

## Urban AgriCulture Netz Basel: Pflanzenkohle aus dem Haushalt

Basel, 26. August 2012, Kaskad-E GmbH

Zuviel CO<sub>2</sub> in der Atmosphäre, zu wenig Kohlenstoff im Boden. Einen Ausweg aus diesem Dilemma bietet die **Pyrolyse-Pflanzenkohle**. Diese Kohle wird mittels Pyrolyseverfahren aus Grüngut hergestellt. Bei der Pyrolyse (Synonyme: Entgasung, Verschwelung, Verkohlung) werden die hochmolekularen organischen Verbindungen des Grünguts unter Sauerstoffausschluss und durch Wärme- einwirkung in energiereiche Gase und Teere (Pyrolysegas) aufgespalten. Dieses Pyrolysegas wird anschliessend in einem separaten Brennraum mit Sauerstoff im Überschuss vollständig verbrannt. Die dabei freigesetzte Wärme unterhält den Prozess und liefert zusätzlich extern nutzbare Prozesswärme z.B. zum Kochen oder Heizen.

Die **IG Pyrolyse Nordwestschweiz** fördert und betreibt die Entwicklung von einfachen Pyrolysegeräten wie Kocher, Heizpilze und Zimmeröfen für den Stadthaushalt. Diese funktionieren nach dem Prinzip des Top Lit Up-Draft (TLUD), bei welchem der Brennstoff oben angezündet wird (Top Lit) und die Primärluft von unten durch den Brennstoff nach oben (Up-Draft) in die Pyrolysezone geführt wird (Abbildung 1).

Dem Gartenkompost zugefügt wirkt diese Kohle nicht nur als stabile CO<sub>2</sub>-Senke und Geruchsfilter sondern unterstützt den Boden auch massgeblich bei der **Wasser- und Nährstoffspeicherung**. Damit kann Energie gespart, das Klima geschont und die Bodenfruchtbarkeit gefördert werden. Ein historisches Zeugnis ist die jahrhundert alte, noch heute fruchtbare Schwarzerde im Amazonas – die so genannte **Terra Preta**, welche nachweislich mit von Menschenhand hergestellter Holzkohle durchmischt ist.

Am 25. August 2012 lancierte die Firma Kaskad-E GmbH am Permakulturtag im Gemeinschaftsgarten des Urban AgriCulture Netz in Basel den Verkauf des eigens entwickelten **TLUD-Pyrolysegeräts «PyroCook»**. Die technischen Details zu diesem Gerät und zu den Brennstoffanforderungen finden sich auf Seite 3. Mit dem Gerät können grundsätzlich alle trockenen, kompakten und luftdurchlässig schüttbaren Grünmaterialien zu wertvoller Pflanzenkohle und Kochenergie umgewandelt werden. **Geeignete Grünmaterialien** aus dem Gemüsegarten sind zum Beispiel:

- Häcksel aus Ästen, Rinde und verholzten Stengeln
- Holzäste vertikal eingefüllt, maximal daumendick
- Schalen von Baum- und Haselnüssen,
- Laub, Heu, Stroh: nur in pelletierter Form
- Obstkerne und -steine, Traubentrester

Aufgrund der örtlichen Trennung von Entgasung und Verbrennung können somit mittels Pyrolyse Grünmaterialien mit hohem Aschegehalt sehr emissionsarm in Kohle und Wärme umgewandelt werden. Dies schont wertvolles, als Baustoff zu bevorzugendes Stammholz und ermöglicht die konsequente **Rückführung der** in Rinden, Ästen und Laub konzentrierten **Nährstoffe in den Boden**.

**Abbildung 1:** Funktionsbeschreibung und schematische Illustration des TLUD-Pyrolyseprinzips. Quelle: [www.ithaka-journal.net](http://www.ithaka-journal.net), modifiziert durch Stephan Gutzwiller, 2011.

Verbrennungszone, VZ:

Verbrennung der Pyrolysegase; sichtbare Flamme und nutzbare Wärme

Mischzone, MZ:

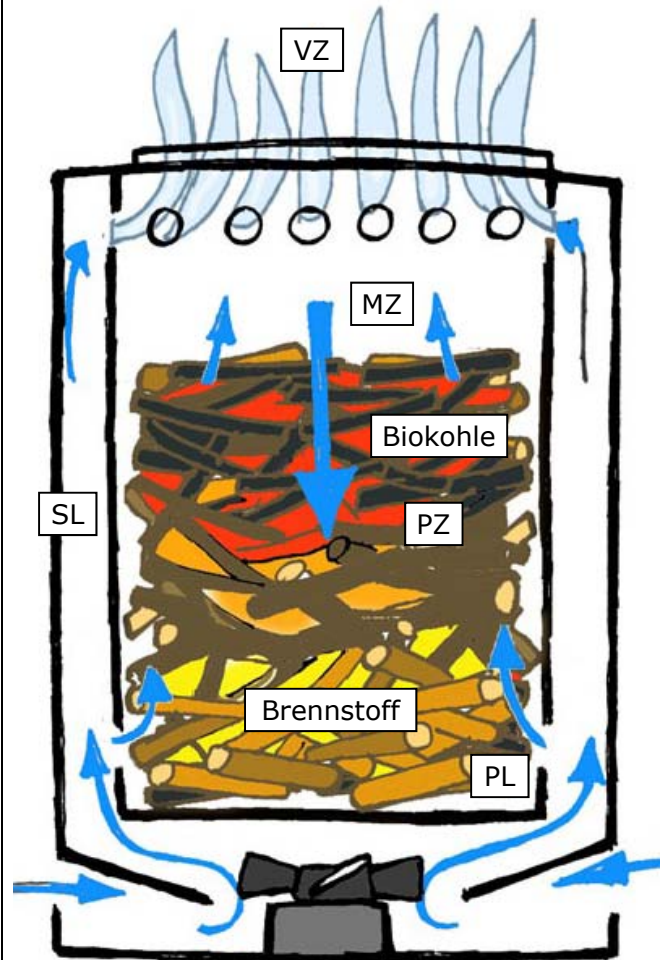
Vermischung von hochsteigenden heissen Pyrolysegasen mit Sekundärluft im Überschuss

Pyrolysezone, PZ:

Nach unten wandernde, glühende Pyrolysefront; angefacht durch wenig Primärluft

Luftzufuhrregelung:

- Primärluft, PL ( $\lambda=0.2$ ) strömt von unten in den Brennstoff und fliesst aufwärts zur PZ
- Sekundärluft, SL ( $\lambda=2.5$ ) wird in der Doppelwandung vor-gewärmt und strömt in die MZ



**Exkurs blaue Flamme.** Grundsätzlich sagt die Flammenfärbung noch nichts über die Qualität der Pyrolysegasverbrennung aus, sondern vor allem über die chemische Zusammensetzung des Gases. Entscheidend für eine saubere Verbrennung ist die gute Vermischung des Brenngases mit dem ausreichend zugeführten Sauerstoff vor dem Abbrand (Vormischflamme). Nun vermischen sich die Pyrolysegaskomponenten Kohlenmonoxid und Methan einerseits spontan sehr gut mit Sauerstoff und verbrennen andererseits zufällig beide mit blauer Färbung; es gilt daher tatsächlich: je blauer die Flamme desto sauberer die Verbrennung. Die länger-kettigen Kohlenwasserstoffe (Teere) im Pyrolysegas hingegen vermischen sich schlechter und können an kälteren Stellen kondensieren. Gleichzeitig verbrennen sie auch bei optimaler Vermischung und Sauerstoffversorgung gelblich. Deshalb ist eine gelbe Flammenfärbung zwar häufig aber nicht zwingend die Folge einer schlechten Verbrennung.

Stephan Gutzwiller zum berühmten «Blaufammenbild» seines ersten Prototyps: „Als der Kocher richtig gut brannte, hatte ich ihn unten am Zentralrohr kurz ausgelöscht und dann oben NACH dem Kamin über einem Lochsieb wieder angezündet. Dadurch konnte sich die Sekundärluft, die ja bereits weiter unten durch das Zentralrohr einströmt, besser (länger) mit dem Pyrolysegas vermischen – ich hatte also eine Vormischflamme. Weiter öffnete ich dann die Reihe Sekundärluftlöcher vor dem Kamin (nur bei diesem Modell vorhanden), durch welche direkt von aussen kalte Luft einströmte (10. Januar 2011, ca. -10°C). Diese kühlte das Gas-Luftgemisch ab, sodass ein grosser Teil der Teerverbindungen vor dem Abbrand an der Kocheroberfläche kondensierten. Ich reinigte damit quasi das Pyrolysegas von den Teerverbindungen. Übrig blieb ein gut gemischtes Methan-Kohlenmonoxid-Gemisch, welches sehr sauber und blau brannte! Doch die die Teerkondensation verschmutzte den Kocher zu sehr und ist stark von der Aussentemperatur abhängig, weshalb ich diese Kocher-Bauart nicht weiter verfolgt habe.“

# K a s k a d - E

Energie- und Stoffströme nachhaltig nutzen



## Micro-Pyrolysegeräte

PyroCook

PyroLight

www.kaskad-e.ch

Kaskad-E GmbH

Dornacherstrasse 192

4053 Basel

info@kaskad-e.ch

## Technisches Datenblatt

Stand: August 2013

Produktebezeichnung: **PyroCook**

Idee und Entwicklung: **Kaskad-E GmbH, Basel**

Herstellung: **Zumbrunn AG, Thürnen**

**Funktion:** Verkohlung von verholzter Restbiomasse zur Herstellung von Pflanzenkohle für die Bodenverbesserung unter Verwendung des Pyrolysegases als (Koch)brenngas

**Prinzip:** Top Lit Up-Draft (TLUD)-Gleichstrompyrolyse mit natürlicher Ventilation, Batch-Verfahren (Brennstoff einmal einfüllen) Sekundärluftzufuhr mittels Zentralrohr

**Verkohlungsgrad:** ca. 25%, bezogen auf das Trockengewicht; 1'000g Pellets mit relativer Feuchte von 10% = 225g Pflanzenkohle = 180g Cfix = 650g CO<sub>2</sub>-Äquivalent (C-Sequestrierung)

**Brennstoffanforderungen:** Brennwert > 12MJ/kg, Stückigkeit 5-50mm, Feuchtegehalt < 35Gew.%, Schüttdichte > 250g/Liter, Porenvolumen der Schüttung > 25%

**Brennstoffbehälter:** 8 Liter Fassungsvermögen

**Brenndauer:** 4h bei Pellets, ca. 1h bei Hackschnitzeln

**Leistung Brennstoff:** 3.5-5.0kW (je nach Brennstoff)

**Leistung Pyrolysegas:** 50% der Brennstoffleistung

**Leistung im Kochtopf:** 35% der Brennstoffleistung, Maximalleistung: 1.7kW, regulierbar von 0.8kW - 1.7kW (1.7kW: 4 Minuten, um 1 Liter Wasser zum Kochen zu bringen)

## Kurzbedienungsanleitung

Die Nummern korrespondieren mit der Darstellung nebenan  
Achtung: Gerät ausschliesslich im Freien benutzen, feuerfeste Handschuhe verwenden!

- [1] Bodenwanne mit Geräteunterbau auf ebenem Untergrund aufstellen, sodass das Pyrolysegerät stabil steht
- [2] Zentralrohr mit Stöpsel schliessen, nach [3] wieder öffnen
- [3] Brennstoffbehälter mit Brennstoff bis zu den Löchern füllen
- [4] Primärluftregler 100% öffnen (Position „on“)
- [5] Brennstoff unter Verwendung einer Anzündhilfe entfachen und nach 2 Minuten Kaminrohr [6] aufsetzen
- [7] Primärluftregler nach 10 Minuten auf Position „run“ stellen
- [8] Zubehör (Pfannendreibein oder Windlicht) aufsetzen
- [9] Beim Erlöschen der Flamme Primärluftregler auf „off“ stellen
- [10] Kaminrohr [6] abnehmen und fertige Pflanzenkohle in einen Blecheimer mit Wasser auskippen und abkühlen lassen

## Preisliste 2013

Alle Preise inkl. Mehrwertsteuer, 5% Rabatt bei Vorauszahlung, 2 Monate Lieferfrist  
Zahlungsverbindungen: Alternative Bank Schweiz, 4601 Olten, Konto 46-110-7  
Kaskad-E GmbH, S. Gutzwiller, 4053 Basel, IBAN Code: CH51 0839 0031 3042 1010 1

**Grundpreis** (ohne Zubehör und Versand) **CHF 655, € 544**  
neu per Oktober 2013: rostfreie Pulverbeschichtung in schwarz

Zubehör <b>PyroCook</b> Pfannendreibein	<b>CHF 35, € 28</b>
Zubehör <b>PyroLight</b> Windglas	<b>CHF 45, € 36</b>
Versandkosten <b>Schweiz, EU</b>	<b>CHF 50, € 85</b>



# Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz von 100 Pyrolyse-kochern «PyroCook» einmal in Betrieb

Graphik: Stephan Gutzwiller, Kaskad-E GmbH, 2012  
Informationen und Bestellung: info@kaskad-e.ch, +41 (0)61 534 68 86

Beispiel einer Brennstoffmischung:



70 kg

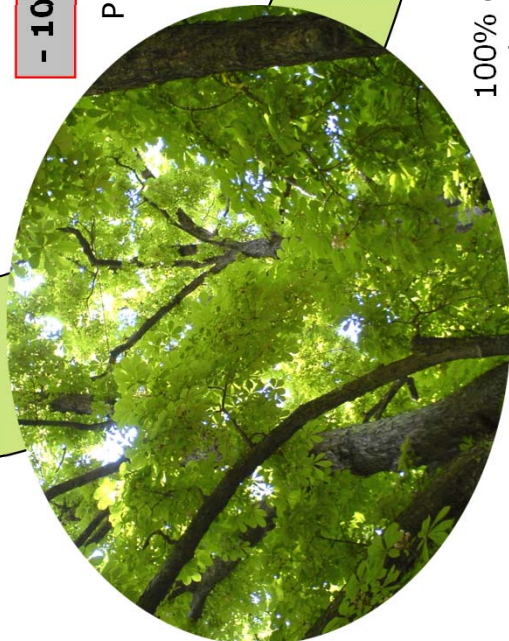


70 kg



70 kg

Ernterückstände



- 100% CO<sub>2</sub>

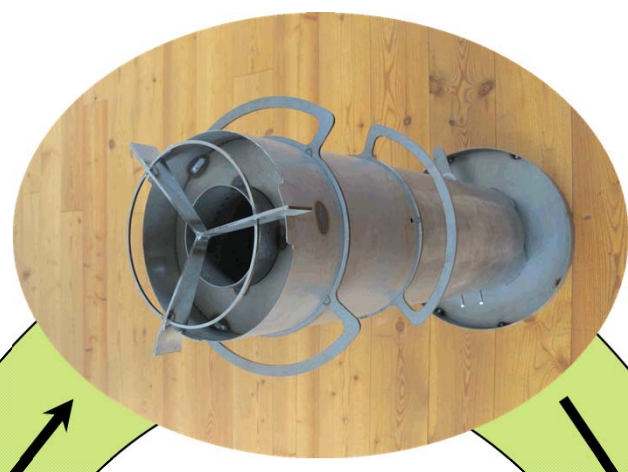
Photosynthese

100% der Pflanzenkohle als Bodenverbesserer verwendet (davon langfristig 20% Verlust)

Gesteigerte Nahrungsmittelproduktion in Bioqualität

Heu und Laub pelletieren, mit Häckselgut mischen  
~210 kg Trockenmasse

100 Pyrolysekocher ~750 kWh (reine Pellets: 2'750 kWh)



225 kWh im Kochgut  
225 kWh Abwärme

→ Pyrolysegas verbrannt, 240 kg CO<sub>2</sub>:

+ 60% CO<sub>2</sub>



CO<sub>2</sub>-Bilanz (100%=400 kg CO<sub>2</sub>):  
➡ Heute (baseline): + 50% CO<sub>2</sub>  
➡ Pflanzenkohlekreislauf: - 32% CO<sub>2</sub>  
➡ Differenz: -82% CO<sub>2</sub>

Heute: meist ungenutzt z.T. als CH<sub>4</sub> freigesetzt, + 150% CO<sub>2</sub>-Äquivalente



40% CO<sub>2</sub>

:160 kg CO<sub>2</sub> = 300 kWh in ~45 kg Pflanzenkohle ←