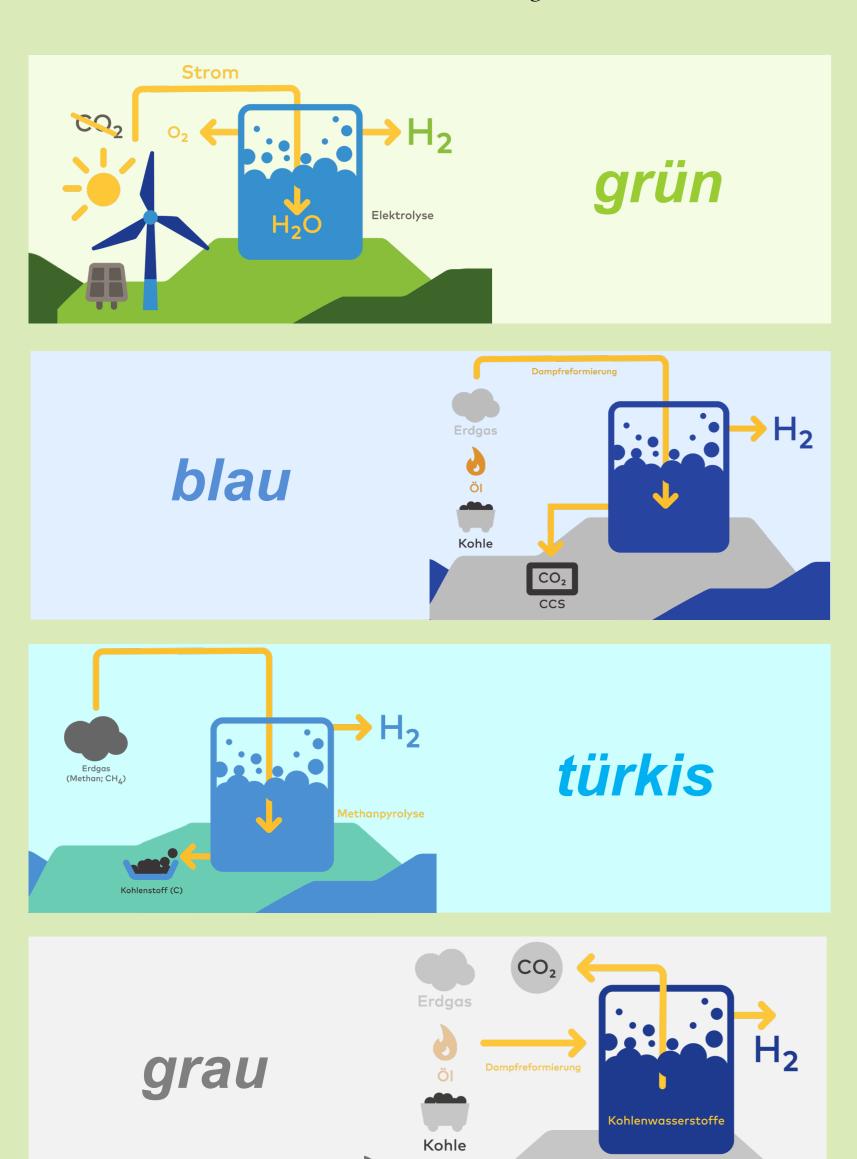
# Photoreformierung – Wasserstoff aus Ethanol

# Julian Venzlaff, Claudia Bohrmann-Linde

venzlaff@uni-wuppertal.de

"Das Wasser ist die Kohle der Zukunft. Die Energie von morgen ist Wasser, das durch elektrischen Strom zerlegt worden ist. Die so zerlegten Elemente des Wassers, Wasserstoff und Sauerstoff, werden auf unabsehbare Zeit hinaus die Energieversorgung der Erde sichern." Jules Verne, Die geheimnisvolle Insel, 1874



# **Ergebnisse**

stoffs unterschiedliche Farben zugeordnet.[3]

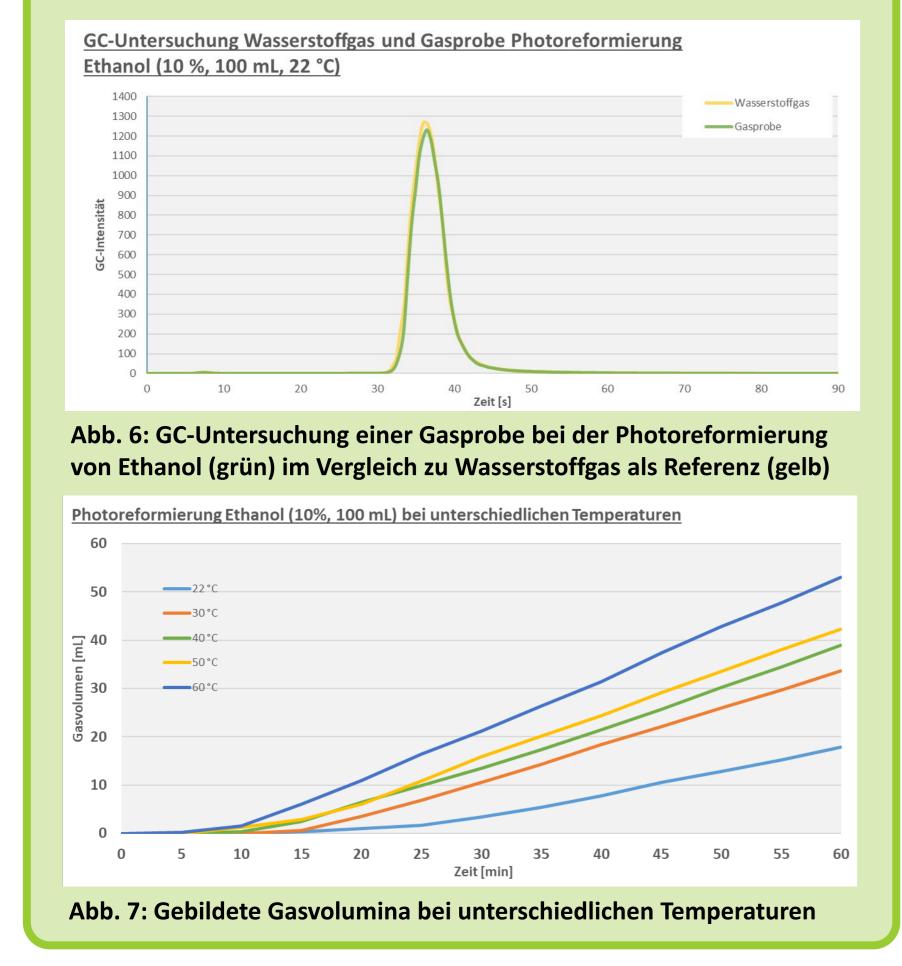
Experimentell liefert der vorgestellte Versuchsaufbau reproduzierbare Ergebnisse. Die gaschromatografischen Untersuchungen zeigen, dass das gebildete Gas zu einem sehr hohen Anteil (bis zu 95 %) aus Wasserstoff besteht (Abb. 6). Auch die Temperaturabhängigkeit der Photoreformierung lässt sich eindeutig ermitteln (Abb. 7).

Abb. 1: Schematische Darstellung der Gewinnung von Wasserstoffgas:

Grüner, blauer, türkiser und grauer Wasserstoff.[1] Nicht erst seit

Herausgabe der nationalen Wasserstoffstrategie der Bundesregie-

rung<sup>[2]</sup> werden den verschiedenen Produktionswegen des Wasser-



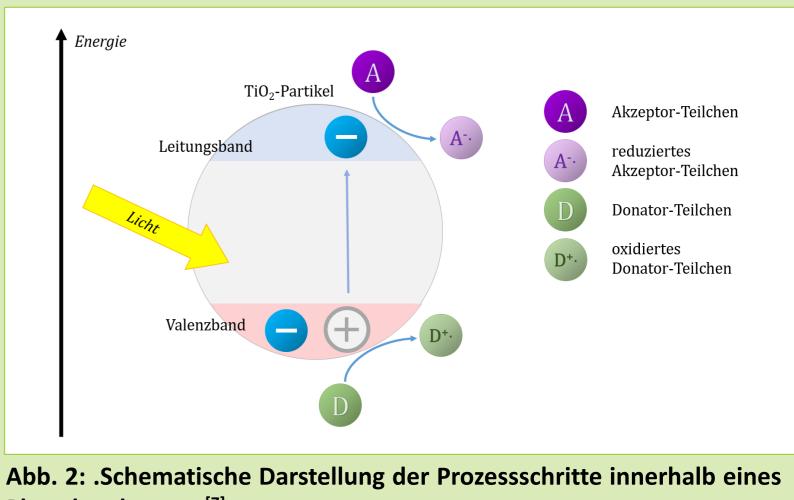
wasserstoffstrategie.pdf? blob=publicationFile&v=20 (Zugriff: 02.06.22).

### Wasserstoff durch Photoreformierung

Wasserstoff kann bei der Photoreformierung mithilfe eines Photokatalysators (bspw. TiO<sub>2</sub>) aus Alkoholen, Zuckern oder Stärke direkt gewonnen werden.<sup>[4]</sup> Durch den Photokatalysator wird zunächst Licht absorbiert. Es bilden sich Elektron-Loch-Paare. Das Loch im Valenzband wird durch ein Elektron eines Donator-Teilchens gefüllt. Dabei wird das Donator-Teilchen oxidiert. Das Elektron im Leitungsband wird an ein Akzeptor-Teilchen übertragen. Letzteres wird so reduziert (Abb. 2).

Zur Steigerung der Ausbeute von Wasserstoff wird TiO<sub>2</sub> mit geringen Mengen an Metallen (Platin oder Gold) belegt.<sup>[5]</sup> Dadurch können Elektronen vom Leitungsband leicht auf die Metallpartikel übertragen werden, um so eine vorzeitige Rekombination von Elektron-Loch-Paaren zu verhindern. Die Elektronen werden vom Metallpartikel auf Protonen übertragen (Abb. 3).

Auch die Temperatur nimmt Einfluss auf die Prozesse der Photoreformierung. Leicht erhöhte Temperaturen (ca. 60 °C) begünstigen die Ausbeute an Wasserstoff. [6] Es handelt sich um gekoppelte photochemische und thermische Prozesse.



Photokatalysators<sup>[7]</sup>

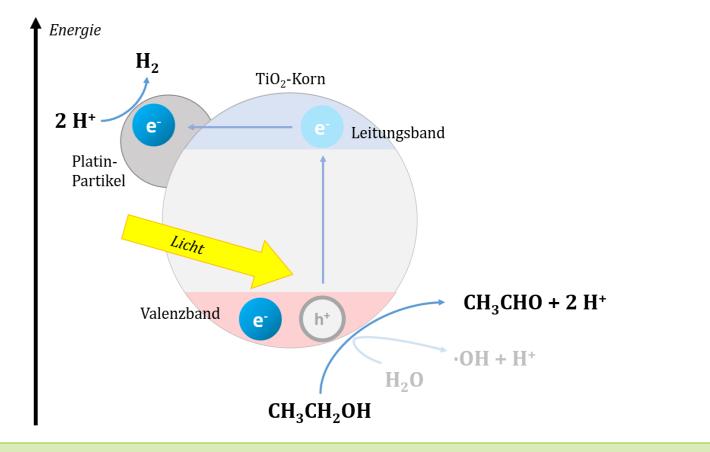


Abb. 3: Vereinfachte schematische Darstellung der Prozesse bei der **Photoreformierung von Ethanol** 

# Versuchsdurchführung

Für diesen Versuch wird ein mit Platin dotierter TiO<sub>2</sub>-Photokatalysator (TiO<sub>2</sub>/Pt-Photokatalysator) verwendet. In einem Reagenzglas aus Quarzglas werden 50 mg des Photokatalysators mit 100 mL einer 10%-igen Ethanol-Lösung versetzt und mit einem präparierten Stopfen und Spritze verschlossen. Unter magnetischem Rühren wird der Ansatz im Reagenzglas mit drei Highpower-LEDs (365 nm) bestrahlt (Abb. 4). Das in der Spritze aufgefangene Gas kann anschließend für eine Knallgasprobe oder zur gaschromatografischen Untersuchung herangezogen werden.

Abbildung 5 zeigt einen erweiterten Aufbau zur experimen-

nahme Stopfen tellen Untersuchung, inwieweit Temperaturerhöhungen Einfluss auf die Gasausbeute nehmen. Dazu wird um den Aufbau ein temperierbares Wasserbad gesetzt und auf unterschiedliche Temperaturen aufgeheizt.



Abb. 4: Aufbau und Detailauf-

**Abb. 5: Untersuchung des Temperatureinflusses** 

## Lernangebot: Wasserstoff

Im Kernlehrplan Chemie Sekundarstufe II (NRW) sind alternative Energieträger als inhaltlicher Schwerpunkt vorgegeben. Dabei werden im Zusammenhang mit Brennstoffzellen auch expliziert Bewertungskompetenzen angeführt. Die Schülerinnen und Schüler...

"diskutieren Möglichkeiten und Grenzen bei der Umwandlung, Speicherung und Nutzung elektrischer Energie auf Grundlage der relevanten chemischen und thermodynamischen Aspekte im Hinblick auf nachhaltiges Handeln".[8]

Dabei können besonders Elektromobilität und der Einsatz von Wasserstoff im Verkehrssektor gegenübergestellt werden, um Vor- und Nachteile herauszuarbeiten. Zwar werden keine konkreten Bezüge zur Bereitstellung solcher Energieträger im Kernlehrplan erwähnt, jedoch ist dieser Punkt unabdingbar für die Bewertung nachhaltigen Handelns und der Entwicklung möglicher Handlungsoptionen. Die Photoreformierung besitzt daher das Potential, auch im schulischen Bereich als eine weitere Option zur Wasserstoffgewinnung im Vergleich zur Herstellung von grünem oder grauem Wasserstoff in der Industrie diskutiert zu werden.







### Perspektive BNE

Unter dem Aspekt BNE wurde ein Lernangebot geschaffen, das die Photoreformierung von Ethanol experimentell erschließt und aus ökologischen, ökonomischen und sozialen Perspektiven auf Wasserstoffnutzung nicht nur im Verkehrssektor, sondern auch in der Industrie blickt.

wurde zudem eine Lehrkräfte-Hierbei fortbildung für dieses Thema konzipiert.

Weitere Informationen zu den Themen BNE, Photoreformierung und Lehrkräftefortbildungen erhalten sie unter:

https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/de/

### Quellen

[1] ENBW (2022): Grün, blau, türkis... das bedeuten die Wasserstoff-Farben, online unter: https://www.enbw.com/unternehmen/ecojournal/wasserstoff-

farben.html?gclid=EAlalQobChMl8aCXwOTK9gIVU4XVCh0UnQyEEAAYASAAEgIOQ\_D\_BwE (Zugriff: 02.06.22). [2] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2020): Die Nationale Wasserstoffstrategie, online unter: https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/die-nationale-

[3] Logan, Bruce (2022): Daily Energy Use and Carbon Emission. Fundamentals and Applications for Students and Professionals, Hoboken Wiley. [4] Kawai, Tomoji; Sakata, Tadayoshi (1980): Conversion of carbohydrate into hydrogen by a photocatalytic process, Nature, 286, 474-476.

[5] Christoforidis, Konstantinos; Fornasiero, Paolo (2016): Photocatalytic Hydrogen Production: A Rift into the Future Energy Supply. In: ChemCatChem, 9 (9), 1523-1544.

[6] Kuehnel, Moritz; Reisner, Erwin (2018): Solar hydrogen generation from lignocellulose. In: Angewandte Chemie. International Edition, 57, 3290-3296.

[7] Venzlaff, Julian; Bohrmann-Linde, Claudia (2021): Photoreforming of Biomass - Producing Hydrogen from Sugar, World Journal of Chemical Education, 9 (4), 130-135. [8] MSB NRW (2022): Kernlehrplan für das Gymnasium – Sekundarstufe II in Nordrhein-Westfalen Chemie, online unter: https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplan/314/klp gost ch 2022 06 07.pdf (Zugriff: 02.07.2022).



