

Energetische Nutzung von *Zostera marina* in einem thermischen Vergaser

Hans Grassmann, Univ. Udine und Isomorph srl¹
24.12. 2022

*Normalerweise wird das Seegrass *Zostera marina* nicht als Brennstoff in Betracht gezogen, weil es nur schwer brennbar ist. Man kann es aber in einem Vergaser in Gas verwandeln, wenn man es vorher (mit Solarenergie) röstet.*

1. Einleitung

In vielen Ländern werden jedes Jahr grosse Mengen an Biomasse produziert und der Verwesung überlassen, wobei die verwesende Biomasse CO₂ und Wärme produziert. Solche Biomasse wird zum Beispiel in der Landwirtschaft produziert, denn nur die Hälfte der produzierten Biomasse ist essbar. Andere Beispiele sind der Grünschnitt in den Städten oder das Seegrass *Zostera marina*, das an den Stränden vieler Seebäder gesammelt wird.

Weil nun der Preis pro kg Brennstoff in grober Näherung dem von Lebensmitteln gleicht, so ist die als "Abfall" behandelte Biomasse etwa so wertvoll wie die gesamte landwirtschaftliche Produktion – wenn man denn nur die Energie dieser Biomasse nützen könnte.

Stattdessen werden diese "Abfallbiomassen" kaum energetisch genutzt, weil sie entweder schlecht brennen, oder jedenfalls komplexe und teure Aufbereitungsprozeduren erfordern, um aus ihnen Brennstoffe hoher Qualität herzustellen.

Zum Beispiel kann man Biomasse zu "biochar" umwandeln [1]. Dazu erhitzt man die Biomasse in einer sauerstofffreien Umgebung auf über 300°C. Die dazu benötigte Hitze erzeugt man aus der Verbrennung eines Teils dieser Biomasse selbst, typischerweise müssen 30% der Biomasse verbrannt werden, um den Rest genügend zu erhitzen. Dies bedingt eine erste Ineffizienz. Ausserdem verliert die Biomasse beim Erhitzen ihre flüchtigen Bestandteile, und mit diesen mindestens die Hälfte ihres Energieinhaltes. So dass das Verfahren insgesamt eine Effizienz von 30% oder weniger hat (in Abhängigkeit von der Temperatur).

Zudem ist die Produktion ebenso wie die Verbrennung von biochar teuer. Deswegen ist bis heute Holz das bevorzugte Biomasse-Brennmaterial. Und deswegen werden immer mehr Wälder abgeholzt.

Wenn man Holz durch einfache Biomassen oder "Abfallbiomassen" ersetzen will, so braucht man eine effizientere Weise der Nutzung dieser Biomassen, und ausserdem muss ein solches Biomassematerial als standardisiertes Material vorliegen, das man in einem einfachen Standardgerät verbrennen oder vergasen kann, so wie ja auch die fossilen Brennstoffe in standardisierter Form gehandelt und verbraucht werden, unabhängig von ihrer Herkunft.

¹ hans.grassmann@uniud.it, University of Udine, DPIA, via delle scienze 206, I-33100 Udine.

2. Solarkohle

Tatsächlich brennt in einem offenen Feuer nur biochar mit einer Flamme hoher Temperatur und wenig Rauch, wohingegen das unbehandelte Rohmaterial – wenn überhaupt – mit einer weniger heissen Flamme und wesentlich stärkerer Raumentwicklung brennt.

Wenn man dieses gleiche Rohmaterial aber vergast, so verbrennt das resultierende Gas wiederum bei einer hohen Temperatur und wenig Raumentwicklung – vorausgesetzt, es lässt sich tatsächlich vergasen.

Viele Arten von Biomasse lassen sich im Naturzustand nicht vergasen, zum Beispiel Grünschnitt, Kartoffeln, Yogurt, gebrauchtes Kaffeepulver oder Kuhmist. Röstet man diese Materialien aber bei einer Temperatur von etwa 130°C bis 150°C, so lassen sie sich sehr gut vergasen (siehe Kapitel 4), wie wir in Versuchen beobachtet haben.

Hierzu ist es vorteilhaft, die Biomasse einem durch Solarenergie erhitzten Heissluftstrom auszusetzen, die kann am einfachsten durch einen Linearspiegel bewerkstelligt werden [2], [3]. Eine erste solche Pilotanlage mit 25 kW Leistung wurde gebaut und erfolgreich betrieben [4].

Diese Technologie der solaren Röstung von “Abfallbiomassen” mit einem Linearspiegel wurde bei ESOF2020 vorgestellt (science in the city) und diskutiert [5].

Weil das geröstete Material – zusammen mit einem geeigneten Vergaser – fossile Brennstoffe ersetzen kann, so wird es “Solarkohle” genannt [6].

Während der solaren Röstung wird keinerlei Material verbrannt und es gehen auch keine flüchtigen Bestandteile verloren, sie ist also sehr effizient. Ausserdem wird durch dieses Verfahren letztlich Sonnenenergie auch für grosse Zeiträume auf effiziente Weise gespeichert.

3. Ziel dieser Untersuchung

Wir streben deswegen an, verschiedene Arten von Biomasse auf jeweils die Temperatur zu erhitzen, bei welcher die jeweilige Biomasse zu einem Vergaserbrennstoff guter Qualität wird, so dass im Ergebniss ein Standardmaterial “Solarkohle” definiert werden kann, das unabhängig von der Herkunft immer gleich gut in einem Standardvergaser vergast werden kann. Das könnte zum Beispiel bedeuten, dass Holz gar nicht geröstet werden muss, während Biomasse, die weniger gut brennt als Holz, geröstet werden muss, um so ein ebenso gutes Brennmaterial zu werden wie Holz.

Als Vorbereitung auf eine solche Studie wollen wir hier eine Art von Biomasse untersuchen, die als besonders schlecht brennbar gilt, und erkunden, ob durch Rösten diese Biomasse zu einem Brennmaterial guter Qualität gemacht werden kann, wenn man es in einem Vergaser für Solarkohle vergast. Eine solche besonders schlecht brennbare Biomasse ist das Seegrass “Zostera marina”. Zostera marina brennt so schlecht, dass es als isolierendes Baumaterial zugelassen ist [7]. Falls es möglich ist zostera zu vergasen, so kann man sich schwer eine Biomasse vorstellen, die nicht vergast werden kann.

In vielen Seebädern ist Zostera ein grosses Problem, weil es den Strand verschmutzt [8]. Es ist auch schwer zu entsorgen, denn ebenso wie es nur schlecht brennt, so verfault es auch nur sehr langsam (die beiden Prozesse sind physikalisch sehr ähnlich und unterscheiden sich hauptsächlich durch ihre Geschwindigkeit).

Das Seebad Grado zum Beispiel sammelt jedes Jahr 7.000 Tonnen Material am Strand ein (nicht nur Zostera), was Kosten von etwa 400.000 € verursacht [9]. Diese Menge an Zostera würde genügen, um jedes Jahr 100 Tage lang 3 MW an Wärmeenergie bereitzustellen, pro Jahr das Equivalent von 750 Tonnen Heizöl.

4. Experimentelle Anordnung

Wir haben für unsere Tests einen sehr einfachen Vergaser konstruiert, er besteht aus einer Archimedesschnecke, die Material aus einem Vorratsbehälter durch ein Rohr in das Rohrvolumen oberhalb der Schnecke transportiert, wo es vergast wird. Dieses extrem einfache Design folgt der gleichen Philosophie wie die Konstruktion des Linearspiegels, der sich ebenfalls durch Einfachheit auszeichnet.



Figure 1: Vergaser für Solarkohle, Wärmeleistung 25 kW.

Drei Thermometer befinden sich an drei verschiedenen Stellen in thermischen Kontakt mit dem Rohr des Vergasers. Sie werden von einem Siemens "Logo" plc ausgelesen, dieser kontrolliert entsprechend die Archimedesschnecke so, dass der Vergaser annähernd bei konstanter Betriebstemperatur gehalten wird.

Der Vorratsbehälter wird von Hand gefüllt. Die Zuluft kommt von zwei ebm-papst RLF35 ventilatoren mit einer Leistung von zusammen 8.6 W, sie schaffen einen Luftfluss von $10\text{m}^3/\text{h}$ bei einem Druck von 120 Pa.

Das erzeugte Gas wird ausserhalb des Vergasers verbrannt, wie in Figur 2 gezeigt. Die Flamme hat eine Temperatur von 1200°C , sie erzeugt keinen sichtbaren Rauch.

Ingenieure des Unternehmens A2A haben bestätigt, dass eine solche Flamme ohne weiteres zum Betrieb eines herkömmlichen Kohlekraftwerkes geeignet wäre [9].



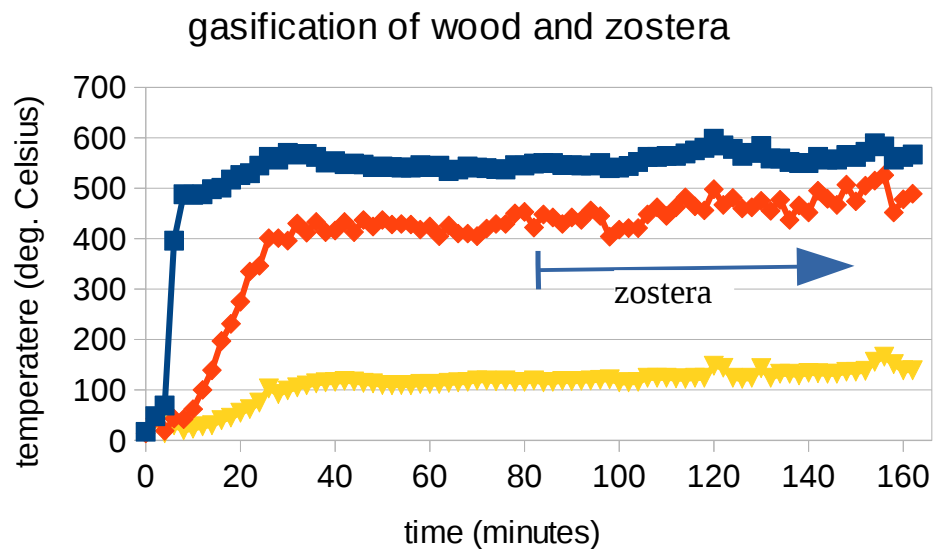
Figur 2: typische Gasflamme

Das Seegras *Zostera marina* für unseren Versuch stammt vom Strand von Staranzano (Monfalcone, Italien). Es wurde auf 130°C erhitzt ohne es sonst irgendwie vorzubehandeln, es wurde zum Beispiel nicht gewaschen um das Salz auszuspülen oder vom Sand gereinigt. Nach der Trocknung

wurde es in einer Häckselmaschine zerkleinert, damit es von der Archimedesschnecke besser transportiert werden kann.

5. Resultate

In unserem Versuch wurden zuerst Holzpellets vergast. Nach 80 Minuten waren die Holzpellets aufgebraucht, und es wurde das geröstete Seegrass *Zostera marina* in den Vergaser gegeben, ohne seinen Betrieb zu unterbrechen. Es wurden beständig die Temperaturen der drei Sensoren aufgezeichnet, wie in Figur 3 gezeigt.



Figur 3: Temperaturen im Vergaser während der Vergasung von zuerst Holzpellets in den ersten 80 Minuten des Versuchs, und danach von *Zostera marina*

In Figur 3 ist kein Temperaturunterschied zwischen *Zostera marina*- und Holzvergasung feststellbar. Offenbar ist geröstetes *Zostera marina* ebenso gut für die Vergasung geeignet wie (ungeröstetes) Holz. *Zostera marina* hat einen ähnlich hohen Energieinhalt wie Holz. *Zostera marina* ist also ein geeignetes Ausgangsmaterial für die Herstellung von Solarkohle.

Möglicherweise produziert *Zostera marina* mehr Asche als Holz. Um dies in Zukunft untersuchen zu können, muss ein Vergaser ein Zyklon installiert werden. Dies wird zwar eine wichtige und interessante Messung ergeben, es ist aber für den Betrieb des Vergasers aufgrund seiner Konstruktion ohne Relevanz.

Schlussfolgerung

Es wurde in diesem Experiment erfolgreich geröstetes Seegrass *Zostera marina* vergast. Dazu wurde ein sehr einfacher Vergaser für Solarkohle verwendet. Der Vergasungsvorgang verlief unproblematisch und war von der Vergasung von ungeröstetem Holz nicht zu unterscheiden.

Das Ziel unserer Arbeit ist es, ein standardisiertes Material "Solarkohle" zu definieren, so wie man auch fossile Brennstoffe in standardisierter Form verteilt und verbraucht. Zur Erreichung dieses Ziels müssen sicherlich noch viele Tests durchgeführt werden. Weil aber *Zostera marina* als besonders schwer entflammbares Material gilt, und trotzdem sehr gut vergast werden kann, so steht zu vermuten, dass auch viele andere Materialien zur Herstellung von Solarkohle geeignet sind und das Vorhaben, eine Standardsolarkohle zu definieren, realistisch ist.

Die Produktion und auch die Vergasung von Solarkohle fügen sich in die natürlichen geschlossenen Lebenszyklen unseres Planeten ein, sie sind in Harmonie mit der Natur und beeinträchtigen sie nicht. Sie sind auch ökonomisch sinnvoll, denn es werden bereits jedes Jahr viele Millionen Tonnen von Biomasse produziert und dann entsorgt, so als ob es Abfall wäre.

Noch dazu kann die Technologie der Solarkohle in existierende Technologien integriert werden, zum Beispiel kann Solarkohle existierende Kohlekraftwerke CO₂ neutral machen – ohne die Wälder abzuholzen.

References

- [1] <https://www.sector-project.eu> / *The Production of Solid Sustainable Energy Carriers from Biomass by Means of Torrefaction*
- [2] Grassmann, H., et al., *First Measurements with a Linear Mirror Device of Second Generation*. *Smart Grid and Renewable Energy*, 4 (2013), 253-258.
<https://doi.org/10.4236/sgre.2013.43030>
- [3] H. Grassmann, M. Citossi,, *Development and Test of a New Solar-Air Heat Exchanger for the Linear Mirror II System*, *Smart Grid and Renewable Energy*, 10 (2019), 155-164. doi: 10.4236/sgre.2019.105010.
- [4] H.Grassmann et al., *First Results from a Solar-Biomass Hybrid System for the Production of Solar Carbon*, *Smart Grid and Renewable Energy*, 2020, 11, 21-28,
<https://doi.org/10.4236/sgre.2020.112002>
- [5] *physics&art against CO2*, presented by the University of Udine at ESOF2020 – science in the city, <https://linearmirror-scienceinthecity.uniud.it/>
- [6] web site of Isomorph Production srl, <https://www.isomorph-production.it>
- [7] <http://nova-institut.de/pdf/10-05-12%20Wikiprojekt%20Nawaro%20IV.pdf>
<https://datenbank.fnr.de/index.php?id=7025&idprodukt=1582>
<https://www.ökologisch-bauen.info/baustoffe/naturdämmstoffe/seegras.html>
- [8] <https://www.comunegrado.it/amministrazione-trasparente/456-informazioni-ambientali/misure-a-protezione-dell-ambiente-e-relative-analisi-di-impatto/gestione-delle-fanerogame-e-delle-alghe-spiaggiate>
https://www.comunegrado.it/attachments/article/643/AvvisoGara_CER200303.pdf
- [9] <https://ilpiccolo.gelocal.it/trieste/cronaca/2015/09/02/news/blitz-dei-nö-sulle-alghe-ributtate-a-mare-1.12024761>
<https://ilpiccolo.gelocal.it/trieste/cronaca/2016/03/15/news/l-arenile-di-grado-salvato-grazie-al-riciclo-delle-alghe-1.13130982>
- [9] private communication