

# Wasserstoff

umweltfreundlich erzeugt



# Inhaltsverzeichnis

<b>Einleitung</b> .....	<b>2</b>
<b>1. Kurzfassung</b> .....	<b>3</b>
<b>2. Forschungsweg</b> .....	<b>3</b>
2.1 Übersicht .....	4
2.2 Wege in der Physik .....	4
2.2.1 Versuchsprotokoll .....	4
2.2.2 Bewertung und Aussicht.....	4
2.3 Wege in der Chemie.....	5
2.3.1 Versuchsprotokoll .....	5
2.3.2 Bewertung und Aussicht.....	5
2.4 Regenerative Energiequellen.....	5
2.4.1 Versuchsprotokoll .....	5
2.4.2 Bewertung und Aussicht.....	6
<b>3. Energiegewinnung durch Grünalgen</b> .....	<b>6</b>
3.1 Stand der Forschung .....	6
3.2 Unibesuch in Bochum.....	7
3.3 Grünalgenzucht in in der Schule.....	8
3.4 Wasserstofferzeugung in der Schule.....	9
3.5 Wasserstoffnachweise .....	11
3.5.1 Knallgasprobe .....	11
3.5.2 Nachweise mit dem Gaschromatographen.....	11
<b>4. Ausblick</b> .....	<b>12</b>
<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>13</b>
<b>Danksagung</b> .....	<b>14</b>

## Einleitung

Wir sind in die Jugend-forscht-Gruppe an unserer Schule eingetreten, weil uns die Idee kam, etwas Gutes für die Umwelt zu tun und weil wir gerne experimentieren.

Nachdem wir uns verschiedene Themenbereiche angeschaut hatten, fanden wir es sehr interessant, auf welche verschiedene Arten Energie gewonnen werden kann und wollten selbst herausfinden, welche wohl die umweltfreundlichste Methode ist oder ob wir vielleicht sogar einen ganz neuen Weg entdecken, Energie zu gewinnen.

Heutzutage läuft fast alles über fossile Energieträger. Diese sind aber erstens wegen des hohen CO<sub>2</sub>-Treibhausgasanteils zu gefährlich für die Ozonschicht und zweitens sind sie nicht unerschöpflich und somit bald aufgebraucht. Wir wussten auch, dass es alternative Energiequellen gibt, wie z.B. Windenergie, Sonnenenergie, etc. Außerdem haben wir herausgefunden, dass es physikalische und chemische Methoden gibt, mit denen man ebenfalls Energie gewinnen kann. Daher wollten wir zunächst diese eher bekannten Methoden selbst austesten, um zu sehen, ob sie geeignet und umweltfreundlich sind.

Als wir in diese Richtung weiter forschten, suchten wir nach alternativen Energiequellen. Und da kommt erstmal der Wasserstoff ins Spiel: Er ist sauber und kann durch Brennstoffzellen in Strom umgewandelt werden. Damit hatten wir genau die Art der Energiegewinnung gefunden, nach der wir gesucht hatten. Es gibt zwar mehrere Methoden, um Wasserstoff zu erzeugen, aber für fast alle braucht man Energie und sie sind meistens umweltschädlich. Also blieb uns noch eine Möglichkeit: Grünalgen. Sie produzieren Wasserstoff, ohne Schadstoffe freizusetzen. Damit sind sie sauberer als fossile Energieträger. Außerdem kostet ihre Züchtung nicht sehr viel, da sie nur ein einfaches Nährmedium mit Schwefel brauchen, um zu wachsen und die Sonne um Wasserstoff zu produzieren, deren Energie fast unendlich ist.

Diese alternative Energiequelle kam uns sehr interessant vor, da dies eine Energiequelle mit Zukunft ist und der Umwelt nicht schadet. Doch die ganzen Versuche auch in der Schule umzusetzen, sollte gar nicht so einfach werden.

Das Tolle an unserem Projekt ist, dass das Sonnenlicht als Energiequelle unerschöpflich ist, zur Wasserstoffproduktion keine andere Energie aufgewendet werden muss und kein CO<sub>2</sub> freigesetzt wird. Man benötigt nicht viele Algen, um den Energiebedarf eines Hauses zu decken. Grünalgen können in nur 10 Sekunden ein Luftschiff, und in 2 Stunden ein Spaceshuttle gänzlich mit Wasserstoff füllen.<sup>1</sup> Sie können den Energiebedarf eines 4 Personen Hauses mit 17/34m<sup>3</sup> Algensuspension bis zu 40% decken.<sup>2</sup>

Das Anspruchsvolle für uns an der Arbeit ist, dass es kompliziert ist, in der Schule unter Laborbedingungen zu arbeiten, und wir nicht die nötige Ausstattung wie zum Beispiel eine sterile Fläche besitzen. So ist es schon schwierig, überhaupt die Versuche durchführen zu können und wir müssen andere Methoden nutzen, die manchmal nicht gut genug sind und riskant im Bezug auf die Grünalgen. Außerdem sind die Methoden (steril arbeiten, pipettieren, zentrifugieren, pH-Wert einstellen, Gaschromatographie) für Schüler der Oberstufe gedacht und wir sind erst in der 7. Klasse.

---

<sup>1</sup> Happe, Thomas & Müllner, Katrin: Biokraftstoffe aus Grünalgen: Photobiologische Wasserstoffproduktion und CO<sub>2</sub>-Fixierung, S. 163, Bochum, 2003.

<sup>2</sup> Happe, Thomas & Müllner, Katrin: Biokraftstoffe aus Grünalgen: Photobiologische Wasserstoffproduktion und CO<sub>2</sub>-Fixierung, S. 161, Bochum, 2003.

## 1 Kurzfassung

Inzwischen ist es allgemein bekannt, dass fossile Energieträger wie Öl, Gas und Kohle das gefährliche CO<sub>2</sub>-Treibhausgas freisetzen. Dieses zerstört aber die Ozonschicht und außerdem

sind die fossilen Energieträger bald aufgebraucht. Deshalb suchten wir nach einer umweltfreundlichen und regenerativen Energiequelle. Die haben wir jetzt! Sie lautet: Grünalgen! Wissenschaftler haben herausgefunden, dass Grünalgen Wasserstoff produzieren und das schadstofffrei. Sie brauchen nur Schwefel und Licht, um zu wachsen. Wenn ihnen aber der Schwefel entzogen wird oder fehlt, gelangen sie in eine Stresssituation. Dann produzieren sie, um sich am Leben zu erhalten, den Wasserstoff. Sie sterben dann aber auch etwa 14 Tage später, wenn sie keinen neuen Schwefel bekommen. Um sie im Labor zu halten, muss man schwefelhaltige und schwefelfreie Lösungen benutzen. Um den Schwefel zu entfernen, kann man ihn entweder herauszentrifugieren oder die Methode der Selbstentschwefelung anwenden. Beim Herauszentrifugieren muss man die Algen mit schwefelfreier Lösung waschen und dann darin heranziehen. Bei der Selbstentschwefelung verbrauchen die Algen einfach ihren Schwefel und fangen, wenn er aufgebraucht ist, von allein an zu produzieren. Wir haben die Grünalgen erfolgreich gezüchtet und sind in der Lage, die notwendigen Methoden durchzuführen. Zum Nachweis des Wasserstoffs nutzten wir zwei Methoden: Knallgasprobe und Gaschromatograph. Die Wasserstoffproduktion scheint jedoch schwieriger als gedacht zu sein. Im Labor wird eine Wasserstoffkonzentration von 70% in der Gasphase erreicht, daher ist er auch leichter nachzuweisen. Wir können ohne Photometer jedoch noch nicht die optimalen Bedingungen zur Wasserstoffproduktion erzeugen und haben somit einen wesentlich geringeren Wasserstoffanteil. Wir lassen uns jedoch nicht entmutigen und werden fleißig weiter probieren, wie wir die Versuchsansätze optimieren können.

Wir haben entschieden, dass wir die Gefäße höher füllen müssen. Außerdem müssen wir ohne Photometer mit vielen Versuchsansätzen austesten, in welcher Konzentration, also nach wie vielen Tagen der Chlorophyllwert optimal ist.

Zur Beleuchtung kann man sie entweder mit künstlichem Licht beleuchten oder sie von der Sonne bestrahlen lassen. Ersteres hat für uns den Vorteil, dass durch Bestrahlung mit rotem oder blauem Licht die Algen aktiver sind und mehr produzieren, so dass wir dies ebenfalls testen sollten. Der Nachteil besteht jedoch darin, dass man dafür Strom verbraucht und demnach keine Energie gewonnen wird. Die Sonne hat den Vorteil, dass sie fast unendlich Energie liefert und keinen Strom verbraucht. Der Nachteil ist aber, dass sie bei wolkenverhangenen Tagen weniger als sonst produzieren.

Die Grünalgen würden dennoch genug Wasserstoff produzieren, um die Haushalte zu versorgen. Somit sind wir auf jeden Fall von dem Nutzen der Grünalgen als alternative Energiequelle absolut überzeugt.

Mithilfe von Brennstoffzellen kann der Wasserstoff in Strom umgewandelt werden. Es ist also klar, die Grünalgen könnten die Ozonschicht und die zukünftige Stromversorgung retten.

## 2 Forschungsweg

In diesem Teil der Arbeit wollen wir zeigen, wie wir vorgegangen sind, um unser Ziel zu erreichen. Dabei haben wir verschiedene Methoden ausprobiert, die wir hier vorstellen und bewerten

## 2.1 Übersicht.

Zunächst haben wir uns mit Versuchen beschäftigt, die eher allgemein bekannt sind. Wir wollten herausbekommen, welche Art der Energiegewinnung die beste ist, das heißt wir haben Versuche durchgeführt um herauszufinden, welche Art der Energiegewinnung am umweltfreundlichsten ist.

Zuerst haben wir es mittels Physik ausprobiert.

## 2.2 Wege in der Physik

Wir schlossen an ein Netzgerät zwei Kabel an und verbanden diese mit Kupferdioden. Dann hängten wir diese in das Becherglas mit dem Wasser.

### 2.2.1 Versuchsprotokoll

Versuch1: Schafft man es, mit Kupferelektroden und Strom, Wasser in Sauerstoff und Wasserstoff zu zerlegen?

Materialien:

Man benötigt ein Netzgerät, zwei Kabel, zwei Kupferelektroden, ein Becherglas und Wasser.

Skizze:



Durchführung:

Das Netzgerät wird an eine Steckdose angeschlossen und mit Kabeln versehen. Diese werden mit den Kupferelektroden verbunden und an einem Becherglas befestigt, sodass die Kupferelektroden im Wasser hängen. Dann stellt man das Netzgerät auf 2Volt ein.

Beobachtung:

Wenn das Netzgerät auf 2Volt gestellt ist, steigen noch keine Bläschen auf. Wird die Spannung allerdings auf 14Volt erhöht, bilden sich Bläschen und das Wasser nimmt zusehends einen grünen Farbton an.

Auswertung:

Um den Wasserstoff vom Sauerstoff zu trennen, sind 2Volt zu wenig. Je höher ab dann die Spannung gestellt wird, desto mehr aufsteigende Bläschen bemerkt man.

### 2.2.2 Bewertung und Aussicht

Da diese Methode in etwa soviel Strom zehrt, wie Energie freisetzen würde, nützt es uns nichts und wir haben die Idee wieder verworfen.

Weil diese Methode unbrauchbar war, suchten wir nach anderen Möglichkeiten.

## 2.3 Wege in der Chemie

Wir hofften, dass dieser Versuch besser sein würde als der erste, denn für diesen muss man keine unnötige Energie aufwenden. Wir haben Zitronensäure in ein Becherglas gefüllt und Zink hinein gegeben und gehofft, dass Wasserstoff entstehen würde.

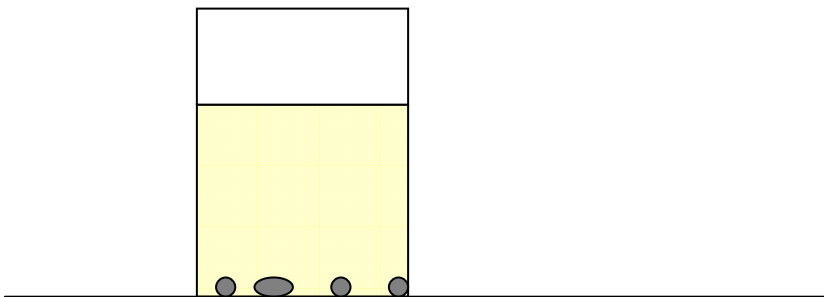
### 2.3.1 Versuchsprotokoll

Versuch 2:

Ist es möglich, mittels Zink und Zitronensäure, Wasserstoff herzustellen?

Materialien: Man braucht ein Becherglas, Zitronensäure und Zink.

Skizze:



Ergebnis:

Es stellte sich heraus, dass keine Wasserstoffbläschen vom Zink aufstiegen.

Auswertung:

Es konnte kein Wasserstoff entstehen, denn der Säuregehalt bei Zitronensäure ist zu niedrig. In der Industrie wird daher Salzsäure verwendet. Wir wollten jedoch eine umweltfreundliche Methode.

### 2.3.2 Bewertung und Aussicht

Leider funktionierte diese Idee nicht und die Energie würde nicht regenerativ erzeugt. Daher versuchten wir es mit regenerativen Energiequellen.

## 2.4 Regenerative Energiequellen

Nun wollten wir die Sonne als regenerative Energiequelle nutzen und untersuchten dazu zunächst die Möglichkeiten der Solarzelle. Da wir aber nicht genug Sonnenlicht zur Verfügung hatten, nutzten wir für den Versuch einen Scheinwerfer.

### 2.4.1 Versuchsprotokoll

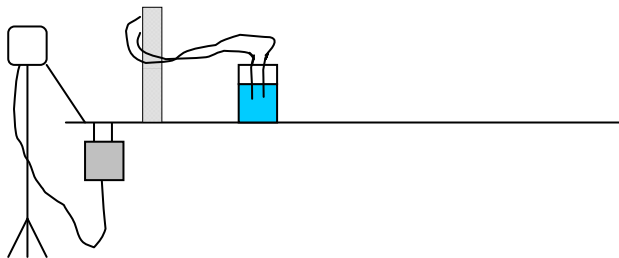
Versuch 3:

Kann man mithilfe einer Solarzelle und genügend Licht, Wasserstoff und Sauerstoff trennen?

Materialien:

Man braucht einen Scheinwerfer, eine Solarzelle, zwei Kabel, ein Becherglas, zwei Kohlelektroden und Wasser.

Skizze:



Durchführung:

Die Elektroden werden ins Wasser gehängt und durch die Kabel mit der Solarzelle verbunden. Dann wird der Scheinwerfer angeschlossen und der Schein des Lichtes wird auf die Solarzelle gerichtet.

Beobachtung:

Aus dem Wasser und von den Kohlelektroden stiegen keine Wasserstoffbläschen auf, und auch sonst zeigte sich keine Auswirkung auf das Wasser.

Auswertung:

Im Becherglas konnten sich keine Wasserstoffbläschen bilden, denn dafür war wiederum die Spannung zu niedrig. Um das jedoch zu erreichen, muss die Spannung 3-5 Volt betragen.

#### 2.4.2 Bewertung und Aussicht

Auch dieser Versuch schlug fehl, doch er gab uns die richtige Richtung für unsere Nachforschungen an.

### 3 Energiegewinnung durch Grünalgen

Nach umfangreicher Internetrecherche fanden wir endlich die perfekte Energiequelle: Grünalgen. Sie sind umweltfreundlich und haben Zukunft.

#### 3.1 Stand der Forschung

Schon vor 60 Jahren fand ein Wissenschaftler namens Gaffron heraus, dass Grünalgen Gas produzieren. Welches Gas, wusste man allerdings noch nicht. Heute haben Wissenschaftler in der Uni Bochum herausgefunden, dass Algen unter Schwefelmangel Wasserstoff produzieren. Man kann die Algen in größeren Maßstäben züchten und hat Methoden entwickelt, ihnen den Schwefel zu entziehen. Man kann die Grünalgen nach der Wachstumsphase aus der schwefelhaltigen Lösung (S+) in schwefelfreie (S-) überführen (s. u.) oder die Methode der Selbstentschwefelung anwenden. Bei der Selbstentschwefelung verbrauchen die Algen zunächst den Schwefel und fangen dann an, Wasserstoff zu produzieren. Denn dann befinden sie sich in einer Stresssituation, weil ihnen der Schwefel fehlt. Sie stellen ihren Stoffwechsel ein, damit sie unter diesen Bedingungen zumindest überleben können und produzieren hierbei Wasserstoff. Deswegen sterben sie dann bei anhaltenden Schwefelmangel etwa 14 Tage später (s. Abb.1).



Abb.1 : links: Grünalgen unter ständigem Schwefelmangel  
rechts: Grünalgen in schwefelhaltiger Nährlösung

Man kann den Wasserstoff zu einer Brennstoffzelle zuleiten, damit diese den Wasserstoff in Elektrizität umwandelt. Man hat zwei Möglichkeiten, die Grünalgen zu beleuchten.

Entweder man beleuchtet sie mit Lampen oder man lässt sie von der Sonne beleuchten. Ersteres hat den Vorteil, dass die Beleuchtung konstant bleibt und die Grünalgen so besser wachsen bzw. mehr Wasserstoff produzieren.

Man hat z. B. herausgefunden, dass Algen, die von rotem o. blauen Licht bestrahlt werden, mehr Wasserstoff produzieren. Der Nachteil allerdings ist, dass man wieder Strom verbraucht. Die 2. Methode hat allerdings auch ihre Vor- und Nachteile. Die Vorteile sind, dass es keine Energie verbraucht und die Algen auch diffuses Licht aufnehmen können. Die Nachteile sind, dass die Algen aber bei wolkigen Tagen weniger produzieren und im Winter wahrscheinlich nicht so viel wie sonst produzieren kommt. Aber trotzdem sollte man besser die zweite wählen, weil sie billiger und energiesparender ist. Natürlich kann man das, was man im Moment hauptsächlich im Labor macht, auch in großen Maßstäben bewerkstelligen kann. Deswegen ist bald zu erwarten, dass die Grünalgen bald die fossilen Energieträger ablösen kann. Nun kommen wir mal zum nächsten Kapitel, nämlich den Ort der ganzen Entdeckungen die Ruhr – Uni – Bochum, dort führen wir nämlich hin. Außerdem zu den Kapiteln wo wir die Grünalgen züchten und Experimente mit ihnen machen. In diesen erzählen und erläutern wir viel, wovon wir gerade erzählt haben näher.

### 3.2 Unibesuch in Bochum

Wir wurden in der Uni von Frau Müllner empfangen. Dieser erzählten wir zuerst, was wir bereits über Grünalgen wissen. Danach führte sie uns durch die Laborräume. In dem ersten Raum, wo wir waren, wurden Cyanobakterien gezüchtet. Diese, wurde uns erzählt, produzieren zwar auch Wasserstoff, aber verbrauchen diesen auch wieder. In einem Nebenraum wurden die Algen gezüchtet. Diese standen auf einem Gerät, das sie dauernd schüttelte und wurden dabei beleuchtet (s. Abb.2).



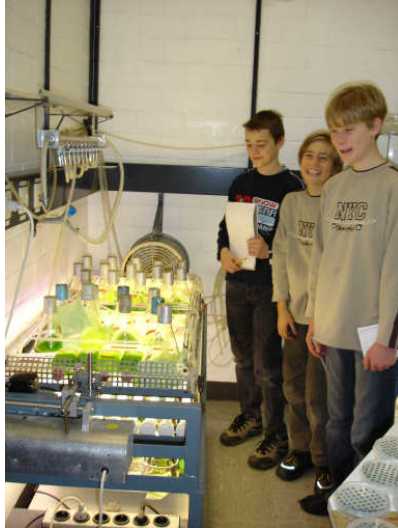


Abb. 2: Grünalgen auf dem Schüttler

Wir bekamen dazu gesagt, dass die Grünalgen während ihrer Wachstumszeit unter Beleuchtung stehen und gerührt oder geschüttelt werden müssen, da sie sich sonst am Boden absetzen und absterben. Dann sahen wir uns die Grünalgen unter einem Mikroskop an. Dort sah man, wie sich kleine hellgrüne Grünalgen flink bewegen und größere, dunklere sich etwas langsamer bewegten. Wir bekamen dann erklärt, dass, je dunkler die Grünalgen sind, desto träger werden sie. Dann sagte Frau Müllner uns, dass wir einen Teil von ihnen nach einiger Zeit umsiedeln müssen. Denn wenn sie sich zu sehr vermehren und immer größer werden sterben sie später an Platzmangel.

Dann gingen wir in einen Raum, um den Chlorophyllwert zu bestimmen. Wir zentrifugierten zuerst die Algensuspension bei 13.400U/min, 1min lang. Dann schütteten wir den Überstand weg, sodass nur noch das Pellet und somit die Grünalgen übrigblieben. Dann lösten wir das Pellet mit 1ml Aceton und füllten die Eppis alle gleich hoch (s. Abb.3).



Abb. 3: Benjamin W. bei der Laborarbeit

Damit die Grünalgenzellen aufgebrochen werden, erhitzen wir die Proben für 3 min bei 80°C. Wir zentrifugierten die Proben für eine weitere Minute, damit sich die Zelltrümmer als Pellet absetzen. Den Überstand mit dem gelösten Chlorophyll lasen wir im Photometer gemessen, um den Chlorophyll wert zu bestimmen. Der Chlorophyll wert betrug 11,676ug/ml. der Optimalwert wäre aber 20 g/ml gewesen. Zur optimalen Wasserstoffproduktion müsste man die doppelte Menge Algensuspension 200 ml nutzen, um dann die abzentrifugierten + gewaschene Algen in 100ml S-Lösung geben. Damit endete der Rundgang. Wir bekamen für den Nachhauseweg dann noch Grünalgen und Material für Zucht und Wasserstoffproduktion. Wir bedankten uns herzlichst und fuhren nach Hause.

### 3.3 Grünalgenzucht in der Schule

Zuerst haben wir uns einen Platz für die Zucht hergerichtet und ihn mit Licht ausgestattet, da die Grünalgen sehr viel Licht brauchen. Außerdem sollten sie immer gerührt werden, damit sie sich nicht an dem Boden absetzen und absterben. Deshalb haben wir in den Erlenmeyerkolben mit den Grünalgen einen Rührfisch getan und den Erlenmeyerkolben auf einen Rührer gestellt, so dass die Algen permanent gerührt wurden. (s. Abb.4)



Abb.4: Grünalgenzucht in der Schule

Die Nährlösung  $S^+$  wird so hergestellt:

Tris	2,45 g
Na-Acetat	2 g
Spurenelemente $S^+$	1 ml
Phosphatpuffer	1 ml
Salzlösung $S^+$	50 ml

Dies alles wird mit 1 l Aqua Dem. aufgefüllt.

### 3.4 Wasserstoffherzeugung in der Schule

Wie oben erwähnt erzeugen Grünalgen bei Schwefelmangel Wasserstoff. Dies sind die Experimente, die wir in der Schule machten.

Vom 7.12.05 – 9.12.05 hatten wir mit einer Experimentierreihe angefangen. Zuerst brauchten wir 1 l  $S^-$  - Salzlösung für die  $S^-$  - Nährlösung. Für die  $S^-$  - Salzlösung brauchten wir:

Um eine neue Generation anzusetzen mussten wir ein Medium  $S^+$  herstellen. Um dieses herzustellen braucht man die Salzlösung  $S^+$ . Diese stellt man so her:  
TAP  $S^+$  g x l<sup>1</sup>

MgSO <sub>4</sub>	2
NH <sub>4</sub> Cl	8
CaCl <sub>2</sub>	1

Dies alles wird mit 1 Liter Aqua dem. aufgefüllt.

300ml davon werden mit einem desinfizierten Rührfisch in einen Erlenmeyerkolben gegeben und in einem Schnellkochtopf 20 min bei 100°C autoklaviert, damit die Grünalgen nicht von den Bakterien überwachsen oder infiziert werden. Danach lassen wir die Flüssigkeit abkühlen. Jetzt nehmen wir eine Spritze und füllen 1ml Grünalgensuspension in den Erlenmeyerkolben mit dem Medium  $S^+$ . Jetzt stellen wir dieses auf einen Rührer und lassen es rühren. Damit haben wir eine neue Generation Grünalgen.

TAP S<sup>-</sup> g x l<sup>1</sup>

MgCl <sub>2</sub> * 6 H <sub>2</sub> O	1,65
NH <sub>4</sub> Cl	8
CaCl <sub>2</sub>	1

Die Nährlösung S<sup>-</sup> wird so hergestellt:

Tris	2,45 g
Na-Acetat	2 g
Spurenelemente S <sup>-</sup>	1 ml
Phosphatpuffer	1 ml
Salzlösung S <sup>-</sup>	50 ml

Dies alles wird mit 1l Aqua Dem. aufgefüllt.

Am nächsten Tag mussten wir den pH-Wert einstellen. Dieser muss 7,2 betragen. Durch die Messung mit pH-Papier ergab der Wert 8,85.

Um ihn zu senken, gaben wir Salzsäure hinzu, für den Fall, dass wir zuviel Säure hinzugeben, müssten wir Natronlauge hinzugeben. Danach haben wir zwei 200ml-Gläser mit 100ml S<sup>-</sup> gefüllt. Dann haben wir in diese einen vorher in Ethanol eingeriebenen Rührfisch hineingegeben.

Dann haben wir die Gefäße mit Stopfen, die aus mit Mullbinden umwickelter Watte bestanden, verschlossen und mit Alufolie umwickelt. Nun gaben wir die Behälter in einen Schnellkochtopf zum Autoklavieren und schalteten diesen ein. Nach etwa 20min holten wir sie heraus und stellten sie an die frische Luft zum Abkühlen. Nebenbei setzten wir eine neue S<sup>-</sup> - Lösung an und füllten sie, nachdem wir den pH-Wert gemessen hatten, in Flaschen um. Nun machten wir uns mit Desinfektionsspray und Gasbrennern eine sterile Fläche. Nun öffneten wir den Erlenmeyerkolben mit den Grünalgen und flämmten Hals und Deckel ab. Danach füllten wir die Grünalgen in die S<sup>-</sup> - Lösung. **Das war falsch!**

Wir wollten nämlich Grünalgen züchten und das gelingt nur in S<sup>+</sup> - Lösung. Also mussten wir für den anderen Versuchsansatz nochmal neue S<sup>-</sup> - Lösung ansetzen und neu autoklavieren. Beim zweiten Mal schafften wir es, erfolgreich Grünalgen anzusetzen (s. Abb.5).



Abb.5: Unsere Grünalgen unter dem Mikroskop (mit Geißeln)

Nun fingen wir an, die Algen für die Wasserstoffproduktion anzusetzen. Wir haben je 10ml in eines von den acht Reagenzgläsern gefüllt und diese zentrifugiert. Dann haben wir den Überstand weggeschüttet und das grüne Pelett – also die Grünalgen - mit S<sup>-</sup> - Lösung gelöst, auf 10ml aufgefüllt und wieder zentrifugiert. Dadurch werden die Algen von der S<sup>+</sup> - Lösung befreit, also gewaschen werden.

Dann haben wir den Überstand erneut abgeschüttet und wieder gelöst. Danach haben wir das gelöste Pellet in 100ml S<sup>-</sup> - Lösung geschüttet. Über die Flasche haben wir einen

Gummistopfen gezogen. Dann stellten wir sie auf den Rührer. Am nächsten Tag, den 9.12.05 sahen und fühlten wir, dass sich Druck gebildet hatte.

### 3.5 Wasserstoffnachweise

Wir wollten herausfinden ob unsere Grünalgen Wasserstoff produzieren. Dazu haben wir zwei verschiedene Methoden angewandt.

#### 3.5.1 Knallgasprobe

Um herauszufinden, ob es sich bei dem gebildeten Gas wirklich um Wasserstoff handelte, führten wir eine Knallgasprobe durch. Dazu stachen wir mit einer Spritze in das Glas und sogen Gas an. Dann drückten wir es in eine Kerze - nichts passierte! Wir wiederholten dies, nur dass wir diesmal das Gas in einen Glaskolben spritzten und ein brennendes Stäbchen hineinsteckten. Wieder passierte nichts! Wahrscheinlich war es zu wenig Wasserstoff. Im Laufe der Tage wiederholten wir diese Versuche, aber ohne Puff oder Anderes zu erzeugen. Das liegt wahrscheinlich daran, weil es zu wenig Wasserstoff war. Wir mussten andere Methoden anwenden, die auch geringere Mengen Wasserstoff nachweisen.

#### 3.5.2 Nachweis mit dem Gaschromatographen

Wie der Gaschromatograph funktioniert:

Ein Gaschromatograph ist ein Messgerät, das sogar geringe Gasmengen nachweisen kann. Und das funktioniert so: An einem Glühdraht wird eine konstante Spannung angelegt. Durch eine Säule wird mit Hilfe einer Aquarium-Pumpe ein gleichmäßiger Luftstrom geleitet. Dadurch wird der Glühdraht gekühlt und der Widerstand sinkt. Jetzt steigt die Spannung. Wenn man eine Gasprobe in die Säule gibt, gelangt diese entweder schneller oder langsamer durch die Säule als Luft. Deswegen ändert sich die Temperatur des Glühdrahtes und damit auch die Spannung. Der Wasserstoff wird nicht so oft von der Flüssigkeit in der Säule gebunden, so kommt er schneller hindurch (s. Abb.6). Und jetzt steigt die Spannung.

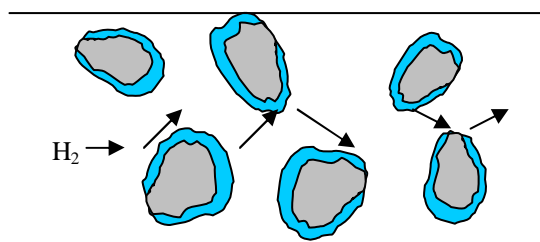


Abb.6: Schematische Darstellungen der Säule

Bevor wir den Versuch mit dem Wasserstoff unserer Grünalgen machten, machten wir einen Testlauf mit purem Wasserstoff, um zu wissen, wie viel Zeit Wasserstoff benötigt, um die Säule zu durchlaufen. Nach 40sec stieg die Spannung.

#### Was wir dafür brauchen:

Ein Gaschromatograph (einen Glühdrahtsensor, ein Stativ, eine Aquarium-Pumpe, eine Säule mit einer Trägersubstanz und hochviskoser Flüssigkeit, ein Spannungsmesser), Wasserstoff (zum Eichen), eine Gasprobe unseres Versuchsansatzes

**Der Versuch:**

Wir haben die Pumpe und das Messgerät an den Strom angeschlossen, sowie das Messgerät kalibriert. Wir nahmen eine Spritze und steckten diese in das Glas mit den Grünalgen, welches mit einem Gummistopfen verschlossen war. Wir entnahmen ihnen so viel Gas, bis etwas Druck auf der Spritze war und nahmen die Spritze heraus und steckten sie oben durch den Gummistopfen, der oben an der Säule befestigt war und ließen das Gas hinein (s.Abb.7).



Abb.7: Prüfen unserer Gasprobe am Gaschromatographen

Es kam nicht sofort auf der anderen Seite heraus, weil in der Säule eine hochviskose Flüssigkeit ist, die eine Trägersubstanz umgibt, welche das Gas durch die Säule transportierte.

40 Sekunden nachdem wir das Gas eingelassen hatten, mussten sich Veränderungen an dem Elektro-Messgerät gezeigt haben, wenn nicht, konnte es einfach nur Luft sein. Beim ersten Versuch rührte sich bei uns überhaupt nichts, doch beim zweiten Versuch ging es zwar nicht sehr hoch, aber immerhin stieg es ein bisschen an.

**Ergebnis:**

Unsere Grünalgen produzieren noch zu wenig Wasserstoff, deshalb müssen wir die Gläschen mit mehr Grünalgen füllen. Dadurch erzeugen wir eine sehr kleine Gasphase und der Wasserstoff wird stärker konzentriert. Wir haben getestet, dass der Gaschromatograph auch sehr geringe (0,2ml) Mengen nachweisen kann. Daher sind wir optimistisch dass wir die nötigen Technischen Mittel haben und das wir später noch nachweisen können, dass unsere Grünalgen Wasserstoff herstellen.

**4 Ausblick**

Insgesamt kann man sagen, dass wir mit unserem Projekt weit fortgeschritten sind und viel geschafft haben. Das ist gut, da unser Projekt gut für die Umwelt ist. Zunächst haben wir herausgefunden, welche Art der Energiegewinnung die beste und umweltfreundlichste ist. Wir haben geschafft, die Ruhr-Uni Bochum besuchen zu dürfen, um dort zu erfahren, was wir mit den Grünalgen machen müssen, um Wasserstoff zu erzeugen. Die Grünalgen haben wir erfolgreich herangezogen, obwohl dies normal nur im Labor möglich ist. Dazu mussten wir es schaffen, in der Schule unter sterilen Bedingungen zu arbeiten. Wir haben unsere Algen mit einer Schwefellösung „gefüttert“, damit sie wachsen können und ihnen eine schwefelfreie Lösung gegeben, damit sie Wasserstoff produzieren. Zuletzt haben wir sogar gelernt, wie ein Gaschromatograph funktioniert, um herauszufinden, ob und wieviel Wasserstoff unsere Grünalgen produzieren.

Wir möchten bis zum Regionalwettbewerb noch einige Ziele erreichen. Hauptziel ist es natürlich, dass wir die Algen so ansetzen, dass sie genügend Wasserstoff produzieren und wir diesen nachweisen können. In der Uni haben wir von Frau Müller gelernt, dass die Algen bei

einer bestimmten Konzentration den meisten Wasserstoff produzieren. Dazu muss man in einem Photometer den Chlorophyllwert bestimmen und die Algen dann so mit der  $S^-$  - Lösung mischen, dass sich die perfekte Konzentration ergibt.

Außerdem möchten wir gerne herausfinden, wie man die Wasserstoffproduktion noch verbessern kann, z.B. durch besondere Bestrahlung bei verschiedenen Wellenlängen.

Wir möchten auch sehen, dass wir Energie erzeugt haben und damit ein Brennstoffzellenauto antreiben!

## Literaturverzeichnis

- Happe, Thomas & Müllner, Katrin: Biokraftstoffe aus Algen Photobiologische Wasserstoffproduktion und  $CO_2$ -Fixierung, Bochum, 2003.
- Schäfers, A., Scholz, W. A., Happe, Thomas: Wasserstoff-Bioreaktoren im Schülerexperiment, Bochum, 2002
- Messinger, Johannes: Photosynthetische Wasseroxidation, Mülheim an der Ruhr, 2004

## Links

- <http://www.diebrennstoffzelle.de/wasserstoff/herstellung/algen.shtml>
- [http://www.biologie.tu-dresden.de/biotech/main/pdf/poster/poster\\_gruennalgen.pdf](http://www.biologie.tu-dresden.de/biotech/main/pdf/poster/poster_gruennalgen.pdf)
- [http://www.dpg-tagungen.de/archive/2004/ake\\_5.html](http://www.dpg-tagungen.de/archive/2004/ake_5.html)
- <http://www.bionik.tu-berlin.de/institut/s2solar.html>
- <http://www.physikerboard.de/lexikon/index.php/Wasserstoffherstellung>
- <http://infofrosch.net/w/wa/wasserstoffherstellung.html>
- <http://www.tor.at/resources/focus/telepolis/science/heise.de/tp/deutsch/inhalt/lis/11440/1.html>
- <http://www.tierenzyklopaedie.de/news/200112/011213pte.html>
- [http://www.energienetz.de/pre\\_cat\\_43-id\\_484-subid\\_808-subsubid\\_810\\_.html](http://www.energienetz.de/pre_cat_43-id_484-subid_808-subsubid_810_.html)
- [http://www.geocities.com/wuenschi/Alge\\_7.htm](http://www.geocities.com/wuenschi/Alge_7.htm)
- [http://www.innovations-report.de/html/berichte/biowissenschaften\\_chemie/bericht-6645.html](http://www.innovations-report.de/html/berichte/biowissenschaften_chemie/bericht-6645.html)

Wir möchten Danke sagen ....

... Frau Müllner, die sich extra einen ganzen Tag Zeit für uns genommen hat, obwohl sie normalerweise nur mit älteren Schülern arbeitet. Sie hat uns sogar mit ins Labor genommen, obwohl ihre Kollegen dort gearbeitet haben. Sie war sehr hilfsbereit und hat uns auch viele Materialien, wie z.B. die Grünalgen gegeben.

... Herrn Stein, der uns immer geholfen hat, wenn wir Hilfe brauchten. Er hat uns Sachen erklärt, die wir nicht verstanden haben. Er war immer da, wenn wir ihn brauchten, ohne ihn hätten wir unsere Forschungen nicht in den Ferien fortsetzen können.

... Herrn Kazmierczak, dass er uns gezeigt hat, wie wir die Salzlösungen herstellen.

... zu guter Letzt möchten wir noch Frau Küppers ganz herzlich danken, weil sie uns überall geholfen hat. Auch hat sie ihre Zeit dafür geopfert, um mit uns zur Ruhr-Uni-Bochum zu fahren und mit uns zusammen hat sie die Grünanlagen aufgezogen und wir haben gemeinsam Aufgaben bewältigt und immer wieder etwas Neues gelernt. Wir haben zusammen Enttäuschungen gehabt, aber auch viel Spaß.

Dafür danken wir Ihnen allen!