



---

## DER WEG DES WASSERSTOFFS

---



Wenn in Korea Brautpaare heiraten, dann schenken ihnen die Verwandten oft Holzenten. Die enge Bindung, die den Wasservögeln nachgesagt wird, soll sich so auf die Frischvermählten übertragen. Solch enge Bindungen gibt es auch im Reich der Elemente, und zwar zwischen Wasserstoff und Sauerstoff. Die beiden bilden zusammen unser Wasser und lassen sich nur mit viel Aufwand und Energie voneinander trennen. Auf sich alleine gestellt ist der Wasserstoff dann ein flüchtiger Geselle. Unter Normalbedingungen tritt er als farb- und geruchloses, gasförmiges Molekül auf, das aus zwei Atomen besteht und unter hohem Druck in gut abgedichteten Gasflaschen oder Tanks gelagert werden muss. Eigentlich will er aber nur eines: zurück zum geliebten Sauerstoff und wieder zu Wasser werden. Zum Dank setzt er dabei Teile der Energie wieder frei, die zu seiner Trennung aufgewendet wurden. So entsteht ein Kreislauf, den sich die Menschen auf dem Weg in eine klimaneutrale Welt zunutze machen können.

### STATION 1 WASSER

Wasser ist eine chemische Verbindung aus den Elementen Wasserstoff und Sauerstoff. Ein Wassermolekül besteht aus je zwei Wasserstoffatomen und einem Sauerstoffatom. In der Natur enthält es meist noch gelöste Anteile von Salzen, Gasen und organischen Verbindungen. Die Oberfläche der Erde ist zu 71 Prozent von Wasser bedeckt, und das Wasservolumen summiert sich auf 1,4 Milliarden Kubikkilometer; 3,5 Prozent davon sind Süßwasser, was immer noch 48 Millionen Kubikkilometern oder einem Würfel mit einer Kantenlänge von 363 Kilometern entspricht. Grundsätzlich ist Wasser also reichlich vorhanden, auf unserem Planeten aber sehr ungleich verteilt.

### STATION 2 KLIMANEUTRALE ERZEUGUNG VON STROM

Der mithilfe von Wind, Sonne oder Wasserkraft erzeugte Strom dient zunächst dazu, Verbraucher und Industrie mit Elektrizität zu versorgen. Bei bestimmten Wetterlagen – etwa bei viel Wind und Sonne – wird jedoch immer häufiger zu viel Strom erzeugt. Denn je mehr ein Land die regenerativen Anlagen für seine Stromproduktion ausbaut, umso öfter übersteigt die Erzeugung die Nachfrage. Da sich der überschüssige Strom als elektromagnetische Welle fast in Lichtgeschwindigkeit durch die Leitungen bewegt, muss er sofort verarbeitet oder gespeichert werden. Eine Möglichkeit: Er wird in eine Elektrolyse-Anlage geleitet, um Wasserstoff zu produzieren.

### STATION 3 ELEKTROLYSE-ANLAGE

In der Elektrolyse-Anlage wird Strom mit Wasser zusammengeführt, um es unter Einsatz von elektrischer Energie in Wasserstoff und Sauerstoff aufzuspalten. Dazu wird meist Süßwasser verwendet, Wissenschaftler forschen aber auch an Katalysatoren für Wasserstoff-Elektrolyse direkt aus Meerwasser. Heutige Anlagen nutzen ein Verfahren, bei dem eine nur für Protonen durchlässige Membran als Separator zwischen Anode und Kathode angebracht ist, quasi eine Brennstoffzelle rückwärts. Wird eine äußere Spannung angelegt, so zersetzt sich das Wasser an der Anode. Es entstehen Sauerstoff, Wasserstoff-Ionen und freie Elektronen. Die Membran lässt nur die Wasserstoff-Ionen zur Kathode durch. Dort treffen diese auf die freien Elektronen, mit denen sie sich zu Wasserstoff verbinden.

### STATION 4 VERTEILUNG DES WASSERSTOFFS

Um den Wasserstoff als Energieträger in Fahrzeugen verwenden zu können, muss er von der Elektrolyse-Anlage zum Verbraucher transportiert werden. Für den Transport auf Schiene und Straße werden spezielle Tankwagen eingesetzt, die den komprimierten Wasserstoff als Druckgas speichern. Es gibt auch Tankwagen für auf  $-253$  Grad Celsius verflüssigten Wasserstoff. In einer weitgehend klimaneutralen Welt müssten diese Züge oder Lkw allerdings mit regenerativem Strom oder daraus gewonnenen Kraftstoffen fahren. Eine Alternative: das Gas mit relativ geringem Energieeinsatz über weite Entfernungen und in großen Mengen durch Pipelines zu transportieren.

### STATION 6 FAHRZEUG MIT BRENNSTOFFZELLE

Zwar erinnert der Tankvorgang an den Verbrennungsmotor, der Wasserstoff treibt allerdings echte Elektrofahrzeuge an. Denn er wird zunächst in einer Brennstoffzelle wieder in Strom umgewandelt und dann genutzt, um einen ganz normalen Elektromotor mit Energie zu versorgen. Weil Wasserstoff von allen Brennstoffen bezogen auf die Masse die höchste Energiedichte hat, kann er auch in Bussen und Lkw für die erforderliche Reichweite sorgen. Ein Nachteil ist, dass Wasserstoff sehr leicht und seine Energiedichte bezogen auf das Volumen sehr niedrig ist. Deswegen muss er stark komprimiert werden, und selbst dann brauchen seine Tanks mehr Platz als konventionelle Kraftstofftanks – aber deutlich weniger als heutige Lithium-Ionen-Batterien.

### STATION 5 WASSERSTOFF-TANKSTELLE

Bis auf die Tatsache, dass die Tanksäulen etwas anders zu bedienen sind, ändert sich beim Tanken von Wasserstoff – verglichen mit flüssigem Kraftstoff – für Pkw- und Lkw-Fahrer recht wenig. Weil das Gas mit einem recht hohen Druck von 700 bar vom Vorratsspeicher ins Fahrzeug gebracht werden muss, wird der Tankschlauch mit einer Kupplung am Tankstutzen des Fahrzeugs fest verriegelt und dann automatisch druckdicht angezogen. Über eine Infrarotschnittstelle werden Fahrzeugdaten, die für das Betanken wichtig sind, an die Zapfsäule übertragen. Der eigentliche Tankvorgang dauert für einen Pkw drei bis vier Minuten und ist mit dem bisherigen Tanken vergleichbar, allerdings bei etwas geringerer Reichweite von 400 bis 500 Kilometern.

### STATION 7 IN DER BRENNSTOFFZELLE

In der Brennstoffzelle wandern die positiv geladenen Wasserstoff-Ionen von der Anode durch eine Polymer-Elektrolyt-Membran zur Kathode und reagieren dort mit Luftsauerstoff zu Wasser. An der Anode entsteht ein Überschuss an negativ geladenen Wasserstoff-Elektronen. Werden diese über einen separaten Stromkreis mit der Kathode verbunden, dann wandern sie dorthin: Es fließt elektrischer Strom – allerdings nur etwa die Hälfte des Stroms, der zur Herstellung des Wasserstoffs eingesetzt wurde. Um die Effizienz zu steigern, führt eine Gasdiffusionslage von Freudenberg die Gase dem Reaktionsprozess möglichst homogen zu. Als Abfallprodukt wird lediglich Wasserdampf in die Umwelt abgegeben. Das Wasser gelangt zurück in den Kreislauf.

### STATION 8 = STATION 1 WASSER Kreislauf geschlossen.

