

Elektrolyse – Basics I

Wasserstoff

Wasserstoff ist das leichteste und am häufigsten vorkommende Element in unserem Universum. Der englische Privatgelehrte Henry Cavendish entdeckte den Wasserstoff 1766 bei seinen Forschungsarbeiten mit Metallen und Säuren. Parallel und unabhängig von Cavendish experimentierte der französische Chemiker



Antoine Laurent de Lavoisier, der nachweisen wollte, dass es bei chemischen Reaktionen keinen Masseverlust gibt. Er gab dem Element aufgrund des Ergebnisses eines Experiments, das man als Knallgasprobe kennt, den Namen Wasserstoff. Im Periodensystem steht Wasserstoff an erster Stelle in der ersten Periode der ersten Elementgruppe. Sein Kürzel ist der Buchstabe H (abgekürzt von der lateinischen Bezeichnung „hydrogenium“ oder auch „Wassererzeuger“ auf deutsch bzw. abgekürzt von der altgriechischen Bezeichnung „hydor gignomai“ auf deutsch „Wasser werden/ entstehen“). Das häufigste Wasserstoff-Isotop hat nur ein Proton im Kern, das von einem Elektron umkreist wird. Wasserstoff in molekularer Form ist das leichteste vorkommende Gas und ist in dieser Form farb- und geruchlos. Bei vielen chemischen Reaktionen entsteht Wasserstoff kurzzeitig in atomarer Form. Dann ist er hochreaktiv und geht sehr leicht chemische Verbindungen ein. In der Natur auf der Erde kommt Wasserstoff in atomarer Form praktisch nicht vor. Auch das Vorkommen als molekulares Gas ist in der Natur sehr selten. Überwiegend kommt er in gebundener Form vor, zumeist als Wasser. In allen irdischen Organismen, die Wasser als Lebensgrundlage enthalten, kommt er folglich vor. Weitere wichtige wasserstoffhaltige Verbindungen sind die sog. Kohlenwasserstoffe, z.B. Methan als leichtestes Gas oder Erdöl. Auch fast alle auf der Erde vorkommenden Mineralien enthalten Wasserstoff. Auf der Erde beträgt der Masseanteil des Wasserstoffs nur etwa 0,12 %. Trotzdem ist alleine der Wasservorrat auf der Erde mit ca. 1,386 Milliarden Kubikkilometern gigantisch.

Seine hohe Reaktivität macht Wasserstoff unter Normalbedingungen zu einem hochentzündlichen, brennbaren Gas. Sein Siedepunkt liegt mit 20,27 Kelvin, entsprechend -252,88°C, extrem niedrig. Bei Raumtemperatur hat Wasserstoff das höchste Diffusionsvermögen, die höchste Wärmeleitfähigkeit und die höchste Wanderungsgeschwindigkeit durch Molekülgitter von allen Gasen.

Aufgrund seines extrem häufigen Vorkommens in Wasser, Kohlenwasserstoffen, fast allen organischen Verbindungen und vielen anderen chemischen Verbindungen sowie seiner physikalischen und chemischen Eigenschaften, wie gerade beispielhaft genannt, ist Wasserstoff ein begehrter Chemierohstoff in Industrie und Technik.

Die Schätzungen für den globalen Wasserstoffverbrauch liegen je nach zugrundeliegender Quelle zwischen ca. 570 - 730 Mrd. Nm³ (DIHK-Faktenpapier Wasserstoff, September 2020).“ Die in Deutschland produzierten und verwendeten Mengen Wasserstoff werden aktuell auf jährlich 19,3 Mrd. Nm³ geschätzt, dies entspricht rund 60 TWh. Davon werden gemäß dena-Hintergrundpapier zum Dialogprozess Gas 2030 (10/2019) etwa 40 Prozent als Prozessgas für die Verarbeitung von Rohöl genutzt. Die Herstellung des weitaus überwiegenden Teils des in Deutschland genutzten Wasserstoffs erfolgt über die Dampfreformierung oder fällt als Nebenprodukt chemischer Prozesse an. Lediglich circa 4 TWh bzw. 1 Mrd. Nm³ werden per Elektrolyse produziert.

Eine weitere wichtige Eigenschaft macht den Wasserstoff aber auch zu einem begehrten Rohstoff in der Energiewirtschaft. Diese Eigenschaft ist sein hoher spezifischer Energieinhalt pro Normkubikmeter Gas (1000 l Gas unter Normalbedingungen, 1 bar, 20°C). Sein Heizwert beträgt 3,0 kWh/Nm³. Der Brennwert ist 3,55 kWh/Nm³. Aufgrund seines niedrigen spezifischen Gewichts von knapp 90 gr/1 Nm³ Gas hat er im Vergleich zu allen anderen chemischen Energieträgern den höchsten gravimetrischen oder massenspezifischen Energieinhalt. Bezieht man den Energieinhalt des Wasserstoffs auf das Gas-

volumen unter Normalbedingungen hat er unter den gängigen chemischen Energieträgern den niedrigsten Energieinhalt. Kommt es nicht auf das Volumen des Speicherbehälters an, kann man also bei gleichem Energieträgergewicht fast zweieinhalb Mal mehr Energie speichern als beispielsweise mit Erdgas. Kommt es allerdings auf das Tankvolumen an, sind unter gleichen Druck- und Volumenbedingungen nur 30 % des Energieinhalts von Erdgas speicherbar. Auch im flüssigen Zustand bei Tieftemperatur von knapp -253 °C kann man im Vergleich zu Heizöl bei Raumtemperatur nur etwa 28 % des Energieinhalts im selben Volumen unterbringen.

Da Wasserstoff auf der Erde praktisch nur in gebundener Form vorkommt und als Energieträger erst mit einer anderen Energieform, z.B. elektrische Energie für den Elektrolyseprozess, aus der Verbindung herausgelöst werden muss, bezeichnet man ihn als Sekundärenergieträger.

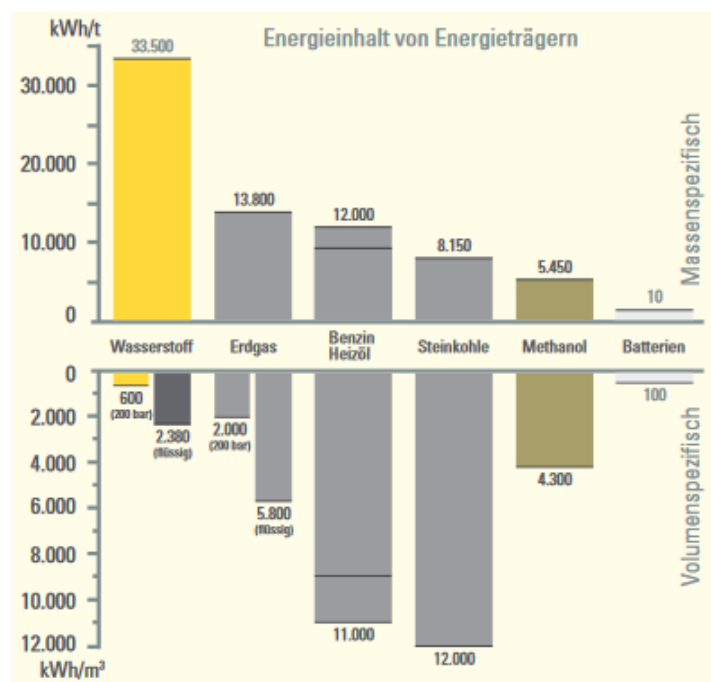


Abb. 1: Energieinhalt verschiedener Energieträger (Quelle: e-mobil BW GmbH; 2012)