

QUANTENSPRUNG

Natur
oder
Kultur?

Die Debatte um die relative Macht von Genen und Kultur ist ein Dauerthema der Wissenschaft, auch hier am Wissenschaftskolleg in Berlin. Mehr oder weniger explizit wird in Seminaren und am Mittagstisch diskutiert, was das Verhalten des Menschen stärker steuert.

Am Wissenschaftskolleg treffen Vertreter zweier sehr unterschiedlicher Perspektiven und Denkweisen aufeinander. Schließlich leben hier zwei Typen von Wissenschaftlern zusammen, die sich sonst meist nur in der Universitätsmensa oder in Kommissionen treffen und sich oft mit Verwunderung und Staunen, aber nur selten mit Verständnis begegnen.

Da sind einerseits die, die den Geist allein mit dem Geist studieren, und andererseits die, die die Natur erforschen – oft mit komplizierten Maschinen – und sich üblicherweise weniger Gedanken darüber machen, was dies für ihre Mitmenschen bedeutet. Typischerweise glauben die Ersteren an die Kraft der Kultur und die Letzteren an die Macht der Gene.

AXEL MEYER

Professor für Evolutionsbiologie in Konstanz und Fellow am Wissenschaftskolleg zu Berlin



Der Kampf um diese Frage tobt schon lange. Früher stand auf der einen Seite die eher amerikanische Denkschule der vergleichenden Psychologen, die wie B. F. Skinner an Tauben oder Ratten forschten und glaubten, damit nicht nur Tauben oder Ratten zu verstehen, sondern alle Tiere, inklusive des Menschen. Sie glaubten an „Nurture“, also den Einfluss der Umgebung.

Auf der anderen Seite gab es die von Europäern dominierte Schule um Konrad Lorenz und Niko Tinbergen, die angeborenen Verhalten und Instinkten größeren Einfluss zusprachen. „Nature“, die Macht der Abstammung und der Gene, war die europäischere Sichtweise.

Heute lässt sich die genetische Basis vieler Verhaltensweisen besser beweisen. Sogar von Genen für Religiosität ist mittlerweile die Rede – und niemand scheint sich mehr zu wundern. Interessanterweise kommen viele dieser „Nature“-Befürworter heute aus den USA und nicht, wie ihre intellektuellen Vorfahren, aus Europa.

Das Genom des Menschen wie das der meisten Tiere besteht nur zu einem geringen Teil aus „richtigen“ Genen, also Teilen, die in Proteine übersetzt werden. Die Funktion des Großteils – etwa 95 Prozent – unseres genetischen Materials ist bisher wenig verstanden.

In einem Fernsehinterview letzte Woche sagte in diesem Zusammenhang der erfolgreiche Darwinbuchautor und promovierte Biochemiker Jürgen Neffe etwas sehr Merkwürdiges. Herr Neffe erklärte richtig, dass nur etwa fünf Prozent unseres Genoms Gene sind. Deshalb sei das menschliche Verhalten zu 95 Prozent kulturell bestimmt. Wie kommt er darauf? Das habe ich nicht verstanden. Ich würde wetten, dass er da die Kraft der Kultur weit überschätzt.

wissenschaft@handelsblatt.com

Mit Küchenabfällen das Klima retten

Was in der Natur Jahrmillionen dauert, wollen Chemiker in wenigen Stunden schaffen: aus Bioabfall Kohle machen

SUSANNE DONNER | DÜSSELDORF

Markus Antonietti hat in der Chemie eine kleine Revolution ausgelöst. Der Leiter des Max-Planck-Instituts für Kolloid- und Grenzflächenforschung bei Potsdam hat ein Verfahren entwickelt, mit dem nasse Biomasse zu Kohle wird. Ob Laub, Holz, Gülle oder Biomüll: fast jedes organische Material lässt sich dafür verwenden. Unter der Erde läuft der Prozess in etlichen Millionen Jahren ab. Im Potsdamer Labor passiert dies über Nacht.

Forscherkollegen und Firmen sind von der Erfindung angetan. Schüler ahmen bei „Jugend forscht“ Antoniettis Experimente nach. Hobbygärtner möchten ihm Laub und Rasenschnitt liefern. „Sie glauben gar nicht, wie viele Anrufe wir jede Woche bekommen“, sagt seine Sekretärin. Einer von Antoniettis größten Fans sitzt in Oldenburg: Thomas Greve, ein junger angehende Physiker, erfuhr im Studium zufällig von der „hydrothermalen Karbonisierung“, der kalten Verkohlung.

Obwohl sie wenig mit Physik und viel mit Chemie zu tun hat, war er sofort begeistert: „Ich würde von mir selbst sagen, dass ich ein kritischer Mensch bin“, meint Greve, „und ich habe bisher sehr wenige Nachteile des Verfahrens gefunden. Deshalb bin ich felsenfest davon überzeugt, dass ihm eine große Zukunft bevorsteht.“ Auf eigene Faust begann er eine Diplomarbeit über Biokohle, obwohl sein betreuender Professor in Oldenburg das Gebiet gar nicht erforscht.

Die Kohle kann aus nahezu jeder Art von Biomasse derart einfach erzeugt werden, dass sich selbst Entwicklungsländer der Technik bedienen können. Aus Bananenschalen oder Kaffeestängeln könnte so in Afrika dezentrale Energie bereitgestellt werden. Der einzige und wohl wichtigste Haken der kalten Verkohlung ist, dass die Biomasse mit Wasser und einem Katalysator in einem geschlossenen Topf zwischen sechs und zwölf Stunden auf 180 bis 230 Grad Celsius aufgeheizt werden muss. Zum Entleeren muss der Behälter jedoch abkühlen. Dieser Wechsel zwischen An- und Abschalten macht das Verfahren in großem Stil wenig praktikabel. Nur eine kontinuierliche Verkohlung könnte sich in der Industrie durchsetzen, urteilt denn auch das Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung in Freising. Das Kochtopfprinzip taugt nur fürs Labor.

Laub reinkippen, Kohle rausnehmen

Genau an diesem Punkt setzt Greve in seiner Diplomarbeit an. Er baut eine Anlage, die fortlaufend betrieben wird. Vorne wird Blattwerk hineingestopft, hinten rieselt – vereinfacht gesagt – ständig Kohlepulver heraus. Diese Verwandlung vollzieht sich in einem Rohr von einem Meter Länge und fünf Zentimeter Durchmesser. Große Mengen Brennstoff können darin freilich nicht gewonnen werden. Aber das sei auch gar nicht beabsichtigt, erläutert Greve: „Wir haben schließlich hier am Institut keine Kohlelagerstätte.“

In den kommenden Wochen steht seiner Anlage die Feuertaufe bevor. Einmal angeworfen, sollte sie von selbst immer weiterlaufen. Denn bei der kalten Verkohlung wird so viel Wärme frei, dass die erforderliche Temperatur von rund 200 Grad Celsius von selbst gehalten wird. Je nach Dimensionen des Rohres und der Menge des Bioab-



Energieträger der Zukunft: Bioabfall kann nicht nur zu Biokohle verarbeitet werden, sondern auch – wie in dieser Anlage – zu Biogas.

Die kalte Verkohlung

Biomasse unter Druck

Bei der kalten Verkohlung – oft auch als Hydrothermale Karbonisierung bezeichnet – wird Biomasse mit Wasser vermischt und bei hohem Druck auf 180 bis 230 Grad Celsius erhitzt. Dieses Verfahren haben die Chemiker Friedrich Bergius und Hugo Specht bereits 1913 beschrieben. Allerdings dauerte es bei ihnen Tage bis Wochen, bis das organische Material in Kohle umgewandelt war.

Stunden statt Tage

Markus Antonietti vom Max-Planck-Institut für Kolloid- und Grenzflächenforschung in Göttingen gelang es, den Vorgang um mehr als das Hundertfache zu beschleunigen: auf sechs bis zwölf Stunden. Dazu werden Katalysatoren eingesetzt, beispielsweise Zitronensäure oder Eisensalze, die die Entstehung zur Kohle immens fördern. Sie unterstützen die Abspaltung von Wasser aus den Kohlenhydraten der Biomasse.

Kohle plus Dünger

Nach Ablauf der Reaktion verbleibt ein Schlamm aus pulverförmiger Kohle und Wasser in der Reaktionskammer. Der Brennstoff kann gefiltert und als Pulver abtransportiert werden. In den Pflanzen enthaltene Mineralstoffe wie Phosphor- und Ammoniumsalze bleiben im Wasser gelöst, können abgetrennt als Landwirtschaftsdünger vermarktet werden.

falls heizt sich die Masse ungekühlt sogar auf einige Hundert Grad Celsius auf.

Darin liegt der eigentliche Charme des Verfahrens: Statt Energie zu verschlingen, wird aus den Kohlenhydraten, den Zuckermolekülen des Biomaterials, ununterbrochen Wärme frei, mit der Häuser in der Nähe beheizt oder Strom erzeugt werden kann. Über die Nutzung der Wärme will sich Greve in seiner Diplomarbeit noch Gedanken machen.

Unterdessen findet Antonietti immer neue Anwendungen für die erzeugten Produkte. Wird die Reaktion nach sechs Stunden abgebrochen, erhält man ein torfähliches Material, das sich als Superhumus für Ackerböden eignet, glaubt er. In seinem Büro gedeihen Zimmerpflanzen in der selbst fabrizierten Erde. „Sie wachsen ausgesprochen gut“, weiß Mitarbeiterin Magdalena Titarici. Die Büroexperimente ersetzen allerdings nicht die systematischen Bodenanalysen, die derzeit laufen.

Die pulverförmige Kohle, die nach 16 Stunden im Reaktionsgefäß schwimmt, hat die gleiche Kristallstruktur wie das bergmännisch abgebaute Pendant. Die biologische Version ist dabei sogar reiner. Bei der Verbrennung entstehen deshalb weniger Schadstoffe, aber mehr Hitze.

Der biologische Rohstoff kann ohne weiteres den ältesten fossilen Energieträger ablösen, rechnet Antonietti vor: Wenn man die in Deutschland vorhandene Biomasse von Zuckerrübenresten bis hin zum Bioabfall aufsummiert, käme man auf ein Potenzial für Biokohle, das in der Größenordnung des Verbrauchs mineralischer Kohle liegt.

Derzeit werden jährlich rund 120 Millionen Tonnen Stein- und Braunkohle für die Energiegewinnung verbraucht. Der neue Rohstoff wäre vor allem klimaneutral, da die Pflanzen das freiwerdende Kohlendioxid zuvor aus der Luft aufgenommen und gebunden haben.

Doch Antonietti wehrt sich dagegen, die Biokohle zu verbrennen. Das sei viel zu schade, betont er immer wieder. Die Brühe aus Kohle und Wasser, die bei seinem Verfahren entsteht, könnte viel sinnvoller direkt in eine Brennstoffzelle eingespeist werden. Forscher der Harvard-Universität haben einen Prototyp einer solchen Zelle entwickelt, die aus Kohlematsch Strom gewinnt. Mit einem Wirkungsgrad von 60 Prozent arbeitet sie weitaus effizienter als deutsche Kohlekraftwerke.

Biokohle als CO₂-Speicher

Ungewiss ist allerdings noch, wie sich die Zusammensetzung der verwendeten Biomasse auswirkt. Titarici konnte schon feststellen, dass sich zum Beispiel Algen nicht in brauchbare Kohle umwandeln lassen. „Sie enthalten zu viel kristalline Cellulose. Diese schmilzt noch nicht bei 200 Grad.“ Die Cellulose wird folglich unverändert in der Kohle eingeschlossen und mindert deren Qualität. Pferdemist, Bananenschalen und Kaffeelblätter werfen dagegen einen exzellenten Rohstoff ab. Ungünstig verhält sich wiederum Eichenlaub, ebenfalls wegen eines hohen Gehalts an kristalliner Cellulose.

Trotz solcher Einschränkungen kommen immer noch die meisten organischen Ausgangsstoffe für Antoniettis Verfahren infrage. Es müssen

keineswegs ausgewählte Feldfrüchte oder gar Nahrungsmittel sein wie beim Biosprit der ersten Generation, der deshalb in den Ruf geraten ist, die steigenden Nahrungsmittelpreise mit zu verursachen.

Verglichen mit der Gewinnung von Bioethanol und Biogas ist die kalte Verkohlung überdies mit Abstand der schnellste und effizienteste Prozess, versichert Antonietti. Bei der Bioethanolherstellung wird nur ein Zehntel des Zuckerrohrs verwendet. Biogasanlagen nutzen maximal die Hälfte des Kohlenstoffs. Antoniettis Verfahren bringt es dagegen auf eine maximale Effizienz von 100 Prozent.

In diesem Sinne wäre es in Antoniettis Augen das Beste, die Biokohle nie zu verbrennen. Denn dann wäre in ihr Kohlendioxid hocheffektiv und dauerhaft gebunden. Auf Halden gestapelt, könnte sie die Klimastunden der Menschen wiedergutmachen. Antonietti hält diesen Ansatz für weitaus sinnvoller als die Kohlendioxidsequestrierung, bei der das Treibhausgas aus Kraftwerksabgasen abgetrennt und unterirdisch gelagert wird. Dieses Verfahren zum Zweck des Klimaschutzes wird von der EU in großem Stil gefördert und großzügig finanziert.

Wenn man nur 8,5 Prozent der Biomasse in Form von Biokohle „wegschließen“ würde, könnte das gesamte Kohlendioxid aus der Verbrennung von Erdöl wettmachen, rechnet Antonietti vor. „Das erreicht die Größenordnung einer wirklichen Klimaschutzmaschine“, schreibt er in einem Artikel in der „Chemischen Rundschau“. Kohle, heute einer der schädlichsten Energieträger für das Klima, würde in Antoniettis Vision zum Klimaretter.

UNSERE THEMEN

MI ÖKONOMIE
DI ESSAY
MI GEISTESWISSENSCHAFTEN
DO NATURWISSENSCHAFTEN
FR LITERATUR

Gabriel stoppt Versuche zur Eisendüngung

CORNELIA REICHERT | DÜSSELDORF

Meereswissenschaftler vom Alfred-Wegener-Institut (AWI) in Bremerhaven und vom indischen Nationalen Institut für Ozeanografie in Goa wollen in einem großen Versuch das Meer vor Südgeorgien im Südatlantik mit Eisen versetzen. Doch der Bundesumweltminister hat die Pläne der Forscher an Bord des Forschungsschiffes Polarstern vorerst gestoppt.

Eisen fördert das Wachstum von pflanzlichem Plankton. Dieses verbraucht Kohlendioxid aus der Luft und speichert es als Biomasse im Meer. Naturschützer fürchten jedoch Umweltschäden durch das Projekt LOHAFEX. Umweltminister Sigmar Gabriel ließ es nun stoppen, bis zwei unabhängige Experteneinschätzungen vorliegen.

Wie kann das passieren? Das Projekt, so scheint es, ist zwischen die Mühlen der Politik geraten. Einerseits unterzeichneten im Beisein von Bundeskanzlerin Angela Merkel während ihrer Indienreise die Präsidenten der Dachverbände der beteiligten Institute eine Vereinbarung, künftig enger zusammenzuarbeiten.

Andererseits gibt es ein internationales Übereinkommen, die Ozeandüngung vorläufig aufzuschieben. Hierauf hatte sich 2008 die Vertragsstaatenkonferenz der Uno-Konvention über biologische Vielfalt (CBD) in Bonn geeinigt. Besonders Umweltminister Sigmar Gabriel hatte sich dafür starkgemacht. Umweltschützer laufen nun Sturm, um Gabriel daran zu erinnern. „Bringt das Schiff zur Umkehr!“ rufen sie im Internet dazu auf, Protestbriefe an den Minister zu schicken.

Die Wissenschaftler verteidigen ihr Vorhaben: „Die Untersuchungen spielen sich im Rahmen der natürlichen Prozesse ab und sind daher unbedenklich“, sagt AWI-Sprecherin Margarethe Pauls. „Auch wenn sich zum Beispiel in der Antarktis Eisberge lösen und schmelzen, gelangt Eisen ins Meer. Sogar sehr viel mehr als in unserem Experiment.“

Nun erstellen also Forscher vom französischen Institut Ifremer und vom Britischen Antarktisdienst (BAS) Gutachten. Sie tun genau das, was die LOHAFEX-Forscher vor der Expedition getan haben: Sie werten die vorhandenen Daten über Eisendüngung aus. Eigentlich dürften sie also nur zu demselben Ergebnis kommen und die Düngung als unbedenklich einstufen.

Die Forscher an Bord warten derzeit auf Gabriels Okay. Zwischenzeitlich untersuchen sie die Strömungswirbel, in die das Eisen ausgebracht werden soll. Noch haben sie zu tun, noch bedeuten die 54 000 Euro täglich für den Schiffsbetrieb keinen Verlust. Womöglich aber muss das Schiff zurückkehren, ohne die eigentliche Mission erfüllt zu haben. Die Entscheidung wird Anfang nächster Woche erwartet.

Die Antarktis ist doch wärmer geworden

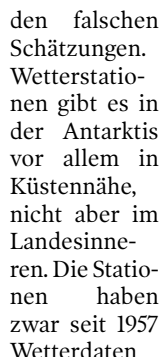
Entgegen früheren Schätzungen steigen die Durchschnittstemperaturen auch am Südpol

TINKA WOLF | DÜSSELDORF

Die Antarktis hat sich in den vergangenen Jahrzehnten ebenso erwärmt wie der Rest der Erde. Das berichten amerikanische Forscher in der Fachzeitschrift „Nature“.

Bislang ging man davon aus, dass nur ein kleiner Teil der Antarktis – die antarktische Halbinsel – wärmer werde, während der Rest des Kontinents sich eher abkühle. Tatsächlich aber, berichten Wissenschaftler um Eric Steig von der Universität Washington in Seattle, sind die Temperaturen in der gesamten Westantarktis gestiegen – und zwar so sehr, dass der Temperaturanstieg die Abkühlung der Ostantarktis aufhebt.

Dass diese Tatsache bisher unbenutzt blieb, erklären die Forscher vor allem mit lückenhaften Temperaturmessungen – und daraus folgen-



den falschen Schätzungen. Wetterstationen gibt es in der Antarktis vor allem in Küstennähe, nicht aber im Landesinneren. Die Stationen haben zwar seit 1957 Wetterdaten aufgezeichnet, doch diese verzerrten, so Steig, die Wirklichkeit.

Die rote Färbung veranschaulicht die Erwärmung der Antarktis seit 50 Jahren.

Steig und seine Kollegen kombinierten für ihre Studie die Daten der Wetterstationen mit Satellitendaten aus den vergangenen 25 Jahren. Daraus errechneten sie, dass die Temperatur in der Antarktis seit 1957 um

etwa ein halbes Grad Celsius gestiegen ist. „Obwohl es schon frühere Berechnungen gab, hat niemand die Satellitendaten einbezogen, die wichtige Informationen über regionale Temperaturänderungen liefern“, so Steig.

Die Antarktis liegt fast vollkommen innerhalb des südlichen Polarkreises; nur der nördlichste Zipfel, die antarktische Halbinsel, ragt darüber hinaus. Der Kontinent ist zweigeteilt in Ost und West, getrennt durch das Transantarktische Gebirge. Wäh-

rend die Ostantarktis – in der auch der geografische Südpol liegt – ein besonders lebensfeindliches Klima hat, wird das Wetter in der Westantarktis eher vom Meer geprägt: Relativ warme und feuchte Winde sorgen für viel Schneefall.

Für die Abkühlung der Ostantarktis ist vermutlich das Ozonloch verantwortlich, das im Frühjahr über der südlichen Polarregion entsteht. „Allerdings scheint man einfach angenommen zu haben, dass das Ozonloch den ganzen Kontinent beeinflussen müsste, obwohl es dafür keine Beweise gab“, sagt Steig. „In jedem Fall werden die Bemühungen, das Ozonloch zu schließen, langsam Erfolg haben, und das Loch könnte bis zur Mitte des Jahrhunderts beseitigt sein. Dann könnte die gesamte Antarktis sich ebenso sehr erwärmen wie der Rest der Erde.“

Stine und seine Kollegen verglichen jahreszeitliche Wittertrends

der ersten und zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts. Dabei nutzten sie die Tatsache, dass es heutzutage sehr viele Wetterdaten gibt und die Messungen große Bereiche der Erdoberfläche abdecken. Für die Landmassen fanden sie einen deutlichen Trend hin zu früher eintretenden Jahreszeitwechseln; auf den Ozeanen ist die Datenlage allerdings noch unklar.

In ihrer Studie gingen die Forscher aber noch einen Schritt weiter: Sie testeten einige Klimamodelle des Weltklimarates IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) auf ihre Fähigkeit, die beobachteten Wittertrends abzubilden.

Nur wenige Modelle, schreiben die Forscher, zeigten jedoch die schwindende Temperaturdifferenz zwischen Sommer und Winter, und keines der Modelle sagte eine Verschiebung der Jahreszeiten voraus.

„Die IPCC-Modelle können uns anscheinend keine Erklärung für die beobachteten Trends geben“, heißt es in der Studie.

Die Forscher zeigen damit ein drucksvoll, dass selbst die komplexesten Klimamodelle nicht die ganze Wirklichkeit abbilden können. In einem begleitenden „Nature“-Artikel schreibt der kanadische Mathematiker David Thomson: „Wir müssen immer daran denken, dass Klimamodelle, obwohl sie eine Vielzahl von Effekten berücksichtigen und viele Dinge richtig erkennen, ganz sicher viele andere Dinge übersehen.“

„Wenn wir nicht aufhören, die Erdatmosphäre zu verschmutzen“, so Thomson, dann „könnte uns womöglich die Zeit fehlen, um ausreichend ausgeklügelte Modelle zu entwickeln, die das heute schon Offensichtliche dann auch abbilden.“ tiw/dpa

Der Frühling kommt immer früher

Klimamodelle können die Verschiebung der Jahreszeiten nicht erklären

DÜSSELDORF. Frühling und Herbst beginnen immer früher. Der gesamte Jahreszyklus habe sich in den vergangenen 50 Jahren um 1,7 Tage nach vorne verschoben, berichten Forscher um Alexander Stine von der Universität von Kalifornien in Berkeley in der aktuellen Ausgabe des Magazins „Nature“.

Verglichen mit der ersten Hälfte des Jahrhunderts, steigen heute die Temperaturen im Frühjahr früher und fallen im Herbst auch wieder eher. Außerdem werden die Temperaturunterschiede zwischen Sommer und Winter schwächer. „Diese Veränderungen sind höchst ungewöhnlich“, heißt es in der Studie. Für die Verschiebung der Jahreszeiten machen die Forscher die Erderwärmung verantwortlich.

Stine und seine Kollegen verglichen jahreszeitliche Wittertrends

der ersten und zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts. Dabei nutzten sie die Tatsache, dass es heutzutage sehr viele Wetterdaten gibt und die Messungen große Bereiche der Erdoberfläche abdecken. Für die Landmassen fanden sie einen deutlichen Trend hin zu früher eintretenden Jahreszeitwechseln; auf den Ozeanen ist die Datenlage allerdings noch unklar.

Nur wenige Modelle, schreiben die Forscher, zeigten jedoch die schwindende Temperaturdifferenz zwischen Sommer und Winter, und keines der Modelle sagte eine Verschiebung der Jahreszeiten voraus.

„Die IPCC-Modelle können uns anscheinend keine Erklärung für die beobachteten Trends geben“, heißt es in der Studie. Die Forscher zeigen damit ein drucksvoll, dass selbst die komplexesten Klimamodelle nicht die ganze Wirklichkeit abbilden können. In einem begleitenden „Nature“-Artikel schreibt der kanadische Mathematiker David Thomson: „Wir müssen immer daran denken, dass Klimamodelle, obwohl sie eine Vielzahl von Effekten berücksichtigen und viele Dinge richtig erkennen, ganz sicher viele andere Dinge übersehen.“