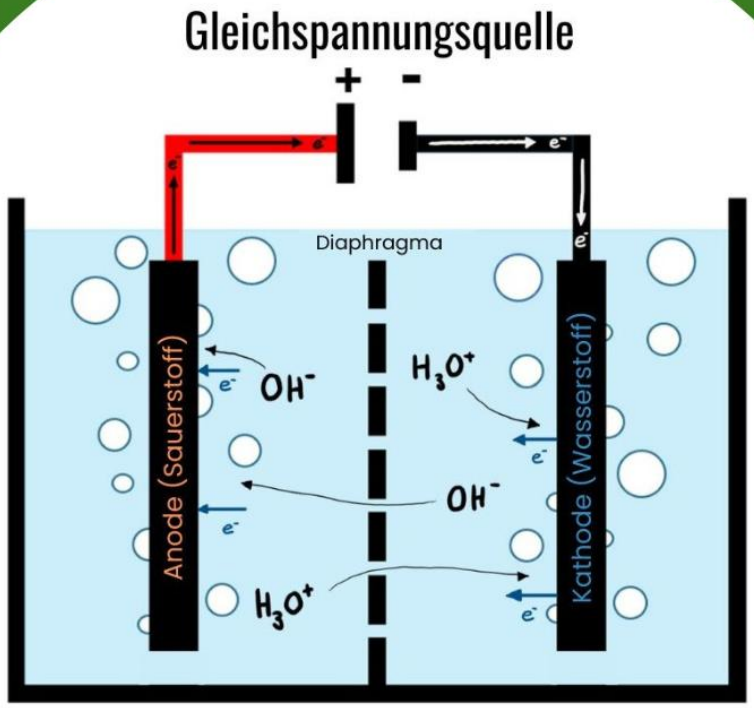
BAU DEINEN EIGENEN ELEKTROLYSEUR

THEORIE



JONAS TRABER

www.tectraon.ch

by Tectraon

info@tectraon.ch

3. Auflage

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 2
2 Wasserstoff 3
3 Wasserelektrolyse 4
4 Wasserstoff als Energieträger 6
5 Schlusswort 10
6 Literaturverzeichnis 11
6.1 Wasserstoff 11
6.2 Wasserelektrolyse 11
6.3 Wasserstoff als Energieträger 11
7 Rechtlicher Hinweis 12

1 Einleitung

In dieser Theoriebeilage werden die wichtigsten Aspekte zu Wasserstoff und seiner Erzeugung durch Elektrolyse vorgestellt. Dieses Wissen hilft euch, den Aufbau des Elektrolyseurs und die folgenden Experimente besser zu verstehen.

Im ersten Kapitel lernt ihr das Element Wasserstoff kennen – seine Eigenschaften haben direkten Einfluss auf den Bau und die Funktionsweise des Elektrolyseurs. Anschliessend wird die Wasserelektrolyse als Kernelement des Elektrolyseurs theoretisch erklärt. Mit dem Bau der Elektrolysekonstruktion setzt ihr genau diese Theorie praktisch um. Im letzten Kapitel wird der Wasserstoff als Energieträger in unserer Gesellschaft betrachtet: Ihr erfahrt, wo seine Chancen liegen, welche Probleme es noch gibt und warum der flächendeckende Einsatz heute noch nicht erreicht ist.

2 Wasserstoff

Wasserstoff ist das häufigste Element des Universums: Etwa 93 % aller Atome bestehen aus Wasserstoff, was einem Massenanteil von rund 75 % entspricht. Auf der Erde hingegen macht Wasserstoff nur etwa 0,12 % der Masse aus.

Zum ersten Mal beschrieben wurde Wasserstoff im Jahr 1766 vom englischen Chemiker und Physiker Henry Cavendish, der bei einem Experiment mit Quecksilber und Säuren ein bis dahin unbekanntes Gas entdeckte. Dieses Gas wurde 1787 von Antoine Lavoisier erstmals als „hydro-gène“ (griechisch: *hydro* = Wasser, *genes* = erzeugend, „Wasserbildner“) bezeichnet, da er erkannte, dass durch dessen Verbrennung Wasser entsteht.

Im Periodensystem steht Wasserstoff mit der Ordnungszahl 1 ganz oben links. Ein Wasserstoffatom besteht in seiner häufigsten Form, dem Protium, lediglich aus einem Proton und einem Elektron. Die Isotope Deuterium und Tritium besitzen zusätzlich ein beziehungsweise zwei Neutronen im Atomkern.

Unter Normalbedingungen ist Wasserstoff ein farb-, geruch- und geschmackloses Gas. Es zeichnet sich durch die höchste Wärmeleitfähigkeit und die grösste Diffusionsgeschwindigkeit aller Gase aus – die Diffusionsgeschwindigkeit beschreibt die Geschwindigkeit, mit der sich Teilchen bei einem Konzentrationsausgleich bewegen.

Da einzelne Wasserstoffatome sehr reaktionsfreudig sind, kommt Wasserstoff auf der Erde fast ausschliesslich in chemischen Verbindungen vor. Aufgrund seiner geringen Elektronegativität bildet er starke Bindungen mit Elementen wie Fluor, Stickstoff oder Sauerstoff. Solche Bindungen werden in vielen Fällen als Wasserstoffbrücken bezeichnet – sie sind beispielsweise für die Stabilität der Doppelhelix-Struktur der DNA verantwortlich.

Der weitaus grösste Teil des Wasserstoffs auf der Erde ist jedoch in Wassermolekülen (H_2O) gebunden.

3 Wasserelektrolyse

Unter der Elektrolyse versteht man eine Redoxreaktion, die durch elektrischen Strom erzwungen wird. Dabei wird elektrische Energie in chemische Energie umgewandelt.

Der Elektrolyseur, den ihr bauen werdet, ist darauf ausgelegt, Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff aufzuspalten. Der Fokus liegt daher auf der Wasserelektrolyse, die durch folgende Gesamtreaktion beschrieben wird:

$$2H_2O\ (l) \rightarrow 2H_2\ (g) + O_2\ (g)$$

Für die Reaktion benötigt man zwei Elektroden, die ins Wasser eingesetzt werden. Durch eine Gleichspannungsquelle, die mit den Elektroden verbunden ist, entsteht an einer Elektrode ein Elektrodenüberschuss und an der anderen einen Elektrodenmange.

Die positiven Ionen (Kationen) – im Wasser vor allem die H_3O^+-Ionen – wandern zur negativen Elektrode (Kathode). Dort nehmen sie Elektroden auf und werden reduziert, wodurch Wasserstoffgas (H_2) entsteht.

Die negativen Ionen (Anionen) – überwiegend die OH^-Ionen – wandern zur positiven Elektrode (Anode). Dort geben sie Elektronen ab und werden oxidiert, dabei entsteht (O_2).

Der entstandene Wasserstoff und Sauerstoff machen sich durch das Aufsteigen von Blasen im Wasser sichtbar.

Je nach sauer und basischer Lösung laufen andere Reaktionen ab:

In sauerer Lösung (z.B. mit H_2SO_4)
Kathode (Reduktion):

$$2H_3O^+ + 2e^- \rightarrow H_2 + 2H_2O$$

Anode (Oxidation):

$$2H_2O \rightarrow O_2 + 4H_3O^+ + 4e^-$$

In basischer Lösung (z.B. mit KOH, NaOH)
Kathode (Reduktion):

$$2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$$

Anode (Oxidation):

$$4OH^- \rightarrow O_2 + 2H_2O + 4e^-$$

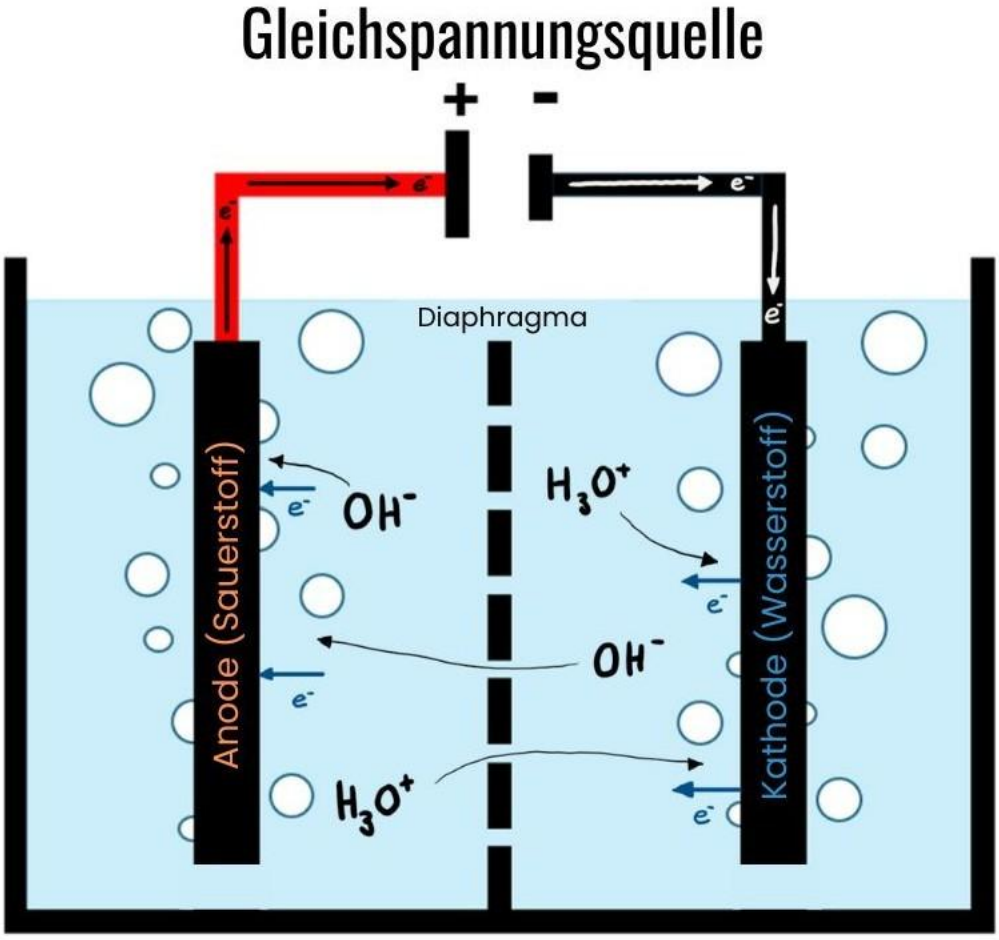


Abbildung 1: Elektrolyse

4 Wasserstoff als Energieträger

Wasserstoff spielt in der Energiewende eine wichtige Rolle, da er emissionsfrei verbrennt und vielseitig eingesetzt werden kann. Allerdings hängt die Klimabilanz seiner Nutzung stark von der Art seiner Herstellung ab. Um dies zu verdeutlichen, werden dem Wasserstoff verschiedene „Farben" zugeordnet.

Grüner Wasserstoff wird durch Elektrolyse von Wasser hergestellt, wobei der benötigte Strom aus erneuerbaren Energien wie Solar-, Wind- oder Wasserkraft stammt. Nur dieser Wasserstoff ist klimaneutral. Wird der Strom hingegen aus fossilen Energiequellen wie Kohle- oder Ölkraftwerken gewonnen, spricht man von grauem Wasserstoff. Grauer Wasserstoff entsteht auch bei der sogenannten Dampfreformierung von Erdgas, bei der grosse Mengen Kohlendioxid (CO_2) als Nebenprodukt freigesetzt werden. Wird dieses CO_2 abgeschieden und unterirdisch gespeichert, spricht man von blauem Wasserstoff. Diese Methode ist jedoch umstritten, da die langfristigen Folgen einer solchen Speicherung bislang nicht vollständig erforscht sind.

Wasserstoff kann helfen, Schwankungen im Stromnetz auszugleichen. Durch den Ausbau erneuerbarer Energien gibt es oft einen Überschuss an Strom im Sommer und einen Mangel im Winter. Wasserstoff bietet hier eine Lösung, da er im Gegensatz zu Strom über längere Zeiträume gespeichert werden kann. Überschüssiger Strom kann genutzt werden, um per Wasserelektrolyse grünen Wasserstoff herzustellen. Dieser lässt sich in grossen Mengen – zum Beispiel in unterirdischen Kavernen – lagern. Bei Bedarf wird der Wasserstoff in einer Brennstoffzelle wieder in elektrische Energie umgewandelt – emissionsfrei und ressourcenschonend.

Auch in der Industrie bietet Wasserstoff grosse Chancen. Schon heute wird er bei der Herstellung von Stickstoffdünger oder der Raffinierung von Mineralölen eingesetzt. In vielen anderen Bereichen, wie der Stahlerzeugung, der Glasproduktion oder

der Ammoniakherstellung, könnten fossile Energieträger künftig durch Wasserstoff ersetzt werden. Dort, wo eine Elektrifizierung kaum möglich ist, stellt Wasserstoff eine klimafreundliche Alternative dar.

In der Mobilität ergänzt Wasserstoff den Einsatz von Batterien sinnvoll. Besonders bei grossen und schweren Fahrzeugen mit hoher Reichweite, wie Lastwagen, Zügen oder Schiffen, ist Wasserstoff vorteilhaft. Während Batterien hier oft zu gross, schwer oder mit langen Ladezeiten verbunden sind, lässt sich Wasserstoff leicht speichern und ähnlich schnell tanken wie Benzin oder Diesel.

Trotz dieser Vorteile hat Wasserstoff auch Herausforderungen. Damit seine Nutzung tatsächlich nachhaltig ist, muss er klimafreundlich – idealerweise per Elektrolyse mit grünem Strom – hergestellt werden. Der Wirkungsgrad ist dabei oft gering: Häufig wird nur etwa die Hälfte der eingesetzten elektrischen Energie in Wasserstoff umgewandelt. Auch die Speicherung ist aufwendig und teuer. Wasserstoff muss entweder unter hohem Druck oder bei sehr tiefen Temperaturen gelagert werden, was viel Energie erfordert. Zudem diffundiert Wasserstoff leicht durch viele Materialien hindurch, sodass mit der Zeit kleine Verluste entstehen können. Schliesslich ist auch die nötige Infrastruktur bislang nicht ausreichend vorhanden oder muss mit hohem Kostenaufwand angepasst werden.

Insgesamt bietet Wasserstoff viele Möglichkeiten, eine nachhaltige Energieversorgung zu gestalten – doch es bleibt noch viel Entwicklungsarbeit, um diese Potenziale wirtschaftlich und effizient zu nutzen.

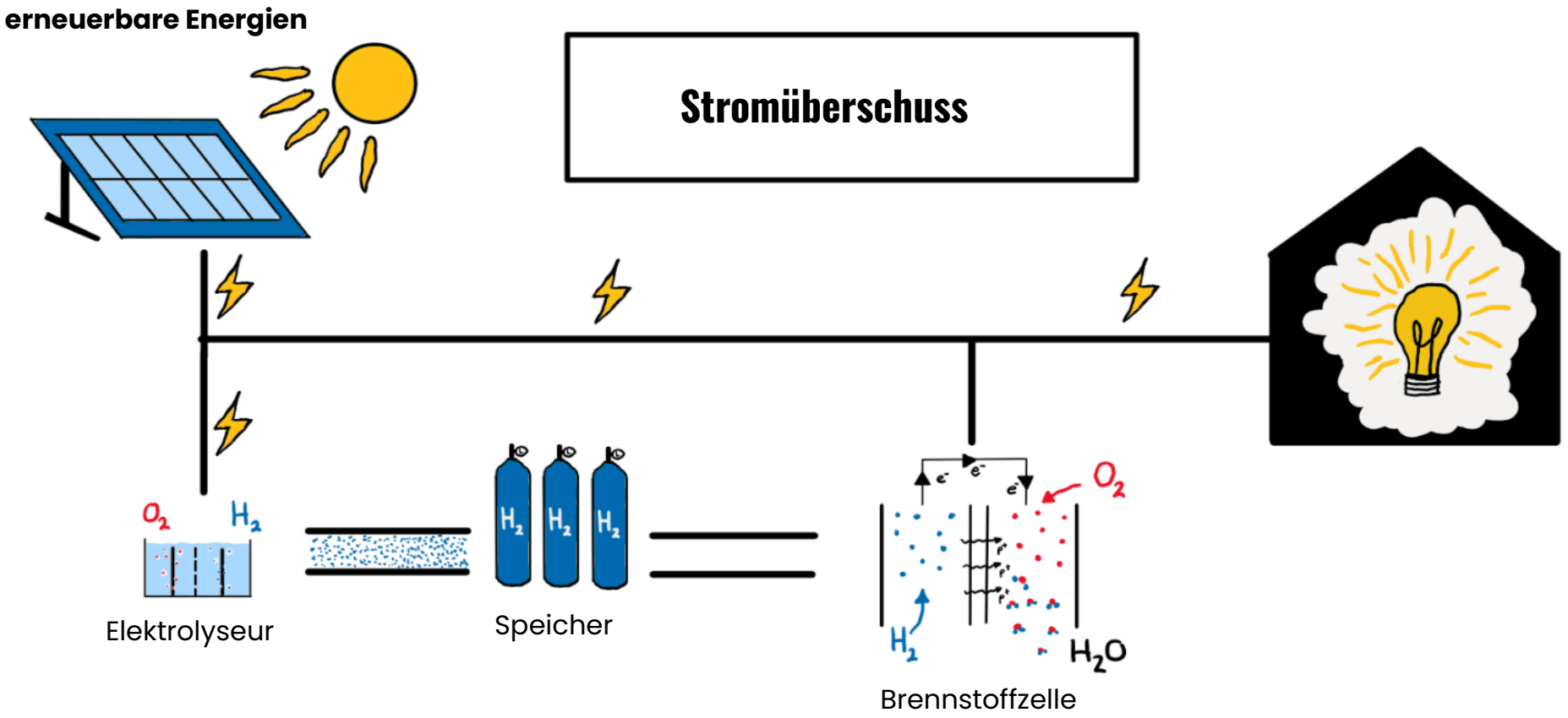


Abbildung 2: Stromüberschuss

erneuerbare Energien

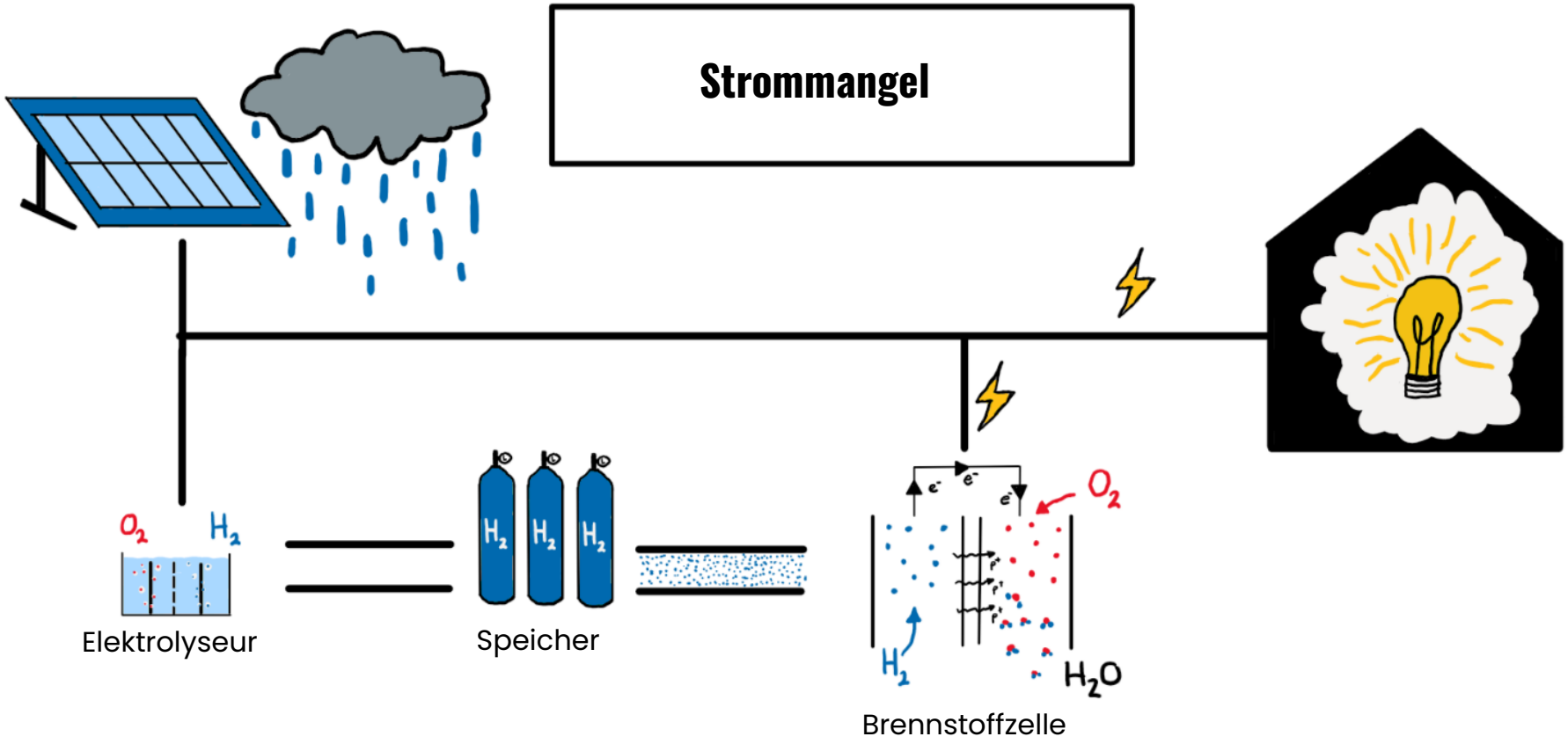


Abbildung 3: Strommangel

5 Schlusswort

Wasserstoff hat einzigartige Eigenschaften, bringt aber auch besondere Herausforderungen bei der Handhabung und Nutzung in unserer Gesellschaft mit sich. Mit der Wasserelektrolyse habt ihr eine Möglichkeit kennengelernt, Wasserstoff zu gewinnen – und zwar klimaneutral und nachhaltig, wenn erneuerbare Energien eingesetzt werden. Trotz vieler Anwendungsmöglichkeiten arbeitet die Forschung noch daran, diese Technik effizient in unser bestehendes Energiesystem zu integrieren. Mit dem Bau des Elektrolyseurs könnt ihr selbst einen Beitrag leisten und das Energiesystem von morgen ein Stück weiterbringen.

6 Literaturverzeichnis

6.1 Wasserstoff

chemie.de. (o. J.-b). *Wasserstoff*. chemie.de. Abgerufen 21. Juni 2025, von https://www.chemie.de/lexikon/Wasserstoff.html

Geitmann, S., & Augsten, E. (2021). *Wasserstoff und Brennstoffzellen: Die Technik von gestern, heute und morgen* (4.). Hydrogeit.

Lehmann, J., & Luschtinetz, T. (2014). *Wasserstoff und Brennstoffzellen: Unterwegs mit dem saubersten Kraftstoff* (2014. Aufl.). Springer.

6.2 Wasserelektrolyse

chemie.de. (o. J.-a). *Elektrolyse*. Abgerufen 21. Juni 2025, von https://www.chemie.de/lexikon/Elektrolyse.html

Geitmann, S., & Augsten, E. (2021). *Wasserstoff und Brennstoffzellen: Die Technik von gestern, heute und morgen* (4.). Hydrogeit.

Lehmann, J., & Luschtinetz, T. (2014). *Wasserstoff und Brennstoffzellen: Unterwegs mit dem saubersten Kraftstoff* (2014. Aufl.). Springer.

Studyflix. (o. J.). *Elektrolyse · Prinzip, Wirkungsgrad, Beispiele*. Studyflix. Abgerufen 21. Juni 2025, von https://studyflix.de/chemie/elektrolyse-1717

Wiechoczek, D. (2008, Oktober 1). *Prof. Blumes Medienangebot: Ozon*. Abgerufen 21. Juni 2025, von https://www.chemieunterricht.de/dc2/ozon/ozonbild.htm

6.3 Wasserstoff als Energieträger

Bode, M. (2021, März 2). *Wasserstoffspeicher: Kosten und Einsatz für Haus & Industrie |*. Flüssiggas1.de. Abgerufen 21.Juni 2025, von https://www.fluessiggas1.de/wasserstoffspeicher

EWE, A. (o. J.-a). *Anwendungen von Wasserstoff—Eine Übersicht*. EWE AG. Abgerufen 21. Juni 2025, von https://www.ewe.com/de/zukunft-gestalten/wasserstoff/wasserstoff-anwendungen

EWE, A. (o. J.-b). *Die Farben des Wasserstoffs—Eine Übersicht*. EWE AG. Abgerufen 21. Juni 2025, von https://www.ewe.com/de/zukunft-gestalten/wasserstoff/die-farben-des-wasserstoffs

Prof. Anthony Patt (24.01.2024). *Wasserstoff: mit Vorsicht zu behandeln.* ETH Zürich. Abgerufen 21. Juni 2025, von https://ethz.ch/de/news-und-veranstaltungen/eth-news/news/2024/01/wasserstoff-mit-vorsicht-zu-behandeln.html

EnBW (09.05.2024). *Wasserstoff: Fakten über die Zukunftsenergie.* Abgerufen 21. Juni 2025, von https://www.enbw.com/unternehmen/themen/wasserstoff/wasserstoff-ist-ein-eckpfeiler-der-dekarbonisierung.html

7 Rechtlicher Hinweis

Siehe «Begleitung – Bau deinen eigenen Elektrolyseur» in Kapitel 15 «Rechtlicher Hinweis».