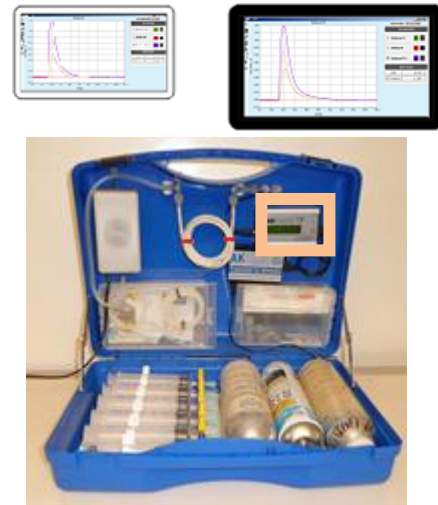
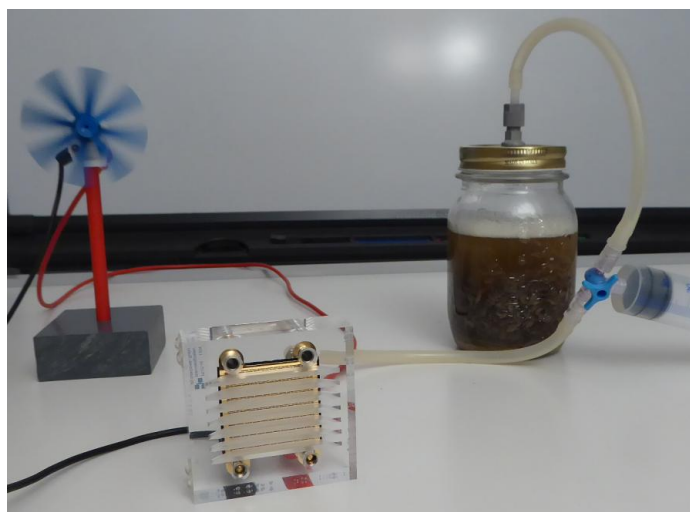


### Prinzip

Aus Zuckerrübenschnitzeln und Gartenerde entsteht ein Gasgemisch. Dieses enthält so viel Biowasserstoff, dass ohne Gaswäsche eine Brennstoffzelle betrieben werden kann, die einen Flügelmotor antreibt.

### Aufbau und Vorbereitung



#### Benötigte Geräte

- ☐ Spezialreaktor (nach: **AB K14S**)
- ☐ Einwegspritze, 50 mL (MT)
- ☐ MT Dreiwegehahn
- ☐ MT – Adapter LF6W
- ☐ 2 Siliconschläuche, 10 cm
- ☐ (Schul-)Brennstoffzelle
- ☐ 2 Experimentierkabel
- ☐ Waage
- ☐ Spezialmotor (nach **AB E03BS**)
- ☐ Einwegspritze, 2,0 mL

- ☐ AK LowCost-GC Classic Modul mit Birnchen-WLD-Sensor und eine der folgenden Elektroniken:
  - a) AK GC15
  - b) AK GC11
  - c) AKGC04 mit USB-Adapter und Netzteil
- ☐ Säule 3: Kieselgel 60, 0,5 m, roter Kabelbinder
- ☐ Teacher's Helper / Netzteil
- ☐ USB-Kabel
- ☐ Tablet, Laptop o. Smartphone

#### Verwendete Chemikalien

- ☐ Zuckerrübenschnitzel, getrocknet
- ☐ Gartenerde
- ☐ (Dolomit-)Kalk
- ☐ Wasser

#### Vorbereitung des Versuchs

- ▶ Ca. 30 g getrocknete, entzuckerte Zuckerrübenschnitzel, 30 g Kalk und 30g Gartenerde in den „Spezial-Reaktor“ geben.
- ▶ Dazu 400 mL heißes Wasser (knapp unter 80 °C) einfüllen, durch Bewegen gut umschwenken und mit dem Deckel dicht verschließen.
- ▶ Apparatur nach dem Foto zusammenbauen und den Dreiwegehahn so stellen, dass die 50 mL- MT-Spritze als Sicherheitsvolumen fungiert.
- ▶ Bei einer Umgebungstemperatur von etwa 20 °C circa 36 Stunden stehenlassen. Erhöhung der Umgebungstemperatur (Trockenschrank, Wärmebad) verkürzt die Reaktionszeit entsprechend (z.B. 45°C - auf etwa 18 Stunden).
- ▶ AK-LowCost GC-Koffer aufstellen - Pumpe an das Netz anschließen

#### Vorbereitung an den Tablets/ Laptops (Clients)

- ▶ Am Tablet /Laptop / Smartphone Einstellungen mit **WLAN** eine Verbindung herstellen: **ak.net** anwählen und warten bis die Verbindung eingebucht ist.
  - ▶ Browser z.B. **Firefox/Safari** aufrufen, in die Adresszeile (URL-Zeile) - nicht in der (Google-Suchzeile!!) - **http://labor.ak** eingeben. - Es erscheinen 3 Bildschirme ....
- Anschluss und Einschalten der Messgeräte: Den Teacher's Helper (TH) mit Strom versorgen!
- a) AC GC 15 bzw. b) AKGC 11 mit WLD Sensor und über USB mit TH verbinden
  - c) AK GC 04 über Netzteil mit Strom versorgen, WLD Sensor anschließen und über USB -seriell - Adapter mit TH verbinden

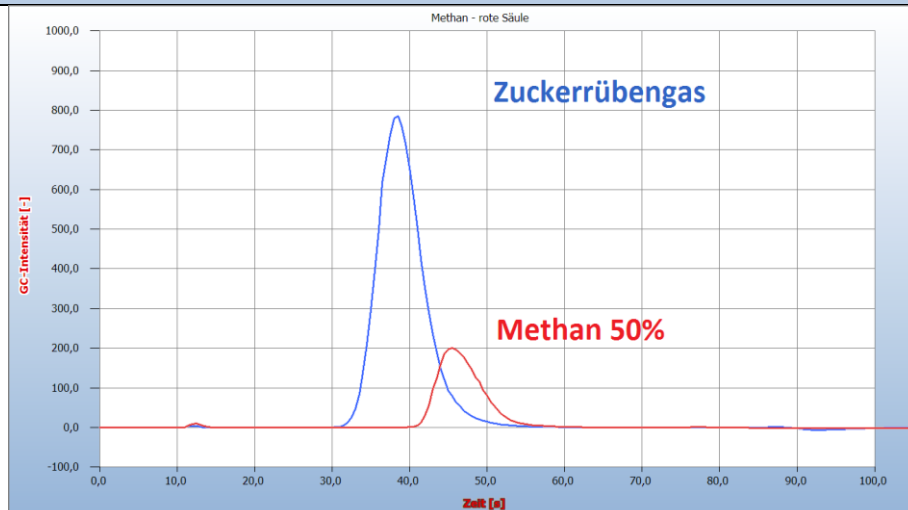


- ▶ **AK MiniAnalytik** wählen. Im Display können die Menüicons oben neben, - oder bei kleinen Bildschirmen - links untereinander angeordnet sein.
  - ▶ **\*\*** Icon 'Messen' (2. von links) und **Mit Messgerät verbinden** auswählen.
  - ▶ **Messgrößenauswahl:** ☒ **GC Int (WLD)** und **OK**
  - ▶ **Konfiguration GC-Messung . y-Achse GC (WLD) Min**  - und **Max**  -  
**Nachkomma**  und **Linie** ☒ **ja** und **OK**
- Es erscheinen Anweisungen auf dem Bildschirm. Diese abhaken:
- ▶ GC Sensor mit Elektronik verbunden.
  - ▶ Pumpe: Schlauch bei "OUT" und mit Strom versorgt.
  - ▶ **Zur Messung**  
Der Messbildschirm wird aufgebaut und Werte angezeigt.

### Durchführung

- ▶ Nach der Wartezeit sieht man, dass im Bioreaktor Gasblasen entstehen und sich das Gas in der Spritze gesammelt hat. Dieses Gas mit dem Gaschromatografen untersuchen oder, da es noch relativ viel Stickstoff enthält, evtl. verwerfen.
- ▶ Den Dreiwegehahn nun auf die Brennstoffzelle umstellen und beobachten, wie sich der Spezialmotor dreht. (Die Betriebsdauer kann bis zu 2-3 Tagen betragen.)
- ▶ **Gas in die Spritze füllen, diese bis 0,5 mL entleeren und dann bis 1 mL Luft dazu aufziehen.**
- ▶ Warten bis Messwert stabil ist. Evtl. **Auf Null setzen**  
Spritze einführen und dabei den Stempel einklemmen, damit er sich nicht bewegt, aber noch nicht das Gas injizieren!!!
- ▶ Mit **Aufzeichnung Starten** die Messwertspeicherung starten.
- ▶ Beim Countdown genau bei 0 s das Gas zügig in den Chromatografen injizieren und Spritze entfernen.
- ▶ Nach ca. 200 s zum Beenden **Stoppen** drücken
- ▶ Zur Vorbereitung der neuen Messung jeweils bei **\*\*** (Vorderseite) neu beginnen

### Auswertung

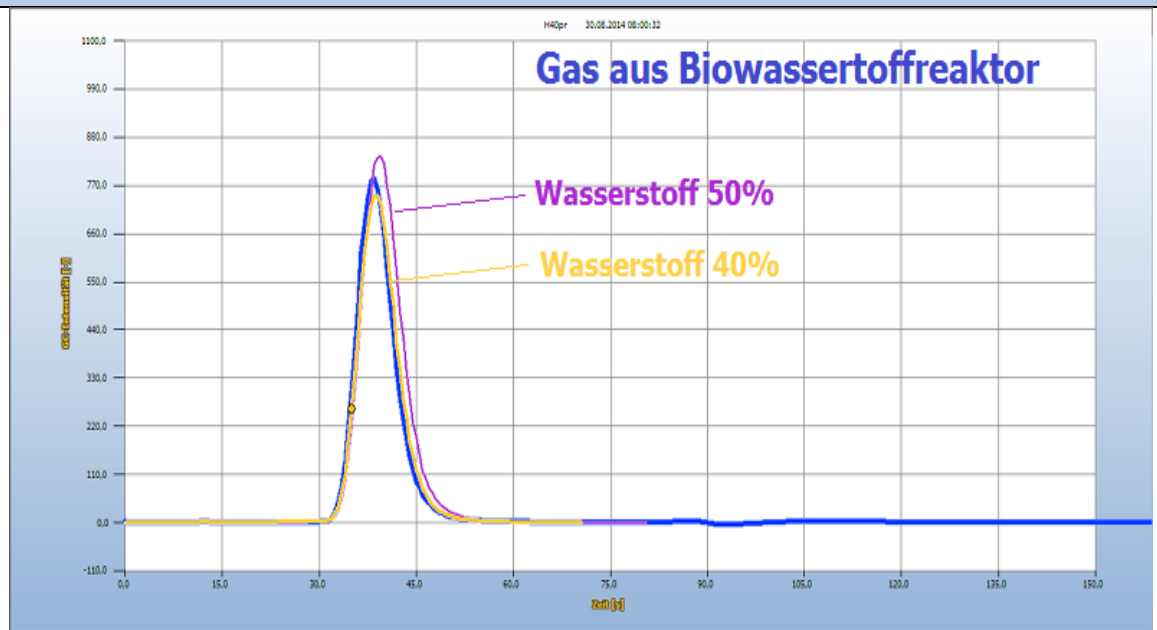


Bis auf den Einspritzpeak gibt es nur 2 Signale für Wasserstoff und für Kohlendioxid. Wegen der extrem guten Wärmeleitung des Wasserstoffs scheint dieses Gas überproportional vorhanden. Hier wurde zusätzlich noch Methan eingespritzt, um zu zeigen, dass es sich beim ersten Peak nicht um Methan handelt.

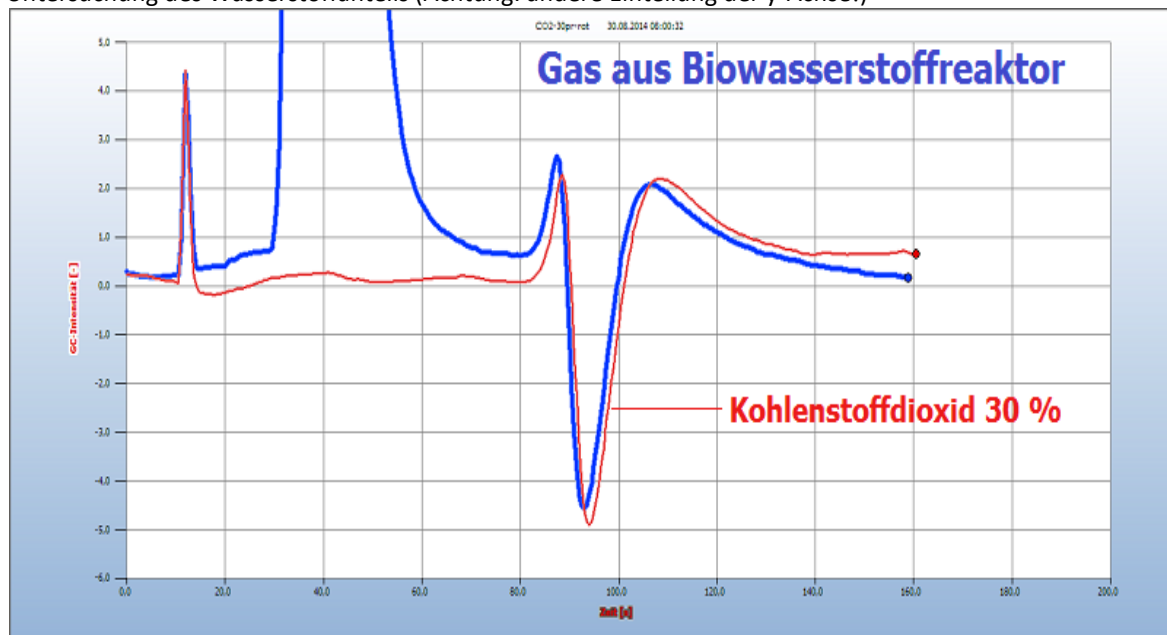
### Tipp

Weil die Wärmeleitfähigkeiten von Gemischen aus Kohlendioxid und Stickstoff (aus dem Trägergas Luft) nicht additiv sind, lässt sich der CO<sub>2</sub>-Peak nicht integrieren.  
Um zu quantitativen Ergebnissen zu kommen, sollte man die Reingase mischen (H<sub>2</sub> / CO<sub>2</sub>: ca. 65/35) und ein Vergleichschromatogramm aufnehmen

### Auswertung



Untersuchung des Wasserstoffanteils (Achtung: andere Einteilung der y-Achse!)



. Untersuchung des Kohlenstoffdioxid-Anteils (Achtung: andere Einteilung der y-Achse!)

Beachten:



Entsorgung

Kanalisation

### Literatur

Wasserstoff aus Biomasse durch thermophile Mikroorganismen - 12.01.2009 -Abschlussbericht der FNR:  
[www.fnr-server.de/ftp/pdf/berichte/22021203.pdf](http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/berichte/22021203.pdf)  
 H.Heinzelmann, <http://tecnopeia.de> Suchen nach Schlagwörtern : Biowasserstoff → **Herstellung und Analyse von Biowasserstoff - Gasgemischen**  
<http://tecnopeia.de/index.php?cmd=showDetails&sid=f4b4db969426c6723de4bd63e24edd8b&id=119894079436354>