

Sichtbarmachung der Absorption von UV-Licht durch Titandioxid

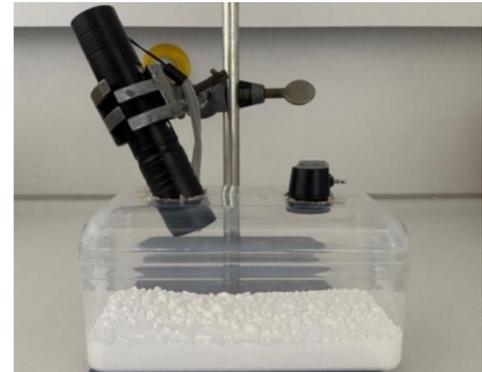
Material

Plastikbox mit Deckel, Wärmebildkamera für das Smartphone, UV-Taschenlampe, Stativ und Klammern

Chemikalien

Titandioxid (Evonik P25)

Aufbau



Versuchsdurchführung

- V.1** Mit Hilfe eines Stativs wird die UV-Taschenlampe durch ein Loch in der Kunststoffbox auf das Titandioxidpulver gerichtet. Um die Wärmebildkamera zu platzieren, wird die Taschenlampe eingeschaltet und das Licht dann unter das zweite Loch für die Wärmebildkamera gerichtet.
- V.2** Anschließend wird die Wärmebildkamera in das Smartphone eingesetzt und die App geöffnet. Bei Bedarf kann die Kamera mit einem Becherglas mit kaltem Wasser kalibriert werden. Dazu wird die Wärmebildkamera auf die Wasseroberfläche gerichtet, bis das Bild in der App blau wird.
- V.3** Nachdem die Kamera im Loch der Box platziert wurde, wird dann das Titandioxidpulver für 5 Minuten bestrahlt und die Beobachtungen mit der Wärmebildkamera aufgezeichnet. Wiederholen Sie den Vorgang mit weißem Licht und anderen Lichtfarben.

Aufgaben

- A.1.1** Beschreiben Sie, welche Art von Licht durch das Titandioxid absorbiert wird und welche Art von Licht der Sensor der Wärmebildkamera erkennen kann.
- A.1.2** Schauen Sie sich das Spektrum der elektromagnetischen Strahlung an und informieren Sie sich über den Zusammenhang zwischen Wellenlänge und Energie sowie über die Anteile von UV-, VIS- und IR-Strahlung im Spektrum. Vervollständigen Sie den folgenden Satz:
- "Im Experiment wird hochenergetisches _____ Licht in niederenergetisches _____ Licht umgewandelt."
- A.1.3** Wenn sich kein Titandioxid in der Box befindet, erkennt die Wärmebildkamera keine Strahlung, wenn das UV-Licht auf den Boden der Box gerichtet ist. Erkläre auf Grund dieser Beobachtung die Funktion des Titandioxids in diesem Experiment.

Ist Titandioxid krebserregend oder nicht?

Info

Seit 2016 diskutiert die ECHA (Europäische Gesundheitsagentur) über die Einstufung von Titandioxid als krebserregenden Gefahrstoff. Titandioxid wird als Weißpigment aufgrund seiner Deckkraft in Produkten wie Farben, Lacken oder Kunststoffen eingesetzt. Aber auch in Lebensmitteln sowie in Kosmetika wurde das Weißpigment zur Einfärbung verwendet. Eine Reihe von Institutionen hatten sich eingehend mit der potenziellen Gefährlichkeit von Titandioxid befasst.

A.2

Lesen Sie die folgenden Textauszüge ausgewählter Ausschnitte M1-M3 und fassen Sie die zentralen Aussagen der veröffentlichenden Institutionen zusammen.

M1 „Obwohl die Evidenz für allgemeine toxische Wirkungen nicht schlüssig war, konnten wir auf der Grundlage der neuen Daten und weiterentwickelten Methoden Bedenken hinsichtlich der Genotoxizität nicht ausschließen und folglich keine sichere Menge für die tägliche Aufnahme des Lebensmittelzusatzstoffs festlegen.“

M2 „Dem RAC unterlief nämlich ein offensichtlicher Beurteilungsfehler, als er feststellte, dass die Ergebnisse einer wissenschaftlichen Studie, die er seiner Stellungnahme zur Einstufung und Kennzeichnung von Titandioxid zugrunde legte, hinreichend verlässlich, relevant und angemessen für die Bewertung des karzinogenen Potenzials dieses Stoffes seien.“

M3 „Aufgrund seiner langfristigen Nutzung und seiner allgemein bekannten Nutzung in Produkten rund um den Globus konnten Wissenschaftler aus Industriegruppen und unabhängige Forscher jahrzehntelang umfangreiche Forschungsarbeiten zur Sicherheit von TiO₂ durchführen.“

Diese Arbeiten bestätigen durchweg, dass es keine Hinweise auf ein potenzielles Krebsrisiko für Menschen gibt, das auf TiO₂ zurückzuführen wäre. Darüber hinaus wird TiO₂ weltweit laufend von einer Vielzahl von Aufsichtsbehörden hinsichtlich seiner Sicherheit geprüft und hat sich für eine Fülle von Anwendungen als sicher erwiesen.“

A.3

Recherchieren Sie die Quellen, denen die Textauszüge M1 - M3 entnommen sind, und ordnen Sie ihnen jeweils die veröffentlichende Institution, den Adressaten und den Kontext zu, in dem die Ausschnitte zu finden sind.

A.4

Bewerten Sie anhand der folgenden Informationen die Einstufung von Titandioxid als Gefahrstoff.

Info

Im November 2022 entschied das Gericht der Europäischen Union, dass die Einstufung von Titandioxid als krebserregend beim Einatmen nicht rechtmäßig ist. Begründet wurde dies damit, dass die Europäische Chemikalienagentur (ECHA) falsche Schlüsse aus den vorliegenden Daten gezogen habe. Die EU-Kommission war der Empfehlung der ECHA gefolgt und hatte damit den gleichen Fehler begangen, Titandioxid als wahrscheinlich krebserregend einzustufen. Die Einstufung der EU galt nur, wenn Titandioxid als Pulver vorlag und mindestens 1 % der Partikel einen Durchmesser von $\leq 10 \mu\text{m}$ hatten. Titandioxid war also nicht verboten, musste aber gekennzeichnet

werden. Da sich diese Einstufung jedoch nur auf eine bestimmte Form (Pulver) bezieht, handelt es sich nicht um eine Eigenschaft des Titandioxids an sich. Das bedeutet, dass Titandioxid nicht immer eine krebserregende Wirkung hat, sondern nur unter den oben genannten Bedingungen. Daher hat das Gericht der Europäischen Union entschieden, dass die Einstufung widerrufen werden muss, da Titandioxid selbst keine krebserregende Wirkung hat. Unberührt von dem Urteil bleibt das Verbot von Titandioxid als Lebensmittelzusatzstoff E 171 ab Sommer 2022.

Siehe: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/>

A.5 Diskutieren Sie, welche Aspekte berücksichtigt werden, um eine Aussage einer Informationsquelle bewerten zu können

A.6 Ein Freund schickt Ihnen eine Sprachnachricht, in der er sich äußert, dass er nur Sonnencreme mit Titandioxid zu Hause habe und beunruhigt ist, diese zu benutzen. Er sagt dir, dass er lieber ohne jeglichen Sonnenschutz nach draußen gehen würde, als diese Sonnencreme zu nutzen. Schreiben Sie eine Textnachricht an Ihren Freund und geben Sie ihm eine Empfehlung, wie er sich verhalten soll.

Photokatalytische Zersetzung von Luftschadstoffen

Material

80 mL Rundkolben mit Aufsatz mit Seitenverlängerung, 3 UV-Taschenlampen, Stativ und Klammern, Parafilm®, Glaswolle, Gummischläuche, 100 mL Infusionsbeutel, 5 25 mL Schnappdeckelgläser, Luer-Lock-Material: Zweiwegehahn, Dreiwegehahn, 5 Luer-Lock-Verbindungen, 2 60 mL Spritzen mit Zweiwegehähnen

Chemikalien

Titandioxid (Evonik P25), 15 g Kupferpulver, 5 mL konzentrierte Salpetersäure, Lunges Reagenz oder Nitrit-Teststäbchen

Aufbau



Versuchsdurchführung I – Herstellung der nitrosen Gase

V.1 Bereiten Sie den Versuchsaufbau wie oben beschrieben vor und versiegeln Sie zusätzlich alle Verbindungen mit Parafilm®. Von links nach rechts: 80-mL-Rundkolben mit Zweiwegehahn und einem Aufsatz mit Seitenverlängerung mit Glaswolle, Verbindungsschlauch, Dreiwegehahn mit Infusionsbeutel und eine Einwegspritze, die an einen Zweiwegehahn angeschlossen ist.

V.2 Das Kupferpulver wird so im Rundkolben vorgelegt, dass der Boden vollständig bedeckt ist. Die 5 mL konzentrierte Salpetersäure werden im Verhältnis 1:5 verdünnt und zu dem Kupfer im Rundkolben gegeben. Das Verhältnis reicht aus, um Stickoxide (nitrose Dämpfe) für einen Durchgang zu erzeugen.

Versuchsdurchführung II – Zersetzung der nitrosen Gase

V.3 Geben Sie eine Schicht Titandioxidpulver in zwei der vorbereiteten Schnappdeckelgläser (siehe Abbildung).

V.4 Füllen Sie ein Schnappdeckelglas mit Hilfe der Spritze über den Dreiwegehahn mit Stickoxiden (ca. 50 mL) und richten Sie anschließend zur Bestrahlung 3 UV-Taschenlampen darauf (V1). Auch das andere Schnappdeckelglas wird mit Stickoxiden gefüllt und ins Dunkle gestellt (V2). Achten Sie darauf, dass beide Deckel mit Parafilm® dicht verschlossen sind. Beide Proben werden für 20 Minuten stehen gelassen.

V.5 In der Zwischenzeit, präparieren Sie drei Schnappdeckelgläser mit Lunges-Reagenz für den Nachweis nitroser Gase. Als Referenz werden nitrose Gase aus der Gasentwicklungsapparatur in eins der drei Schnappdeckelgläser überführt (V3).

V.6

Nach Ablauf der Bestrahlungszeit entnimmt man das Gas aus V1 und V2 mit einer neuen Spritze und überführt jede Gasprobe in eines der verbleibenden Schnappdeckelgläser mit dem Lungen-Reagenz aus Schritt 5.

V1 & V2

V1: UV light
V2: dark

**Aufgaben****Info**

Die Hauptverursacher von Stickoxiden sind Verbrennungsmotoren und Öfen. Die über die Abgase in die Umwelt abgegebenen Stickoxide schädigen die Gesundheit von Menschen, Tieren und Pflanzen in vielfältiger Weise. Der Grund dafür ist die stark oxidierende Wirkung von Stickstoffdioxid. Außerdem tragen sie als Vorläuferstufe zur Bildung von bodennahem Ozon und sekundärem Feinstaub bei. Sie haben auch eine überdüngende und versauernde Wirkung in der Umwelt, so dass sie Pflanzen schädigen und Wasser und Boden verschmutzen.

A.1.1

Mit Hilfe des Gasentwicklungsaufbaus haben Sie Stickoxide, hauptsächlich Stickstoffdioxid, hergestellt. Schreiben Sie eine Reaktionsgleichung für die Reaktion und geben Sie an, wie das entstehende Stickstoffdioxid identifiziert werden kann.

A.1.2

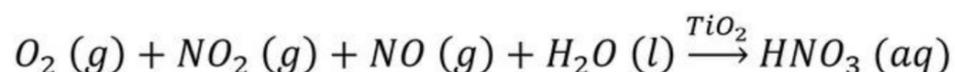
Stickstoffoxide können mit dem Lungen-Reagenz nachgewiesen werden. Die Intensität der beobachteten Farbe kann auch zur Schätzung der Konzentration verwendet werden. Beschreiben und vergleichen Sie die Beobachtungen aus dem Experiment.

Info

Photokatalysatoren katalysieren eine Reaktion, wenn sie mit Licht einer geeigneten Wellenlänge bestrahlt werden. Halbleiter, wie Titandioxid in diesem Experiment, werden als Photokatalysatoren verwendet. Titandioxid, das mit UV-Licht bestrahlt wird, kann Stickoxide abbauen. Dabei findet eine Photoredox-Reaktion statt. Deshalb wird Titandioxid auch in photokatalytischen Wandfarben verwendet, die die Stickoxidbelastung in Städten reduzieren sollen.

A.1.3

Ergänzen Sie die vereinfachte Reaktionsgleichung für den Abbau von Stickstoffoxiden um Oxidationszahlen und stellen Sie die Teilreaktionen (Oxidation und Reduktion) auf.



A.1.4 Erläutern Sie auf der Grundlage Ihrer Beobachtungen und der bereitgestellten Informationen die Funktion des Titandioxids in diesem Experiment.

Ist Wandfarbe eine nachhaltige Lösung gegen Luftverschmutzung?

Info Für den Einsatz als Photokatalysator wird Titandioxid in Form von Nanopartikeln verwendet. Nanopartikel sind Partikel, die eine Größe von 1 bis 100 nm haben. Bei dem Titandioxid von Evonik (P25) liegt die durchschnittliche Größe eines Partikels bei <21 nm. Nanopartikel haben besondere chemische und physikalische Eigenschaften, die sich von denen größerer Partikel unterscheiden. Solche Eigenschaften können z.B. eine höhere chemische Reaktivität aufgrund der vergrößerten Oberfläche im Verhältnis zum Volumen oder der zunehmende Einfluss von Oberflächenkräften wie Van-der-Waals-Kräften sein. Daher haben Nanopartikel zahlreiche potenzielle Einsatzmöglichkeiten in Forschung und Anwendung. Aufgrund ihrer geringen Größe werden jedoch auch die Risiken von Nanopartikeln durch Kontakt oder Eintrag in die Umwelt diskutiert.

A.2 Recherchieren Sie, welche möglichen schädlichen Auswirkungen von Nanopartikeln derzeit diskutiert werden, und fassen Sie Ihre Ergebnisse zusammen.

A.3 Beim photokatalytischen Abbau von Stickoxiden entsteht Salpetersäure, die sich bei Kontakt mit Luftfeuchtigkeit sofort auflöst. Dadurch entstehen gelöste Oxonium- und Nitrat-Ionen, die in das Grundwasser gelangen. Erläutern Sie unter Verwendung der Stichwörter "Versauerung" und "Eutrophierung" die möglichen Folgen, die sich aus einem Anstieg der Ionenkonzentration in der Umwelt ergeben können. Ziehen Sie ggf. weitere Informationsquellen zur Bewertung heran.

A.3 Erörtern Sie, inwieweit die Verwendung photokatalytischer Wandfarbe als nachhaltige Lösung zur Verringerung der Stickstoffoxide angesehen werden kann. Schlagen Sie dabei auch alternative Möglichkeiten zur Reduzierung dieser vor.

Photoreformierung von Ethanol

Material

Waage, Ultraschallbad, großes Reagenzglas (Quarzglas), Becherglas, Magnetrührplatte mit Rührfisch (kleine Form), durchbohrter Stopfen, 10-mL Spritze, 1-mL Spritze, Kanüle, Zweiwegehahn, Stativmaterial, Highpower-LEDs (365 nm), Gasbeutel mit Septum, Petrischale, Feuerzeug

Chemikalien

Ethanol-Lösung (10 Vol.-%), TiO_2/Pt -Katalysator, Flüssigseife

Skizze



Versuchsdurchführung I – Herstellung von Wasserstoffgas

V. 1 Führen Sie den Versuch entsprechend der Anleitung Schritt für Schritt durch. Bestrahlen Sie die Suspension für mindestens 30 Minuten.



Wiegen Sie 50 mg des TiO_2/Pt -Katalysators in einem großen Reagenzglas ab.



Geben Sie eine Ethanol-Lösung ($c = 1 \text{ mol/L}$) zum Katalysator hinzu und füllen Sie das Reagenzglas bis etwa 2 cm unterhalb des Randes auf.



Tauchen Sie das Reagenzglas mit der Suspension für 3 Minuten in ein Ultraschallbad.



Geben Sie einen Rührfisch zur Suspension hinzu.



Verschließen Sie das Reagenzglas mit einem durchbohrten Stopfen, in den eine 1-mL Spritze mit aufgesetztem Zweiwegehahn gesteckt ist.



Spannen Sie das Reagenzglas mit dem befestigten Aufsatz über einer Magnetrührplatte ein. Setzen Sie eine 10-mL Spritze auf. Der Stempel der Spritze sollte nach unten gedrückt sein.



Spannen Sie eine weitere Klammer unmittelbar über dem Stopfen ein, sodass dieser fest auf den Reagenzglas sitzt.



Schalten Sie die Magnetrührplatte (mind. 300 U/min) und die Highpower-LEDs (365 nm) zur Bestrahlung der Suspension ein (mind. 30 min).

Versuchsdurchführung I – Untersuchung der Gasprobe

V. 2 Schließen Sie nach der Bestrahlung den Zweiwegehahn. Nehmen Sie nun die 10-mL Spritze mit dem Zweiwegehahn von der 1-mL Spritze ab und setzen Sie eine Kanüle auf den Zweiwegehahn.

Falls sich noch etwas Flüssigkeit in der Spritze befinden sollte, nehmen sie die Kappe der Kanüle ab und halten die Spritze senkrecht nach unten. Öffnen Sie den Zweiwegehahn und entlassen Sie durch vorsichtigen Druck auf den Kolben der Spritze die restliche Flüssigkeit auf ein Papierhandtuch. Schließen Sie nun den Zweiwegehahn wieder.

Lesen Sie die Menge des entstandenen Gases ab und berechnen Sie die Menge an Sauerstoffgas, die benötigt wird, um eine vollständige Knallgasreaktion durchzuführen (*Hinweis: Gehen Sie bei Ihrer Berechnung davon aus, dass es sich bei der Gasprobe um reinen Wasserstoff handelt*)

V. 3 Entnehmen Sie die berechnete Menge an Sauerstoffgas aus dem bereitgelegten Gasbeutel. Hierfür stechen Sie die Kanüle in das an den Gasbeutel angeschlossene Septum. Öffnen Sie den Zweiwegehahn und ziehen Sie in die Spritze die benötigte Menge an Sauerstoff auf.

V. 4 Füllen Sie in eine Petrischale etwa 0,5 cm hoch Seifenlösung. Führen Sie die Kanüle in die Seifenlösung ein und formen Sie eine etwa 0,5 mL große Gasblase (*Abb. 1*). Zünden Sie mithilfe eines Feuerzeugs die Gasblase.



Abbildung 1: Injektion von Gas in eine Seifenlösung

Info **Gaschromatographie (GC)**

Ein analytisches Verfahren, unbekannte Gasproben auf ihre Zusammensetzung zu untersuchen, ist die **Gaschromatografie**. Hierbei wird eine Gasprobe in eine sogenannte **Säule** eingespritzt. Durch die Säule wird eine **Trägergas** (bspw. Stickstoff) geleitet, das die Gasprobe weitertransportiert. Je nach Bestandteilen, aus denen sich die Gasprobe zusammensetzt, verbleiben diese kürzer oder länger in der Säule, da sie unterschiedlich stark mit den Stoffen in der Säule wechselwirken. Am Ende der Säule kann über einen **Detektor** bestimmt werden, wie lange eine oder mehrere Komponenten einer Gasprobe benötigen, um durch die Säule zu gelangen. Werden im Anschluss Gasproben untersucht, bei denen Zusammensetzung und Komponenten

bekannt sind, können diese Chromatogramme mit denen der unbekannt Gasprobe verglichen werden. Die Messungen können anschließend grafisch ausgewertet werden. Über die Größe der Flächen unterhalb der Grafen lassen sich die Gasanteile in einer bekannten Probe bestimmen.

A.1

Abb. 2 & 3 zeigen zwei Gaschromatogramme. Es wurden sowohl reines Wasserstoffgas (Vergleichsprobe) als auch eine nach der Bestrahlung entnommene Gasprobe untersucht. Berechnen Sie mithilfe der angegebenen Werte, welcher Anteil an Wasserstoff in der Gasprobe vorliegt.

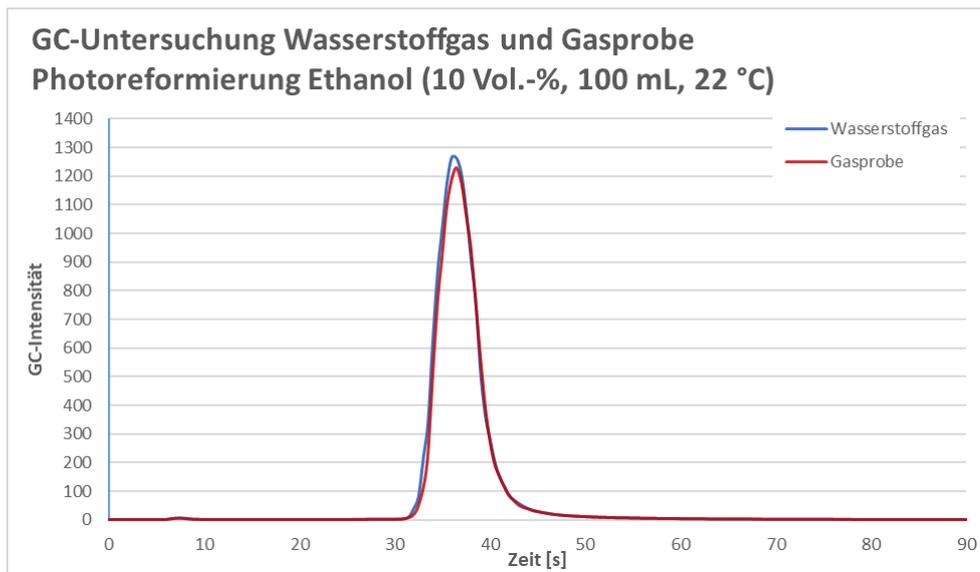


Figure 1: Diagramm der GC-Untersuchung von Wasserstoffgas (Vergleichsprobe). Die Fläche (A) unter dem blauen Graphen beträgt 6655,68 A. Die Fläche (A) unter dem roten Graphen beträgt 6319,99 A.

Zusatzaufgabe: Einfluss des Katalysators

A.1*

Folgen Sie dem Link: https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/fileadmin/Chemie/chemiedidaktik/files/html5_animations/cbl_group/photocatalysis/photocatalysis.html oder dem QR-Code.

Erkunden Sie die Animation und beschreiben Sie in wenigen Sätzen die Rolle des Photokatalysators. Ordnen Sie zu den unten stehenden Teilchen, bei welchen es sich im Prozess der Photoreformierung von Ethanol um Akzeptor ($A/A^{\cdot-}$)- und Donator ($D/D^{\cdot+}$)-Teilchen handelt.



Wasserstoff und grüne Energie

Seit mehreren Jahren ist der Einsatz von Wasserstoff verstärkt Gegenstand politischer und gesellschaftlicher Diskussionen im Rahmen des Umstiegs von fossilen zu erneuerbaren Energieträgern. Dabei stehen vor allem elektrische und wasserstoffbasierte Antrieben im Gegensatz. Doch worin liegen überhaupt Vorteile oder Nachteile für die verstärkte Nutzung von Wasserstoff? Und scheint eine Fokussierung auf entweder die eine oder die andere Antriebsvariante im Verkehrssektor sinnvoll?

A.2

Vergleichen Sie anhand von M 1 grünen und grauen Wasserstoff in einer Tabelle. Notieren Sie auch die Vor- und Nachteile der Wasserstofferzeugung durch Dampfreformierung.

A.3

Arbeiten Sie in Zweiergruppen. Einer liest den Interviewauszug M 2, der andere den Interviewauszug M 3. Diskutieren Sie über die Aussage, dass der durch Dampfreformierung gewonnene Wasserstoff als Grundlage für eine nachhaltige Energiewende angesehen werden kann.

A.4

Finden Sie in Kleingruppen Argumente für den Einsatz von grünem Wasserstoff. Formulieren Sie Vorschläge, die Sie an politische Vertreter richten würden, unter welchen Bedingungen Wasserstoff als Energieträger der Zukunft eingesetzt werden kann. Berücksichtigen Sie dabei auch unterschiedliche Positionen aus Wirtschaft, Umwelt und Gesellschaft.

M 1**Grüner Wasserstoff**

Grüner Wasserstoff wird als CO₂-neutral klassifiziert. Er wird zum Großteil durch Elektrolyse von Wasser gewonnen. Wichtig bei diesem industriellen Produktionsweg ist jedoch, dass der Strom für die Elektrolyse aus erneuerbaren Energien (Solar oder Wind) gewonnen wird. Ebenfalls hinzugezählt wird die Herstellung von Wasserstoff durch Fermentation von Biomasse und der Nutzung dieser für mikrobielle Brennstoffzellen. Die Photoreformierung ist ebenfalls eine Möglichkeit, grünen Wasserstoff zu erzeugen. Sie kann bei Raumtemperatur oder leicht erhöhten Temperaturen (ca. 60 °C) sowie Umgebungsdruck durchgeführt werden. Die Effizienz dieses Prozesses hängt stark von den verwendeten Substanzen ab (Methanol > Ethanol > Glucose > Saccharose > Stärke > Zellulose). Allerdings werden die drei letztgenannten Herstellungswege noch nicht großflächig in der Industrie eingesetzt.

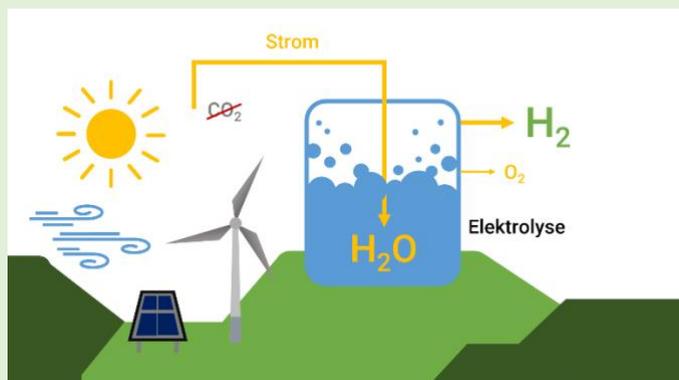


Abbildung nach: <https://www.enbw.com/unternehmen/eco-journal/wasserstoff-farben.html>

Grauer Wasserstoff

Über Dampfreformierung fossiler Energieträger (Erdgas, Erdöl, Kohle) wird aktuell ein Großteil des industriell hergestellten Wasserstoffs gewonnen. Mithilfe eines Katalysators wird bei hohem Druck (15 - 25 bar) und hohen Temperaturen (750 °C - 1000 °C) die Produktion durchgeführt. Es handelt sich somit um eine endotherme Reaktion, bei der die benötigte Energie in Form von Wärme hinzugefügt werden muss. Die Effizienz dieses Prozesses liegt bei 60 - 70 % des Energiegehalts von Erdgas. Das bedeutet, dass 60 - 70 % der chemischen Energie des Erdgases in den Energieträger Wasserstoff überführt wurde. Die übrigen 30 - 40 % sind Verluste während des Herstellungsprozesses. Dieser Wasserstoff wird als grauer Wasserstoff bezeichnet und ist mit einer großen Menge an CO₂-Emissionen in die Umwelt verbunden.

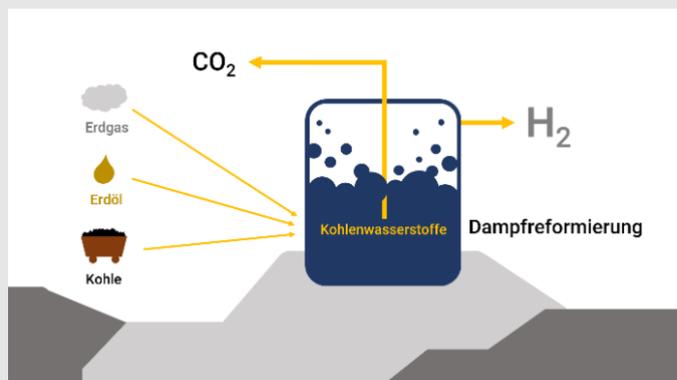


Abbildung nach: <https://www.enbw.com/unternehmen/eco-journal/wasserstoff-farben.html>

M 2

Höchste Zeit, die deutsche Industrie zum Wasserstoff zu führen

von Dr. Timm Kehler, Vorstand, Zukunft Gas e.V.*
31.01.2022

* Zukunft Gas e.V. ist eine Lobbyorganisation. Sie vertritt die Interessen von Unternehmen der Deutschen Gaswirtschaft und fördert das Image des Energieträgers Erdgas in der Öffentlichkeit.

[...] Eine Schlüsselrolle für schnellen Klimaschutz kommt dabei der Industrie zu, die in Deutschland den zweitgrößten Teil an den Treibhausgasemissionen produziert. Einer der Hauptgründe ist der hohe Energiebedarf, das zeigt beispielsweise die Stahlindustrie: Sie ist nicht nur für einen großen Teil des Steinkohleverbrauchs verantwortlich, sondern stellt mit rund 35 Prozent Anteil am Gesamtabsatz auch das größte Marktsegment des deutschen Gasmarktes dar. Das macht die Industrie zum perfekten Einsatzort für Wasserstoff. Gas ist vor Strom der wichtigste Energieträger der deutschen Industrie und dort hauptsächlich aus drei Gründen im Einsatz:

Gas dient der Prozess-Wärmeerzeugung und kommt bei unterschiedlichen Produktionsverfahren zum Einsatz, die Dampf, heißes Wasser, Hitze oder Kälte erfordern. Dies macht einen Anteil von über zwei Dritteln des industriellen Erdgasabsatzes aus.

Zudem nutzt die Industrie Gas aber auch zur Stromerzeugung. In produktionsnahen Kraftwerken wandelt die Industrie 20 Prozent des von ihr genutzten Erdgases in Strom um. [...] Insgesamt hat die Industrie 2019 rund 53 TWh Strom erzeugt, davon die Hälfte aus Erdgas. Hier werden zwar auch mehr erneuerbare Energien zum Einsatz kommen. Allerdings sind viele industrielle Prozesse auf einen konstanten Stromfluss angewiesen, den Wind und Sonne aufgrund der Witterung nicht garantieren können. Stromausfälle durch Dunkelflauten verursachen zudem erhebliche wirtschaftliche Einbußen, die dauerhaft nicht tragbar wären. [...]

Und schließlich nutzt die Industrie Erdgas als Grundstoff, um vor allem Ammoniak, Wasserstoff oder Methanol herzustellen. Diese stoffliche Verwendung macht einen Anteil von 11 Prozent des Erdgasabsatzes aus. [...]

Das CO₂-freie Gas Wasserstoff ist gleichzeitig das zentrale Element, um die Industrie künftig weiter zu dekarbonisieren. Er soll eines Tages anstatt fossiler Brennstoffe zum Einsatz kommen. Ein Beispiel für mögliche Anwendungen ist die Herstellung grünen Stahls. Deutschland produziert jährlich rund 45 Millionen Tonnen Stahl [...], meist mit einem hohen Kohle-Verbrauch in Hochöfen. Werden diese auf Wasserstoff umgerüstet, könnten pro Jahr etwa 43 Millionen Tonnen CO₂ eingespart werden.

[...] Damit insbesondere in der Anlauf- und Übergangsphase hinreichende Mengen bezahlbaren Wasserstoffs für die Industrie bereitgestellt werden können, wird es nötig sein, den zum Einsatz kommenden Wasserstoff weiterhin auch auf Basis von Erdgas herzustellen. Denn Wasserstoff aus erneuerbaren Quellen wird noch lange Zeit rar und vergleichsweise teuer sein. Aufgrund des dadurch entstehenden Kostendrucks droht die Abwanderung energieintensiver Prozesse ins Ausland. Dies wäre nicht nur zu erheblichen

Lasten des Wirtschaftsstandortes Deutschland, sondern käme auch einem massiven Rückschritt für den Klimaschutz gleich. Denn einerseits gelten in anderen Ländern meist deutlich weniger strenge Emissionsanforderungen, andererseits muss Deutschland aber auch beweisen, dass sein Modell der Energiewende wettbewerbsfähig ist und damit auch international eine Vorbildfunktion erlangen kann.

[...] Der großflächige Einsatz von Wasserstoff ist unverzichtbar für eine grüne Industrie und ein klimaneutrales Europa. Erdgas bahnt klimaschonend den Weg dorthin, liefert die Basis für eine bezahlbare Transformation und hilft dabei, zügig große Mengen an Emissionen einzusparen. Wasserstoff zur Energie der Zukunft machen? Mit Gas geht's!

Quelle: Handelsblatt, <https://live.handelsblatt.com/hoechste-zeit-die-deutsche-industrie-zum-wasserstoff-zu-fuehren/> (Zugriff: 20.05.2023).

M 3

Interview: „Energieträger der Zukunft“ im Bundesnetzagentur Insight Blog

Zu den Personen:

Eva Haupt, Frauke Horstmann und Andreas Müller sind Mitarbeiter der Bundesnetzagentur

Es gibt verschiedene Arten von Wasserstoff. Welchen möchte die Bundesregierung laut ihrer Nationalen Wasserstoffstrategie fördern?

Andreas Müller: "Was in der derzeitigen Diskussion unter Wasserstoff verstanden wird und was uns in Bezug aufs Klima am meisten bringt, das ist der grüne Wasserstoff. Der wird durch Elektrolyse von Wasser mithilfe von Strom aus Erneuerbaren Energien hergestellt - das kann nur zum Teil in Deutschland passieren. Dafür bräuchten wir sehr viele Erneuerbare Energien. Perspektivisch muss man darauf vertrauen, dass wir den Wasserstoff im Ausland zukaufen können – so wie wir das jetzt bei Öl oder Gas auch machen."

Welcher Wasserstoff wird derzeit in Deutschland mehrheitlich verbraucht? Grüner?

Frauke Horstmann: "Nein. Zum einen wird Wasserstoff verwendet, der als Nebenprodukt aus chemischen Prozessen entsteht. Zum anderen wird mittels Dampfreformierung gewonnener Wasserstoff verwendet. Das geschieht mithilfe von Erdgas und das dabei entstehende CO₂ wird heute in Deutschland nicht in den Boden verpresst - sondern freigesetzt."

Eva Haupt: "Wasserstoff aus Erdgas herzustellen ist perspektivisch keine Lösung. Was passieren könnte, ist, dass wir jetzt eine Wasserstoffwirtschaft und -infrastruktur aufbauen und die Industrie stellt einfach Wasserstoff aus Dampfreformierung her – und gibt somit das CO₂ in die Atmosphäre ab. Das wäre der GAU und würde nicht dem Ziel der gewünschten CO₂ Reduktion dienen. Da hilft nur ein Zertifizierungssystem, das genau diesen Effekt verhindert und ermöglicht, dass grüner Wasserstoff, der derzeit leider viel teurer ist als der aus Dampfreformierung hergestellte, Priorität hat."

Andreas Müller: "Man muss diesbezüglich natürlich sehen, dass Wasserstoff allgemein teuer ist und wahrscheinlich auch absehbar nicht billig wird. Während Erdgas ein sehr preiswertes Gut ist. Deswegen wird es der Wasserstoff am Anfang schwer haben, wenn man ihn nicht gezielt unterstützt. Die Bundesregierung will 7 Milliarden Euro in Wasserstofftechnologien und den Markthochlauf in Deutschland investieren. 700 Millionen davon allein für Infrastrukturprojekte."

Quelle: Bundesnetzagentur,

https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Allgemeines/DieBundesnetzagentur/Insight/Texte/Energiewende/Blog6_Energiewende_Wasserstoff.html (Zugriff: 20.05.2023).