



**Chemiker Antonietti (l.) im Labor**  
Verwandlung binnen zwölf Stunden

ENERGIE

# Kohle aus dem Kochtopf

Max-Planck-Forscher haben eine Methode entwickelt, Pflanzenreste in Kohlepulver zu verwandeln. Sie funktioniert einfach und ist enorm effizient.

Die Idee, den Deckel eines Kochtopfs gasdicht zu verschließen, um den Inhalt schneller garen zu lassen, ist über 300 Jahre alt. Das erste Gefäß dieser Art präsentierte Erfinder Denis Papin im Jahr 1680 der Royal Society in London, wo es infolge eines Ventildefekts ein-drucksvoll zerknallte.

Als Küchengerät etablierte sich der Schnellkochtopf erst im ausgehenden 20. Jahrhundert. Auch Fachpersonal handhabt ihn mit bangem Respekt. Nun könnte er finalen Ruhm erlangen – als Schlüsselinstrument zum Erreichen der ersehnten Energiewende.

Markus Antonietti, Professor der Chemie und Direktor am Max-Planck-Institut für Kolloid- und Grenzflächenforschung in Potsdam, nutzt ähnliche Behälter zur fixen Zubereitung eines der gehaltvollsten Kraftfutter des Industriezeitalters: Kohle.

Der Vorgang ist simpel (siehe Grafik) und das Ausgangsprodukt schier unendlich verfügbar: Pflanzenreste verschiedenster Herkunft – vom Tannenzapfen bis zur Apfelsinenschale – taugen für die Prozedur, die der Wissenschaftler „hydrothermale Karbonisierung“ nennt. Zwölf Stunden bei einer Temperatur von 180 Grad Celsius unter Zugabe von Zitronensäure als Katalysator genügen, um die Biomasse eine Verwandlung vollziehen zu lassen, die in einem Kohleflöz mehrere Millionen Jahre dauerte.

Unter Hitze und Druck verändert sich die Molekularstruktur der Pflanzen. Ihre Grundbausteine Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff gehen andere Verbindungen ein. Übrig bleibt nahezu reiner Kohlenstoff, meist als feiner Staub, sowie

Wasser, das sich durch einen Filter abscheiden lässt.

Dass bislang kein anderer auf dieses einfache Kochrezept gekommen ist, hat laut Antonietti einen einfachen Grund: „Die Gewinnung von Kohlenstoff stand lange nicht ganz oben auf der Wunschliste der Grundlagenforscher.“

Antoniettis Kohlefund zählt zu den Resultaten der Forschungsinitiative Enerchem, an der fünf Max-Planck-Institute seit zwei Jahren zusammenwirken. Sie soll chemische Grundlagenarbeit zur Beantwortung der brennendsten Frage der Zeit liefern: Welche Energieträger kann die Menschheit dauerhaft und ohne Klimaschädigung nutzen?

Lange dominierte die Vision vom Wasserstoff, sündenfrei gewonnen etwa aus Wasser und Ökostrom. Doch die technischen Hürden sind enorm. Herstellung und Vertrieb dieser hochexplosiven Substanz wäre eine Verkettung extrem teuer und verlustreicher Prozessschritte. Bis heute werden in keinem großen Industrieland ernstzunehmende Anstalten gemacht, eine Vertriebsinfrastruktur für Wasserstoff aufzubauen.

Weit aussichtsreicher – und teilweise schon in Anwendung – ist dagegen eine andere Methodik der synthetischen Kraftstoffproduktion. Sie folgt dem Prin-

zip, das auch zur Entstehung der fossilen Ressourcen Erdöl, Erdgas und Kohle führte: der Umwandlung organischer Substanzen in Brennstoffe von hoher Energiedichte.

Dabei wetteifern bereits verschiedene Methoden von höchst unterschiedlicher Effizienz. In Deutschland blüht etwa das Geschäft mit Rapsölmethylester, letztlich eine Verschwendung von Ackerfläche: Der Ertrag pro Hektar und Jahr liegt nach Angaben der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe bei nur 1550 Liter Diesel, Verluste für Traktorentreibstoff und Düngemittel noch gar nicht eingerechnet. Mit dieser Methode die fossilen Energieträger ersetzen zu wollen wäre illusorisch.

Ähnlich schwach ist die Ausbeute bei den bisher üblichen Produktionsverfahren von Bioethanol durch alkoholische Gärung: 1650 Liter Benzinäquivalent pro Hektar und Jahr. Neue Verfahrenstechniken zur Vergärung von Stroh und Holz könnten die Erträge steigern. Die sind jedoch noch nicht im Einsatz.

Kurz vor der industriellen Einsatzreife steht eine aussichtsreichere Methode, bei der nicht nur Samen und Knollen der Früchte, sondern komplette Pflanzen verwertet werden können: das „Biomass to Liquid“-Verfahren (BtL), auch „SunDiesel“ genannt. Im kommenden Jahr geht die erste Pilotanlage im sächsischen Freiberg in Betrieb. Der Ertrag soll bei 4000 Litern pro Jahr und Hektar liegen – nur noch überboten durch die Herstellung von Biomethan, dessen jährlicher Ertrag pro Hektar 5000 Liter Benzin gleichkommt.

Doch auch diese Ausbeute erscheint noch dürftig im Vergleich mit der Kohle



## Kohleherstellung aus Pflanzen

**1** Pflanzenreste werden in eine Art Schnellkochtopf gefüllt. Einige Tropfen Zitronensäure beschleunigen den bevorstehenden Prozess.

**2** Zwölf Stunden werden die Pflanzenabfälle bei 180 Grad Celsius in einem Backofen erhitzt. Hierbei entsteht hoher Druck. Nach dieser Zeit hat sich feines Kohlepulver am Boden des Topfs abgesetzt und kann von dem darüber befindlichen Wasser durch Filtern getrennt werden.

aus dem Kochtopf. Die jüngst entdeckte hydrothermale Karbonisierung hat einen entscheidenden Prozessvorteil: Sie erhält nahezu den gesamten in der Pflanze gespeicherten Kohlenstoff, der bei den anderen Verfahren zu großen Teilen als Kohlendioxid entweicht. Auch muss nur am Anfang Energie zugesetzt werden, da sich der Verkohlungsprozess nach kurzem Anheizen aus der eigenen Wärmeproduktion selbst in Gang hält. Max-Planck-Forscher Antonietti hat, bei Nutzung von schnellwachsendem Schilfgras, einen Jahres-Hektar-Ertrag von 14 Tonnen Kohle errechnet.

Der Brennwert des gewonnenen Gutes ist somit um ein Vielfaches höher als bei allen anderen bekannten Verfahren. Weniger erfreulich wäre lediglich der Aggregatzustand, sein direkter Einsatz etwa als Autokraftstoff ist nur schwer vorstellbar.

Immerhin ließe sich das schwarze Pulver in einem „Coal to Liquid“-Verfahren zu Benzin oder Diesel weiterverarbeiten – und das in denselben Anlagen, in denen auch BtL-Kraftstoffe gewonnen werden. Die Freiburger Firma Choren, derzeit größter Pionier der BtL-Branche, schätzt die energetische Ausbeute bei der Nutzung von Kohlestaub sogar deutlich höher ein als etwa bei Holz.

Doch die Schaffung neuer Flüssigkraftstoffe zählt für Max-Planck-Forscher Antonietti gar nicht zu den dringenden Zielen. Für weit wichtiger hält er einen anderen Effekt der Pflanzenverkohlungs: Sie könnte im Kampf gegen die Klimaerwärmung helfen, da sie in enormen Mengen Kohlenstoff bindet, der im natürlichen Kreislauf von Wachstum und Verrottung der Vegetation sonst wieder als Kohlendioxid in die Atmosphäre entweicht.

Der weltweite Ausstoß von Kohlendioxid durch die Verbrennung fossiler Ressourcen ließe sich nach Antoniettis Rechnung vollständig kompensieren, wenn die nachwachsenden Pflanzen auf einem Prozent der Erdoberfläche – immerhin 1000 mal 5000 Kilometer – nach seinem Rezept karbonisiert würden.

Das Resultat müsste noch nicht einmal Kohle sein. Wird der Garungsprozess früher gestoppt, etwa nach acht Stunden, entspringt dem Kohle-Kochtopf eine Vorform des schwarzen Grubengoldes, die der Gärtner schätzt: Humus.

Noch schneller als die Verwandlung des Ernteguts in Brennstoff würde die Herstellung hochwertiger und verwitterungsbeständiger Mutterbodens funktionieren – und damit die Gewinnung neuer Ackerflächen zur weiteren Kompensation von Kohlendioxid.

„Akute Ressourcenprobleme“, sagt Antonietti, „kriegt die Menschheit vielleicht in 20 Jahren. Ein akutes Klimaproblem haben wir schon heute.“

CHRISTIAN WÜST



Werbung der Gebühreneinzugszentrale: „Hemmnis für dynamische Entwicklung“

INTERNET

## Strafgebühr für Heimarbeit

Die GEZ kassiert ab 2007 auch für Handys, Notebooks und Navigationsgeräte Rundfunkgebühren. Die unsinnige Sonderabgabe belastet vor allem mobile Kleinunternehmer.

Für die Silvesternacht plant die Gebühreneinzugszentrale (GEZ) etwas ganz Besonderes: eine Art juristische Zaubershow. Um Punkt null Uhr verwandelt sie, Abrakadabra, Handys, Navigationsgeräte und Bürocomputer in Fernsehapparate – per Federstrich.

All diese Geräte gelten ab dem ersten Januar als „neuartige Rundfunkempfangsgeräte“ – denn theoretisch kann man mit ihnen die Tagesschau per Internet ansehen. Das soll fortan reichen, um für sie die GEZ-Gebühren einzufordern: bis zu 17,03 Euro pro Monat, wie für einen Fernseher.

Die skurrile Sonderabgabe gilt für alle Geräte, die als „Internet-Rechner“ eingestuft werden. Neben Handys, die den Datenfunk UMTS beherrschen, gehören dazu vor allem Bürorechner.

Zwar sind die privaten Haushalte von der neuen Regelung kaum betroffen. Sofern sie ihr TV-Gerät daheim bereits ordnungsgemäß angemeldet haben, bleiben UMTS-Handy oder Navigationsgerät im Auto frei von Zusatzgebühren. Trotzdem ist die Zahl derer, von denen die GEZ ab Januar abkassieren will, groß. Zahlen sollen künftig

- ▶ Bäckerfilialen mit Kassensystemen, die per Internet vernetzt sind;
- ▶ rund 150 000 niedergelassene Ärzte und Apotheken, die durch die Gesundheitsreform gezwungen sind, internetfähige PC einzusetzen;
- ▶ Außendienstler, die mit modernen Navigationsgeräten unterwegs sind;
- ▶ mehrere Millionen Freiberufler und Telearbeiter, die zu Hause am PC tätig sind;
- ▶ Universitäten, die für viele Bürostandorte extra zahlen sollen.

Sie alle nutzen Rechner, die fortan als „Rundfunkempfangsgeräte“ gelten. Dass sie ausschließlich dazu dienen, Rezepte auszustellen, Gutachten zu erstellen oder Zeitungsartikel zu schreiben, schert die Gebühreneintreiber nicht. Selbst wenn Computer, Handy oder Organizer gar nicht ans Internet angeschlossen sind, schützt dies nicht vor den GEZ-Detektiven.

Die neuen Regeln grenzen an Satire: Wer von zu Hause aus arbeitet, wird als Strafe für diesen Fleiß noch einmal zusätzlich zur Kasse gebeten: Ein beruflich genutzter PC gilt als zusätzlicher Standort eines Unternehmens. Wenn also ein Handwerker vom Spiele-PC im Kinder-