttech.eu/wordpress/wp-content/uploads/2016/03/PulpaPyroPeru_valuable-resources-from-difficult-residues_Ökozentrum_Schmid_2015.pdf [Eingesehen am 27.9.2016].
- Schmid M. 2016. *Char-up & Decarbonize! The potential multi-role of biochar - reducing climate change and increasing resilience of soils*. Poster für Swiss Global Change Day, Bern. Online verfügbar: http://web537.136.hosttech.eu/wordpress/wp-content/uploads/2016/02/20160427_Poster-PPP_engl_Druck_A4.pdf [Eingesehen am 26.9.2016].
- Schmid M., Gaegauf C. & Sattler M. 2007. *Dezentrale Stromerzeugung mit Feststoffbiomasse*. Langenbruck, 1–52. Online verfügbar: www.bfe.admin.ch/

- php/modules/enet/streamfile.php?File=000000009139.pdf&name=000000270016.pdf [Eingesehen am 27.9.2016].
- Schmid M.R., Gutzwiller S. & Zellweger H. 2015. *Pulpa Pyro Peru – Clean generation of biochar and energy from coffee pulp. Schlussbericht*. Langenbruck, 1–14. Online verfügbar: http://web537.136.hosttech.eu/wordpress/wp-content/uploads/2016/03/PPP_final-official-report_20151229.pdf [Eingesehen am 28.9.2016].
- Sullivan C. 2013. Can Livestock Grazing Stop Desertification? *Scientific American*. Online verfügbar: www.scientificamerican.com/article/can-livestock-grazing-stop-desertification/ [Eingesehen am 26.9.2016].
- Waechter D. 2015. Hobbygärtner schwören auf Supererde Terra Preta. *Welt*. Online verfügbar: www.welt.de/wissenschaft/umwelt/article132867147/Hobbygaertner-schworen-auf-Supererde-Terra-Preta.html [Eingesehen am 26.9.2016].

Internetquellen

- 1 www.umweltbundesamt.de/daten/klimawandel/treibhausgas-emissionen-in-deutschland
- 2 <https://de.wikipedia.org/wiki/Kohlenstoffzyklus>
- 3 https://de.wikipedia.org/wiki/Hamburger_Verfahren
- 4 <https://de.wikipedia.org/wiki/Schwarzerde>
- 5 www.kaskad-e.ch/html/pyrocook.html
- 6 www.oekozentrum.ch/291-0-Pulpa-Pyro-Peru.html
- 7 www.ee-news.ch/de/article/32676
- 8 www.oekozentrum.ch/322-0-Gruendung-des-Pflanzenkohle-Netzwerks-Charnetch.html
- 9 www.european-biochar.org/de/download