

## Lösungen zu den Aufgaben S. 19

- (1) 0.09 g/l ; leichteste (gemeint: das spezifisch leichteste)  
–253 °C  
brennbares  
Wasser ; Wärme (respektive Energie beziehungsweise Wärmeenergie)
- (2) vgl. Beispiele im Skript
- (3) gasförmig, spezifisch leichter als Luft, nicht brennbar (wie Wasserstoff)
- (4)  $3 \text{H}_2 + \text{N}_2 \rightarrow 2 \text{NH}_3$
- (5)  $\text{Zn} + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{H}_2 + \overset{\text{II}}{\text{Zn}}\overset{\text{I}}{\text{Cl}}_2$
- (6) (a) Es fehlt der für die Verbrennung des Wachses notwendige Sauerstoff.  
(b) Da Wasserstoff leichter als Luft ist, steigt das Gas auf. Gegen oben ist das Gefäss jedoch verschlossen, was den sofortigen Austritt des Gases aus dem Gefäss verhindert.
- (7) Zum Schweißen werden Wasserstoff und Sauerstoff in stöchiometrischem Verhältnis 2:1 (oder mit Wasserstoff im Überschuss) aus Druckgasflaschen entnommen. Das H<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>-Gemisch wird an der Spitze gezündet: Der Wasserstoff verbrennt (Reaktion mit Sauerstoff), wobei sehr viel Wärme frei wird. Die heisse Flamme schmilzt Metalle auf, wodurch sich 2 Werkstücke verbinden lassen. Das Metall verändert sich dabei chemisch nicht (abgesehen von geringfügiger Reaktion an der Oberfläche). Falls man über das stöchiometrische Verhältnis Sauerstoff zuführt, wird der Schweissbrenner zum Schneidbrenner, da der überschüssige Sauerstoff mit dem heissen Metall reagiert und dieses partiell weroxidiert/verbrennt (Funkenregen von Eisenoxid:  $2 \text{Fe} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{FeO}$ ).
- (8) Wird der elektrische Strom zur Wasser-Elektrolyse aus nicht-erneuerbaren Energieträgern (z.B. Kohle, welche mit entsprechend grossem CO<sub>2</sub>-Ausstoss verstromt wird) gewonnen, ergibt die Wasserstoffproduktion ökologisch bzw. klimatologisch keinen Sinn. Sinnvoll ist aber zum Beispiel die Generierung von Solarstrom zur Elektrolyse: Dazu braucht es jedoch sehr viel Platz für die entsprechenden Solarpanels, was die dicht besiedelte Schweiz weniger bietet (Nutzungskonflikte um Land, Beeinträchtigung des Landschaftsbildes). Zudem ist die Anzahl 'Sonnentage' in der Schweiz auch nicht besonders hoch.
- (9) (a) Ein Brennstoffzellenauto ist ein Auto, bei welchem die für die Fortbewegung notwendige Energie aus einer durch einen Katalysator unterstützten Reaktion von Wasserstoffgas und Luftsauerstoff in einer so genannten Brennstoffzelle stammt. Die Energie wird direkt in Form von elektrischer Energie frei, die einen Elektromotor versorgt. Es wird nur sehr wenig Wärme frei. Einziges Abgas ist blosser Wasserdampf.
- (b) Bei einem konventionellen Auto liefert die Verbrennung eines Treibstoffs (Benzin, Diesel) in einem Verbrennungsmotor die notwendige Energie (hier: Wärmeenergie), welche letztlich das Fahrzeug vorwärts bewegt. Dabei entstehen als Abgas aus der Verbrennung des Treibstoffs diverse Luftschadstoffe wie Kohlenstoffmonoxid (CO), Feinstaub sowie das klimarelevante Gas CO<sub>2</sub>. Durch die hohen Temperaturen in einem Verbrennungsmotor entstehen zudem aus dem angesaugten Luftsauerstoff und Luftstickstoff Stickoxide (z.B. die Luftschadstoffe NO, NO<sub>2</sub>). Beim Brennstoffzellenauto findet sich im Tank gasförmiger Wasserstoff unter Hochdruck statt flüssiges Benzin. Beim Bremsen kann beim Brennstoffzellenauto Energie zurückgewonnen und in der Batterie gespeichert werden (=Rekuperation).
- (c) + H<sub>2</sub>-Gewinnung aus nicht-endlichem ('nicht ausgehendem') Rohstoff Wasser mithilfe von Solarstrom möglich. Wasserstoff ist nur dann ein alternativer Energieträger der Zukunft, falls die Energie zu dessen Gewinnung aus erneuerbaren Energien wie Solarenergie, Windenergie, Biomasse oder Wasserkraft stammt.  
+ keine Emission von klimarelevantem CO<sub>2</sub> (im Falle der Brennstoffzelle entsteht nur Wasser (!) als Abgas)  
+ Besserer Wirkungsgrad und leiser (durch Elektromotor) als ein konventionelles Auto mit Verbrennungsmotor  
– Das Brennstoffzellenauto ist teurer und damit weniger konkurrenzfähig als das herkömmliche Konzept (Benzin / Auto mit Verbrennungsmotor).  
– Wasserstoff in elementarer Form (Gas) lässt sich nicht über das bestehende Tankstellennetz vertreiben.  
– Dichteprobleme bei Lagerung und Transport (H<sub>2</sub>-Moleküle sind die kleinsten Moleküle!)