

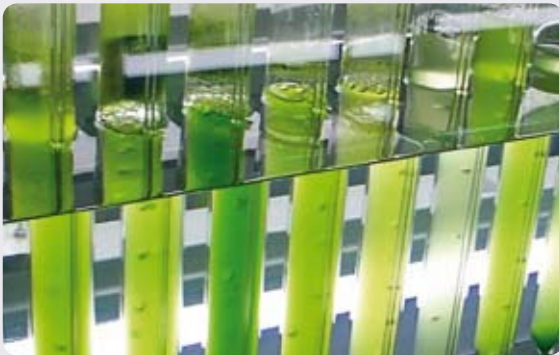


ozean der zukunft
DIE KIELER MEERESWISSENSCHAFTEN

KINDER- UND SCHÜLERUNI KIEL

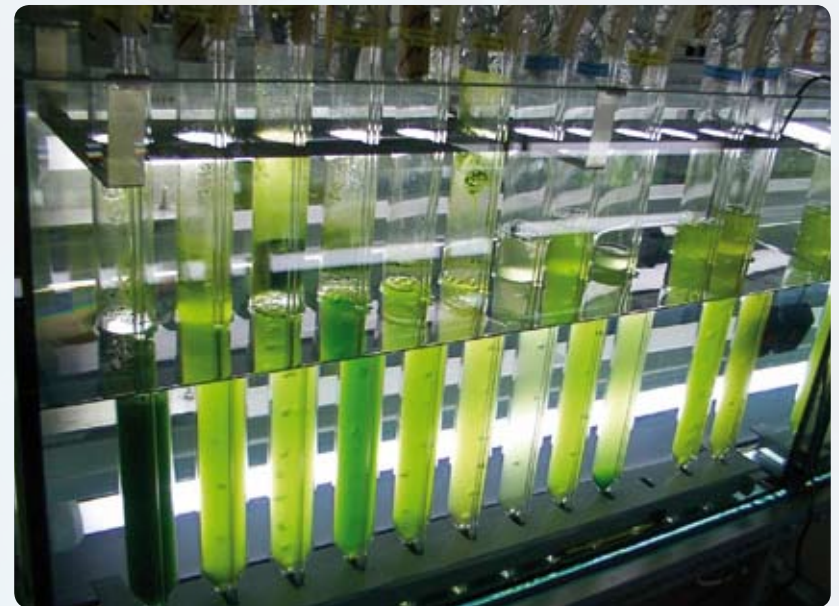
| Für Schülerinnen und Schüler von 8 bis 12 Jahren

Begleitheft zum Vortrag von Prof. Dr. Rüdiger Schulz



MIKROALGEN – KLEIN, ABER GROß IM KOMMEN

Professor Dr. Rüdiger Schulz
Botanisches Institut und Botanischer Garten
Christian-Albrechts-Universität Kiel



Prof. Rüdiger Schulz zeigt in seinem Vortrag, wie Mikroalgen in Zukunft für die Produktion von Bioenergie wie beispielsweise Biodiesel, Biogas oder Biowasserstoff verwendet werden können. Auch lassen sich wertvolle Stoffe wie Medikamente und Vitamine daraus gewinnen. Damit wecken die Mikroalgen zunehmend das Interesse von Wissenschaft und Wirtschaft, obwohl sie winzig klein sind.

Was sind Algen?

Algen sind einfache Pflanzen, die vor allem im Wasser leben. Es gibt **Großalgen**, die über 60 Meter lang werden und ganze Wälder unter Wasser bilden können. Es gibt aber auch jede Menge winzig kleiner Algen, die im Wasser schweben und dorthin treiben, wo die Strömung sie hinbringt. Man nennt sie Mikroalgen, sie bilden das **pflanzliche Plankton**, sogenanntes **Phytoplankton**. Diese Mikroalgen sind die mikroskopisch (winzig) kleinsten Formen dieser Algen. Sie leben bevorzugt im Wasser der Meere und Seen als Phytoplankton, sind aber auch an Land auf Oberflächen, wie zum Beispiel Bäumen, Zäunen, Hauswänden oder auch zusammen mit Pilzen in Form von Flechten zu finden.

Um zu leben, benötigen Algen Licht und Nährstoffe. Mikroalgen können sich innerhalb weniger Tage, unter guten Bedingungen sogar mehrmals am Tag, durch Zellteilungen verdoppeln und so große Mengen an Masse (= Biomasse) aufbauen. Riesige Mengen solcher kleiner Mikroalgen bilden im Meer sogar die Nahrungsgrundlage für die gewaltigen Blauwale, die sich vom Plankton ernähren.

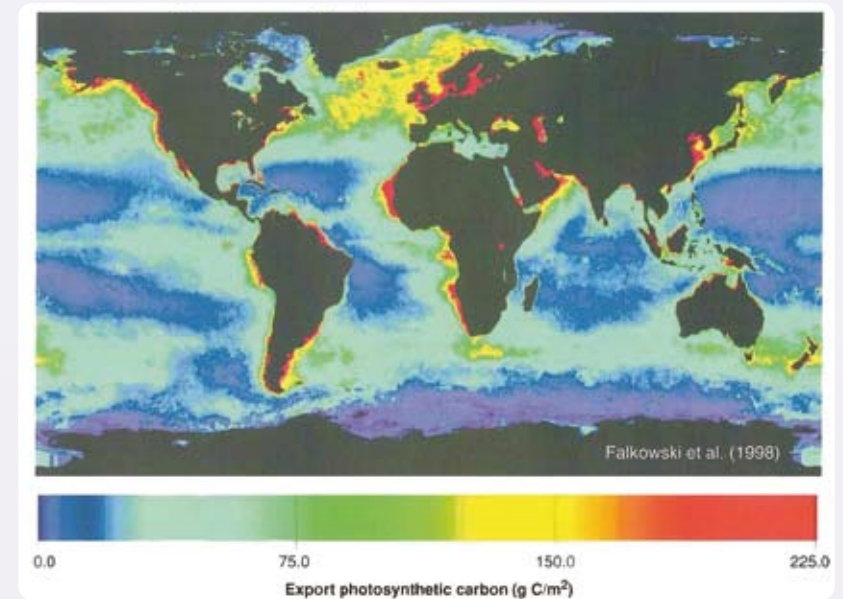
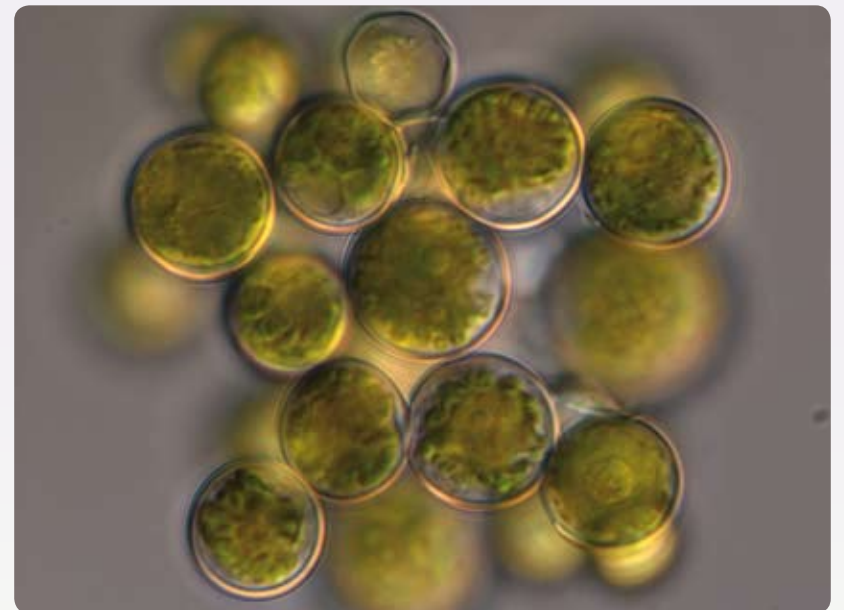
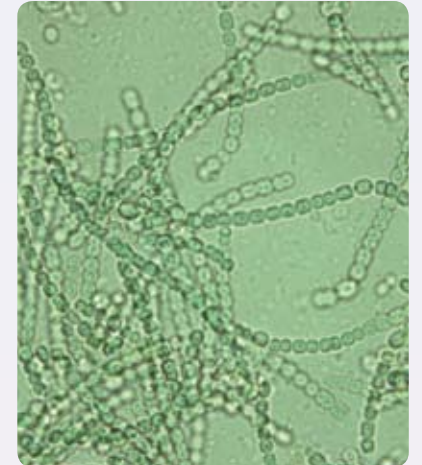
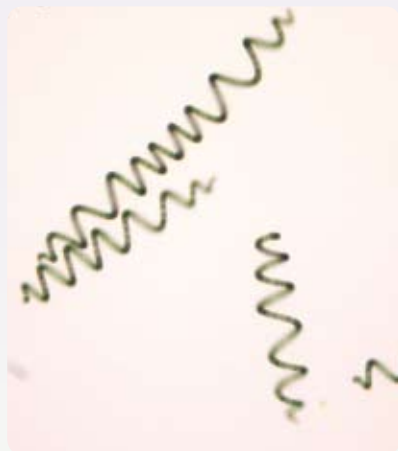
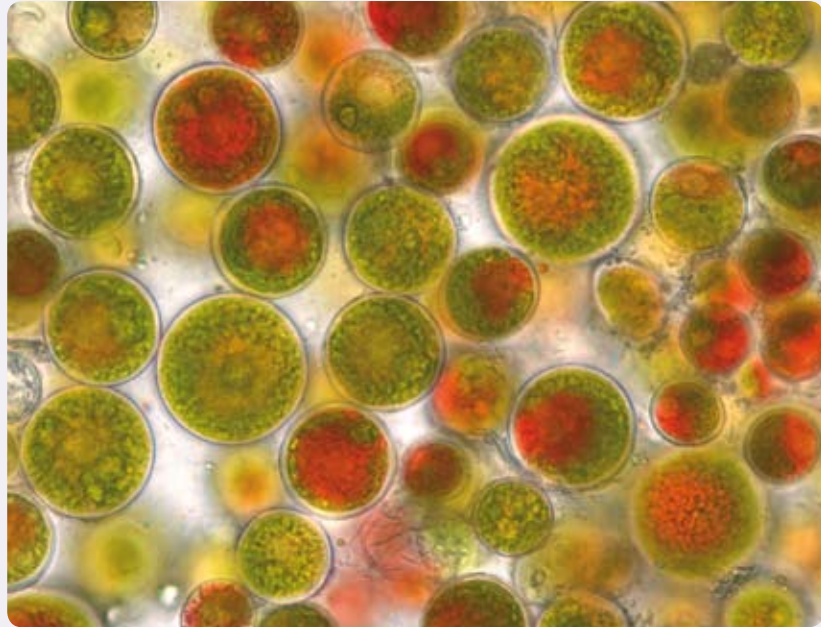


Abb. 1: Verteilung des Phytoplanktons in den Weltmeeren: blau: geringe Photosynthese und damit geringe Phytoplanktonmengen, rot: Große Photosyntheseraten durch viel Phytoplankton.

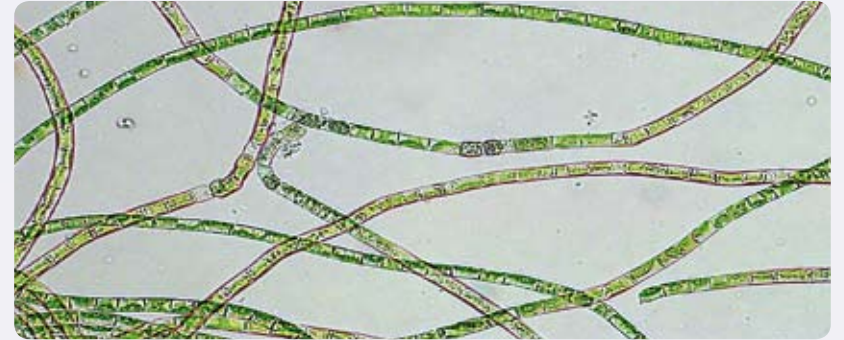
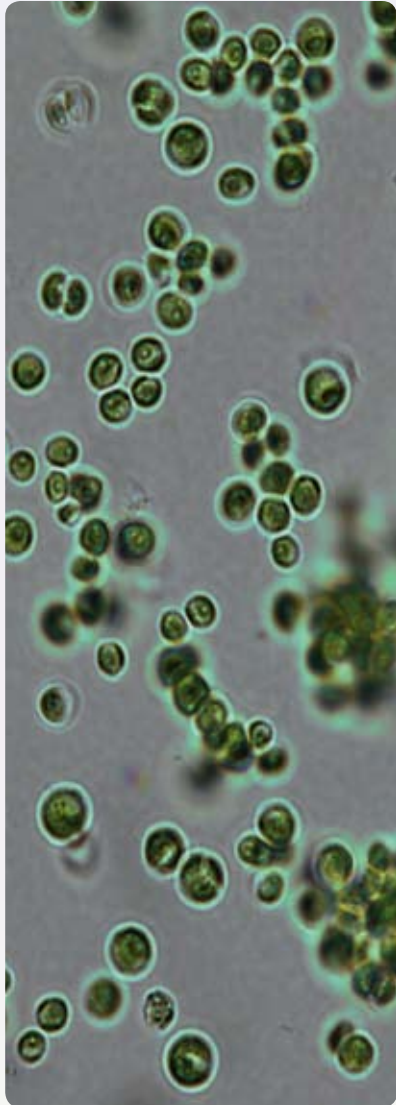
Wie viele Arten von Mikroalgen gibt es?

Die Vielfalt der Mikroalgen ist enorm. **Einige hunderttausend Mikroalgenarten** gibt es in der Natur, wenige zehntausend sind bisher gefunden und beschrieben worden. Von dieser großen Zahl befinden sich einige tausend inzwischen in weltweiten Sammlungen von Mikroalgen. Dazu nimmt man kleine Mengen der Algen in Kultur, das bedeutet, man versorgt sie in einer speziellen Flasche oder in Behältern im Labor mit Licht und Nährstoffen. Nur ein bis zwei Dutzend Mikroalgenarten sind so gut untersucht, dass sie in großen Mengen (= großtechnisch) kultiviert und wirtschaftlich in den Bereichen Biotechnologie und Bioenergie genutzt werden.

MIKROALGEN



MIKROALGEN



Wofür können Menschen die Mikroalgen nutzen?

Obwohl die Mikroalgen als kleine, einzellige, sehr einfache Pflanzen und Cyanobakterien (veraltet = Blaualgen) im ersten Moment für Wirtschaft und Industrie unbedeutend zu sein scheinen, werden sie inzwischen immer wichtiger. Dabei steckt die Nutzung von Mikroalgen durch uns Menschen noch besonders in den Kinderschuhen. Sie ist bisher noch zu teuer und verbraucht bei der Kultivierung zu viel Energie. So ist zur Zeit eine wirtschaftliche Nutzung beispielsweise der Fette, die Mikroalgen zu einem hohen Teil besitzen können, für die Produktion von Biodiesel finanziell noch nicht lohnend und damit nicht marktreif. Das große Potential der Mikroalgen auch für andere Bereiche wird aber zur zukünftigen bioenergetischen Verwendung weltweit sehr stark wissenschaftlich erforscht.

In der Natur spielen Mikroalgen mit 40 bis 50 % der weltweiten jährlichen Kohlendioxid-Fixierung eine große Bedeutung bei der weltweiten photosynthetischen Primärproduktion.

In der Wirtschaft ist die Gewinnung von Biomasse mit Hilfe von Mikroalgen ein immer stärker wachsender Markt. Mikroalgen wachsen viel schneller als normale Landpflanzen. Unter optimalen Bedingungen kann man mit Mikroalgen drei bis fünfmal mehr Biomasse (also Menge pro Flächeneinheit) produzieren als mit Energiepflanzen, wie beispielsweise mit Mais. Da die Produktion von großen Mengen Mikroalgen jedoch noch aufwendiger und teurer als der Anbau von Pflanzen ist, ist die Biomasse-Erzeugung von Mikroalgen allein zur Energiegewinnung bisher unrentabel.

Am aussichtsreichsten scheint momentan die Verwendung von Mikroalgen-Biomasse für die Biogasproduktion zu sein. Aber auch kleinere Mengen von Mikroalgen können sehr nützlich sein. Beispielsweise enthalten einige Mikroalgen Stoffe, die für die Medizin wichtig sind, sie wirken gegen Bakterien, Viren oder Pilze. Oder andere Algen enthalten Stoffe, die man für Futtermittel oder bei der Herstellung von Kosmetik verwenden

kann. Was man mit Mikroalgen genau alles machen kann, haben wir Wissenschaftler noch lange nicht herausgefunden. Die Mikroalgen bilden sozusagen einen Schatz, den wir noch nicht gehoben haben.

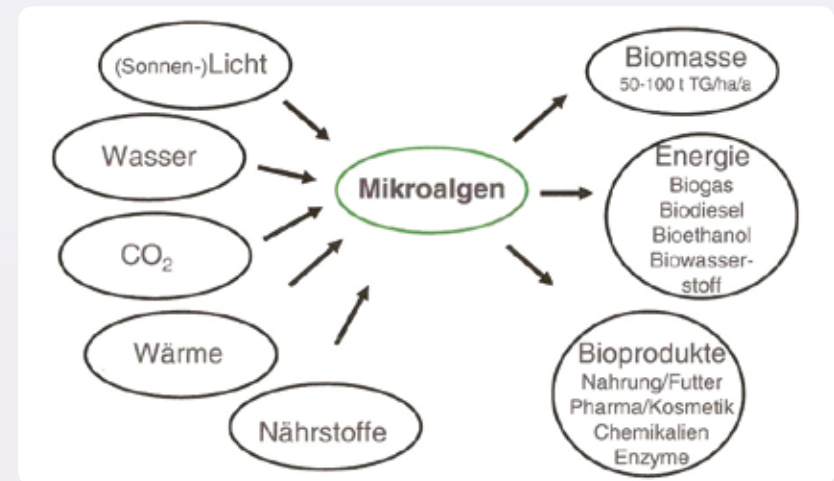


Abb. 2: Mikroalgen-Produktion und -Verwertung:

t = Tonnen, TG = Trockengewicht, Ha = Hektar, a = Jahr.



Abb. 3: Das fädige Cyanobakterium *Spirulina*.

Nehmen wir einmal ein Beispiel, das Cyanobakterium *Spirulina*. Seit 2003 konnten davon jährlich etwa 5000 Tonnen Trockenmasse (so misst man die Einheit der Biomasse) produziert werden, das entspricht ungefähr dem Gewicht von 120 vollbeladenen Lastwagen. Damit wurden jährlich etwa eine Milliarde Euro umgesetzt.

Was wird an Mikroalgen erforscht?

Ob man eine Mikroalge für Biotechnologie verwenden kann, hängt ganz von unserem Wissen über sie ab. Erst wenn wir Mikroalgen richtig gründlich erforscht haben, wissen wir, was sie alles können und wofür wir Menschen sie verwenden könnten.

Deswegen wird an der Christian-Albrechts-Universität **in Kiel** am Botanischen Institut in einem Projekt mit dem Namen „**Kompetenzzentrum Biomassenutzung in Schleswig-Holstein**“ daran gearbeitet, möglichst viele Mikroalgenstämme zu untersuchen. Es sollen gezielt Arten und optimale Kulturbedingungen gefunden werden, die sich zur raschen und einfachen Produktion von Biomasse, aber auch zur Gewinnung von Biowasserstoff oder anderen Substanzen eignen. Außerdem soll nach Stoffen gefahndet werden, die eine antibakterielle oder eine „antifouling“-Wirkung erzielen. Zur Untersuchung einer Verwendung von Mikroalgen-Biomasse sollen geeignete Stämme in größeren Mengen angezogen werden und in Biogasanlagen im Labor und später in einer Pilotanlage auf ihr Potential zur Biogasgewinnung getestet werden.

Man kann bisher zwar mit Mikroalgen drei bis fünfmal mehr Biomasse produzieren als mit Mais, allerdings sind die Kosten für diese Produktion viel zu teuer. Deswegen ist noch eine Menge an Forschungs- und Entwicklungsarbeit zu leisten.

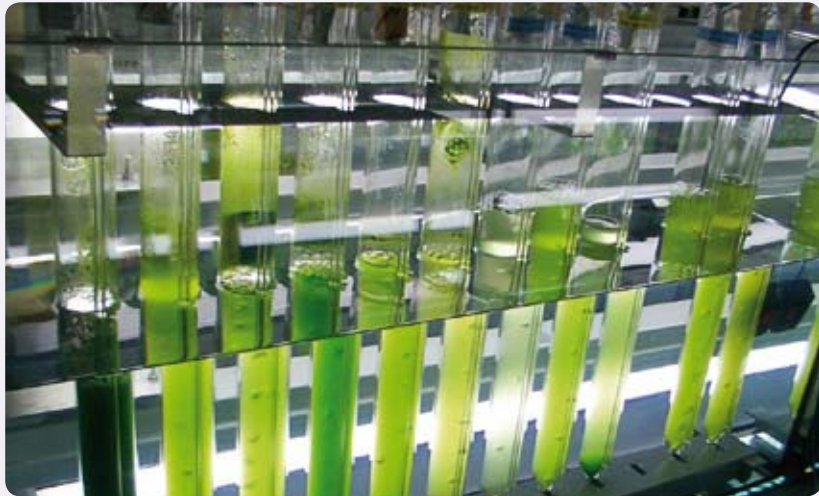


Abb. 4 und 5: Anzucht mit Mikroalgen im Labor in Röhren, die mit Luft durchblubbert werden.

Zur Zeit werden nur **fünf Arten** (*Spirulina*, *Chlorella*, *Dunaliella*, *Nostoc* und *Aphanizomenon*) in Mengen über 500 Tonnen pro Jahr in solchen **Photobioreaktoren** angezogen. Dem stehen derzeit etwa **2200 Stämme in der Kultursammlung in Göttingen** gegenüber, deren Eigenschaften bisher kaum untersucht sind. Aber schon aus der kleinen Zahl der bisher durchgeführten Studien ist klar, dass das biotechnologische Potential aller Mikroalgen zusammen betrachtet enorm sein muss. Als zentraler Bestandteil weitergehender Untersuchungen gilt daher ein Absuchen der bisher bekannten und der kultivierbaren Arten auf ihre biotechnologischen Potentiale.



Abb. 6: Anzucht von Mikroalgen in Kulturflaschen.



Abb. 7: Forschungs-Photobioreaktor zur Untersuchung der Biowasserstoffproduktion durch Mikroalgen im Labormaßstab.

Biotechnologie mit Mikroalgen, einige Beispiele

Beispielhaft für die vielen Möglichkeiten, die es in der Biotechnologie mit Mikroalgen gibt, sollen im Folgenden Stoffklassen vorgestellt und die Möglichkeiten der Produktion dieser Stoffe durch Mikroalgen beschrieben werden:

Farbstoffe (Pigmente) und Schutzstoffe gegen Sauerstoff:

Ziele der Biotechnologie mit Mikroalgen sind zum Beispiel die verstärkte Verwendung der großen Vielzahl an Farbstoffen (Pigmenten), die in

Mikroalgen enthalten sind. Sie spielen einerseits bei der Lichtaufnahme eine große Rolle und andererseits übernehmen sie Schutzfunktionen in den Zellen. Diese Farbstoffe werden den Nahrungsmitteln für Menschen zugesetzt, den Futtermitteln in der Landwirtschaft und in der Fischzucht (Aquakultur).

Aus Cyanobakterien und Rotalgen werden interessante Farbstoffe gewonnen. Aus der Grünalge mit dem lateinischen Namen *Haematococcus pluvialis* wird ein bestimmter Farbstoff gewonnen, der in der Aquakultur eingesetzt wird. Damit können ungefähr 300 Millionen Euro pro Jahr umgesetzt werden. Dieser Farbstoff lässt Lachsfleisch rötlich aussehen.

Fette und Fettsäuren:

Der Gesamtfettgehalt gibt Aufschluss über die Verwendbarkeit der Mikroalgenbiomasse bei der Gewinnung von Biodiesel. Es konnte eine Mikroalge (*Nannochloropsis salina*) gefunden werden, die mit einem sehr hohen Anteil von Fett und Öl (70 Prozent) viel mehr enthält als zum Beispiel die Samen von Raps. Die wertvollen, vor allem in Fischen enthaltenen mehrfach ungesättigten Fettsäuren, stammen ursprünglich aus den aufgenommenen Primärproduzenten der Nahrungskette, also vor allem den Mikroalgen. Sie sind deshalb unabdingbar bei der Fischzucht in der Aquakultur. Die Gewinnung von mehrfach ungesättigten Fettsäuren als Nahrungsmittelzusätze aus Algen ist von Vorteil und im Gegensatz zu den Fischölen geruchs- und geschmacksneutral.

Substanzen mit medizinischer Wirkung:

In die Substanzklasse der bioaktiven Substanzen fallen sehr verschiedene Stoffe, die unterschiedliche medizinische Wirkungen haben. Die Gewinnung solcher Substanzen aus Mikroalgen ist bisher wenig genutzt worden. Erste Untersuchungen zeigen jedoch, dass einige Mikroalgen gegen Bakterien, Viren und Pilze eingesetzt werden können.

„Antifouling“-Substanzen:

Ein weiteres wichtiges Einsatzgebiet ist der Schutz vor „biofouling“. Man versucht also zu verhindern, dass Muscheln, Seepocken und andere Lebe-

wesen an der Außenhaut von Schiffen festwachsen. Denn dies verursacht wirtschaftlich riesige finanzielle Schäden. Man erforscht gerade, welche Mikroalgen Inhaltsstoffe enthalten, die für „Antifouling“-Anstriche gut geeignet sind.

Biowasserstoff:

Das Gas Wasserstoff (H_2) wird durch seinen sehr hohen Gehalt an Energie und seine völlig reine Verbrennung als ein optimaler Energieträger angesehen. Neben der Herstellung aus den Brennstoffen Öl, Erdgas und Kohle und über Photovoltaik (unter Verwendung von Solarzellen und der Elektrolysetechnik), wird zunehmend die biologische Gewinnung von Wasserstoff als solarer Biowasserstoff erforscht. Viele Mikroalgen und Bakterien besitzen die Fähigkeit, unter bestimmten Bedingungen Wasserstoff zu produzieren. Die dazu notwendige Energie wird von den Mikroalgen direkt

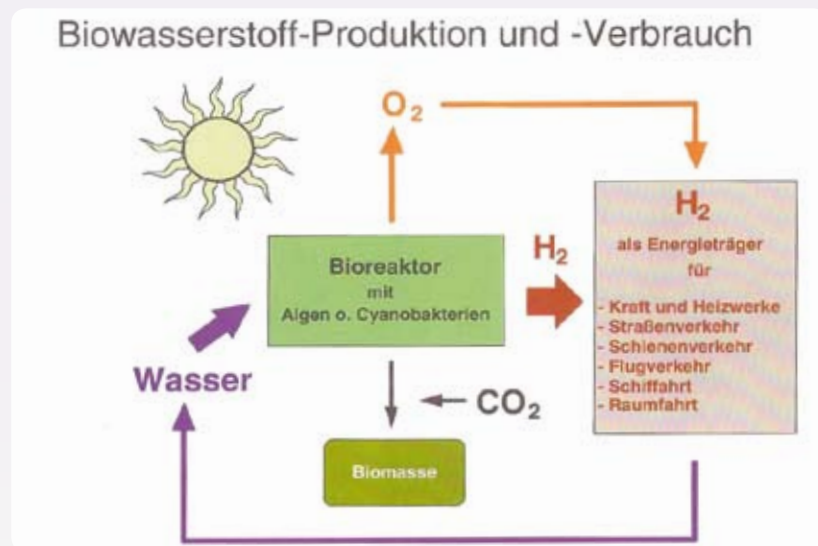


Abb. 8: Schema zur zukünftigen Produktion von Biowasserstoff mit Hilfe von Mikroalgen. Die Verwendung des Energieträgers Wasserstoff (H_2) erzeugt als Abgas allein Wasserdampf. Biomasse bindet Kohlendioxid (CO_2).

dem Sonnenlicht entnommen. Die Vorteile des solaren Biowasserstoffs als Energieträger der Zukunft sind vielfältig (gute Umweltverträglichkeit, produzieren kein klimaschädliches Kohlendioxid). Andererseits sind noch einige Probleme bei der Produktion zu lösen.

Biogas:

Zunehmend wird Biomasse zur Produktion von Biogas eingesetzt. Mit dem gewonnenen Biogas kann man mit extra dafür umgebauten Autos fahren oder das Biogas in elektrische Energie umwandeln. Dann bräuchte man kein knappes Erdöl, keine Kohle oder keine Atomkraftwerke zur Stromerzeugung einzusetzen. Mikroalgen könnten aufgrund ihrer hohen Produktion von Biomasse dabei eine bedeutende Rolle spielen. Allerdings gibt es auch hier das Problem, dass die Kosten für die Produktion von Biomasse aus Mikroalgen noch zu hoch sind. Wenn man allerdings die Reste der Mikroalgen verwenden würde, aus denen man vorher die wertvollen Stoffe für die Medizin, Antifouling etc. gezogen hat, wären die Kosten geringer und es würde sich vielleicht lohnen.

Erfahrungen mit der Verwendung von solchen Mikroalgen-Biomasseresten in Biogasanlagen bestehen weltweit noch nicht. Hierzu werden zur Zeit verschiedene Mikroalgenstämme getestet, um herauszufinden, wieviel Biogas man gewinnen kann.

Was wir noch nicht über Mikroalgen wissen, aber in nächster Zukunft erforschen wollen:

- ▶ Was können Mikroalgen noch alles, von dem wir noch nichts ahnen?
- ▶ Welche Stoffe können Mikroalgen noch bilden, die wir gut verwenden könnten?
- ▶ Wie bringen wir Mikroalgen dazu, mehr und billiger die Stoffe zu bilden, die wir gerne aus ihnen gewinnen wollen?
- ▶ Wie können wir Mikroalgen im großen Maßstab leichter und preisgünstiger kultivieren, ernten und verarbeiten?

Wie wird man Pflanzenforscher (Botaniker) oder Botanikerin?

Die Voraussetzungen

Man muss sich für die Naturwissenschaften (Physik, Chemie, Biologie) und Mathematik interessieren, besonders für die Zusammenhänge des Lebens, also die Biologie. Als Botaniker oder Botanikerin beschäftigt man sich vor allem mit dem Bau, der Verbreitung oder der Lebensweise von Pflanzen. Praktische Arbeiten draußen (= im Freiland) gehören genau so dazu wie Arbeiten am Computer oder längere Routinearbeiten im Labor. Latein ist keine Voraussetzung, hilft aber möglicherweise beim Verstehen der zahlreichen Fachausdrücke und der lateinischen Namen der Pflanzen. Wichtig ist, dass man in der englischen Sprache gut ist oder seine Fähigkeiten im Laufe der Ausbildung vertieft. Denn erstens treffen sich Wissenschaftler mindestens einmal im Jahr auf der ganzen Welt und reden miteinander. Das wird meistens in englischer Sprache gemacht. Und zweitens muss man seine Ergebnisse aufschreiben und mit anderen Wissenschaftlern austauschen. Auch dieses geschieht fast immer in englischer Sprache.

Berufsberatung Biologe/Biologin

Biologie ist ein eigener Studiengang. Man kann das Fach an vielen Universitäten, auch hier in Kiel, studieren. Um an die Universität zu gehen, braucht man die Hochschulreife, das Abitur. Insgesamt muss man also erst 12 oder 13 Jahre zur Schule gehen. Anschließend kann man sich an einer Universität einschreiben. Da Biologie ein beliebtes Studienfach ist, gibt es für Biologie einen relativ hohen *Numerus clausus*, das heißt eine Zulassungsbeschränkung. Die geht nach dem Notendurchschnitt. Biologie lässt sich in viele verschiedene Fachgebiete aufteilen: Botanik (Pflanzenkunde), Zoologie (Tierkunde), Mikrobiologie, Molekularbiologie, Zellbiologie, Entwicklungsbiologie, Physiologie, Verhaltensbiologie, Ökologie, Evolutionsbiologie und Systematik. Das Studium dauert ungefähr fünf bis sechs Jahre. Wenn man eine Doktorarbeit machen möchte, braucht man noch mal drei Jahre, arbeitet dabei aber bereits an einem Institut und verdient auch schon Geld. Während einer Doktorarbeit muss man etwas Neues herausfinden und in speziellen Zeitungen veröffentlichen.



Abb. 9: Prof. Dr. Rüdiger Schulz mit Kulturröhre

| Prof. Dr. Rüdiger Schulz

Botanisches Institut und Botanischer Garten,
Christian-Albrechts-Universität

rschulz@bot.uni-kiel.de

DER KIELER EXZELLENZCLUSTER OZEAN DER ZUKUNFT

Der Kieler Exzellenzcluster „Ozean der Zukunft“ ist ein in Deutschland einmaliger Forschungsverbund von mehr als 240 Wissenschaftlern aus sechs Fakultäten der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, des Leibniz-Instituts für Meereswissenschaften (IFM-GEOMAR), des Instituts für Weltwirtschaft (IfW) und der Muthesius Kunsthochschule.

Ziel des interdisziplinären Verbundes aus Meeres-, Geo- und Wirtschaftswissenschaftlern sowie Medizinern, Mathematikern, Juristen und Gesellschaftswissenschaftlern ist es, den Ozean- und Klimawandel gemeinsam zu erforschen, die Risiken und Chancen neu zu bewerten und ein weltweit nachhaltiges Management der Ozeane und mariner Ressourcen zu ermöglichen. Der Exzellenzcluster „Ozean der Zukunft“ wird im Rahmen der Exzellenzinitiative von der deutschen Forschungsgemeinschaft im Auftrag von Bund und Ländern gefördert.

Weitere Informationen unter: www.ozean-der-zukunft.de

Wir danken der Förde Sparkasse und ihrer Stiftung
„200 Jahre Sparkasse Kiel“ für die freundliche Unterstützung:

