

# Die kleinen Alleskönner

Ein deutsches Forscherteam trimmt Algen auf Wasserstoffproduktion – Die Einzeller brauchen nur Wasser, Sonnenlicht und Nährsalz

Für viele sind Algen beim Baden am Meer oder im heimischen Aquarium der Albtraum schlechthin. Joachim Heberle, Biophysiker aus Berlin, jedoch hegt Zuneigung zu den ungeliebten Organismen. Denn Algen können Wasserstoff produzieren und so helfen, das Energieproblem der Zukunft zu lösen.

VON REIMUND ABEL

Algen gehören zu den ältesten Organismen, die auf unserem Planeten existieren. Vor rund drei Milliarden Jahren tauchten sie erstmals als Blaualgen auf. Später entwickelten sich einzellige Arten, die in der Entwicklungsgeschichte des Lebens eine wichtige Rolle spielen, weil sie ihre Energie durch die Fotosynthese gewinnen. Wie Grünpflanzen verwandeln die winzigen Organismen Kohlendioxid und Wasser in Traubenzucker und Sauerstoff.

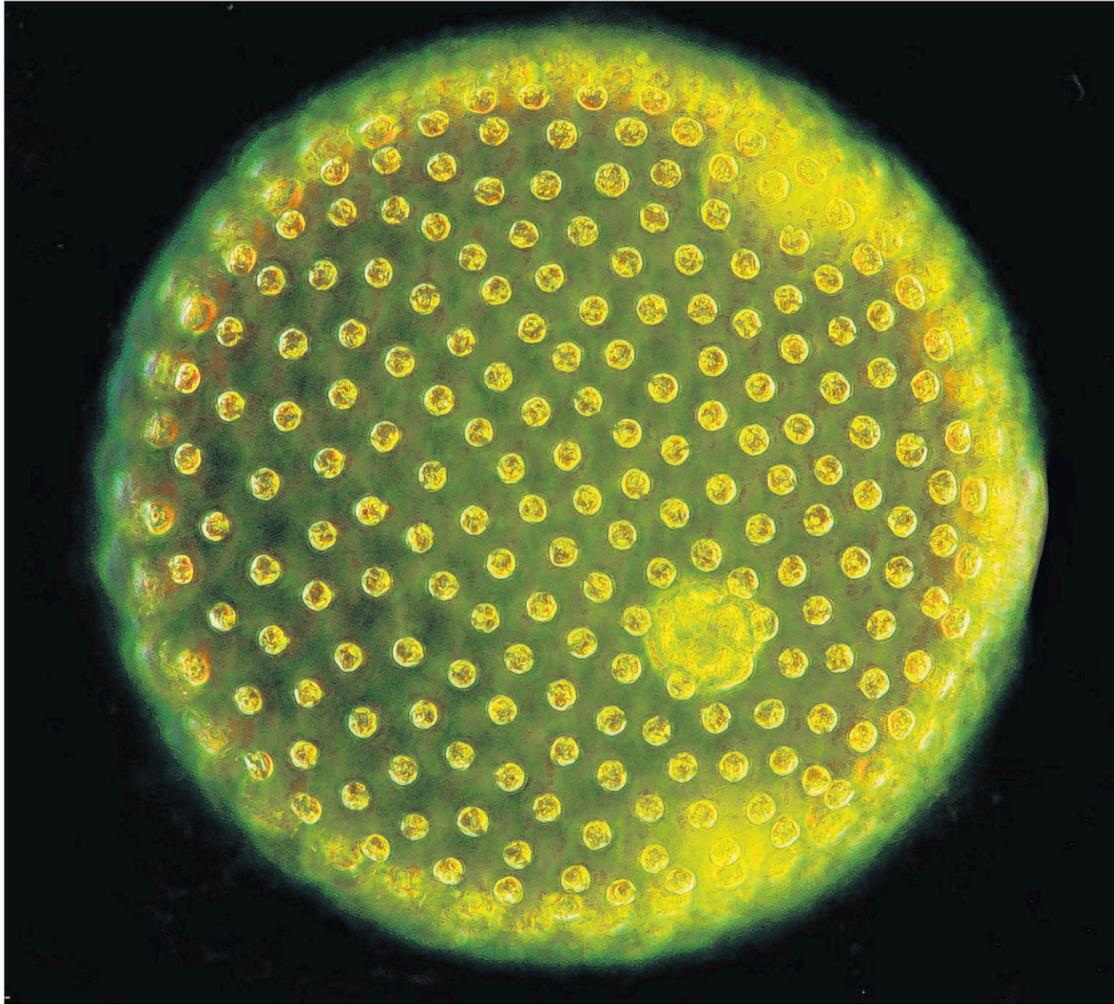
Dieses Phänomen machte sich ein universitätsübergreifendes Forscherteam zunutze. Heberle betreut den biophysikalischen Part, beteiligt sind außerdem Chemiker, Biologen und Physiker aus Bochum, Köln, Mülheim und Berlin. Das Bundesforschungsministerium unterstützt das interdisziplinäre Projekt mit 4,8 Millionen Euro.

Ausgangspunkt der Studien waren die Grünalge und die Blaualge. „Obwohl sie ähnlich heißen, haben sie genetisch wenig gemein“, sagt Heberle. Die Blaualge, die näher an den Bakterien dran ist und daher auch als Cyanobakterium bezeichnet wird, ist erforscht bis ins Detail. Dafür kann sie etwas nicht, was die Grünalge für die Forscher so interessant macht. Denn der Einzeller trägt das Enzym Hydrogenase in sich – anders als sein Beinahe-Verwandter. Genau das wird für die Wasserstoffherstellung gebraucht. Der Trick: Genetiker importieren die Hydrogenase in die Blaualge – und optimieren sie. Heraus kommt eine Design-Zelle, die als lebender Katalysator fungiert. Mit einigen gentechnischen Anpassungen wollen die Forscher erreichen, dass die Blaualge etwa drei Viertel der verfügbaren Energie in die Wasserstoffproduktion steckt.

Praktischerweise vermehrt sich die Blaualge ständig und ist äußerst genügsam: Sie gibt sich mit Nährsalz, Wasser und Sonnenlicht zufrieden. „Die Mikromaschinen, wie wir sie nennen, brauchen keinerlei Wartung“, sagt Heberle. „Die künftigen Rohstofflieferanten wachsen wie nichts“, freut sich Heberle. Zusätzlich verbrauchen sie bei der Fotosynthese auch noch Kohlendioxid, das ungeliebte Treibhausgas. Ein weiterer Vorteil: Im Meer könnten große Algenfelder in salzwasserfesten Containern angelegt werden. Anders als bei Biokraftstoffen, die aus Zuckerrohr oder Raps hergestellt werden, kommt man damit der Nahrungsmittelindustrie nicht in die Quere.

Im Labor der Berliner Universität klappt der Versuch, erläutert Heberle. Knipst er das Licht an, wird in einem sogenannten Biofermenter der chemische Prozess angeregt, an dessen Ende Wasserstoff herauskommt. Das Prinzip lasse sich auf großtechnische Maßstäbe übertragen, sagt Heberle, der ursprünglich aus Großsachsenheim im Kreis Ludwigsburg stammt. „Was wir hier machen, ist absolute Grundlagenforschung.“ So müssten zum Beispiel Biofermenter für den industriellen Maßstab deutlich günstiger werden als bisher.

Das bedeutet: Bis aus einer Algenproduktion tatsächlich Wasserstoff für Tankstellen entsteht, dürften noch Jahre vergehen. Heberle und seine Kollegen sind auf der Suche



So klein und doch so schön: Die Grünalge *Volvox aureus* in einer Aufnahme mit einem Mikroskop

Foto: Ralf Wagner

nach Energiequellen, die Erdöl und Erdgas ablösen. „In spätestens 50 Jahren sind die Vorräte dieser fossilen Brennstoffe erschöpft, dann brauchen wir Alternativen.“ Die Vision des Wissenschaftlerteams ist eine Wasserstoff-Gesellschaft. Die mögliche Stromerzeugung ist einer der möglichen Aspekte. Noch wichtiger sei, welcher Kraftstoff ab 2050 Autos antreibt oder in Heizungen verfeuert wird, sagt Heberle.

„In 50 Jahren sind die Vorräte an fossilen Brennstoffen erschöpft, dann brauchen wir Alternativen“

Joachim Heberle  
Biophysiker aus Berlin

Wasserstoff ist das leichteste Element im chemischen Periodensystem (H) und zugleich das häufigste im Universum. Auch auf der Erde kommt es im Überfluss vor, nämlich gebunden in Wasser (H<sub>2</sub>O). Es könnte zum Brennstoff der Zukunft avancieren, ist der Biophysiker überzeugt. Schlagendes Argument ist die Tatsache, dass die Technologie als weitgehend sauber gilt und so die Erderwärmung bremsen könnte.

Verbrennt man Wasserstoff mit Sauerstoff, kann Elektrizität oder Wärme erzeugt

werden. Übrig bleibt nur Wasser. Umweltfreundlicher geht's wohl nicht mehr. Autos würden dann nicht mehr mit Benzin oder Diesel, sondern mit Wasserstoff betankt. Seit über zwei Jahrzehnten entwickeln nahezu alle Autohersteller Fahrzeuge mit so einem Antrieb. Zwei Modelle kämpfen um die Vorherrschaft: das Brennstoffzellen-Auto mit einem gekoppelten Elektromotor oder der Wagen mit einem modernen Verbrennungsmotor und dem verflüssigten Gas im Tank.

Aber wo soll all der Wasserstoff herkommen? Gasförmiger Wasserstoff muss erst aufwendig erzeugt werden. Die Aufspaltung von Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff schluckt mindestens so viel Energie, wie später durch das Verbrennen des Gases herauspringt. Ein Nullsummenspiel.

Weltweit werden pro Jahr rund 700 Milliarden Kubikmeter hergestellt – vor allem mit Hilfe der sogenannten Reformation aus Erdgas oder Erdöl, wobei das Treibhausgas Kohlendioxid entsteht. Für einen wirklich grünen Energieträger müsste Wasserstoff, den der britische Wissenschaftler Henry Cavendish im Jahre 1766 entdeckt hatte, aus Biomasse erzeugt werden. Oder mit Hilfe des Sonnenlichts aus Algen – den eigentlich wenig geliebten Organismen.

www.physik.fu-berlin.de

## Stichwort

### Was sind Algen eigentlich?

- Algen sind pflanzenähnliche Organismen, die überall auf der Erde vorkommen können. Ihr bevorzugter Lebensraum ist das Wasser, an Land sind sie selten anzutreffen. Bei dem fälschlicherweise oft als Moos bezeichneten grünen Überzug an der Wetterseite der Bäume zum Beispiel handelt es sich um Algen, heißt es im Online-Wissensmagazin Scinexx.de.
- Als Einzeller sind sie nur wenige Mikrometer groß, die komplexeren, mehrzelligen Makroalgen können sich auf mehrere Meter ausdehnen. Die winzigen Sporen des Organismus verbreiten sich unter anderem durch Wind, Sandstürme und Niederschlag. In stehenden Gewässern vermehren sie sich bei Temperaturen von oberhalb vier Grad Celsius und ausreichend Sonnenlicht explosionsartig.
- Makroalgen werden als Tange gezeichnet und umhüllen in getrockneter Form Sushi. Die Algen gelten als Vitaminbomben, liefern Mineralstoffe und Eiweiß. In der Kosmetik sollen der hohe Jodgehalt der Organismen Cellulitis aufhalten und den Stoffwechsel anregen. (StN)

# Ein ökologisches Wunder geschieht

Der Aralsee, der fast als ausgetrocknet galt, kehrt langsam wieder zurück – aber nur in Kasachstan

VON PETER LEONARD

In der grellen Sonne blinzelt Badarchan Prikejew in die Ferne, den Fischerbooten entgegen, die mit ihrem Fang zurückkehren. Noch vor nicht langer Zeit war hier öde Wüste irgendwo im Nirgendwo, Ergebnis einer der folgenschwersten Umweltsünden überhaupt. Jetzt steht der Fischhändler mit den Stiefeln im Wasser. Im Süßwasser.

Ein ökologisches Wunder ist geschehen: Der Aralsee kehrt zurück. Einst war er das viertgrößte Binnengewässer der Erde. Dann begannen zu Sowjetzeiten die Planwirtschaftler mit ihrem Hang zu Großprojekten, seine Zuflüsse abzuleiten und damit gigantische Baumwollplantagen zu bewässern. Das Ergebnis: Der Aralsee verlor 90 Prozent seiner Wassermenge und zerfiel in mehrere kleine Teile. Eine Umweltkatastrophe, „beispiellos in unserer Zeit“, sagt der amerikanische Geografieprofessor Philipp Micklin, der sich seit Jahren mit dem Aralsee beschäftigt. Selbst heute, zwei Jahrzehnte nach dem Zerfall der Sowjetunion, ist das Unheil bei weitem noch nicht gestoppt. Satellitenfotos zeigen, dass ein Teil des Sees allein in den vergangenen drei Jahren um 80 Prozent geschrumpft ist. Usbekistan, zu dem zwei Drittel des Aralsees gehören, hat aufgegeben.

Kasachstan versuchte in seinem Teil die Rettung – mit durchschlagendem Erfolg. Ein seit 2001 mit Hilfe der Weltbank für 88 Millionen Dollar errichteter Damm zweigt kostbares Wasser aus dem Zufluss Syr-

Darja ab, statt es sinnlos nach Süden rinnen zu lassen, und erweckt allmählich den kasachischen Teil des Sees wieder zum Leben.

Die einstige Hafenstadt Aralsk lag zum Schluss 100 Kilometer weit landeinwärts. Jetzt ist der Wassersaum schon wieder bis auf 25 Kilometer herangerückt und dürfte nach Schätzung der Weltbank in sechs Jahren den Hafen erreicht haben. Die Anwohner können es kaum erwarten. „Gute Nachrichten: Der See kehrt zurück!“, verkündet ein Schild an der Ortseinfahrt. An einigen Stellen schwappen die Wellen schon an die

vergammelten Schiffsrumpfe, die wie surreale Relikte auf dem Trockenen liegen. „Endlich gibt es wieder Hoffnung und die Aussicht auf ein Leben“, sagt Prikejew, der nahe des Orts Akespe 90 Kilometer westlich von Aralsk auf die Fangflotte mit ihrer Ladung aus Hecht und Karpfen wartet. „Es gibt Arbeit für jeden, der will.“

Das Wunder ist klein, verglichen mit dem Schaden, der vielleicht nie mehr rückgängig zu machen ist. Usbekistan hält am einträglichen Baumwollanbau fest und will zudem unter dem trockengefallenen See nach

Erdöl und Gas bohren. Die fünf vormaligen sowjetischen zentralasiatischen Länder sind sich zwar theoretisch einig, dass die Nutzung der Zuflüsse Amu-Darja und Syr-Darja abgestimmt werden muss, doch praktisch geschieht wenig.

Der Kokaral-Staudamm sieht nach nicht viel aus und ist in kaum einer Minute überquert, doch seine Wirkung ist immens. Der steigende Wasserstand hat das Klima abgekühlt und die Salzkonzentration im See so weit verdünnt, dass wieder Süßwasserfische darin gedeihen. Der Fang stieg von 52 Tonnen im Jahr 2004 auf rund 2000 Tonnen im Jahr 2007. Die Anwohner, die seit den 60er Jahren vor der Ödnis, dem Salzstaub und der Arbeitslosigkeit in die Städte geflüchtet waren, haben wieder die Chance auf ein Auskommen. In der Hochsaison im Sommer beschäftigt Prikejew gut 100 Fischer und Helfer. Er sucht nach Absatzmärkten in Westeuropa und plant den Bau eines Kühlhauses. Die Hoffnung ist für den ehemaligen Werftarbeiter Alexander Dantschenko greifbar: „Als der See verschwunden war, kamen wir uns hier vor wie in einer Bratpfanne. Jetzt, wo er zurückkehrt, spürt man manchmal schon eine angenehme kühle Brise von Süden her.“

Den Musiker Murat Sydykow hat das Schicksal des Sees zu traurigen Weisen inspiriert. Er ist zuversichtlich, dass er irgendwann wieder fröhlichere Töne anschlagen kann: „Wenn der See nach Aralsk zurückkommt, dann schreibe ich eine Symphonie und lasse sie am Ufer aufführen.“

## Stichwort

### Der Aralsee

- Der Aralsee ist ein abflussloser, mittlerweile wegen Austrocknung in mehrere Teile zerfallener Salzsee in Asien. Das einst viertgrößte Binnenmeer der Welt ist in den vergangenen Jahren zusehends geschrumpft.
- Der See liegt innerhalb der Aralo-Kaspischen Senke in einem Becken, dem Tiefland von Turan – und somit im Grenzgebiet zwischen zwei ehemaligen Sowjetrepubliken. Er gehört zu Kasachstan (etwa ein Drittel) und zu Usbekistan (etwa zwei Drittel).
- Aufgrund des kontinentalen Klimas herrschen in der Region Halbwüsten- und Wüstenklima vor. Verschlimmert wird das Ganze von Menschenhand. (StN)



## DVDs

### Orphées Weg

Surrealismus nicht nur in der Nische der Kunstszene, sondern auf der großen Leinwand – geht das? Der Filmregisseur Jean Cocteau antwortete auf seine Weise – 1950 mit dem Film „Orphée“. Ein Dichter wird darin eines Abends Zeuge, wie eine elegante Frau, die von allen nur „Prinzessin“ genannt wird, mit einem toten Kollegen durch einen Spiegel verschwindet. Der Weg in die Schattenwelt als Filmtrick – Cocteau suchte und fand den Weg, das Absurde, das Surreale mit den Regeln der Erzählung zu versöhnen. Und so folgen wir nur zu bereitwillig seinem Blick hinter den Spiegel, folgen wir Orphées Weg – um so mehr, als es Jean Marais ist, der hier wie schon in „Die schrecklichen Eltern“ (1948) und in „Der Doppeladler“ (1949) den allen Grundes beraubten verwirrten jungen Mann spielt. „Außer den Beteiligten gibt es kein Publikum“, heißt ein Satz des Künstlers Ad Reinhardt. Diese Edition gibt uns die Chance, Beteiligte in Cocteaus Spiel zu sein. (nbf)

[Jean-Cocteau-Edition. Alive. 29,45 Euro]



### Viel Herz und Humor

Eine Frau ist gestorben, allein in ihrem Bett. Erst Wochen später wird ihre Leiche gefunden. Wie traurig. Doch die Schwestern Rose (Amy Adams) und Norah (Emily Blunt) beschäftigt zunächst anderes: Wie entsorgen sie am besten die von den Körpersäften der Toten getränkte Matratze? Die Erkenntnis, mit der die neuseeländische Regisseurin Christine Jeffs („Rain“) den Zuschauer konfrontiert, ist banal und schockierend zugleich: Tote Menschen hinterlassen oft Spuren, die beseitigt werden müssen. Rose und Norah verdienen damit ihr Geld. Sie reinigen Tatorte. Doch „Sunshine Cleaning“ ist mehr als die Ekel hervorrufende Darstellung von etwas Unvermeidlichem. Es ist die anrührende und, kaum zu glauben, humorvolle Geschichte zweier Frauen, die sich als Versagerinnen fühlen und dennoch Großartiges leisten. Sie blicken hinter die Kulisse des Tatorts und entdecken die Möglichkeit, anderen Menschen zu helfen. Ein außergewöhnlicher, herzerwärmender Film. (joep)

[Sunshine Cleaning. Alive. 12,95 Euro]



### Das Kind, das Fremde

„Alle waren so begeistert von seinem Geruch. Ich hab' nichts gerochen. Ich wollte, dass er wieder weg ist“, sagt Rebecca über Lukas. Lukas ist ihr neugeborener Sohn. „Das Fremde in mir“ – das klingt erst mal nach Horrorfilm und ist auch einer. Zu Beginn irrt Rebecca durch den Wald. Haltlos. Legt sich in ein Bett aus Tannennadeln, um zu sterben. Rückblende in eine Welt wie aus der Lenor-Werbung: Rebecca und Julian. Ein schönes Paar, in teuren Wohlfühlklamotten. Gedeckte, warme Farben. Lichtdurchfluteter Albau. Vorfreude auf das erste Kind. Aber nach der Geburt hat Rebecca eine postpartale Depression (PPD), die der Volksmund Wochenbettdepression nennt – und worüber derselbe nicht gerne spricht. Geschätzte 15 Prozent aller Mütter leiden unter PPD. Emily Atef hat darüber einen wichtigen, herausragenden Film gedreht. Er schildert Rebeccas Weg zurück in eine Lenor-Welt, die ihre Reinheit verloren hat. (wel)

[Das Fremde in mir. Indigo. 17,95 Euro]



### Es lebe die Menschlichkeit!

Eigentlich haben beide das gleiche Ziel: Sie wollen möglichst viele Anhänger für ihre Weltanschauung gewinnen – und letztlich die Bewohner ihres kleinen, italienischen Dorfes glücklich sehen. Da es sich aber um zwei Sturköpfe handelt, die hier, kurz nach Ende des Zweiten Weltkriegs, aufeinander treffen, entspinnt sich zwischen beiden ein absurder, temperamentvoller Machtkampf. Die lustigen, zu Herzen gehenden Geschichten von Don Camillo (gespielt vom großartigen Fernandel) und Peppone waren in den 60er und 70er Jahren oft im Fernsehen zu sehen. Seitdem verstauben Hochwürden und der kommunistische Bürgermeister in der Mottenkiste der TV-Sender. Wie schön, dass nun eine neue DVD-Box mit allen fünf Filmen erschienen ist. Dort kann man sich immer wieder anschauen, dass es letztlich nicht auf Glauben oder Ideologie ankommt – allein die Menschlichkeit ist es, die zählt. Und die haben sich Don Camillo wie Peppone bewahrt. (ina)

[Don Camillo & Peppone Edition. Kinowelt. 28,95 Euro]

