

Zero emission fuel – Effiziente Wasserstoffproduktion durch Chlamydomonas reinhardtii

Linh Nguyen, Carsten Schreiner, Sven Sachtleber | Otto-Hahn-Schule Hanau

Kurzinformation zum Projekt

Das 21. Jahrhundert ist geprägt von den beginnenden Auswirkungen des Klimawandels und zunehmend sinkender Reserven fossiler Brennstoffe.

Alternative, umweltfreundliche Energiequellen zu finden, welche fossile Brennstoffe nachhaltig ersetzen und gleichzeitig die Emission von Klimagasen verringern, ist eine der zentralen Aufgaben der heutigen Forschung.

Dabei ist bei der Herstellung solcher „Zero Emission Kraftstoffe“ darauf zu achten, dass die Energiebilanz zur Herstellung äußerst gering ausfällt, der Kraftstoff kostengünstig und ohne zu großen Aufwand zu nutzen ist.

So ist Wasserstoff als zukünftige Energiequelle zur Verwendung in Brennstoffzellen bereits in der kommerziellen Erprobung. Eines der Hauptprobleme bei der Herstellung von Wasserstoff jedoch ist die Energiebilanz.

Die Erzeugung von Wasserstoff mittels Elektrolyse verbraucht noch immer mehr Energie als später durch die Umkehrreaktion in den Brennstoffzellen wieder freigesetzt wird.

Bis heute scheiterte die Idee Bölkows, Wasserstoff als Energiequelle der Zukunft zu verwenden, an der Tatsache, dass es bisher keinen effizienteren Weg gibt Wasserstoff zu produzieren.

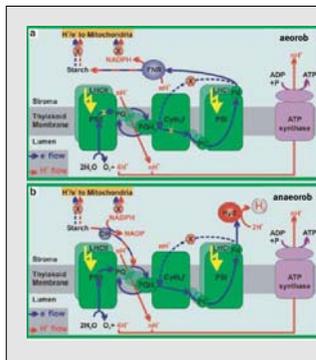
Im Rahmen unseres Projektes, versuchen wir Wasserstoff in technischen Maßstab mit Hilfe von Grünalgen der Gattung Chlamydomonas zu erzeugen.

Da diese Algenart zur Wasserstoffproduktion bisher in einem schwefelfreien Medium und unter anaeroben Bedingungen kultiviert werden muss, liegt unsere vorrangige Aufgabe in deren genetischen Veränderung unter Änderung der Kultivierungsbedingungen und in der Optimierung der Wasserstoffproduktion.

Im weiteren Verlauf unserer Experimente planen wir die Entwicklung einer Brennstoffzelle, bei der diese veränderten Grünalgen, in stationären Phase verbleibend, direkt Wasserstoff an eine Brennstoffzelle abgeben.

Unsere Forschung erfolgt in der Zusammenarbeit unseres BCSI Hochbegabten-Forschungsteam an der Otto-Hahn-Schule Hanau mit dem Arbeitskreis von Frau Prof. Dr. Claudia Büchel vom Fachbereich 15 - Biowissenschaften - der Johann-Wolfgang-Goethe Universität Frankfurt.

Dieses Projekt wird unterstützt von:



Photosysteme und Wasserstoffproduktion Fluß von H⁺ und e⁻ in den Chloroplasten von Chlamydomonas reinhardtii unter aeroben (a) und anaeroben (b) Bedingungen

Unter aeroben Bedingungen (a) entstehen Elektronen (e⁻) bei der wasser-spaltenden Reaktion des PSII.

Sie werden über die Photosynthese Transportkette über Plastochinon (PQ), Cytochrome b6f (Cyt b6f), Photosystem I (PSI), und Ferredoxin (Fd) weitergeleitet bevor sie zur Gewinnung von Stärke und NADPH verwendet werden. H⁺ Abgabe durch das PSII und den PQ/PQH₂ Cyclus in den Thylakoid Raum der Chloroplasten erzeugt einen H⁺ Gradienten, der die ATP Produktion mittels der ATP Synthase antreibt.

Unter anaeroben Bedingungen (b) produziert das Enzym Hydroxygenase reinen Wasserstoff aus den aus Stärke und gewonnenen NADPH⁺ / e⁻.

Dabei ist der cycliche Elektronentransport zwischen Ferredoxin und Cyt b6f gehemmt.

FNR: Ferredoxin-Reduktase

Projektphasen

Im September 2008 haben wir damit begonnen, das Projekt in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe Frau Prof. Büchel (JWG-Universität) und einem Schülerteam von der Albert-Einstein-Schule (Bad Schwalbach) zu planen.

Dazu wurden zwei Projektphasen definiert:

PHASE 1

- September 2008 - März 2009
- Anzucht von Chlamydomonas reinhardtii wt und Adaption an schwefelfreies Medium im Labor Prof. Büchel an der Johann-Wolfgang-Goethe Universität
- Einrichtung eines zellbiologischen Labors an der Otto-Hahn-Schule Hanau
- Übertragung der Methoden und Zellkulturen in das Labor der OHS
- Aufbau eines sensitiven Wasserstoff-Nachweistests mittels Wolframoxid
- Planung und Zusammenarbeit mit der Albert-Einstein-Schule Schwalbach im Bereich Molekularbiologie (PCR)

PHASE 2

- März 2009 - Dezember 2009
- Large scale Produktion von Chlamydomonas reinhardtii in schwefelfreiem Medium im Zelllabor der OHS
- Isolierung der DNS aus Chlamydomonas reinhardtii an der AES Schwalbach
- Genetische Veränderung von Chlamydomonas reinhardtii wt
- Selektion Wasserstoff-produzierender Mutanten
- Nachweis der Mutationen (PCR)

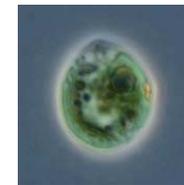
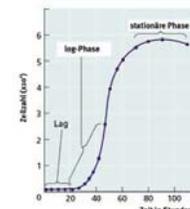
Ergebnisse

Anzucht von Chlamydomonas reinhardtii wt und Adaption an schwefelfreies Medium

Algen der Gattung Chlamydomonas reinhardtii wurden an der JWG Universität in regulärem Nährmedium kultiviert.

Bei Erreichen des maximalen Wachstums wurden 5 x 10⁶ Algen in 250 ml schwefelfreies Medium überführt.

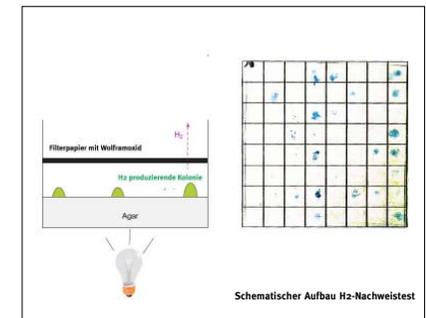
Die Algen wuchsen dann bei 720 nm und 25°C auf einem Taumelgerät mit 16 Stunden Beleuchtungsphase weiter. Nach 5 Tagen konnte die Wasserstoffproduktion mit einem Gaschromatographen nachgewiesen werden. Derzeit können noch keine Aussagen über die H₂-Konzentration getroffen werden, da sich unser Testsystem unter Verwendung von Wolframoxid noch in der Entwicklung befindet.



Aufbau eines Nachweisystems zur Identifizierung H₂-produzierender Algenkolonien

Wolframoxid (WO₃) besitzt die Eigenschaft, sich nach Einbau von leichten Ionen wie H⁺ oder Li⁺ blau zu färben. Benutzt man als Ionenreservoir entsprechende flüssige oder feste Elektrolyte, so läßt sich diese Einfärbung reversibel durch Anlegen einer Spannung entsprechender Polarität erreichen ('elektrochromer Effekt'). Durch Sauerstoff wird diese Färbung wieder aufgehoben.

In unserem Nachweisystem werden Chlamydomonas Algen auf Agarplatten mit schwefelfreiem Nährboden unter anaeroben Bedingungen gezüchtet. Oberhalb des Agars befindet sich ein Filterpapier, das mit einer gesättigten Lösung vom Wolframoxid getränkt wurde. Wasserstoff produzierende Kolonien färben das Wolframoxid im Filterpapier blau an. Somit können entsprechende Kolonien identifiziert und in Suspensionskulturen weiter vermehrt werden. Derzeit befindet sich dieses Testsystem noch in der Entwicklung.



Aufbau eines zellbiologischen Labors an der Otto-Hahn-Schule Hanau

Im Januar 2009 wurde uns an der Otto-Hahn-Schule ein Raum zur Verfügung gestellt, dessen Einrichtung als zellbiologisches Labor kurz vor Abschluss steht.

Das Labor ist mit Laminar-flow Sterilbank und Autoklav ausgestattet. Steriles Arbeiten ist technisch somit gewährleistet. Unsere Arbeiten werden dort nun fortgeführt.

Die Algenkulturen aus dem Labor der Universität werden bereits in unserem neuen Schullabor kultiviert.

