

Stephanie [REDACTED]
BTA-OH
Gruppe A, Arbeitsplatz 7
Partner: Martin [REDACTED]

Protokoll
über den Versuch vom
11.-19.03.2002

„biosolare Wasserstoffproduktion“

(Versuch 8)

Mikrobiologisches Praktikum
Berufskolleg Kartäuserwall
Kartäuserwall 30, Köln

Versuchsleiter: Hr. Cichos

biosolare Wasserstoffproduktion durch Rhodospirillen

Prinzip / Theorie

Neben der Windenergie und anderen bekannten Verfahren gibt es auch weit unbekanntere Möglichkeiten, die Sonne zur Deckung unseres Energiebedarfes „anzuzapfen“.

In einem Forschungsprojekt am Institut für Verfahrenstechnik der RWTH Aachen wird zum Beispiel untersucht, welche Chancen zur technischen Nutzung der biologischen Wasserstoffproduktion bestehen. Bei diesem Verfahren wird die Fähigkeit von Purpurbakterien (Rhodospirillen) genutzt, bei Sonnenlicht, Stickstofflimitierung und Versorgung mit einem organischen Nährstoff (Substrat) Wasserstoff zu synthetisieren. Im Gegensatz zu der bekannten Photosynthese von grünen Pflanzen entsteht hierbei

kein Sauerstoff, weshalb man von einer „anoxygenen Photosynthese“ spricht. Daneben kann Wasserstoff biologisch auch durch Fermentation (also Gärung) z.B. von Clostridien oder durch Biophotolyse (also biologische Spaltung von Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff) von Cyanobakterien erzeugt werden. Die biologischen Grundlagen sind im wesentlichen seit vielen Jahren bekannt und eingehend untersucht worden.

Aufbauend auf die Wasserstoffproduktion wird ein CO₂-freier Energiewandlungsprozess entwickelt, der aus der Kopplung dreier Bioreaktoren und leistungsfähiger Gaspermeationseinrichtungen besteht. Das von der NATO geförderte Projekt wird in Zusammenarbeit mit der Russischen Akademie der Wissenschaften und der Universität von Moskau durchgeführt.

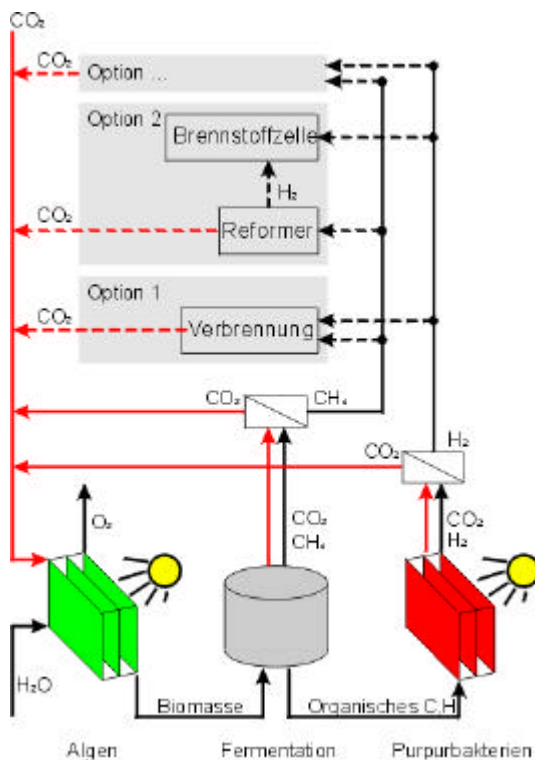


Abb. 1 die Anlage in der RWTH Aachen

Um diesen Prozess als Methode zur Energiebereitstellung nutzen zu können, muss jedoch neben der Effizienz der Bakterienaktivität auch die technische Umsetzung des Prozesses optimiert werden.

Deshalb wird in dem Forschungsprojekt in Zusammenarbeit mit Biologen ein Reaktor- und Prozesskonzept entwickelt, mit dem eine Nutzung dieser biologischen Vorgänge im technischen Maßstab möglich ist. Ziel des Projektes ist es, den Prozess auf diese Weise möglichst nahe an die Wirtschaftlichkeit heranzuführen.

Zu diesem Zweck wird zum einen das Stoffwechselverhalten der Bakterien unter verschiedenen Bedingungen im Labor sowie im Freiland untersucht. Die Produktivität ist zum Beispiel abhängig vom pH-Wert, der Konzentration und der Art des Substrates sowie der Betriebsweise.

Als organischer Nährstoff wird bei den Untersuchungen Molke eingesetzt, da diese das erforderliche Stickstoff - Kohlenstoffverhältnis aufweist und als ein Nebenprodukt aus der Käseherstellung praktisch kostenlos zur Verfügung steht. Es sind jedoch auch andere Substrate denkbar.

Außerdem werden verschiedene Reaktorkonzepte sowohl im Labor als auch im Freiland getestet. Dabei wird versucht, mit minimalen Energieaufwand für den Betrieb

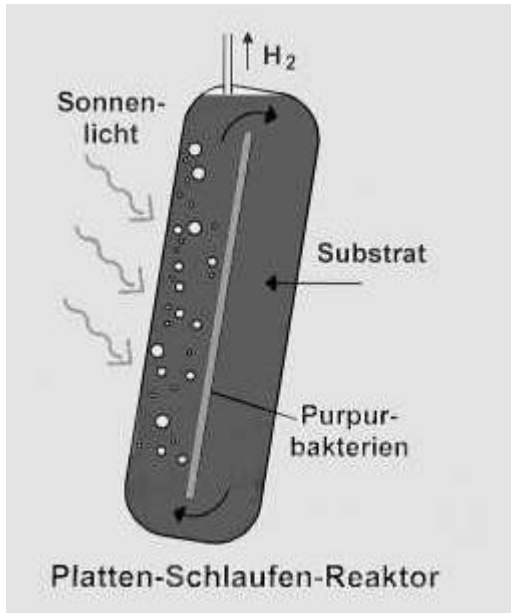


Abb. 2 Reaktorversuch an der RWTH

Verhältnisse im Reaktor einzustellen, unter denen die Bakterien auch unter unsterilen Bedingungen und bei kontinuierlicher Betriebsweise eine Wasserstoffproduktion über lange Zeit aufrechterhalten. In den Freilandversuchen wurde die Anordnung der Reaktoren optimiert.

Durch Messung der Temperatur und Sonneneinstrahlungsverläufe sowie der Gasproduktion konnte ein Konzept gefunden werden, bei dem mit einfachen Mitteln für die Purpurbakterien günstige Lebens- und Produktionsbedingungen geschaffen werden können (siehe folgende Abbildung).

Hierbei wird durch die aufsteigenden Gasblasen eine Zirkulation im Reaktor angeregt. Eine Ausrichtung der senkrecht stehenden, transparenten und ca. 1 m² großen Reaktormodule nach Osten bzw. Westen verhindert eine zu starke Erwärmung, da die

Bakterien nur Temperaturen bis ca. 45°C tolerieren.

Die bisherigen Versuche lassen eine mittlere Wasserstoffproduktion von ca. 4 Liter pro Quadratmeter Grundfläche und Stunde als realistisch erscheinen. Für eine Anlage mit einer Größe von 10 m x 10 m ergeben sich ca. 800 m³ Wasserstoff pro Jahr. Dies ist sicherlich noch nicht konkurrenzfähig mit den meisten anderen Prozessen zur Wasserstoffgewinnung, aber das Entwicklungspotential dieses Verfahrens ist vergleichsweise hoch. Außerdem sind die aufgrund der bisherigen Ergebnisse grob geschätzten Kosten von 1-2 DM/kWh Wasserstoff schon relativ nah an den Kosten von konkurrierenden Verfahren.

Material

Untersuchungsmaterial: Rhodospirillum spec.
Rhodospirillaceae
Rhodospirillales

Chemikalien:

- Kaliumdihydrogenphosphat KH_2PO_4 , reinst, M: 136,09 g/mol von Merck
- Dikaliumhydrogenphosphat K_2HPO_4 , reinst, M: 174,18 g/mol von Merck
- Zinksulfat – Heptahydrat $\text{ZnSO}_4 \times 7 \text{H}_2\text{O}$, z.A., M: 287,54 g/mol von Riedel DeHäen
- Borsäure H_3BO_3 , chemisch rein, M: 61,83 g/mol von Riedel DeHäen
- Natriummolybdat – Dihydrat Na_2MoO_4 , M: 241,91 g/mol von Riedel DeHäen
- Natriumlactat (50%ig), reinst, ρ : 1,263 g/cm³ von Merck
- Natriumglutamat, reinst, M: 187,13 g/mol von Merck
- Magnesiumsulfat – Heptahydrat $\text{MgSO}_4 \times 7 \text{H}_2\text{O}$, reinst, M: 246,48 von Merck
- Calciumchlorid CaCl_2 , reinst, M: 110,99 g/mol, R36, S22-24 von Merck
- Titriplex, $\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{Na}_2\text{O}_8 \times 2 \text{H}_2\text{O}$, reinst, M: 372,24 g/mol von Merck
- Eisen – III – Sulfat
- Citrat $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$, reinst, M: 192,13 g/mol von Merck
- Hefeextrakt von Difco Laboratories

Geräte: Glaswanne
 Reagenzglashalter
 Reagenzgläser
 Glasröhren
 Bunsenbrenner
 Glasstäbe

Durchführung

1. Ansetzen der Lösungen

- *Lösung A*
 - 1,7g KH_2PO_4
 - 1,38 g K_2HPO_4
 - auf 2 l auffüllen
 - pH 6,8 einstellen
- *Lösung B*
 - 10,5 ml Natriumlactat
 - 0,8 g Natriumglutamat
 - 0,4 g MgSO_4
 - 0,1 g CaCl_2
 - 0,04 g Titriplex
 - 0,02 g Eisen (III) Sulfat
 - eine Prise Citrat
 - 1 g Hefeextrakt
- *Stammlösungen der letzten 4 Substanzen für Lösung B*
 - ZnSO_4 20 mg / 10 ml ? 100 μl in Lösung B geben
 - H_3BO_3 60 mg / 10 ml ? 100 μl in Lösung B geben
 - $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 20 mg / 10 ml ? 10 μl in Lösung B geben
 - Na_3MoO_4 20 mg / 10 ml ? 10 μl in Lösung B geben
- die beiden Lösungen werden nun im Verhältnis 1:1 gemischt
- jeweils 500 ml werden in eine Kulturflasche gegeben
- das Medium wird sterilisiert
- mit jeweils 50 ml Medium werden zwei Vorkulturen der Rhodospirillenlösung angesetzt und über Nacht hoch wachsen gelassen
- am nächsten Tag startet der Versuch bei Dauerbeleuchtung der Kultusflaschen: tagsüber Sonnenlicht, abends 100W-Beleuchtung
- der Versuchsaufbau sieht wie folgt aus:

Abb. 3 Versuchsaufbau

- wenn durch Gasbildung das Wasser aus dem ungedrehten Reagenzglas verdrängt wurde, wechselt man mit der Glasröhre ins nächste Reagenzglas
- um festzustellen, ob das in den Röhren gesammelte Gas wasserstoffhaltig ist, führt man von Zeit zu Zeit eine Knallgasprobe durch

Ergebnisse

In den ersten Tagen nach Versuchsbeginn konnte noch keine Gasproduktion verzeichnet werden. Nach etwa 3 Tagen bildete sich das erste Gas im Ersten Reagenzglas. An den folgenden Tagen konnte man den Glasstab nahezu täglich ein Reagenzglas weiter stecken. Es wurde kontinuierlich Gas gebildet. Die Knallgasprobe verlief bei den mit Gas gefüllten Reagenzgläsern positiv. Hielt man eine Flamme an die Öffnung des Glases, hörte man einen leichten „Knall“.

Auswertung

Das Experiment ist geglückt. Die Rhodospirillen haben Wasserstoff produziert, wie man anhand der Knallgasprobe ermitteln konnte. Allerdings brauchten sie eine gewisse Anlaufzeit, bis die Gasproduktion kontinuierlich und mengenmäßig höher ablief.

Fehlerdiskussion

- / -

Literaturangaben

<http://www.sfv.de/sob98326.htm>

http://www.ivt.rwth-aachen.de/De/Forschung/Energie/bio_m.html