

Antwort

der Bundesregierung

**auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Dr. Christel Happach-Kasan, Cornelia Pieper, Hans-Michael Goldmann, weiterer Abgeordneter und der Fraktion der FDP
– Drucksache 16/9382 –**

Produktion nachwachsender Rohstoffe zur rohstofflichen und energetischen Nutzung von Algen in Aquakultur als Beitrag zum Klimaschutz und zur Energieversorgung

Vorbemerkung der Fragesteller

Das Gutachten des wissenschaftlichen Beirats des Ministeriums für Ernährung Landwirtschaft und Verbraucherschutz „Energetische Nutzung von Biomasse“ hat die energetische Nutzung von biomasse-basierten Energieträgern hinsichtlich der CO₂-Vermeidungskosten und der Flächeneffizienz der produzierten Biomasse verglichen.

Die sehr hohen CO₂-Vermeidungskosten wie auch die geringe Flächeneffizienz einiger durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) und das Biokraftstoffquotengesetz geförderter Nutzungswege für Biomasse machen deutlich, dass noch ein erheblicher Forschungsbedarf besteht. Das Ziel der Europäischen Union, den Anteil erneuerbarer Energien bis zum Jahr 2020 auf 20 Prozent zu erhöhen, kann nur durch die Erschließung weiterer Nutzungswege für Biomasse zu volkswirtschaftlich vertretbaren Kosten erreicht werden. Diese Anstrengungen sind gerechtfertigt, denn die Nutzung von biomasse-basierten Energieträgern bietet, bedingt durch ihre Verfügbarkeit, gegenüber anderen erneuerbaren Energien erhebliche Vorteile.

Einzellige, planktonische Algen (Mikroalgen) werden seit Jahrzehnten im Labormaßstab in Kultur gehalten. Die Algen fixieren unter Nutzung von Lichtenergie wie Landpflanzen CO₂ und produzieren Sauerstoff und Glukose. In geringem Umfang gibt es bereits eine rohstoffliche Nutzung von Algen. Sie produzieren je nach Art, verschiedenste hochwertige Substanzen wie z. B. Farbpigmente und Vitamine oder essentielle Fettsäuren und Aminosäuren. Diese Substanzen sind hochwertige Futter- und Nahrungsmittelzusatzstoffe oder können als Substitut für synthetische Produkte in der Chemie- und Kosmetikindustrie dienen.

Zur energetischen Nutzung von Algen sind Verfahren erforderlich, die eine hohe Produktivität von Biomasse bei vergleichbar geringen Kosten ermöglichen, um mit geringen CO₂-Vermeidungskosten gegenüber der landgebundenen Produktion von Biomasse langfristig konkurrieren zu können. Auch wenn

auf Grund klimatischer Faktoren am Standort Deutschland wie z. B. die gegenüber den Tropen und Subtropen geringe Sonnenscheindauer, solche Verfahren nicht in jedem Fall unmittelbar konkurrenzfähig sein werden, ist deren Entwicklung als Beitrag zum globalen Klimaschutz und als Möglichkeit der Profilierung des Wissensstandorts Deutschland von Bedeutung.

Derzeit werden von verschiedenen Unternehmen in Deutschland (wie z. B. die Hezinger Algaetec GmbH in Kornwestheim oder das Institut für Getreideverarbeitung (IGV) in Potsdam) Photobioreaktoren zur großtechnischen Zucht von Mikroalgen entwickelt. Es wird angestrebt mit optimierter Nutzung des natürlichen Sonnenlichts ohne Fremdenergie und bei CO₂-Düngung z. B. aus Biogasanlagen eine hohe Effizienz der Biomasseproduktion mit Algen zu erzielen. Aktuell ist ein Stamm der Grünalge *Chlorella* in Erprobung. Die Entwicklungsarbeiten konzentrieren sich auf großvolumige, tankähnliche Anlagen mit vergleichsweise geringem Flächenbedarf. In den Tanks wird über eine innovative Lichteinspeisetechnik Sonnenlicht effizient in die Algensuspension eingebracht und ermöglicht den Organismen damit die photosynthetische Stoffwechselung des Treibhausgases CO₂.

Vorbemerkung der Bundesregierung

Makro- und Mikroalgen werden hauptsächlich für die Ernährung, als Tierfutter, als Dünger oder für Kosmetika genutzt. Die Nutzung im energetischen Bereich wurde bereits in den 60er Jahren untersucht. Im Zusammenhang mit der aktuellen Diskussion über Klimaschutz und Bioenergienutzung wurden Forschung und Entwicklung (FuE) zu diesem Thema wieder aufgegriffen.

In Deutschland wird am IGV bereits seit etwa 20 Jahren zum Thema Algen geforscht. Die Neu- und Weiterentwicklung der Photobioreaktortechnik, aber auch von Extraktionstechniken, sind gegenwärtig wesentliche FuE-Schwerpunkte. Vom IGV wurden bereits zahlreiche Photobioreaktoren entwickelt und auch verkauft. Inzwischen sind bislang erprobte Photobioreaktoren mit dem so genannten 3-D-Matrix-System weiterentwickelt worden. Dieses System soll Ausbeute und Effizienz der Mikroalgenproduktion signifikant erhöhen. Neben der Schaffung einer (marginalen) CO₂-Senke ermöglicht die Mikroalgenproduktion eine von ackerbaulichen Flächen entkoppelte Biokraftstoffherstellung. Es bestehen vielfältige Möglichkeiten sowohl der Algenproduktion als auch der Nutzung der Algenbiomasse. Eine kommerzielle Nutzung im energetischen Sektor ist zurzeit noch nicht wettbewerbsfähig. Die Herausforderung besteht vor allem in der Überführung hocheffizienter und ertragreicher Laborreaktoren in einen industriellen Maßstab. Auch die Reaktoren des in der Anfrage genannten Unternehmens Hezinger Algaetec GmbH befinden sich noch in der Entwicklung. Wann die Technologien Marktreife erlangen, ist schwer abzuschätzen.

Bisherige Planungen für Großanlagen konzentrieren sich vorzugsweise auf tropische und subtropische Gebiete und den Mittelmeerraum, also warme, sonnenlichtreiche Gegenden. Es ist noch zu evaluieren, ob Deutschland ein geeigneter Standort für den Einsatz aquatischer Algenproduktionssysteme ist. Insbesondere in den Übergangs- und Wintermonaten sind hier möglicherweise zusätzliche Licht- und Wärmezuführungen notwendig, um hohe Ausbeuten zu erzielen.

1. Welche Chancen sieht die Bundesregierung in der Entwicklung von Technologien zur Produktion sowie rohstofflichen und energetischen Verwertung von einzelligen Algen in Aquakultur, welche Forschungsansätze werden in Deutschland verfolgt und wie können die vorhandenen Potentiale in Deutschland ausgeschöpft werden?

Einzellige Algen und solche aus wenigen Zellen, so genannte Mikroalgen, sind in der Lage, große Mengen CO₂ in Biomasse umzuwandeln, die stofflich und

energetisch genutzt werden kann. In einer Mikroalgen-Population betreiben alle Zellen in gleichem Maße Photosynthese, so dass sich ein Biomasseertrag ergibt, der nach unterschiedlichen Expertenschätzungen zwischen dem zehnbis hundertfachen des Ertrages von höheren Landpflanzen liegt.

Vor diesem Hintergrund sieht die Bundesregierung die Technologieentwicklung für eine stoffliche und energetische Nutzung von Mikroalgen in Aquakultur als eine wichtige, weiter zu verfolgende Option an. Derzeit lässt sich aber noch nicht verlässlich vorhersagen, wann die Technologien verfügbar sein werden.

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) hat in Zusammenarbeit mit Unternehmen der Energiewirtschaft sowie der Stadt Hamburg die Gründung eines Forums initiiert, das für den Informationsaustausch über Entwicklungen in der stofflichen und energetischen Nutzung von Mikroalgen in Aquakultur dienen und FuE-Kooperationen und Projekte stimulieren soll. Das Forum richtet sich interdisziplinär an Experten aus Biologie, Verfahrenstechnik, Mikrotechnik, Optik- und Lichttechnik sowie Naturwissenschaftler verwandter Gebiete. Ausgehend vom industriellen Bedarf ist die Einbindung aller Akteure der Wertschöpfungskette geplant, einschließlich der CO₂-Emitenten und der künftigen Nutzer der Algenbiomasse. Das BMBF beteiligt sich an der Diskussion über den zukünftigen Forschungsbedarf.

Das erste Expertentreffen des Forums im Januar 2008 stieß auf großes Interesse aus Wissenschaft und Wirtschaft, die sowohl durch junge Start-up-Unternehmen als auch Mittelstands- und Großunternehmen vertreten war. Das Forum ist offen für weitere Organisationen und Unternehmen.

2. Welche Algenarten werden bei Forschungen im Bereich der Zucht von Algen in Aquakultur bislang eingesetzt, welche Arten werden für die energetische Nutzung untersucht, welche für die stoffliche Nutzung?

Nach Kenntnis der Bundesregierung sind etwa 40 000 verschiedene Algenarten beschrieben. Die Sammlung von Algenkulturen (SAG) in Göttingen, die zu den drei größten Algenkulturen der Welt zählt, verfügt über mehr als 2 000 Stämme. Für die energetische Nutzung wird beispielsweise *Chlorella vulgaris* und *Botryococcus Braunii* untersucht, für die stoffliche Nutzung zum Beispiel *Haematococcus pluvialis*.

3. Welche Algenarten werden in Deutschland bereits kommerziell genutzt?

Nach Kenntnis der Bundesregierung werden von den etwa 40.000 beschriebenen Arten bisher weniger als 50 kommerziell genutzt. Die Nutzung von Algen ist in Asien weiter verbreitet als in Europa. In Deutschland werden beispielsweise *Chlorella vulgaris*, *Chamydomonas reinhardtii* und Afa-Algen zur Nahrungsergänzung kommerziell genutzt. Insgesamt wird noch ein erhebliches stoffliches Potenzial vermutet.

4. Welche Substanzen lassen sich mit den verschiedenen Algenarten und durch die unterschiedlichen Verfahren der Aufbereitung gewinnen?

Nach Kenntnis der Bundesregierung produzieren Algen Eiweiße, Fett und Kohlenhydrate in unterschiedlicher Zusammensetzung sowie eine Vielzahl gesundheitlich relevanter Wirkstoffe. Hierzu gehören zum Beispiel mehrfach ungesättigte Fettsäuren (PUFA) zur Nahrungsergänzung und für medizinische Zwecke.

5. Welche züchterischen Ansätze werden neben der Selektion von Stämmen mit herausragenden Eigenschaften verfolgt, an welchen Institutionen wird die Selektion solcher Stämme betrieben und nach welchen Kriterien wird selektiert?
6. Wie ist der Stand der Genomanalyse von verwendeten Algenarten, für welche Arten gibt es Vorarbeiten zur Genomanalyse?

Die Fragen 5 und 6 werden im Zusammenhang beantwortet.

Es wird auf die einschlägige Fachliteratur verwiesen.

7. Wie beurteilt die Bundesregierung die Möglichkeiten, durch den Einsatz gentechnischer Züchtungsverfahren bei Algen eine Erhöhung der Produktausbeute zu erzielen sowie die Produktion von Rohstoffen zu ermöglichen, die an den Zweck der industriellen rohstofflichen Verwertung angepasst sind?

Die Möglichkeiten, durch den Einsatz gentechnischer Züchtungsverfahren bei Algen eine Erhöhung der Produktausbeute zu erzielen sowie die gezielte Produktion von Rohstoffen zu ermöglichen, werden als viel versprechend bewertet. Neben den züchterischen Arbeiten wird die Produktivität auch durch die verfahrenstechnische Gestaltung der Reaktoren und technischen Anlagen bestimmt. Hier dürfte eine interdisziplinäre Kooperation zwischen Biologen und Verfahrenstechnikern noch wesentliche Produktivitätssteigerungen ermöglichen.

8. Welche außeruniversitäre Forschungseinrichtungen aus MPG, HGF, WGL, FhG und welche Ressortforschungseinrichtungen waren bzw. sind an diesen biologischen Forschungen beteiligt, an welchen Universitäten gibt es entsprechende Forschungsinitiativen?

Als außeruniversitäre Forschungseinrichtung ist mit Algenforschung befasst:

- Fraunhofer Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB (z. B. Screening und Kultivierung wertstoffhaltiger Mikroalgen)

Folgende Universitäten sind auf dem Gebiet der Algenbiotechnologie aktiv:

- Universität Bielefeld (AlgaeBioTech Group, Gentechnische Veränderung von *Chlamydomonas reinhardtii* zur Wasserstoff-Erzeugung);
- Jacobs-University Bremen (Gentechnische Veränderung von Algen zur Produktion von Biogasen wie Methan und Wasserstoff).

Darüber hinaus ist das Institut für Getreideverarbeitung (IGV GmbH) als führende Forschungseinrichtung auf dem Gebiet der Algenbiotechnologie zu nennen.

Ressortforschungseinrichtungen, die an diesen biologischen Forschungen (gentechnische Arbeiten, siehe Frage 7) gearbeitet haben, sind nicht bekannt. Bekannt sind Arbeiten der Ressortforschung zur Evaluierung chemopräventiver Effekte von Extrakten aus Braunalgen (Max Rubner Institut, Institut für Physiologie und Biochemie der Ernährung) und der Biotechnologie und Enzymkatalyse zur Gewinnung bioaktiver Lipide aus Algen zur Verwendung in funktionellen Lebensmitteln (Max Rubner Institut, Institut für Sicherheit und Qualität bei Getreide).

Im Übrigen hat dieser Forschungsbereich einen stark interdisziplinären Charakter, so dass neben Bioforschungseinrichtungen ein breites Spektrum anderer Forschungsinstitutionen unterschiedlicher Fachrichtungen beteiligt ist.

9. Welche Institutionen sind an der technischen Entwicklung von Photobioreaktoren beteiligt und wie ist der Stand der Entwicklung von Kreislaufverfahren für die Produktion von Algenbiomasse?

Neben den Forschungseinrichtungen sind Unternehmen an der Entwicklung von Photobioreaktoren beteiligt, die entsprechende Technologien und Komponenten anbieten: Reaktorbauer, Anlagenbauer, Anbieter von Mess-, Steuer- und Regelungstechnik, Ingenieurbüros, Material- und Lichttechnikexperten. Die Zahl der Anbieter von Photobioreaktoren wird zur Zeit auf zehn Firmen geschätzt. In letzter Zeit hat es mehrere Neugründungen gegeben. Weiterhin sind Unternehmen aus den Branchen Nahrungsergänzung, Pharma, Kosmetik sowie Mineralölwirtschaft und Energie an den Entwicklungen interessiert und teilweise auch bereits aktiv. Den Stand der Entwicklung von Kreislaufverfahren für die Algenbiomasse-Produktion sieht die Bundesregierung noch in einem frühen Stadium.

10. Inwieweit sind Verfahren der Aquakultur, die in der Fischzucht verwendet werden, für die Produktion von Algenbiomasse verwertbar?

Die für die Fischproduktion eingesetzten Verfahren sind nicht für die Produktion von Algen verwertbar. Aquakulturanlagen zur Zucht von Fischen sind völlig anders konzipiert als Anlagen für die Zucht von Algen. In der Fisch-Aquakultur muss das Wasser von Ausscheidungsprodukten und Futterresten (welche das Wasser belasten) gereinigt und mit Sauerstoff angereichert werden, wie dies in Kreislaufanlagen der Fall ist, oder, bei Haltung der Fische im Durchfluss, das belastete Wasser ständig durch Frischwasser ersetzt werden. Bei der Produktion von Algen ist das Gegenteil der Fall. Es müssen in ausreichender Menge Nährstoffe und CO₂ im Wasser gelöst sein, und der abnehmende Gehalt muss durch Düngung ausgeglichen werden. Der Sauerstoffgehalt spielt in der Algenzucht eine untergeordnete Rolle. Da der Sauerstoff von den Algen bei der Photosynthese produziert und ins Wasser abgegeben wird, herrscht hier eher ein Sauerstoffüberschuss. Die Behälter, in denen Fische bzw. Algen gehalten werden, sind ebenfalls nicht vergleichbar. Bei der Algenzucht muss möglichst viel Licht einfallen, was bei der Verwendung von Tanks, wie sie in der Fisch-Aquakultur eingesetzt werden, nicht gegeben ist.

11. Welche Forschungscluster von Wirtschaft, Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen arbeiten auf dem Gebiet der Zucht von Algen in Photobioreaktoren und der Entwicklung von Photobioreaktoren im Rahmen der Exzellenzinitiative?

Im Rahmen der Exzellenzinitiative wird kein Forschungscluster zur stofflichen und energetischen Nutzung von Mikroalgen gefördert.

12. Welche Organisationen und Unternehmen aus Deutschland beschäftigen sich mit der Algentechnologie und wie sind diese im internationalen Vergleich aufgestellt?

Auf die Antwort zu Frage 9 wird verwiesen.

Eine Erhebung darüber, wie Unternehmen aus Deutschland im internationalen Vergleich aufgestellt sind, liegt noch nicht vor. Beim nächsten Forum sollen internationale Forschungs- und Entwicklungsergebnisse sowie wissenschaftliche und industrielle Vorhaben diskutiert werden.

13. Welche Kenntnisse bestehen über die energetische Nutzung von Algenbiomasse bei der Produktion von Biogas, bei der Herstellung von Kraftstoffen, bei der Herstellung von Pellets für die thermische Verwertung?

Biogas

Grundsätzlich kann Algenbiomasse als Substrat bei der Biogaserzeugung genutzt werden. Ob und in welchem Umfang eine Nutzung als Biogassubstrat erfolgt, ist nicht bekannt. Darüber hinaus können Biogase auch direkt von Algen produziert werden, eine Umsetzung in die Praxis ist auch hier nicht bekannt. Des Weiteren gibt es Bestrebungen, Photosynthese betreibende Mikroalgen zur Reinigung von Biogas einzusetzen. Ein entsprechendes FuE-Vorhaben der Schmack Biogas AG wird gegenwärtig vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) gefördert. Auch hier ist festzuhalten, dass bislang keine kommerzielle Umsetzung erfolgte.

Biokraftstoffe

Algen können zur Herstellung der Kraftstoffe Öl (Triglyceride), Fettsäuremethylester (FAME) oder Bioethanol genutzt werden. Eine Umsetzung der Kraftstoffherzeugung aus Algen in einen industriellen Maßstab erfolgte bislang jedoch nicht, Kraftstoffe aus Algen sind nicht am Markt verfügbar.

Thermische Nutzung

Eine thermische Nutzung von Algenbiomasse ist nicht bekannt.

14. Gibt es besondere Probleme, die bestimmte Nutzungspfade der energetischen Nutzung bei der Verwendung von Algenbiomasse bereiten und wenn ja welche und welche Lösungsansätze werden verfolgt?

Grundsätzliches Problem der energetischen Nutzung von Algenbiomasse ist die fehlende Wirtschaftlichkeit aufgrund zu hoher Kosten bei der Algenproduktion. Lösungsansätze bestehen in der Züchtung ertragreicher Algenarten mit geeigneten Eigenschaften für den spezifischen energetischen Nutzungspfad und in der Entwicklung effizienter Produktionsanlagen. Ein weiteres wesentliches Problem der Mikroalgenproduktion ist, dass herkömmliche Produktionsanlagen nur schwer sterilisierbar sind und die Gefahr von Verunreinigungen z. B. aus der Umgebungsluft besteht, was zu Produktionsausfällen führen kann. Neue Photobioreaktoren werden beispielsweise mit gesonderten und geschlossenen Gaskreisläufen konzipiert, um den Eintrag von Verunreinigungen zu vermeiden. Dabei passiert das im Kreislauf geführte Gas im Ein- und Ausgang z. B. Sterilfilter.

Darüber hinaus sind folgende weitere Probleme festzustellen:

Biokraftstoffe

Algen können über einen hohen Gehalt an Spurenelementen und organischen Verbindungen verfügen. Daher kann die Algenbiomasse oder das aus Algen gewonnene Öl Bestandteile enthalten, die für die direkte Nutzung als Kraftstoff oder für die Weiterverarbeitung zu Biokraftstoffen unerwünscht sind. Die Öle weisen darüber hinaus einen hohen Gehalt an ungesättigten Fettsäuren auf (hohe Jodzahl). Eine hohe Jodzahl ist problematisch für die Verwendung von Algenöl als Kraftstoff. Hier besteht noch erheblicher Forschungsbedarf.

Thermische Nutzung

Bei einer möglichen thermischen Nutzung von Algenbiomasse könnten sich möglicherweise hohe Gehalte an Spurenelementen und organischen Verbindungen negativ auswirken. Untersuchungen z. B. zur Verbrennung oder Vergasung von Algenbiomasse sind nicht bekannt.

15. Welche Förderinitiativen sind bisher von der Bundesregierung ergriffen worden, um innovative auf der Produktion von Algen in Aquakultur basierende Technologien zu fördern, welche finanziellen Mittel sind dafür aufgewendet worden und welche zukünftigen Maßnahmen sind geplant?

Auf die Antwort zu Frage 1 wird verwiesen.

Mit der Konzeption und Durchführung des dort beschriebenen Forums hat das BMBF seinen Projektträger VDI/VDE-IT mit der Konzeption und Durchführung des Forums beauftragt. Ziel ist, die Möglichkeiten stofflicher und energetischer Nutzung von Mikroalgen besser abschätzen und daraus notwendige Fördermaßnahmen für Forschung und industrielle Produktion ableiten zu können. In Abhängigkeit von den Ergebnissen der Fachdiskussionen wird die Einrichtung eines entsprechenden Förderschwerpunktes im Jahr 2009 erwogen.

16. Sieht die Bundesregierung Möglichkeiten, die Produktion von Algen in Photobioreaktoren zur Abscheidung von CO₂ bei der Reinigung von Biogas aus Biogasanlagen zu nutzen und wenn ja, welche Forschungs- und Förderinitiativen wurden von der Bundesregierung initiiert und wenn nein, warum nicht?

Auf die Antwort zu Frage 13 wird verwiesen.

17. Wie viele Patente wurden im Bereich der Produktion von Algenbiomasse und ihrer stofflichen und energetischen Nutzung angemeldet und erteilt?

In den Datenbeständen des DEPATIS-Systems des Deutschen Patent- und Markenamtes sind 70 Patente zum Stichwort „Algen“ verzeichnet.

