

# **Vertiefungsarbeit Allgemein Bildender Unterricht**

Im Rahmen

## **EFZ Landwirtschaft mit Schwerpunkt bio NHBL 20-22**



### **Pflanzenkohle – BioChar**

Ein Bericht von Dänu Schwob, Wäckerschwend, Februar '22

## Inhaltsverzeichnis

|                                                |    |
|------------------------------------------------|----|
| 1. Themenbegründung.....                       | 3  |
| 2. Einleitung.....                             | 4  |
| 3. Das Holzfeuer.....                          | 6  |
| 4. Ausgangsstoffe für die Köhlerei.....        | 7  |
| 5. Herstellung.....                            | 8  |
| 5.1 Verschiedene Herstellungsverfahren.....    | 8  |
| 5.2 Pflanzenkohle in der Grube herstellen..... | 8  |
| 5.2.1 Vorbereitung.....                        | 8  |
| 5.2.2. Das Feuer .....                         | 9  |
| 5.2.3 Das Mahlen/Verkleinern.....              | 10 |
| 6. Vom Feuer in das Land.....                  | 11 |
| 7. Pflanzenkohle im Boden.....                 | 12 |
| 7.1 Physik.....                                | 12 |
| 7.2 Chemie.....                                | 12 |
| 7.3 Biologie.....                              | 13 |
| 8. Kohle in der Gesellschaft.....              | 13 |
| 9. Pflanzenkohle im Stall.....                 | 16 |
| 10. Pflanzenkohle in den Hofdüngemitteln.....  | 17 |
| 11. Ökologie.....                              | 17 |
| 12. Anhang.....                                | 18 |
| 12.1 Fazit, Schlussfolgerungen.....            | 18 |
| 12.2 Reflexion.....                            | 18 |
| 12.3 Quellenverzeichnis.....                   | 19 |
| 12.4 Eigenstandserklärung.....                 | 19 |
| 12.5 Links.....                                | 20 |

# 1. Themenbegründung

Im Laufe meiner Ausbildung bin ich vielen Themen begegnet, die interessant und „weitläufig“ genug wären, um so eine Arbeit zu schreiben. Da durch meine vielseitigen Praktikumsstellen und die zwei Schulen (Hondrich und BioSchwand) meine Ausbildung zwar breit, aber nicht so vertieft ausgefallen ist, habe ich ein Thema gesucht, das in alle Richtungen greift. Die Landwirtschaft lässt sich gut um das Thema Pflanzenkohle anordnen. Ob Tierhaltung, Bodenstoffwechsel oder Pflanzenbau, überall kann die Beschreibung der Anwendung von Pflanzenkohle die Mechanismen und Dynamiken in der Landwirtschaft beleuchten. Seit einem Jahr habe ich auch angefangen, selbst Erfahrungen mit der Produktion und dem Einsatz von Pflanzenkohle in der Landwirtschaft zu machen. Ich habe mit verschiedenen Menschen gesprochen, die auf die eine oder andere Art selbst auch in die Richtung forschen. Auch gibt es zu dem Thema diverse mehr oder weniger wissenschaftliche Publikationen. Die Forschung zum landwirtschaftlichen Einsatz von Pflanzenkohle ist am Laufen, aber eigentlich eher noch bruchstückhaft. Daher ist das Thema auch noch immer schwer, umfassend zu begreifen und darzustellen. Zum Beispiel forschen in der USA Institutionen eher mit dem Ausgangsmaterial und benutzen als Erfolgsmessung in erster Linie die Erträge ihrer Kulturen. Ihre Arbeiten über z.B. Kohle aus Zedernrinde und deren Einfluss auf Orangererträge sagen wenig darüber aus, ob jetzt Kohle aus Fichtenholz den Ertrag unseres Weizens oder Grünlands steigert. Die Bandbreite der möglichen Ausgangsmaterialien zur Kohleproduktion, die verschiedenen Produktionsverfahren und die verschiedenen „Hoforganismen“ machen allgemein gültige Aussagen schwierig zu erreichen. Dazu kommt noch, dass es sehr schwer ist, zuverlässige Informationen von eher fragwürdigen Inhalten zu unterscheiden. Daher habe ich einfach versucht, an Hand meiner eigenen Erfahrungen und meinen Informationen aus anderen Quellen ein möglichst umfassendes Bild des Themas Pflanzenkohle in der Landwirtschaft zu zeichnen. Leider kann ich nicht jede Quelle an ihren Ursprung zurückverfolgen, so dass diese Arbeit nicht wissenschaftlichen Ansprüchen genügen kann. Ich vertraue darauf, dass ihr selbst überprüft, was für euch stimmt.

Ziel dieser Arbeit ist es, einen Überblick über das Thema Pflanzenkohle zur Verfügung zu stellen. Dabei werde ich einen groben Überblick zur Orientierung und Definition der Begriffe anbieten sowie einen vertieften Blick in die handwerkliche Produktion der Pflanzenkohle.

Die Arbeit werde ich alleine erarbeiten. Dies aus mehreren Gründen. Ich arbeite auch alleine an der Pflanzenkohle, und soweit ich weiss, hat es keine anderen „Köhler“ in dem Kurs. Andererseits bin ich in einer Nachholbildungsklasse. Daher haben die meisten TeilnehmerInnen ihren allgemein bildenden Unterricht bereits abgeschlossen, was meine AbU-Klasse klein und räumlich recht weit auseinander macht. Daher wäre eine Zusammenarbeit auch zeitlich aufwändiger.

## 2. Einleitung

Seit der Dämmerung der Zeit, als die Menschen das Feuer bändigten – oder das Feuer den Menschen prägte - begleiteten die Reste des Feuer unsere Siedlungen. Die schwarze Kohle, die in der Asche zu finden ist, wenn das Feuer ausgegangen ist, wurde für diverse Zwecke benutzt. Als Farbe, als Seife, als Geruchsbinder, als Heilmittel oder Lebensmittelzusatz und vieles mehr. Seit einigen Jahren flammt alle paar Jahre das Interesse für den landwirtschaftlichen Einsatz von Pflanzenkohle auf. 1871 haben Anthropologen und Geologen im Amazonasgebiet in Südamerika sogenannte „Terra Preta“ gefunden. Dabei handelt es sich um eine bis zu 2m dicke Schicht im Boden, die aus Holz- und Pflanzenkohle, menschlichen Fäkalien, Dung, Kompost, sowie Tonscherben, Knochen und Gräten besteht. Die damaligen Bewohner des Amazonasbeckens haben ihre geologisch alten und wenig fruchtbaren Böden mit ihrer Wanderfeldwirtschaft stark und nachhaltig verändert. Dabei war die Brandrodung und das nur kurze Bewirtschaften der gewonnenen Flächen Schlüssel zu ihrem System. Nach wenigen Jahren haben sie das Feld wieder dem Wald übergeben und das nächste gerodet. Diese Entdeckung hat nicht nur unsere Ansicht auf die „indianischen“ Kulturen im Amazonas stark verändert, sondern auch die im „Westen“ fast vergessene Pflanzenkohle wieder mehr in den Fokus gerückt. Unterdessen haben Forscher an vielen Orten auf der Welt ähnliche Böden gefunden. Zum Beispiel in Ghana, Liberia, Indonesien, Deutschland und Schweden.

Eigentlich ist der landwirtschaftliche Einsatz von Pflanzenkohle wahrscheinlich weltweit immer wieder vorgekommen. Das Bild von der fast magischen „Terra Preta“, das einigen Orten gezeichnet wird, weicht bei mir immer mehr zu Gunsten der Erkenntnis, dass diese Technik fast weltweit immer wieder entdeckt und angewendet wurde. Zu der im Amazonasbecken gefundenen Erde gibt es wissenschaftliche Untersuchungen. Zum Beispiel berichten die WissenschaftlerInnen von einer Nährstoffspeicherkapazität von 17 Tonnen Stickstoff und 13 Tonnen Phosphor pro Hektare, ein Mehrfaches von dem natürlichen Boden im Amazonasgebiet. Im Vergleich zu dem ausgewaschenen und mit Metallen angereicherten Boden, der sonst da anzutreffen ist (Ferralsol, ein alter, roter, nährstoffarmer aber eisen-/aluminiumreicher Boden, der nicht sehr fruchtbar ist, und unbewachsen schnell erodiert), erlaubt die „Terra Preta“ hohe Erträge und stabileren Boden. Auch in der Schweiz gibt es Hinweise auf ähnliche Landgewinnungs- und Bodenbildungstechniken. Ein Bauer aus der Region hat mir erzählt, dass sein Grossvater ein Stück Land gerodet und dann nach einer Weile das Holz auf dem Land angezündet hat – Der Acker, auf dem noch heute die Kartoffeln am Besten gedeihen.

Wie wohl allgemein bekannt ist, haben Menschen seit Tausenden von Jahren für verschiedenste Zwecke Holz verbrannt. Bis vor einigermaßen kurzer Zeit bildeten die Reste von Feuer zusammen mit den Exkrementen von Tier und Mensch sowie Essensreste den Einzigen „Abfall“, der in Siedlungen anfiel. Dass das Einbringen von Asche und Kohle den Gestank der anderen Reste reduzieren konnte, und dessen Kompostierung beschleunigt, haben wohl an vielen Orten diverse Menschen bemerkt. Auch die Gewinnung von Ackerland durch Waldbrand ist von vielen Kulturen entdeckt und genutzt worden, ob nur, um sich das Roden zu erleichtern oder für den nachhaltigen Aufbau von fruchtbarem Boden, lässt sich schwer abschätzen.

Daher behaupte ich, dass trotz dem modischen Unterton von „BioChar“, „Terra Preta“ oder „Pflanzenkohle“ - Begriffe, die die ökologische Leistung von Pflanzenkohle gegenüber der unökologischen Stein- oder Braunkohle abgrenzen wollen – der Einsatz von Pflanzenkohle zur Bodenverbesserung in landwirtschaftlicher Hinsicht eine überaus weit bekannte und verbreitete „Technik“ (oder Tradition) darstellt.

Zur Übersicht möchte ich die Begriffe rund um Kohle ein bisschen näher beleuchten. Es gibt Stein- und Braunkohle, die in Bergbauoperationen gewonnen wird. Diese Kohle wird in erster Linie für die Energiegewinnung verwendet. Ob wie früher in Heizung, in Lokomotiv- und Schiffsmotoren, oder wie heute für die Stromgewinnung, diese Kohle ist ein vielseitiger - aber aus ökologischer

Sicht fragwürdiger - Brennstoff. Die Holzkohle hingegen wird aus Holz von Menschen produziert. Zumeist dient diese Kohle dem Grillfeuer, je nach Zeitalter oder Kultur wurde und wird sie aber auch für diverse andere Zwecke eingesetzt. Pflanzenkohle (oder auch „biochar“) wird ähnlich wie Holzkohle produziert, als Ausgangsmaterialien können jedoch auch andere organische Materialien benutzt werden. Sie wird als Fütterungszusatz für Nutztiere und/oder als Bodenverbesserer eingesetzt. Diese verschiedenen Kohlearten sind zwar chemisch sehr ähnlich, aber neben ihren verschiedenen Produktionsweisen und Einsatzgebieten unterscheiden sie sich in ihrer Wirkung auf unser Ökosystem auch stark.

Die Stein- und Braunkohle entstand vor extrem langer Zeit aus fossilem Leben. Das Verbrennen dieser Kohle ist für uns Luftatmer problematisch. Dies vor Allem, weil das viele CO<sub>2</sub> (Kohlendioxid, Summenformel, würde richtig mit tiefergestelltem 2 geschrieben, was aber grössere Zeilenabstände benötigen würde), das dabei in die Atmosphäre abgegeben wird, offenbar nicht von unseren Photosynthese betreibenden Mitbewohnern aufgefangen werden kann, und die ansteigende CO<sub>2</sub> Konzentration den Treibhauseffekt antreibt. Die in fossilen und mineralischen „Rohstoffen“ gelagerte Energie und Substanz kommt ökologisch gesehen von aussen in unser Biotop Erde, zusätzlich zu der/den schon im System befindlichen, was diverse Veränderungen im Ökosystem bewirkt. Diese sind sehr kompliziert, und wir können nicht abschätzen, wie diese unsere eigenen Lebensgrundlagen verändern werden. Wir steuern dabei tendenziell wieder ein klimatische Gleichgewicht an (in etwa wie vor Millionen von Jahren), das unsere Existenz eventuell nicht unterstützt.

Diesbezüglich unterscheidet sich die Pflanzenkohle (=engl. BioChar) grundlegend. Obwohl chemisch ähnlich, wird die Pflanzenkohle aus Material gewonnen, das zumeist die letzten bis zu 50 Jahren aus der Atmosphäre kam. Die fossile Kohle stammt aus Jahrmillionen alten Pflanzen/Algen, die CO<sub>2</sub> aus Zeiten gebunden haben, in denen die Atmosphäre mehrfach mehr CO<sub>2</sub> (ca. 10x) beinhaltet hat. Daher bringt fossile Kohle zusätzlichen Kohlenstoff in die Atmosphäre, wenn Mensch sie verbrennt. Hingegen ist beim Pflanzenkohleeinsatz in der Landwirtschaft eine Beschleunigung der Rückführung von ca. 50% des Kohlenstoffs des Ausgangsmaterials in die Atmosphäre als „Kosten“ für die CO<sub>2</sub> Bilanz zu verzeichnen (im Vergleich zum natürlichen Verrotten). Die etwa 50 Prozent vom Kohlenstoff des Ausgangsmaterials, die als Pflanzenkohle im Boden eingebracht werden, werden hingegen für Hunderte oder sogar Tausende Jahre sinnvoll eingelagert.

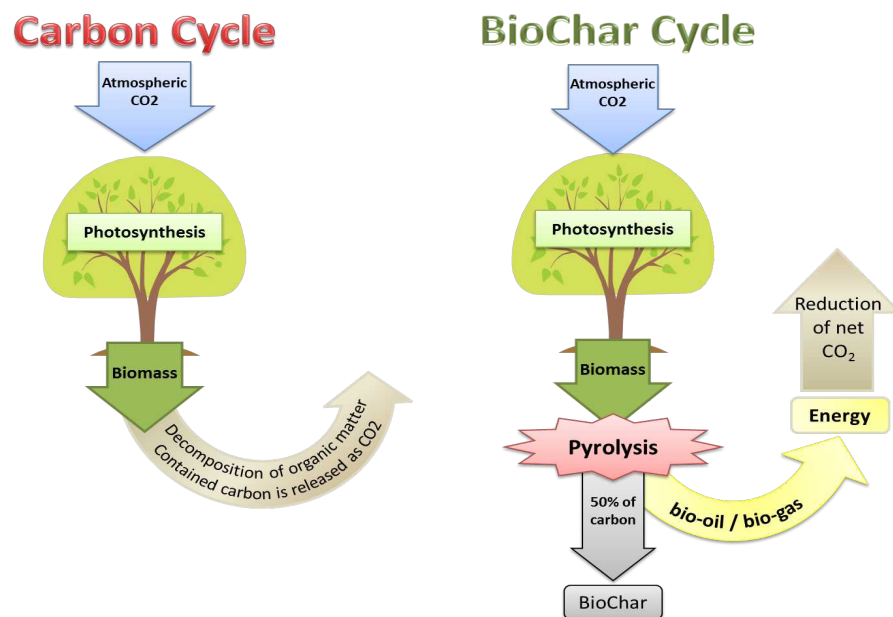


Abbildung 1: Co<sub>2</sub> sparen mit Pflanzenkohle nach google.com

Was diese Abbildung nicht zeigt, ist der zeitliche Verlauf, der entscheidend ist, um den Vorgang zu verstehen. Die natürliche Verrottung läuft über Jahre und Jahrzehnte, bei der Verbrennung gelangen die Stoffe sofort wieder in die Atmosphäre. Bei der Verköhlung gelangt etwa die Hälfte des Kohlenstoffs sofort und die andere Hälfte bei der Einlagerung im Boden über Jahrhunderte wieder in die Atmosphäre. Daher wirkt das Einarbeiten von Pflanzenkohle in den Boden als CO<sub>2</sub>-Senke, und mit entsprechenden Anlagen lassen sich CO<sub>2</sub>-negative Energieanwendungen (zum Beispiel Heizungen) betreiben. Der Begriff CO<sub>2</sub>-negativ ist meiner Meinung nach aber nicht sehr aussagekräftig, weil meist weder graue Energie, Transport noch Vergleichsgrösse berücksichtigt/deklariert werden. Absolut gesehen wird beim Verbrennen von Holz (oder anderen Heizmitteln) immer reales CO<sub>2</sub> in die Atmosphäre abgegeben. Wo Rauch ist, ist ein Feuer – wo Feuer ist, ist immer Abgas.

### 3. Das Holzfeuer

Bei der Verbrennung von Holz geschehen nach der Trocknung vor Allem zwei chemische Prozesse. Einerseits verdampfen durch die Hitze gewisse Anteile vom Pflanzenmaterial in Form von Rauchgas, das wiederum mit dem Umgebungssauerstoff in einer Flamme zu (hauptsächlich) CO<sub>2</sub> und Wasser reagiert. Andererseits reagiert die zurückbleibende mineralische Kohle auch mit dem Sauerstoff aus der Atmosphäre in der Glut, und wird zu CO<sub>2</sub>.

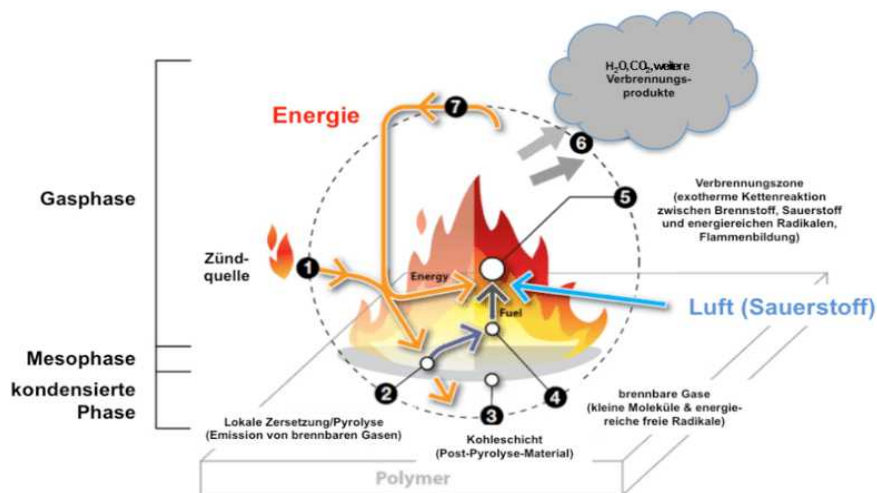


Abbildung 2: schematisches Feuer nach researchgate.net

Beim Köhlern wollen wir vor Allem alle Stoffe, die Rauchgas bilden können, ausrauchen lassen und möglichst vollständig verbrennen. Dabei wollen wir aber möglichst wenig Kohle mitverbrennen. Das erreichen wir durch eine Reduktion der Sauerstoffzufuhr zum Gluthaufen. Mittels metallischen, gemauerten oder natürlichen Mulden (Kontiki, Ofen, Erdgrube), in dem wir feuern, haben wir eine gute Sauerstoffversorgung der Oberfläche des Feuers, wo eine gute Rauchgasverbrennung die Hitze für das Ausrauchen der flüchtigeren Holzanteile erzeugt. Die darunter liegende Kohle (Glut) bekommt weniger Sauerstoff, weil die Flammen die Umgebungsluft wegziehen und verbrauchen, so dass nur geringe Anteile veraschern. Die Asche besteht grösstenteils aus mineralischen Metallverbindungen. Das heisst, dass sich da auch eventuelle Schwermetalle aus dem Ausgangsmaterial aufkonzentrieren. Daraus folgt dass es wichtig ist, unbelastete Ausgangsstoffe zu benutzen, und dass wir beim Köhlern möglichst wenig Material veraschern lassen wollen –

Veraschern lassen reduziert auch die Kohleausbeute.

Neben der Umhüllung der Glut gegen den Sauerstoff ist der Aufbau und das „Hüten“ des Feuers entscheidend für einen guten Prozess. Je nach Stückform des Verbrennungsmaterials ist das Feuer anders aufzubauen. Mit Meterspalten lassen sich schöne regelmässige Feuer bauen, in denen nahezu alles Holz vollständig verbrannt, und die Kohlen sich schön am Grund des Feuers ablagern können, weil sie zwischen dem noch brennenden Holz runterfallen können. Das neu aufgelegte Holz brennt schnell ganzflächig, so dass der Umgebungssauerstoff gut von den Kohlen weggeleitet wird. Das regelmässige Ausgangsmaterial, ein guter Aufbau und eine achtsame Überwachung des Feuers ist wichtig, um alles Material möglichst vollständig ausrauchen und möglichst wenig zu veraschern zu lassen.

#### **4. Ausgangsstoffe für die Köhlerei**

Pflanzenkohle heisst unter Anderem auch so, weil sie aus diversen organischen „Abfallstoffen“ hergestellt werden kann. In einer Pyrolyseanlage kann organisches Material mit bis zu 50% Wassergehalt getrocknet und verköhlt werden. Grob funktioniert der Prozess wie bei einem „normalen“ Holzfeuer, nur wird das Ausrauchen und das Verbrennen der Rauchgase voneinander getrennt. Das Ausrauchen des in derselben Anlage vorgetrockneten Materials findet in einem luftabgeschlossenen Metallzylinder statt. Die dafür nötige Wärme kommt (nach dem Anheizvorgang), von dem gewonnenen Rauchgas, das aussen am Metallzylinder verbrannt wird. Dies verändert die Ansprüche an das Ausgangsmaterial. Es eignen sich gehackte Materialien, von Holz bis zu Trester aus der Weinherstellung, Laub, Siebreste von Hackschnitzeln oder Grüngut. Tierische organische Reste bewähren sich nicht zur Herstellung von Kohle für die Bodenverbesserung.

Ich selbst interessiere mich weniger für die Herstellung von Pflanzenkohle mittels einer industriellen Apparatur, obwohl auch diese Technik ihre Vorteile mit sich bringt. Der Hauptgrund dafür ist, dass ich handwerkliche Arbeit vorziehe. Bei der Pyrolyse mittels eines Reaktors ist es das Wichtigste, zu schauen, dass die Anlage möglichst rund um die Uhr laufen kann, um die grossen Investitionen zu amortisieren. Daher ist die Beschaffung des Ausgangsmaterials und der Verkauf des Produkts die Hauptaufgabe, was ich lieber anderen überlasse. Trotzdem lassen sich diverse Vorteile dieser Produktion nicht von der Hand weisen. Es können schneller grössere Mengen produziert werden. Die Produktion ist billiger. Der Prozess kann zertifiziert werden, so dass die Kohle verfüttert werden darf. Die Abwärme des Prozesses kann für diverse Zwecke eingesetzt werden, und die Abgase können gefiltert werden. Ich sehe Nachteile darin, dass die Anlagen einer Logik folgen, die sie immer grösser werden lassen, was die Aufwände für den Materialtransport vergrössert. Die Kohle wird nicht mit Wasser gelöscht und nicht vermahlen, was ihre Nutzen meiner Meinung nach verschlechtert. Da das Material trocken ist, staubt es stark. Auch haben meiner Meinung nach die geringeren Ansprüche an das Ausgangsmaterial negativen Einfluss auf die Qualität des Produkts. Oft wird Strauchschnitt verwendet, oder dünne Äste. Diese weisen einen hohen Anteil glatte Rinde auf, die zu einem glasigen Material verkohlt, von dem ich mir nicht vorstellen kann, dass es seine Funktion als eine Art Schwamm im Boden erfüllen kann. Zusätzlich wird die Kohle oft nicht zermahlen, so dass sie sich im Boden eher wie Steine als wie Humus verhält. Es gibt sicher Produzenten, die das anders handhaben, es könnte auch sein, dass meine Ansprüche nicht berechtigt sind, je nach dem, wie Mensch die Kohle einsetzen will. Diese Kritiken sind nur meine momentane Ansicht, ich habe kein wissenschaftliches Mass oder Normen, mit denen ich meine Wahrnehmung abgleichen könnte.

Für Interessierte habe ich ein wenig im Internet recherchiert, welche Anlagen angeboten werden. Die Angebote verändern sich jährlich oder sogar monatlich. Preislisten habe ich keine gefunden,

und es gibt eine sehr grosse Bandbreite bezüglich Bauart, Grössenordnung und Technikaufwand. Einige wandeln einen grossen Teil der Wärme in elektrischen Strom um, andere sind für den Einbau in Heizungs- oder Wärmeverbundsysteme vorgesehen. Auch für den industriellen Einsatz gibt es Lösungen. Ich habe serienreife Modelle von verschiedenen Anbietern im Bereich zwischen 40 und 500 kW Leistung gesehen. Auch für den landwirtschaftlichen Einsatz gibt es eigens dafür entwickelte Modelle, von Herstellern in Europa. [www.Biomacon.com](http://www.Biomacon.com) bietet viele verschiedene Grössen an, mit ihrer schweizer Vertretung [www.kaskad-e.ch](http://www.kaskad-e.ch) können auch massgeschneiderte Anlagen erarbeitet werden. [www.compag.ch](http://www.compag.ch) aus Kreuzlingen hat eigene Modelle entwickelt, zum Beispiel für eine Kaffeetrocknerei in Vietnam, die gleichzeitig Pflanzekohle für die Bodenverbesserung in den Plantagen zur Verfügung stellt. Sie bietet auch eine Anlage industriellen Ausmasses zum Kauf an. [www.sp-sc.de](http://www.sp-sc.de) bietet hingegen „lowtech“ Öfen für die Kohleproduktion und Wärmenutzung an, die jeweils 300-1500 Liter Material pro Durchgang verarbeiten. Für das Anfeuern kann Propangas eingesetzt werden, es ist relativ tolerant gegenüber dem Ausgangsmaterial (Grünschnitt, Schnitzel, Stückholz), es liefert Wärme und Pflanzekohle und wird als preisgünstig angepriesen.

## **5. Herstellung**

### **5.1 Verschiedene Herstellungsverfahren**

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, handwerklich Pflanzekohle aus Holz herzustellen. Der Einsatz von nassen Ausgangsstoffen ist, so weit ich weiss, nicht möglich. Das verwendete Holz sollte zu Brennholzqualität gelagert worden sein, und nicht mit Schwermetallen oder anderen Stoffen belastet sein.

Verbreitet ist die Verwendung von Fässern, speziellen Feuerstellen oder Kon-tiki. Die Grenzen zu den industriellen Anlagen sind fließend, es gibt auch viele Eigenbauten von verschiedensten Menschen. Kon-tiki werden auch in allen Formen und Grössen verkauft. Dabei handelt es sich um spezielle metallische Feuerschalen, die je nach dem die Luftzufuhr durch die Bauform steuern (sie insbesondere von der Kohle weghalten, die Möglichkeit bieten, das Feuer von unten her mit Wasser zu löschen und die kippbar sind, um sie zu leeren. Anbieter gibt es viele, sogar ein benachbarter Bauer verkauft welche (Brügger, Willadingen).

Die Feuerstelle, Kontiki oder sonstige Einrichtung sollten selbst auf jeden Fall soweit stabil sein, dass keine Fremdstoffe in die Kohle gelangen. Je nach Weiterverarbeitung können auch Steine oder Erde aus dem Loch hinderlich werden. Das verwendete Löschwasser sollte auch sauber sein, vorzugsweise Regenwasser, das weniger Mineralien enthält.

### **5.2 Pflanzekohle in der Grube herstellen**

#### **5.2.1 Vorbereitung**

Bei der Verköhlung von gelagertem Nadelholz brauche ich um die vier Ster (1 Ster = Menge Holzspalten von einem Meter Länge, die in einem Kubikmeter Raum passen) Holz, um einen Kubikmeter Pflanzekohle zu erhalten. Die Ausbeute schwankt je nach Wind, Feuerbau, Umgebungfeuchtigkeit usw.

Da ich bisher nur Erfahrungen mit der Verköhlung von Nadelholz in einer Erdgrube habe, werde ich hier dieses Verfahren beschreiben.

Für das Köhlern brauche ich neben dem gelagerten Holz eine Säge und ein Beil, Grabwerkzeuge (Schaufel und Pickel, ev. Bagger), einen geeigneten Platz (Achtung, das Feuer ist heiss :), eventuell ein paar Blatt Zeitungspapier, etwa einen Kubikmeter sauberes Wasser mit Ablageplatz höher als

das Feuer oder eine Pumpe, Handschuhe und gute Kleider (auch im Sommer, um nah genug an das Feuer heranzukommen, ohne sich zu verbrennen), sowie laaange Schürhaken (oder Armierungseisen z.B.), genügend zu Trinken und Salz, und genügend Stauraum (z.B. BigBag). Ich grabe mit meinen Werkzeugen ein etwa 1.5-1.7m tiefes Loch, oben rund oder viereckig, mit steilem oberem Rand. Vorteilhaft ist es, mit etwas feuerfestem Mörtel eine Wasserleitung (möglichst feuerfeste Rohre) von neben der Grube bis zum unteren Spitz der Grube zu legen. Diese muss am oberen Ende luftdicht verschliessbar sein, um nicht Sauerstoff in die Kohle zu ziehen. Die Grube sollte dem Ausgangsmaterial angepasst sein, meine ist in etwa rund und hat etwa 1.5-2m Durchmesser. Das erlaubt mir, 1m-Spalten abwechselnd 90 Grad gedreht aufzuschichten, jeweils mit ein oder zwei Spalten quer an den Enden. In meiner Grube funktioniert es auch gut, sie spiralförmig aufzufüllen, was aber ein bisschen mehr unverbrannte Auslese erzeugt. Meine Grube ist in Nagelfluh gegraben, auf einer Seite ist eine dicke Lehmschicht im Boden. Das Graben war zwar mühsam, und es fallen recht viele Steine und Lehmabplatzungen in die Kohle, dafür versickert das Wasser in etwa 12 Stunden von alleine, was mir ein Abpumpen des Wassers nach dem Löschen erspart. Trotzdem überlege ich mir, den oberen Teil der Grube zu mauern, damit ich weniger Steine in der Kohle zum Aussortieren habe (die mir sonst beim Mahlen oder Mistausbringen wieder Mühen bereiten).

### **5.2.2. Das Feuer**

Je nach Wetter muss das Feuer verschieden angezündet werden. Wenn die Grube nass ist, so muss ich das Feuer auf einer Holzschicht entfachen, die dann oft nicht vollständig verbrennt. Wenn es windet, kann es Wirbel geben, die den Anzündvorgang behindern. Auf jeden Fall säge ich mir kleinere Stücke, hacke sie mit dem Beil klein genug, schichte sie in der Grube pyramidenförmig auf dem Zeitungspapier auf. Wenn ich Zeit habe, und es nicht windet, hacke ich mir aus einem Anzündholz eine Art Besen, den ich mit dem Feuerzeug anzünde und an Stelle des Zeitungspapiers in die oben beschriebene Pyramide lege. Danach muss ich schnell weitere Meterspalten möglichst gleichmässig und flächendeckend aufschichten. Mein Ziel ist dabei, möglichst schnell auf der ganzen Fläche der Grube Flammen zu haben.



*Abbildung 3: Feuer gegen Ende des Vorgangs*

Wenn das Feuer zu wenig Hitze oder Sauerstoff hat, beginnt es zu rauchen. Meist hilft es, das Feuer zu schüren, und die Scheiter so zu bewegen, dass ein kleiner Abstand zwischen ihnen entsteht. Neu aufgelegtes Holz sollte nur ganz kurz rauchen und sich dann entflammen.

Veräschertes Holz ist weiss, das wollen wir auch möglichst wenig. Ganz verhindern können wir das zwar nicht, aber das Auflegen einer weiteren Holzschicht hilft, die Sauerstoffzufuhr zum Holz darunter zu reduzieren.

Das Feuerholz sollte nicht über die Grube herausragen, weil dann von der Seite mehr Sauerstoff in den Prozess eingebracht wird, was die Kohleausbeute senkt, und den Ascheanteil erhöht.

In meiner Grube kann ich mit etwas über 2 Ster Holz 400-700 Liter gemahlene Holzkohle gewinnen. Das Feuer brennt etwa 4 Stunden lang. Dabei füllt sich die Grube immer mehr mit der glühenden Kohle, bis ich nicht mehr Holz darauf aufstapeln kann, ohne dass es über den Grubenrand hinausschaut. Ich spare mir während des Vorgangs kleinere Spalten, die dann gegen Ende der Pyrolyse nützlich sind. Ich achte darauf, dass möglichst viel Holz fertig verkohlert, ohne dass viel Glut dauernd „nackt“ an der Luft liegt. Dabei helfen mir die dünneren Spalten, die schnell viele Flammen liefern, und selbst schnell zu Glut zerfallen.

Gleichzeitig fange ich an, Wasser unten in den Gluthaufen zu leiten. Bei mir heisst das, dass ich mit der Zapfwellenpumpe Wasser in meine eingebaute Leitung pumpe, so dass sich meine Feuergrube mit Wasser füllt. Um das Fertigbrennen und das Befüllen der Grube zeitlich abzustimmen, schalte ich die Pumpe zeitweise ab, und lasse das Feuer auf dem Wasser schwimmend weiterbrennen. Wenn die Zeit gekommen ist, fülle ich die Grube fertig auf, und lösche das Feuer fertig, in dem ich mit der Schaufel die Glut in das Wasser „steche“. Dabei merke ich auch im Wasser schwimmende unverbrannte Holzstücke und nehme die sofort raus. Die können beim nächsten Brand zugegeben werden, wenn das Feuer heiss genug brennt. Das Löschen braucht seine Zeit. Es ist wichtig, dass keine glühende Kohle auf dem Wasser schwimmt und veräschert, weil dann auch Kohle verloren geht, und der Aschegehalt steigt.



*Abbildung 4: volle Kohlegrube nach dem Löschen*

Damit ist die Kohle erst mal fertig produziert, sie braucht etwa eine Nacht, um das Wasser versickern/verdunsten zu lassen, danach schaufle ich sie aus der Grube, um sie weiter zu verarbeiten.

### **5.2.3 Das Mahlen/Verkleinern**

Dieser Teil meiner Produktion ist noch nicht wirklich ausgereift. Um die Kohle zu zerkleinern, habe ich bisher meistens einen elektrischen Rübenhacker verwendet, den ich von einem Nachbarn

übernehmen konnte. Dabei handelt es sich um ein Metallgefäß, in dem eine rotierende Messerscheibe wie eine Raffel den Inhalt „hobelt“. Die Nasse Kohle wird so zu einem dicken „Brei“ verarbeitet, der aus der Öffnung der Maschine quillt.

Ein Bekannter hat berichtet, er leere seinen Kontiki auf einen Betonplatz, und fahre dann mit dem Traktor darauf herum, bis die Kohle fein genug sei. Industrielle Hersteller hacken das Ausgangsmaterial, und liefern es weitgehend trocken, und nach der Pyrolyse nicht weiter zerkleinert. Die Zerkleinerung bringt aber Vorteile in der weiteren Verwendung der Kohle. Um sie auf dem Land einzusetzen, muss die Holzkohle meist mit Nährstoffen „aufgeladen“ werden. Auch da gibt es viele Möglichkeiten, die ich im nächsten Kapitel genauer beschreiben werde. Gemeinsam haben alle diese Aufladungen, dass es besser geht, wenn die Kohle feiner ist. Ob sich der „Mahlgrad“ der Kohle grundsätzlich auf ihre Eigenschaften auswirkt, zum Beispiel auch, ob Mensch die Kohle zu fein mahlen kann, wäre sehr interessant zu wissen, ich habe aber bisher keine Informationen dazu gefunden. Auf jeden Fall lässt sich prüfen, dass das Anfeuchten der Kohle keine sichtbaren Nachteile mit sich bringt. Wenn wir Pflanzenkohle in einem Glas Gülle einrühren, so nimmt der Geruch des Inhalts sowohl mit trockener wie mit nasser Kohle fast bis zum Verschwinden ab. Daraus schliessen wir, dass die Kohle die gasförmigen Produkte ausfiltern kann, die die Gülle normalerweise an die Umgebung abgibt. Ein Glas mit Gülle ohne Kohle dient uns dabei als Prüfvergleich.

## 6. Vom Feuer in das Land

Bei der Einarbeitung in den Boden sollte die Kohle grundsätzlich für die meisten Anwendungen mit Nährstoffen aufgeladen sein, damit sie nicht die bereits im Boden vorhandenen Nährstoffe aufnimmt, und im ersten Jahr dann deren Verfügbarkeit verringert (ausser für Braugerste oder Faserlein, die mit einer „unaufgeladenen“ Kohlegabe vor der Kultur standfester geworden seien). Für die Arbeit und das Ausbringen der Kohle ist es viel angenehmer, wenn die Kohle nicht trocken ist (Staub). Nass gelagerte Kohle hat den Nachteil, dass sie schwerer ist, aber es besteht keine Gefahr, dass die Qualität leidet, die Kohle schimmelt nicht.

Bei der Fütterung der Kohle an Rindvieh oder Schafe muss die Kohle nicht vorher „aufgeladen“ werden, das geschieht dann im Pansen, Mist und Gülle. Auch da empfiehlt es sich aber, die Kohle angefeuchtet und gemahlen anzubieten. Mir wurde berichtet, dass auf jeden Fall Kälber die separat angebotene Kohle gerne fressen.

Eine Möglichkeit ist es, die Kohle im Laufgang des Stalles zu streuen. Die Tiere vermahlen die Kohle und vermengen sie mit Stroh und Mist. Danach wird sie je nach Stallsystem in den Güllekasten gespült oder auf dem Misthaufen zwischengelagert. Bei beiden Anwendungen reduziert die Kohle Geruch- und Gasemissionen – ein Hinweis darauf, dass mehr Nährstoffe im Hofdünger bleiben. Dieselbe Wirkung entfaltet die Pflanzenkohle auch im Kompost.

Weitere Möglichkeiten bestehen im direkten Untermischen der Kohle in Gülle, Mist oder Kompost. Das FiBL hat einen Versuch angelegt, in dem die Kohle zwei Wochen in Gärgülle aufgeladen wurde („Kohle fürs Klima“), auch auf youtube kann Mensch viele Beiträge finden, in denen verschiedene Verfahren zum Aufladen der Pflanzenkohle vorgestellt werden. Sie reichen von ganz kurz (z.B.

Einige Tage mit fermentiertem Urin aufladen) bis zu aufwändigen Kompostierverfahren innerhalb ein oder zwei Jahren. Auf jeden Fall scheint das Aufladen der Kohle mit pflanzenverfügbaren Stickstoff- und Phosphorverbindungen entscheidend zu sein. Dies ist verständlich, da es auch die Nährstoffe sind, die unsere Kulturen in grössten Mengen brauchen, um zu gedeihen. Es ist aber für mich sehr gut verständlich, wenn Leute aufwändigere Aufladungsmethoden bewerben, die möglichst umfassend alle Nährstoffe unserer Kulturen berücksichtigen. Eine weitere Dimension der Aufladung betrifft Mikroorganismen. Es ist möglich, durch Mischen mit Hofdüngemitteln (Mist, Gülle, Kompost), oder auch mit speziell dafür ausgerichteten Mikroorganismen-Kulturen (EM, Komposttee usw.), bereits vor dem Ausbringen nützliche Mikroorganismen in der Kohle

anzusiedeln.

Im Kompost kann die Kohle auch erfolgreich aufgeladen und in den Hofkreislauf eingebracht werden. Je nach Haltung der Produzenten wird bis zu 20% Anteil Kohle in den Kompost gemischt. Dabei gibt es verschiedene Rezepte, die zum Beispiel Steinmehl oder EM-Zubereitungen beinhalten oder Brennesseljauche, da beinhalten viele Beiträge eigene Lösungen. Ähnliche Versuche, die ich in meinem Garten angelegt habe, sind noch zu jung für sichtbare Ergebnisse. Ich habe dabei einfach Pflanzenkohle in meinen Kompost gemischt.

Eine allgemein gültige, überall anwendbare Lösung scheint es nicht zu geben. Je nach Bodenart, Bewirtschaftung und Kulturen wollen wir andere von der Kohle angebotenen Vorteile nutzen, und müssen uns auch auf andere Nährstoffe und Mikroorganismen konzentrieren. Die Kohle ist in erster Linie ein Schwamm, der Wasser, Nährstoffe und Mikroorganismen länger stabil im Boden halten kann als der Ton-Humus-Komplex. Dies gilt es, möglichst sinnvoll im Sinn der Ziele zu nutzen. Das Ausbringen selber kann wie üblich gemacht werden, eine Einarbeitung in den Boden ist aber zu empfehlen, um je nach Lage und Wetter ein Wegwaschen der feinen Kohleteile an der Bodenoberfläche zu vermeiden. Die Kohle wird dann jahrhundertlang helfen, Nährstoffe, Wasser, Wärme und Mikroorganismen für die Versorgung der Kulturen bereitzuhalten.

## **7. Pflanzenkohle im Boden**

### **7.1 Physik**

Die Pflanzenkohle entfaltet im Boden diverse Wirkungen. Fast Alle leiten sich von der hohen Porosität des Materials ab. Landwirtschaft wird auf vielen unterschiedlichen Böden betrieben. Manche sind eher sandig, so dass Wasser und Nährstoffe schnell abfließen. Solche Böden neigen auch dazu, zu erodieren, weil der leichte Boden schnell weggespült werden kann. In solchen Böden kann Kohle helfen, Wasser und Nährstoffe länger im Boden zu halten, und macht die Erde „schwerer“ und stabiler. Im Gegensatz dazu gibt es auch Böden, die eher schwer und lehmig sind. Sie neigen dazu, wasserdichte Schichten zu bilden (z.B. Pflugsole). Die Bearbeitung solcher Böden braucht viel Kraft, was wiederum die Gefahr von Bodenverdichtungen erhöht. In solchen Böden lockert die Kohle auf und macht den Boden durchlässiger. Dadurch werden sie einfacher zu bearbeiten, und tendieren weniger zu Staunässe und Überschwemmung. Zusammenfassend erhöht die Pflanzenkohle die Porosität des Bodens, die für die Stoffwechselprozesse des Bodens entscheidend ist. Die Poren ermöglichen den Austausch und die Lagerung von Luft, Wasser und damit auch Nährstoffen und die sie verarbeitenden Organismen. Das ist ein Aspekt der Wirkung von Pflanzenkohle im Boden.

### **7.2 Chemie**

Ein zweiter, wichtiger Teil, ist das Vermögen der Kohle, auch negativ geladene Ionen im Boden halten zu können. Ton-Humus-Komplexe, die viele Nährstoffe pflanzenverfügbar im Boden speichern können, sind negativ geladen, und stossen daher negativ geladene Ionen wie Nitrate (pflanzenverfügbarer Stickstoff N) und Phosphate (pflanzenverfügbarer Phosphor P) ab. Weil gerade N und P für unsere Kulturen die mengenmässig wichtigsten Nährstoffe sind, kann die Kohle dort viel bewirken. Statt dass die aufwändig in den Boden eingebrachten Nährstoffe mit dem Wasser wegfließen oder in die Atmosphäre verdampfen, können sie im Boden gehalten werden, bis die Pflanzen sie benötigen. Durch die abnehmenden Nährstoffverluste durch den Einsatz von Pflanzenkohle, kommt ein grösserer Anteil der ausgebrachten Nährstoffe bei der Kultur an. Daher kann der Einsatz von Pflanzenkohle eine Reduktion von Düngergaben bewirken, ohne die Ernährungssituation der Kultur zu beeinträchtigen.

Eine weitere chemische Wirkung der Pflanzenkohle im Boden leitet sich auch von ihrer Filterfunktion ab. Im Boden enthaltene Schadstoffe wie zum Beispiel Schwermetalle können von

der Pflanzenkohle aufgenommen werden, was deren Wirkung auf unsere Kulturen reduzieren soll. Diese Eigenschaft ist aber noch nicht wissenschaftlich untermauert, so weit ich herausfinden konnte.

### 7.3 Biologie

Des Weiteren bietet die Kohle mit ihrer hohen Porosität auch geschützten Lebensraum für Mikroorganismen an. Diese sind oft auf verschiedene Umwelteinflüsse wie Strahlungsänderungen, Temperaturänderungen, chemische Umgebungsänderungen (z.B. pH) sehr empfindlich. Dort hilft die Kohle, Nischen bereitzustellen, die solche Einflüsse puffern, und stabilisiert daher die Besiedlung der Böden (und auch von Verdauungssystemen) durch Mikroorganismen. Dies hilft vor Allem bei Anbausystemen stark, die die Mikroorganismen im Boden und Pansen fördern/steuern. Der Einsatz von Rottelenkern, Nützlingen, EM, Bokashi wird von der Kohle unterstützt, ihre Effekte gestärkt und ihre Wirkung verlängert.

Offensichtlich färbt die Kohle den Boden dunkler. Dies macht ihn auch wärmer, so dass die Aktivität von den Bodenlebewesen länger in die Nächte und in die kälteren Jahreszeiten reicht. Je nach „Aufladung“ der Kohle, kann sie auch einen Einfluss auf den pH Wert des Bodens haben. Gerade in fast reiner Form (z.B. Nicht oder ungenügend aufgeladen) kann die Kohle den pH erhöhen. Es empfiehlt sich, diesen Faktor beim Ausbringen zu berücksichtigen, um nicht unerwünschte Effekte zu erhalten.

## 8. Kohle in der Gesellschaft

Der Hype bezüglich Umweltschutz, Klimawandel und technische „Revolutionen“ ist vielerorts zu sehen. Als mögliche CO<sub>2</sub>-Senke wird auch die Pflanzenkohle benutzt, um nicht nachhaltiges Verhalten zu kompensieren oder „grünzuwaschen“. Die Pflanzenkohle wäre eigentlich ein gutes Mittel, um im grossen Stil auf das Klima einzuwirken.

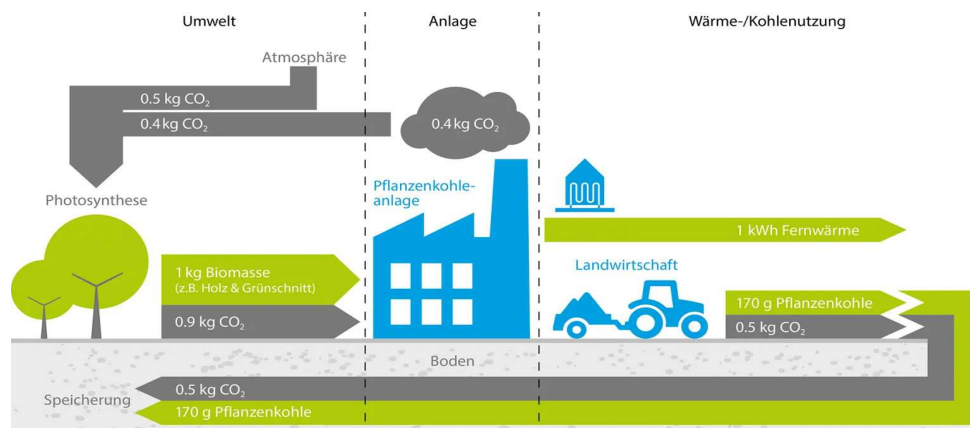


Abbildung 5: CO<sub>2</sub> Bilanz Holzkohle nach energie-experten.ch

Der Prozess selbst ist aber nicht unfehlbar oder grundsätzlich gut. Es gilt, sorgfältig abzuwägen, wie viel Transport und Maschineneinsatz sinnvoll ist, und ab wann auch der Pflanzenkohleeinsatz mehr schadet als nützt. Dies kann ich selber nicht abschliessend beurteilen, und es sind auch nicht so viele Informationen zu solchen Themen vorhanden. Leider werden heute viele wissenschaftliche Tätigkeiten nur noch an wirtschaftlichen Kriterien bemessen. Im heutigen System ist Energie fast umsonst zu haben, weil in unserer Wirtschaftsordnung die Aufräumarbeiten für Rohstoffabbau und Energieproduktion nicht in den Energiepreis einfließen (z.B. Endlagerung Nuklearenbrennstoffe, oder Renaturalisierung von Rohstoffabbaustrukturen, sowie Verschlechterung der Lebensbedingungen

unserer Nachfahren oder Ausländer). Dies verzerrt den Markt dahingehend, dass Strukturen eher grösser und zentraler gestaltet werden, weil die Transportaufwände in den Preisberechnungen nicht gross ins Gewicht fallen und daher auch in den Budgets keine grosse Rolle spielen. Auch werden im Bau solcher Anlagen Materialien aus aller Welt verwendet, deren Wirkung auf unsere Lebensgrundlagen in den wirtschaftlichen Berechnungen auch oft massiv unterbewertet werden. In diese Kerbe schlägt auch mein Blickwinkel auf die Kompensation von CO2 Emissionen. Handlungen von Menschen sind nie rückgängig machbar, auch wenn es manchmal so aussieht. Wenn ich zum Beispiel auf einen anderen Kontinent fliege, so kann keine Massnahme auf der Welt das umkehren. Das Bauen und der Unterhalt der Infrastruktur, die mir den Flug ermöglicht, erzeugt nicht nur CO2, sondern wirkt auf vielfältige Weise auf die Welt. Rohstoffe müssen abgebaut, transportiert, aufbereitet werden, die Abfälle wieder in den natürlichen Kreislauf eingebracht werden und so weiter. Wenn ich dann MyClimate zahle, um mir ein gutes Gewissen zu kaufen, in dem ein Teil des Schadens wieder scheinbar gutgemacht und stark beworben wird, ändert nichts. Das ist nur ein Ablasshandel im Stil der katholischen Kirche vor ein paar hundert Jahren. Nur dass da nicht ein Eintritt in den Himmel nach dem Tod verkauft wird, sondern die Lebensgrundlagen unserer Nachfahren. Das trifft meiner Meinung nach auf viele heutige (schein-)ökologischen Massnahmen (z.B. Elektromobilität, Photovoltaik usw.) zu. Der einzige Weg, eine „Umwelt“ zu erhalten, in der wir auch noch leben können, ist weniger aufwändig und lokaler zu konsumieren. Daher lehne ich es auch ab, Geld von „Verursachern“ anzunehmen, wenn ich Kohle in den Boden einbringe. Aus dem gleichen Grund bevorzuge ich handwerkliche Produktion gegenüber industriellen Produktionen.

Wie die Pflanzenkohle genau im Boden wirkt, könnte je nach Boden und Klima unterschiedlich sein. Bisher scheinen keine negativen Folgen bekannt zu sein, aber es ist nicht auszuschliessen, dass der Einsatz von Pflanzenkohle nicht von Allen Organismen geschätzt wird. Daher empfehle ich, sorgfältig auszuprobieren, und sie nicht einfach überall in rauen Mengen zu verteilen.

Wenn grössere wirtschaftliche Entitäten auf die Pflanzenkohle aufmerksam werden, besteht die Gefahr, dass sie mit Hilfe von Einfluss im Staat gesetzliche Richtlinien mitgestalten, die den Vorteil der grossen Strukturen gegenüber den kleineren weiter ausbauen, um wirtschaftlichen Scheinnutzen zu erzeugen - zu Lasten der eigentlichen Ziele und des wirklichen Nutzens für die Förderung menschlichen Lebens. Dies geschieht meist sehr versteckt und gut beworben. Ein Beispiel in die Richtung, ist, dass Pflanzenkohle heute nur zur Fütterung eingesetzt werden darf, wenn sie zertifiziert ist (<https://european-biochar.org/de/>). Die zur Zertifizierung nötigen Laboruntersuchungen kosten 750 Euro pro Probe. Zertifiziert werden können daher vor Allem industrielle Anlagen, da es zu teuer und wenig aussagekräftig wäre, einen handwerklichen Prozess zu zertifizieren. Zusätzlich entlastet die Zertifizierung die Produzenten von persönlichem Einsatz, da auch offensichtliche Mängel nicht behoben werden müssen, so lange die (eventuell nicht so strenge) Zertifizierung erlangt werden kann (wie bei allen Zertifizierungsstellen, besteht in diesen Stellen ein Interessenskonflikt, da einerseits die zu Zertifizierenden die eigene Kundenbasis ist, zu denen ein guter Geschäftsmensch gerne grosszügig ist, andererseits die Glaubwürdigkeit des Zertifikats eine gewisse Strenge verlangt, die aber schwer objektiv zu überprüfen ist).

Grundsätzlich glaube ich, dass die Herstellung, Verarbeitung und das Ausbringen von Pflanzenkohle geeignet wäre, in lokalen Strukturen umgesetzt zu werden. Auf den meisten landwirtschaftlichen Betrieben fällt Holz an, das nicht gut verkauft werden kann. Im Jahrbuch Wald und Holz 2021 vom Bundesamt für Umwelt wird eine Ernte von 1.94mio fm (Festmeter Holzvolumen in m3 ohne Zwischenräume) Holz für die Energiegewinnung in der Schweiz verzeichnet (ca. 40% der Holzernte). Grob gerechnet (nur Fichtenholz, 0% Feuchtigkeit, nach Zahlen von [www.hackschnitzel-preisanfrage.de](http://www.hackschnitzel-preisanfrage.de) und [www.energie-experten.ch](http://www.energie-experten.ch)) ergeben sich daraus ca. 125000 Tonnen Pflanzenkohle. Auf die heutige Schweizer Landwirtschaftsfläche von ca. 1.5mio

Hektaren verteilt, würde das 86kg Pflanzenkohle pro Hektare ergeben, was eine Menge darstellt, die in einer normalen Hofdüngergabe von 20t Mist pro ha weit unter 1% Gehalt ergäbe. Dabei würden wir ca. 367630 Tonnen CO<sub>2</sub> im Boden einlagern, was ca. 7.6% des jährlichen CO<sub>2</sub> Ausstosses der Schweiz bedeuten würde (Zahl BFS 2016). Zusammengefasst lässt sich damit sagen, dass auch wenn wir alles Energieholz, das wir ernten, verköhlern und in den Boden einbringen würden, wir nicht einmal 10% unseres CO<sub>2</sub> Ausstosses damit kompensieren würden. Daher denke ich, dass der Nutzen vom Pflanzenkohleeinsatz vor Allem in der Bodenverbesserung ersichtlich werden muss, damit er Sinn macht. Die CO<sub>2</sub> Problematik lässt sich damit eventuell positiv beeinflussen, jedoch eine Lösung dafür ist sie nicht. Dazu kommt noch, dass die Pflanzenkohle, die wir in solchen Anlagen produzieren, die Wärmeausbeute des Holzes gegenüber der vollständigen Verbrennung reduzieren (ca. halbiert), was für die gleiche Wärmeleistung mehr Holzverbrauch bedeutet. Eine mögliche Quelle für das zusätzliche Holz könnten Vernetzungsprojekte, Hecken oder Agroforstprojekte liefern. Die meisten industriellen Anlagen sind auch mit Grünschnitt oder ähnlichen Ausgangsmaterialien betriebsfähig, was diesen Aspekt kompensieren könnte. Wie sich das hingegen auf die Qualität der Kohle und dessen Wirkung in seinem Einsatzgebiet auswirkt, ist für mich noch schwer abzuschätzen.

Dieser Abschnitt ist eine grobe Schätzung der Verhältnisse an Hand von öffentlich zugänglichen Informationen. Es ist mir bewusst, dass heute noch nicht abgeschätzt werden kann, ob es sinnvoll wäre, alle Flächen mit Pflanzenkohle anzureichern. Falls es so wäre, hätte unsere Landwirtschaftsfläche das Potential, 70mio Tonnen Kohle aufzunehmen (bei einer maximalen Gabe von 5kg/m<sup>2</sup>), und damit 210mio Tonnen CO<sub>2</sub> (0.34kg Kohle bedeutet 1kg CO<sub>2</sub>), also der CO<sub>2</sub> Ausstoss von 4 Jahren in der Schweiz. Obwohl das alles Schätzungen sind, wird sichtbar, dass auch die Einlagerung von CO<sub>2</sub> im Boden langfristig keine Lösung ist, um den Überschuss, den wir heute produzieren, zu kompensieren. Die Rechnung hat auch einen grossen Fehlerbereich, da die meine Datengrundlagen nicht vollständig deklariert sind. Feuchtigkeitsgehalt der Kohle wird nicht erwähnt. Messweisen werden nicht offengelegt. Die empfohlenen Maximalgaben pro Fläche unterscheiden sich stark, ich habe eine vorsichtige Version gewählt, die von 20% Aschegehalt in der Kohle ausgeht, und vorsichtshalber hohe Schwermetallgehalte annimmt. TerraPreta Produzenten setzen bis zu 20 Volumen% Holzkohle in ihren Mischungen ein, dies würde mehrfache Gaben erlauben, im Vergleich zu denen, die ich oben errechnet habe. Auf jeden Fall bin ich überzeugt, dass es bei dem Einsatz von Pflanzenkohle im landwirtschaftlichen Boden eine Grenze gibt, die es nicht zu überschreiten gilt. Entscheidend ist, nicht mehr auszubringen, als es unseren Kulturen nützlich ist, und vorsichtig zu agieren, offen für mögliche Nachteile. Niemand kann im Voraus abschätzen, welche Nachteile auftreten könnten. Wie immer gibt es keine allgemein gültige Lösung in der Ökologie. Vielfalt ist gefragt. Daher würde ich ein weiteres Erforschen dieses Themas befürworten, und ihren vorsichtigen Einsatz in der Praxis, möglichst in Zusammenarbeit zwischen Bauern und Wissenschaftlern. Die zentrale Produktion und den breiten Einsatz der Kohle in der Landwirtschaft erscheint mir hingegen eher fragwürdig. Über den Aufwand, den es bedeuten würde, bestehende Energieanwendungen mit Holz durch solche zu ersetzen, die nebenbei noch Pflanzenkohle produzieren, lässt sich wenig sagen. Einerseits sind solche Informationen über die Aufwändigkeit der Anlagen selbst (Rohstoffe, Konstruktion, Transport, Installation, Betrieb der Anlagen usw.) schwer erhältlich und sehr unterschiedlich. Auch der Betrieb selbst würde sehr unterschiedliche Klimabilanzen erhalten, je nach spezifischer Funktionsweise (Holzernte, Lagerung(?), Prozessqualität, Nebennutzen usw.)

Auch gesellschaftlich hätte die Pflanzenkohle meiner Ansicht nach grosses Potential. Wir könnten die Produktion und den Einsatz von Pflanzenkohle lokal gestalten. So könnten Energiestrukturen wieder kleiner und lokaler organisiert werden, und die Abhängigkeit von unbeeinflussbaren Grosskonzernen könnte reduziert werden. Auch würde die Landwirtschaft aufgewertet, die zusätzlich zu Nahrungsmitteln auch Energieproduktion anbieten könnte. Es wäre mir ein Anliegen, die Landwirtschaft selbstständiger zu gestalten. Die Lagerung und Verarbeitung von Pflanzenkohle

wäre auf jeden Fall mit Mitteln zu bewältigen, die auf fast jedem Hof anzutreffen sind, wie auch in vielen ländlichen Haushalten. Auch wenn sicher nicht alle Bauern diese Aufgabe auf ihrem Hof integrieren wollen, wäre eine lokale Zusammenarbeit sicher denkbar, so dass die Transportwege kurz bleiben würden, und genug Pflanzkohle für Alle anfallen würde. Es gibt viele Möglichkeiten, die Produktion von Holzkohle in bestehende Abläufe einzubauen. An vielen Orten, wo Holz bereits zur Energiegewinnung benutzt wird, könnte auch eine Anlage eingebaut werden, die nebenbei Pflanzkohle herstellt. In solchen Zusammenhängen sehe ich den Einsatz von Pyrolysereaktoren auch positiver, sie würden eine umfassendere Nutzung von Biomasse als Energielieferant erlauben.

Denkbar wären auch Systeme, die sich auf das Rauchgas konzentrieren würden. Die im Rauch enthaltenen Gase Wasserstoff und Methan liessen sich theoretisch auch als mobilen Energieträger (Kraftfahrzeuge, Maschinen), oder zur Synthese von flüssigen Treibstoffen benutzen. Geschickt umgesetzt wäre Holz eine Möglichkeit, auch im Energiesektor geschlossene Kreisläufe aufzubauen. Auch die handwerkliche Herstellung lässt sich mit anderen betrieblichen Aufgaben wie Heckenschnitt, Wald- oder Feldarbeit kombinieren. Es muss einfach Jemand ab und zu merken, wenn Holz nachzulegen, oder das Feuer zu schüren ist. Auch da sind noch viele Möglichkeiten vorstellbar, die erst noch zu erforschen sind, wo die Wärmeentwicklung der Köhlerei sinnbringend eingesetzt werden kann. Auch da könnte die anfallende Wärme für viele Zwecke eingesetzt werden, wenn passende Geräte entwickelt würden (mobile Trocknungsanlage, Heisswasserproduktion und so weiter).

## 9. Pflanzkohle im Stall

Wie oben bereits erwähnt, gibt es gesetzliche Richtlinien bezüglich dem Einsatz von Pflanzkohle als Fütterungszusatz. Trotzdem wäre ein Einbringen der Pflanzkohle in den Hofkreislauf auf diese Art meiner Meinung nach sehr interessant. Einerseits kann sie so an einem weiteren Ort wirken – im Pansen. Andererseits ist kein in den Mist/Kompost einarbeiten oder in die Gülle rühren nötig. Wie in der Humanmedizin auch bekannt ist, kann die Pflanzkohle in Verdauungssystemen positive Wirkung haben. Wie in der Erde auch bindet sie chemische Zwischenprodukte, die bei unpassendem Nährstoff/Verarbeiter-Verhältnis anfallen, sie bietet den Mikroorganismen geschützte Habitate, und saugt Flüssigkeit, verdickt zu dünnen Kot. Da ich selbst keine Tiere halte, kann ich aber nicht viel mehr dazu sagen. Ich werde versuchen, in diesem Bereich noch zu mehr Informationen zu gelangen



Abbildung 6: Kohle in Fütterung (<https://www.dorsetcharcoal.co.uk>)

## 10. Pflanzenkohle in den Hofdüngemitteln

Pflanzenkohle kann recht einfach in den Misthaufen eingearbeitet werden. Da Pflanzenkohle im Misthaufen vor Allem eine Filterfunktion hat, ist ihr Nutzen in der untersten und obersten Schicht des Haufens am grössten. Die Kohle kann Teile der wasserlöslichen Nährstoffen ausfiltern, aber auch Teile der gasförmigen Nährstoffe. Auffällig ist, dass der Mist weniger riecht. Beim Rotteprozess im Misthaufen werden die ursprünglichen, pflanzlichen und tierischen Stoffe ab beziehungsweise umgebaut. Dabei entstehen viele verschiedene Stoffe. Nitrate, Phosphate und andere Stoffe sind leicht wasserlöslich, und werden mit dem Wasser in die Jauchegrube gespült. Andere, wie Lachgas, Methan, Ammoniak und so weiter, sind unter normalen Bedingungen gasförmig und entweichen dem Misthaufen in die Atmosphäre, z. T. Mit starkem Einfluss auf unser Klima. Die Kohle kann Anteile dieser Prozesse bremsen, und die Nährstoffe so mit Hilfe von Mikroorganismen im Mist fixieren. Dabei ist eine Vermahlung der Kohle zu empfehlen, damit ihre Oberfläche möglichst gross, und ihre Verteilung möglichst gleichmässig gerät.

Das Einbringen der Kohle in die Jauchegrube ist auch eine Möglichkeit, mit denselben Vorteilen wie im Mist. Allerdings fehlt mir bisher die Erfahrung damit. Vorstellbar sind für mich Probleme mit Aufschwimmen oder Absinken der Kohle in der Grube.

Es gibt auch Landwirte, die die Pflanzenkohle im Stallgang streuen, von wo sie dann in Mist und Gülle übergeht. Auch da kann die Pflanzenkohle Nährstoffe binden, die sonst in Form von Geruch und Gas in die Atmosphäre entweichen.

## 11. Ökologie

Trotz unserer grossen wissenschaftlichen Forschungsfortschritte in den letzten Jahrzehnten, wird immer wieder sichtbar, dass sich uns die grossen Zusammenhänge noch sehr fremd sind. Das empfindliche Gleichgewicht, in dem ökologische Systeme sich befinden, ist sehr schwer zu fassen. Einzelne Beziehungen zwischen verschiedenen Arten können wir beobachten und messen. Da ökologische Systeme meist weit verzweigt sind, und ein Netzwerk von unglaublich vielen verschiedenen Lebewesen darstellen, kommen wir da oft an unsere Grenzen. Daher ist sehr schwer, zu erfassen, ob die Pflanzenkohle nicht auch negative Effekte auf Biodiversität oder allgemein auf ökologische Systeme ausüben könnte. Die Pflanzenkohle, so wie ich sie kenne, ist auch ein erstaunlicher Stoff. In reiner Form auf einen Haufen geworfen, geschieht gar nichts. Nichts wächst darauf, weder Pilz noch Pflanze. Ausser gelegentlichem Scharren von ungesesehenen Tieren und einem Mäusenest auf der Kohle in einem Bigbag habe ich kein Leben in der Pflanzenkohle festgestellt. Sobald aber organisches Material sich mit der Kohle vermischt – wie zum Beispiel als ich ein bisschen Dinkelspreu in die Kohle gemischt habe - scheinen Pflanzen darin gut Wurzeln können, auch Pilze erscheinen schnell auf dem Spielfeld. Ein reger Betrieb von verschiedenen Insekten konnte ich auch um die Kohle beobachten. Leider weiss ich nicht, ob das in der Kohle gebundene Wasser für sie interessant war, oder sich zersetzende organische Materialien darin. Allgemein hätte ich bei der reinen Kohle mehr Aktivität erwartet, weil ja verbrannte Pflanzen in der Geschichte der Erde ein häufiges Phänomen war, und trotzdem scheint sich niemand auf die Pflanzenkohle spezialisiert zu haben.

Die meisten Studien, die ich bisher gesehen habe, setzen sich auch gar nicht mit solchen Themen auseinander. Bisher obliegt es wohl interessierten Bauern, den Einsatz von Pflanzenkohle zu prüfen, gerade in Hinsicht ihrer ökologischen Eigenschaften. Gibt es Pflanzen, die die Pflanzenkohle nicht schätzen? Wie ist der Einfluss von Pflanzenkohle auf das mikrobielle Leben (Einerseits scheint die Kohle für uns als antibakterielle Substanz zu wirken, wenn wir sie z.B. In der Pfadi zum Händewaschen benutzen, andererseits wird sie als Mikroorganismen fördernd beschrieben, wenn sie in der Landwirtschaft eingesetzt wird. Es kann auch sein, dass beides stimmt. Auf jeden Fall auch da etwas, was ich gerne genauer wissen würde)

## 12. Anhang

### 12.1 Fazit, Schlussfolgerungen

Die Auseinandersetzung mit der Pflanzenkohle war sehr interessant, und wird es für mich – glaube ich – auch weiterhin bleiben. Die Verkäufer von Terra Preta kommunizieren schon fast religiös überzeugt, ihre Erde könne fast Wunder bewirken („die Umwelt retten“, Erträge steigern, CO<sub>2</sub>-negative Energieprozesse usw.). Studien sind da nüchterner und zeigen auf, dass die Erträge eigentlich nur da steigen, wo der Boden oder die Nährstoffversorgung vor dem Einsatz der Pflanzenkohle schlechte Wachstumsbedingungen bot. Auch auf der „CO<sub>2</sub>-Sparseite“ sind die Hoffnungen in die Pflanzenkohle gross. Der Effekt ist meiner Meinung nach durchaus vorhanden, aber da wir viel zu viel CO<sub>2</sub> und andere Stoffe in die Atmosphäre abgeben, bleibt die Pflanzenkohle da ein Tropfen auf den heissen Stein. Gerade in der industriellen Pflanzenkohleherstellung werden graue Energie, Transport und teilweise die Qualität der Kohle vernachlässigt, um die Werbewirksamkeit und das ökonomische Umfeld zu bedienen. Mir fehlt da oft die ganzheitliche Sicht der Prozesse, hingegen sind mir die wirtschaftlichen Überlegungen zu stark gewichtet. Ich würde dafür plädieren, die Pflanzenkohle vorsichtig und lokal einzusetzen und genau zu prüfen, wie sie wirkt. Da die Mittel zur Pflanzenkohleherstellung überall vorhanden sind, würde es sich meiner Meinung nach anbieten, diese Produktion auch dezentral und mit moderatem Maschineneinsatz zu gestalten.

Nach wie vor gibt es viel Wissensbedarf. Die vielen Ausgangsmaterialien und Herstellungsverfahren, sowie die unterschiedlichen Ökosysteme, Böden und Kulturen ergeben ein vielfältiges und weitläufiges Forschungsgebiet, das uns helfen würde, die Pflanzenkohle besser herzustellen und einzusetzen. Sie würde auch die Erforschung des Bodenstoffwechsels anders beleuchten, was auch Impulse in biologische und regenerative Landwirtschaft geben könnte (und bereits tut).

Als Material ist mir die Pflanzenkohle sehr sympathisch, und die Arbeit damit macht mir Spass. Ich hoffe, wir finden noch bessere Wege, diese Pflanzenkohle herzustellen und einzusetzen. Ich bin überzeugt, dass sie uns helfen kann, unsere Lebensmittelproduktion und/oder Energieproduktion nachhaltiger und angenehmer zu gestalten. Trotzdem müssen wir uns bewusst bleiben, dass negative Aspekte auch erst mit der Zeit erkennbar werden könnten, und diesbezüglich offen bleiben, wie ja auch sonst im Leben.

### 12.2 Reflexion

Grundsätzlich habe ich die Gestaltung dieser Arbeit genossen. Der wohlgemeinte „Zwang“, diese Arbeit zu schreiben, hat mir geholfen, mich an den Computer zu setzen, weil mir sonst meist andere Tätigkeiten immer dringender oder wichtiger erscheinen, wenn kein direkter Grund vorhanden ist, warum ich über meine Tätigkeit schreiben soll. Eigentlich ist es wertvoll, die praktische Arbeit in Worten zu überdenken, das Ausdrücken kann auch verschwommene Wahrnehmungen konkretisieren und mit anderen Ideen und Wahrnehmungen verknüpfbar machen. Dies kommt bei praktischen Berufen wohl oft zu kurz – entweder arbeitet Mensch, oder Mensch forscht, da existiert auch eine unsichtbare und wenig durchlässige Wand.

Auch die praktische Seite einer solchen Vertiefungsarbeit ist für uns heute so viel einfacher geworden, mit der Hilfe von Internetrecherchen kann bequem auf Wissen von anderen Menschen zurückgegriffen werden. Andererseits gibt es auch viele eher ungenaue oder irreführende Beiträge, die auch viel Zeit kosten können. Ich hoffe, dass meine Arbeit selber einigermaßen ein ausgeglichenes Bild von dem Thema bieten kann – persönliche Erfahrungen mit der Pflanzenkohle in der jeweiligen Situation ersetzen kann aber kein Text.

Mir hat es gefallen, nach einer Weile selber „wursteln“ wieder einmal zu recherchieren, was andere Menschen unterdessen gelernt haben, und zu sehen, wie der Markt für Produktionshilfsmittel grösser und vielseitiger wird. Für die Zukunft meiner eigenen Köhlerei erwäge ich, auch maschinell ein bisschen aufzurüsten, um die Wärme der Kohleproduktion auch sinnvoll einsetzen zu können (die „Verschwendung“ dieser Energie in meinem aktuellen Prozess gefällt mir nicht). Ich bin zuversichtlich, dass ich nach Abschluss meiner Ausbildung die Zeit haben werde, um Geld für eine solche Investition zu erarbeiten. Auch diesbezüglich haben mir die Recherchen für diese VA geholfen, mehr Möglichkeiten und Akteure im Markt kennenzulernen. Ich hoffe, dass diese Arbeit Dich auch dazu inspiriert, mit Pflanzekohle Freundschaft zu schliessen, und sie in Deinem Garten/Feld (noch besser) herstellen/einsetzen zu können – dann wären alle Ziele dieses Textes gewürdigt.

### **12.3 Quellenverzeichnis**

Bilder: Dänu Schwob 2021 ausser:

Abb. 1: [www.google.ch](http://www.google.ch)

Abb. 2: [www.researchgate.net](http://www.researchgate.net)

Abb. 5: [www.energie-experten.ch](http://www.energie-experten.ch)

Abb. 6: <https://www.dorsetcharcoal.co.uk>

### **12.4 Eigenstandserklärung**

Diesen Text habe ich selbst „verbrochen“, an seinen Inhalten hat Niemand urheberrechtliche Ansprüche. Jegliche Haftung für von diesem Text inspirierten Handlungen lehne ich ab. Um die umständlichen und unschönen „GenderInnen“ zu vermeiden, habe ich meine Sätze meist so gebildet, dass sie mit „Mensch“ funktionieren. Obwohl das grammatikalisch nicht ganz korrekt ist, finde ich es schöner so. Ich hoffe, Du auch (Natürlich darfst Du, Wesen ausserhalb der Menschheit, Dich auch einbezogen fühlen, wenn Du das willst). Dieser Text beschreibt die Pflanzekohle so, wie ich sie sehe, er beinhaltet keine allgemein gültige Wahrheit, und er will das auch nicht behaupten.

## 12.5 Links

<https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/themen/umwelt-ressourcen/klima-lufthygiene/co2-treibhausgase-landwirtschaftliche-boeden/pflanzenkohle-treibhausgasemissionen.html>

<https://www.energie-experten.ch/de/wissen/detail/pflanzenkohle-klimapositive-energie-mit-co2-speicherung.html>

[https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/wald-holz/uz-umwelt-zustand/jahrbuch-wald-und-holz-2021.pdf.download.pdf/UZ-2125-D\\_JB-WaldHolz2021.pdf](https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/wald-holz/uz-umwelt-zustand/jahrbuch-wald-und-holz-2021.pdf.download.pdf/UZ-2125-D_JB-WaldHolz2021.pdf)

<https://www.hackschnitzel-preisanfrage.de/seite/hackschnitzel-masseinheit-und-gewicht/>

<https://www.a-p-d.ch/pflanzenkohle/>

<https://en.wikipedia.org/wiki/Biochar>

<https://www.fibl.org/de/infothek/meldung/kohle-fuers-klima>

<http://www.verora.ch/>

<http://www.kaskad-e.ch/pyrofarm/>

<https://www.compag.ch/index.php/de/84-produkte/135-pyrolyseanlagen>

<https://www.biomacon.com/>

<https://www.sp-sc.de/retorten-fur-die-biokohleproduktion/>

<https://www.reddit.com/r/BioChar/>

<https://www.pflanzenkohle.news/>

<https://european-biochar.org/de/>



**Dänu Schwob  
Feld und Wald**

Wäckerschwend 91, Oschwand  
078/825 00 06

Garten/Landwirtschaft/BioChar