

Herz und Kreislauf

Teil 1: Kohle

Es lohnt sich, sich ein paar Gedanken über Kohle zu machen. Fangen wir mit einem bewährten Verfahren an, mit dem sich einfach ein Grundprinzip erklären lässt:

Der Kohlenstoff-Kreislauf im Wald

Es ist nicht besonders spektakulär, nämlich Lehrstoff in den allgemein bildenden Schulen. Bei der Photosynthese-Tätigkeit stellen Pflanzen aus **Kohlendioxid** und **Wasser** unter Einsatz von **Sonnenenergie** Kohlenstoff-Verbindungen her und entlassen den Abfall – Sauerstoff – in die Luft.

Ich erlaube mir ein paar Vereinfachungen, die mir von den Fachleuten verziehen seien, weil dann die Genialität, nämlich Einfachheit dieses Prozesses und seiner Umkehrung – der Verbrennung von Holz – so deutlich wird.

Es gibt bei der Photosynthese nicht wirklich ein Sauerstoff-Problem, obwohl die Photosynthese permanent (nein, im Dunkeln nicht!) diesen „Abfall“ produziert. Abgesehen davon, dass wir den Abfall gern atmen, findet im Wald auch der Umkehrprozess zur Photosynthese statt: Pflanzenmasse verrottet auf dem Waldboden. Der gebundene Kohlenstoff wird wieder zu Kohlendioxid und der gebundene Wasserstoff zu Wasser. Dabei wird Sauerstoff verbraucht und Energie freigesetzt. Es gibt aber kein Kohlendioxid-Problem, weil...

Eben: **Kreislauf-Prozess**.

Es ist nicht einmal schädlich, wenn wir Holz aus dem Wald entnehmen, um es unter Nutzung der frei werdenden Wärme zu verbrennen – so zu sagen lagern wir den Verrottungsprozess aus – und dadurch das Kohlendioxid nicht vom Waldboden, sondern von unseren Schornsteinen emittiert wird. (Die Asche sollte wieder in den Wald, sonst verarmt er an Mineralstoffen.) Holzheizung gilt daher als „CO₂-neutral“.

Bis hier ist der Kohlenstoffkreislauf sehr überschaubar. Allerdings ist die Realität etwas komplexer. Wenigstens zwei natürliche Prozesse und ein menschlicher Eingriff nehmen zusätzlich Einfluss auf die Kohlenstoff-Bilanz:

1. **Humusaufbau**
2. **„Dauerhafte“ Entnahme von Holz** aus dem Wald für Bauzwecke etc.
3. **Kohle-Einlagerung** in die Erde (zu „Urzeiten“)

Mit der zuletzt genannten **Entstehung der fossilen Kohle** ist es etwas schwieriger. Ehrlich gesagt, kenne ich die dabei ablaufenden Prozesse nicht genau und lasse sie mir gern mal von jemandem erklären, der dabei war. Klar ist aber: damals wurde so zu sagen Kohlenstoff aus der Atmosphäre in die fossilen Lager „abgezweigt“ (anscheinend über sehr lange Zeiträume) und im 20. und 21. Jahrhundert wurden diese Lager in einer Manier, die für dieses Zeitalter typisch ist, weitgehend weggeputzt...

Die Ausbeutung der fossilen Lagerstätten (das gilt für Erdgas und Erdöl ähnlich wie für Kohle) setzte und setzt in sehr kurzen Zeiträumen relativ grosse Mengen Kohlenstoff in Form von

Kohlendioxid in die Atmosphäre frei (übrigens auch den in fossilen Energieträgern gebundenen Wasserstoff in Form von Wasser!), was zur jetzigen CO₂-Konzentration in Bodennähe von über 0,04% bzw. 400 ppm (parts per million) geführt hat. Anscheinend waren es vor der Ölzeit 300 ppm.

Bauen mit Holz und mit Holz-basierten Produkten stellt so zu sagen eine Zwischenlagerung (temporärer Speicher) von Kohlenstoff „ausserhalb der Atmosphäre“ dar. Dadurch bietet der Holzbau aus ökologischer Sicht eine hervorragende Chance, zur Reduzierung des CO₂-Gehalts in der Luft. Allerdings wäre auch das Bauen mit Kunststoffen dazu in der Lage, die so vor der Verbrennung oder oxidativen Zersetzung bewahrt werden¹. Es drängt sich die Frage förmlich auf, was mit den Baustoffen geschieht, wenn einst der Rückbau (Abbruch) der Gebäude fällig wird. Den Lösungsansatz beschreibt das spätere Kapitel „Köhlerei 2.0“

Kohlenstoff im Humus ist das Thema des folgenden Kapitels.

Kohle in die Erde

Ein winziger Auszug aus den vielen Daten, die über Kohle(nstoff) und Kohlendioxid im Zusammenhang mit Klimawandel publiziert wurden²:

Vorkommen des Elements Kohlenstoff

Weltweit in lebenden Pflanzen gespeichert:	97 Tonnen/Einwohner
Weltweit in Böden gespeichert (Humus)	236 Tonnen/Einwohner
Gasförmig in der Erdatmosphäre enthalten (im CO ₂)	111 Tonnen/Einwohner
Jährlich wird durch Photosynthese aus der Atmosphäre gebunden:	17 Tonnen/Einwohner

Die chemischen Reaktion von Kohlenstoff mit Sauerstoff zu Kohlendioxid läuft nach Mengenanteilen so ab:

1kg Kohlenstoff und 2,66 kg Sauerstoff ergeben 3,66 kg Kohlendioxid

Praktisch für jene, die sich für die energetischen Aspekte des Prozesses interessieren: es werden dabei ungefähr 1kg SKE (**Steinkohleinheiten**) als Wärme freigesetzt, was etwa 8 Kilowattstunden entspricht³.

Kohlenstoff wird nicht nur den fossilen Lagerstätten entnommen und in Verbrennungsprozessen zu CO₂ gewandelt, er geht auch beim Humusabbau durch **ausbeuterische Bodenbewirtschaftung** und Abschwemmen von Humus „verloren“. Abweichend von der hirnrissigen Idee (das ist meine Meinung), Kohlendioxid aus den Kraftwerken in unterirdischen Lagern vor der Atmosphäre zu verstecken, wäre ein Ansatz denkbar, der die Anregung aus dem Stoffkreislauf im Wald aufnimmt:

Kohle(nstoff) – elementar – zurück in die Erde!

- ¹ Ich will damit nicht sagen, dass mir kunststoffen genau so sympathisch sind wie Holz, aber ungeschminkte Wahrheit ist, dass das Verbauen von Kunststoff gegenüber dem Heizen mit Erdöl in der Kohlenstoff-Bilanz ähnliche Vorteile hat wie das Verbauen von Holz statt dessen Verbrennung.
- ² Die Basisdaten stammen aus dem lesenswerten Buch „[Terra Preta](#)“ von [Ute Scheub](#) und anderen, ich habe mit Ihnen selbst weiter gerechnet. Da ich Zahlen, die weit über eine Million hinaus gehen, extrem schlecht greifbar finde, habe ich sie auf die Einwohner der Erde bezogen, so werden sie handlich
- ³ Kohle hat selbst eine Mass-Einheit für Energie geliefert und es braucht nur die Umrechnungstabelle, um die Kohle-Verbrennung energetisch zu bilanzieren!

Terra Preta

Das für mich beeindruckendste Beispiel für Kohlenstoffspeicherung im Boden ist die **Schwarzerde** in ehemaligen Siedlungen des Amazonas-Tieflandes – portugiesisch: Terra Preta. Nach derzeitigem Kenntnisstand sind es mächtige Bodenschichten mit extrem hohem Gehalt an Kohlenstoff, die aus einer Landbau- und Siedlungskultur vor mehreren Tausend Jahren entstanden ist. Eine **Fäkalien-Kreislaufwirtschaft**, **Holzkohle von Feuerstätten** und vermutlich besondere **Mikroorganismen** spielten bei der Entstehung eine Rolle. Faszinierend an den Entdeckungen ist, dass die Fruchtbarkeit dieser Böden bis heute erhalten blieb. Es besteht der Verdacht, dass mit Terra Preta eine nachhaltige Bodenfruchtbarkeit erreicht werden kann, wie sie mit Mineraldünger-Gaben niemals funktioniert. Im Gegenteil „laugen“ diese aus völlig verdrehten Lehren von Justus von Liebig abgeleiteten, Natur-fernen Praktiken der „toten“ Düngung die Böden aus, wodurch Intensiv-Landwirtschaft fataler Weise eine Bedrohung für die Böden und die Welternährung geworden ist! Weltweit werden mittlerweile die Prozesse, die Schwarzerdeböden entstehen lassen, untersucht und Verfahren verfeinert, die in der zeitgemässen Landwirtschaft eingesetzt werden können. Ich habe zwei sehr empfehlenswerte Video-Produktionen gefunden, die sehr anschaulich mit Terra Preta bekannt machen:

- [Die Wiederentdeckung der Terra Preta](#)
- [„Terra Preta“ - Wundererde für das Wendland](#)

Köhlerei 2.0

Dass Jahrhunderte lang Kohle aus Holz in Meilern produziert wurde, ist nicht unbekannt. Das mag damals seine Richtigkeit gehabt haben. Aus heutiger Sicht unbefriedigend ist allemal, dass sehr viel Energie aus dem Schmelbrand als ungenutzte Wärme im Wald verschwand.

Das Grundprinzip

Holz enthält (in der Trockenmasse) an Elementen:

knapp 50% Kohlenstoff, fast ebenso viel Sauerstoff, etwa 6% Wasserstoff und eine kleine Menge Mineralstoffe, die beim völligen Abbrand als Asche zurück bleiben. In Spuren Stickstoff. Kalium. Schwefel, Chlor und in Kleinstmengen einige weitere chemische Elemente.

Bei einer **vollständigen Verbrennung** entsteht aus einem Kilogramm Holz und dem zugeführten Sauerstoff (Trockenmasse) hauptsächlich und ungefähr:

1,7 Kilogramm Kohlendioxid
600 Gramm Wasser
7 Gramm Asche

Auch bei der sauberen Verbrennung in einem modernen Ofen oder Heizkessel finden zwei wesentliche Prozesse statt, die man getrennt beschreiben und bei geschickter Konstruktion weitgehend räumlich trennen kann:

1. Austritt der flüchtigen Holzbestandteile (**„Holzgase“**) bei unter 500°C.
2. Speziell in Anlagen, die zur Kohle-Produktion konstruiert sind, werden diese Gase an einem Ort abseits der Entgasung unter Zufuhr weiteren Sauerstoffs verbrannt. Im Idealfall entsteht kein giftiges Kohlenmonoxid, sondern nur Kohlendioxid und Wasser(dampf). Es gibt im diesem theoretischen Fall Geruch-loses Abgas, speziell: frei von unverbrannten Schwelgasen und Teerölen.
3. In konventionellen Feuerungsanlagen wird auch die nach der Entgasung verbleibende fast reine Holzkohle zu Kohlendioxid (ohne Wasserdampf) verbrannt und nur Asche bleibt

zurück. Ist die Anlage für die Kohleerzeugung konstruiert, so wird die Kohle statt verbrannt entnommen und abgelöscht.

Nach meiner Berechnung, für die ich gern noch eine externe Bestätigung fände, sind, wenn nur die flüchtigen Bestandteile verbrannt werden, etwa 70% der im Holz enthaltenen Energie verwertet, während noch etwa 30% in der Kohle verbleiben – aus einem Kilogramm Holz-Trockenmasse etwa 180 Gramm Kohle. Das heisst, dass bei optimalem Prozess der grösste Teil der Energie aus dem Holz (jener, der im klassischen Meiler nur den Köhler ein wenig wärmt) in der Holzvergaser-Anlage nutzbar, obwohl die Kohle entnommen wird.

Pyrolyse-BHKW

Was geschieht mit dem Holzgas? Es bietet sich **thermische oder auch stoffliche Verwertung** an. Die nun vorgestellte Anlage ist eine „**Eier-legende Wollmilchsau**“ oder, neudeutsch: **multi-tasking**. Die Technik für ein **Kraftwerk**, dass mit Hilfe der Holzgas-Verbrennung elektrischen Strom erzeugt und die Abwärme thermisch nutzt, ist bereits Markt-reif! Verlockend für den Betrieb eines **Pyrolyse-Blockheizkraftwerks** sind folgende Aspekte:

1. Kohleerzeugung für Terra Preta oder ähnliche Verwendung
2. Hocheffiziente Bereitstellung von elektrischer Energie und Wärme
3. Saubere Verbrennung von nachwachsendem Rohstoff

Ein paar weitere Takte Zukunftsmusik: als Rohstoff ist nicht nur Holz aus dem Wald denkbar, auch Abbruchholz (nach der Zwischenlagerung des Kohlenstoffs in Bauwerken!), Pflanzenreste aus der Landwirtschaft, gewisse Zivilisations-Abfälle bis hin zu Klärschlamm und Altreifen könnten – bei Umwelt-schonend optimierten Prozessen verwertet werden. Diese Zukunft hat prinzipiell sogar schon begonnen! In Lettland wurden 20 Klein- Anlagen des niederbayerischen Herstellers Spanner mit jeweils 45 Kilowatt elektrischer und 120 Kilowatt thermischer Leistung bei Einsatz von 45 Kilogramm Holzhackschnitzel pro Stunde zu einer mittleren Anlage zusammen geschaltet. Bei Dauerbetrieb kann eine derartige Anlage die Menge elektrischer Energie bereit stellen, die etwa dem Bedarf von 70 typischen deutschen 4-Personen-Haushalten entsprechen.

Bedeutung im Energie-Szenario

Die letzte Behauptung hat einen kleine Haken: die Jahresproduktion der Anlage würde ausreichen, um die 70 Haushalte zu versorgen, wenn man Strom ins Regal legen könnte. Tatsächlich ist aber die Anforderung:

zu jeder Zeit muss die elektrische Leistung, die von Kraftwerken ins Netz geliefert wird gleich jener sein, die durch die elektrischen Verbraucher entnommen wird. Ob ausreichende Versorgung vorliegt, lässt sich daher nicht an den Jahres-Summen, sondern an den zeitlich aufgelösten Bedarfs- und Angebotskurven ablesen.

Die Angebote von Wind und Sonneneinstrahlung schwanken im Tagesverlauf und über's Jahr stark. Deshalb ist für eine sichere Versorgung ein gewisser Anteil von „lagerfähiger Energie“ erforderlich.

Aus dieser Einsicht heraus entstand ein neuer Schwerpunkt der Forschung für die „Energiewende“ bei Speichertechnologien. Es bahnt sich an, dass die Herstellung von synthetischem Methan (dem Hauptbestandteil von Erdgas) und dessen Einlagerung in den vorhandenen Lagerstätten für Erdgas eine Schlüsselfunktion übernehmen wird.

Im BHKW ist die Wärmebereitstellung an die Bereitstellung von elektrischer Energie **unmittelbar gekoppelt**. Der Einsatz ist daher dann sinnvoll, wenn beide Produkte gebraucht werden. Ideal wäre der Einsatz in der Wärme-Grundlast. Die Anlage hat eine Wärmeleistung, die am Ort der Aufstellung permanent abgenommen werden kann. Sie läuft dann permanent mit voller Leistung.

Für den zeitweiligen Mehrbedarf an Wärme wird dann ein Spitzenlast-Wärme-Erzeuger benötigt. In geringem Umfang können Bedarfsschwankungen auch über Wärmespeicher abgepuffert werden. Dann kann die Leistung der Anlage etwas höher sein als die minimale Abnahme durch Endverbraucher. Um in einem Stromnetz jederzeit die erforderliche Leistung einzuspeisen, sind auch Spitzenlast-Strom-Erzeuger erforderlich. Vielleicht gehe ich einen Schritt zurück: die Wollmilchsau legt keine Eier...

Es gibt nichts Gutes...

... ausser, man tut es.

Die Anlagentechnik für die Pyrolyse und Stromerzeugung ist heute bereits käuflich! Versuche, „Terra Preta“ in der Neuzeit herzustellen, zeigten schon Erfolge. Die Grundidee, der Erde die Kohle wieder zu geben, die ich aus dem Kohlenstoff-Kreislauf im Wald ableitete, ist einfach und unwiderstehlich. Das einzige, was noch aussteht, ist: aus der Vision konkrete Handlungen abzuleiten. **Aus diesem Grund suche ich Begeisterte, die an einem Projekt hier in der Region mitgestalten möchten.** Dazu sind vielfältige Talente nützlich. Technischer Sachverstand, Kommunikations-Talent, Mut und auch Kapital sind wesentliche Voraussetzungen dafür, dass der Schritt vom Traum ins Handeln gelingt. Bist du dabei?

Ich freue mich auf alles Konstruktive, was zurück fließt!

B



Kohleproduktion (1): modifiziertes Verfahren Frodo II. Später quillen Flammen aus dem Topf, drin ist "Sägemehl" aus meiner eigenen Brennholz-Aufbereitung, später dann feine Kohle. Weitere Varianten: Verfahren Pippi, nach jedem Kehren des Bauwagens. Verfahren Frodo I, wobei nach dem Ausbrand der Holzgase bei ganz normalem Betrieb des Kaminofens mit Zange oder Schaufel Glut entnommen und abgelöscht wird. Wegen der grossen Hitze und kleinen Restmengen Glut im Ofen, kann der dann gleich weiter heizen. Vorteil gegenüber chantico: die Wärme aus der Holzgas-Verbrennung kommt der Raumheizung zu Gute.



Kohleproduktion (2), grösserer Masstab: Anlagen zur Strom- und Wärme erzeugung mit Holzgas laufen schon in Bayern, in Lettland, in Murg-Oberhof!!!! Hersteller: [Spanner Re²](#). Vorteil gegenüber Verfahren Frodo: ausser Wärme wird sogar noch Strom genutzt! Die Technik könnte die sehr geschätzte Regelenergie für Schwachwind-Zeiten im künftigen Energie-Szenario liefern. [Hier ein Interview mit einem Pionier im Allgäu](#) (danke an Joachim!)