

Die Brennstoffzelle

Von *Merlin Etzold* (Chemiestudent, TU Claustal)

1. Grundlagen

Die Brennstoffzelle beruht wie auch die Verbrennung auf der Reaktion eines geeigneten Brennstoffes mit Sauerstoff. Hierbei wird dieser Brennstoff oxidiert, wobei wiederum Wärme frei wird.

1.1. Erklärung am Beispiel:

Wortgleichung:

Methan + Sauerstoff → Kohlenstoffdioxid + Wasser

Oder, als Gleichung mit Summenformeln: $\text{CH}_4 + 2 \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

Methan dient hier als Brennstoff, Sauerstoff als Oxidationsmittel. Hierbei ist es wichtig zu wissen, dass es noch einen umgekehrten Prozess zur Oxidation gibt: Die Reduktion. Oxidation bedeutet Abgabe von Elektronen, Reduktion bedeutet Aufnahme. So sagt man z. B.: Kohlenstoff wird oxidiert, d. h., Kohlenstoff gibt Elektronen ab.

Daraus folgt wiederum, dass Oxidation und Reduktion **immer** gemeinsam stattfinden, d.h., wenn ein Teilchen oxidiert wird – also Elektronen abgibt –, dann müssen diese natürlich irgendwo hin, es muss also ein anderes Teilchen geben, welches diese aufnimmt – also reduziert wird.

Daher spricht man auch von **Redoxreaktionen**.

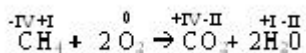
1.2. Oxidationszahlen

Die Oxidation/Reduktion eines Teilchens ist zumindest formal erfassbar. Hierzu führt man eine als Oxidationszahl bezeichnete Größe ein: Die Oxidationszahl besagt, wie viele Elektronen ein Teilchen abgegeben hat (wenn sie positiv ist) oder aufgenommen hat (wenn sie negativ ist). Elemente haben definitionsgemäß die Oxidationszahl Null.

Oxidationszahlen werden nach IUPAC-Konvention als römische Zahlen oberhalb des Atoms geschrieben, auf welches sie sich beziehen, sie beziehen sich immer auch nur auf ein Atom, selbst wenn sie über zwei Atomen der selben Sorte stehen (z. B.: Steht eine Null über O_2 , so bedeutet das, dass beide Sauerstoffe die Oxidationszahl Null haben)

Die Zuweisung von Oxidationszahlen unterliegt gewissen Regeln, deren Erläuterung jedoch das Ziel dieser Ausarbeitung sprengen würden.

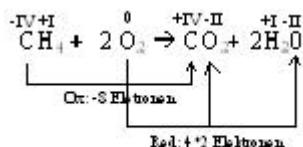
1.2.1 Beispiel:



1.3 Redoxreaktionen – anschaulich

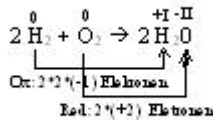
Wie oben erläutert, findet bei einer Redoxreaktion ein Elektronenübergang von einem auf ein anderes Teilchen statt. Betrachten wir nun obiges Beispiel, so sieht man, dass die Oxidationszahl vom Kohlenstoff im Methan auf der Eduktseite der Gleichung (also links) mit $-IV$ kleiner ist als die des Kohlenstoffes im Sauerstoff mit $+IV$. Man bemerkt eine Differenz von $+8$. Da die Oxidationszahl um 8 Einheiten gestiegen ist, hat der Kohlenstoff also 8 Elektronen abgegeben, er wurde also oxidiert.

Betrachtet man nun den Sauerstoff, so sieht man, dass dieser auf der Eduktseite die Oxidationszahl Null besitzt. Auf der Produktseite hat er jedoch die Oxidationszahl $-II$, und zwar sowohl im Kohlenstoffdioxid als auch im Wasser. Da an der Gesamtreaktion vier Sauerstoffatome beteiligt sind, welche alle von der Oxidationszahl Null die Oxidationszahl $-II$ annehmen, ergibt sich als Gesamtmenge der aufgenommenen Elektronen wieder der Wert 8, jedoch diesmal mit negativem Vorzeichen – der Sauerstoff wird reduziert.



Hierbei sollte der Elektronenübergang deutlich werden. Da die an der Reaktion beteiligten Teilchen unterschiedliche innere Energien besitzen, und die Energien der Teilchen auf der Produktseite geringer ist als die auf der Eduktseite, wird Energie frei (weitere thermodynamische Ausführungen würden hier zu weit gehen).

1.4 2. Beispiel: Wasserstoff – Sauerstoff



Verbrennung von Wasserstoff mit Sauerstoff

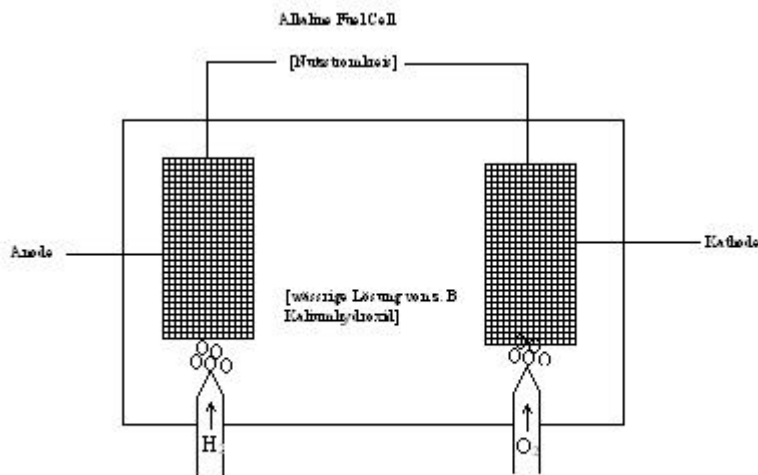
2.1 Idee der Brennstoffzelle

Wie man an den Beispielen sehen kann, fließen Elektronen. Würde man also den oben beschriebenen Prozess räumlich trennen, dann müsste die Elektronenwanderung als abgreifbarer elektrischer Strom zur Verfügung stehen.

2.2 Aufbau der Brennstoffzelle

Das Prinzip der Brennstoffzelle wird nur am einfachsten Beispiel, nämlich an der Wasserstoffbrennstoffzelle erläutert.

Hierbei bietet sich besonders die AFC (Alkaline Fuel Cell) an, wie sie z. B. im amerikanischen Spaceshuttle verwendet wird, da der gesamte Prozess in wässriger Lösung stattfindet, was das Verständnis erheblich vereinfacht. Im folgenden wird ein **möglicher** Aufbau erläutert.

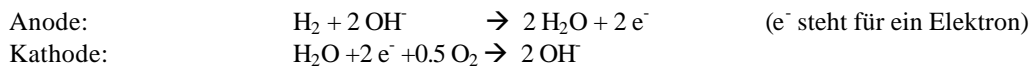


Die AFC besteht aus einem Behälter, welcher mit einer wässrigen Kaliumhydroxidlösung gefüllt ist. In diese Lösung tauchen zwei Elektroden ein, die Kathode und die Anode. Diese sollten eine große Oberfläche besitzen, um eine gute Absorption der „Brennstoffgase“ zu ermöglichen.

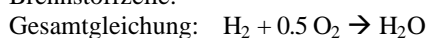
Beide Elektroden werden von dem zugehörigen Brennstoffgas umspült, die Kathode vom Sauerstoff und die Anode vom Wasserstoff.

Beide Gase werden an der Oberfläche des Elektrodenmaterials adsorbiert.

Wenn nun der Strom fließt, geschieht folgendes:



Durch Addition beider Teilgleichungen erhält man nun die Gesamtgleichung für den Umsatz in der Brennstoffzelle:



Anmerkung: Dies passiert so nicht in allen Wasserstoffbrennstoffzellen, die Elektrodenreaktionen sind oft unterschiedlich, da sie u. a. vom Lösungsmittel und ähnlichen Parametern abhängen. Gleich ist nur die Gesamtgleichung.