

Wasserstoff H₂ und Mobilität.

Ich betrachte die Gegebenheiten in der Natur, beschrieben durch die Physik und Chemie und zur menschlichen Nutzung umgesetzt durch die Technik.

Nur daran müssen wir uns orientieren um verantwortungsvoll handeln zu können.

Eventuellen Unfug, der durch unkluges menschliches Handeln (Beispiel EEG) erzeugt wurde, lasse ich außen vor.

Es liegt an den Handelnden, klug zu agieren oder auch nicht.

Entsprechend werden die Folgen sein.

Die Physik interessiert sich nicht für Geld und lässt auch nicht mit sich verhandeln.

Wasser H₂O wird mit Hilfe von elektrischem Strom aufgespalten in H₂ und Sauerstoff O.

Die elektrische Energie wird dabei in chemische Energie umgewandelt in sogenannten Elektrolyseuren.

Siemens betreibt z.B. in Hamburg und Linz solche großtechnischen Anlagen und gibt dafür einen Wirkungsgrad von 80% an.

Das bedeutet, dass im H₂ 80% der zugeführten elektrischen Energie enthalten ist.

Die restlichen 20% sind Wärmeenergie und können z.B. zur Heizung/Fernheizung genutzt werden.

Es geht also nichts verloren.

Im Gegensatz zur elektrischen Energie kann man H₂-Energie großtechnisch speichern.

Wasserstoff hat durch die geringe Dichte im gasförmigen Zustand bei Umgebungsbedingungen eine volumetrische Speicherdichte von lediglich 0,003 kWh/l im Gegensatz zu Diesel mit 9,96 kWh/l.

Speichert man hingegen den Wasserstoff unter hohem Druck von einigen hundert bar, so sind volumetrische Energiedichten von ca. 1,3 kWh/l erzielbar, was bei der H₂ Mobilität genutzt wird.

Über Rohrsysteme oder auch Tankwagen wird H₂ zu den Verbrauchern, i.W. Tankstellen transportiert.

Eine Übersicht über das aktuelle H₂ Tankstellennetz in Europa ist hier zu sehen:



<https://h2.live/>

Diese Technik eignet sich für Pkws, Busse, LKWs, Züge und Schiffe.

Der in Drucktanks gespeicherte Wasserstoff wird dort Brennstoffzellen zugeführt.

Diese vereinen wieder H₂ und O, und es entsteht wieder Wasser H₂O.

Dabei wird die in H₂ gespeicherte chemische Energie wieder in elektrische Energie umgewandelt.

Der hierbei z. Zt. erzielbare Wirkungsgrad wird mit etwa 60% angegeben.

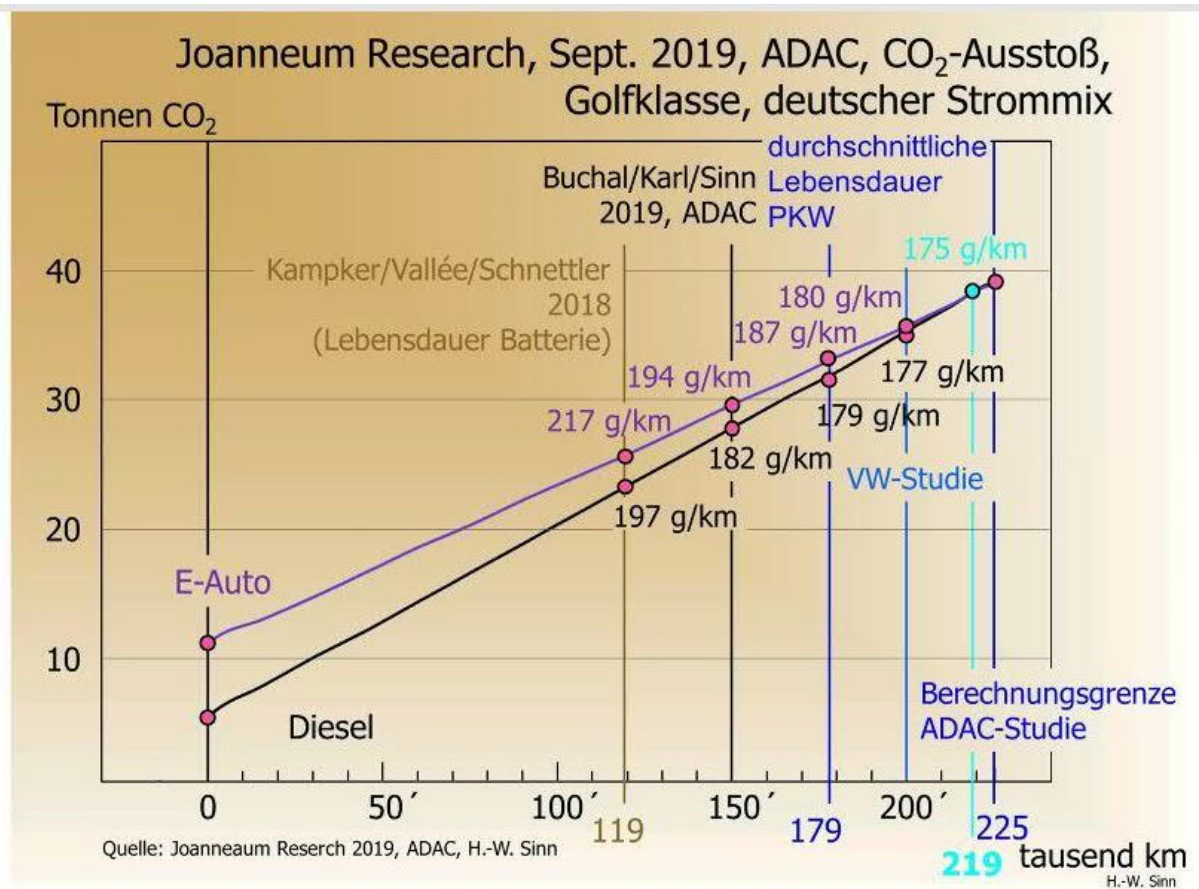
Es ergibt sich also 60% elektrische Energie und 40% Wärmeenergie.

Der jetzt erzeugte elektrischer Strom speist wie bei der Akku-Mobilität einen Elektromotor.

Eigenschaften von Akku-und-H₂-Mobilität.

Akku-Mobilität:

- Die Produktion der Akkus ist sehr umweltschädlich und fordert viele menschliche Opfer, wie z.B. bei der Kinderarbeit im Kongo, wo 20% der Kobaltförderung aus extrem gefährlicher Kinderarbeit besteht.
 - Der zur Ladung der Akkus verwendete Strom stammt, insbesondere im Winter, überwiegend aus fossiler Produktion, was grundsätzlich nicht zu ändern ist.
 - Der "Tankvorgang" dauert extrem lange und ist rein technisch nicht flächendeckend möglich.
 - Die Autos sind sehr schwer durch die großen Batterien. Ein Tesla-Auto-Akku hat typisch eine Masse von 700 kg.
 - Die reale Reichweite einer "Tankfüllung" ist sehr gering. Wie auch bei den konventionellen Autos, ist die Herstellerangabe immer zu optimistisch.
 - Seriösen Angaben zufolge erreicht ein Akku-Auto, was Umweltschädlichkeit betrifft, im Vergleich zu einem modernen Diesel-PKW erst nach gefahrenen 225.000 km einen Gleichstand. Vermutlich ist dann noch der Akku in einem Zustand, dass er ersetzt werden muss.
- Vergleiche nachfolgende Graphik aus den letzten Online-Vortrag von Professor Werner Sinn.



- Der elektromechanische Wirkungsgrad (Source to wheel) liegt bei ca. 85%.

H2-Mobilität:

- Zur Energielieferung genügt statt des großen Akkus ein wesentlich kleinerer um die Stromspitzen abzufedern, eine Brennstoffzelle und ein H₂-Tank aus leichtem CFK. Ein PKW benötigt für eine Fahrstrecke von 100 km typisch etwa 1 kg H₂. Üblich ist z. Zt. eine Tankkapazität von 5 bis 6 Litern, also mit einer Reichweite die ähnlich wie bei Verbrennungsmotoren ist. Bei einer diesbezüglichen Masse von 100 kg resultiert eine Gewichtsersparnis zum Akku-Auto von typisch 600 kg.

- Der Tankvorgang benötigt nur einige Minuten.

- Der elektromechanische Wirkungsgrad (Source to wheel) liegt bei ca. 48% (60% von 80%), d.h. 40% der H₂-Energie wird im PWK in Wärme umgesetzt.

Vergleich der Wirkungsgrade im Realbetrieb:

Auf Grund der erheblich größeren Masse des Akku-PKWs, typisch 600 kg mehr, wird für den Fahrbetrieb, insbesondere für die Beschleunigung, deutlich mehr Energie benötigt als beim leichteren H₂-PKW, was den Wirkungsgrad im Realbetrieb erheblich verschlechtert.

Ein akkubetriebenes Fahrzeug ist kalt. Auf Grund des elektromechanischen Wirkungsgrades entsteht praktisch beim Betrieb keine nutzbare Wärme.

In Nord-und-Mitteleuropa ist bei PKWs eine Möglichkeit zur Erwärmung des Innenraumes absoluter Standard. Dort ist diese Erwärmung, evtl. außer einer kurzen Zeit im Hochsommer, ständig mehr oder weniger in Betrieb.

Die 40% Abwärme der Brennstoffzelle steht beim H₂-PKW hierfür zur Verfügung.

Beim Akku-PKW muss die Energie zur Heizung des Innenraumes aus dem Energievorrat des Akkus genommen werden, was den Wirkungsgrad im Realbetrieb besonders im Winter erheblich verschlechtert.

Hier das neueste Model der Firma Tesla zum Preis von 58.000 EUR:

Reichweitenrechner

Hier können Sie die Reichweite des Tesla Model Y Maximale Reichweite AWD berechnen.

Fahrstil ⓘ
vorausschauend normal sportlich

Außentemperatur ⓘ
-20 °C 0 °C 20 °C 40 °C

Geschwindigkeit ⓘ
50 km/h 70 km/h 90 km/h 110 km/h 130 km/h

Hersteller & Modell
Tesla
Model Y Maximale Reichweite

Rein elektrische Reichweite
264 km ⓘ

mehr Details

Aus: EFAHRER.com

Hieraus folgt, dass der Unterschied der Gesamtwirkungsgrade Akku-PKW zu H₂-PKW im Realbetrieb marginal, wenn überhaupt vorhanden ist.

Ein genauerer quantitativer Vergleich wäre interessant und kann nur aufwändig an konkreten Automodellen vorgenommen werden.

Bei Bussen, LKWs, Zügen und Schiffen verbietet sich aus Gründen der Wirtschaftlichkeit ein ausschließlich akkubasierter Antrieb. H₂ Antriebe sind dort weltweit erfolgreich im Einsatz.

Im internationalen Luftverkehr ist eine Abkehr vom Kerosin nicht möglich.

Kein anderer Betriebsstoff ist so einfach in den Tragflächen zu lagern und hat eine so hohe spezifische Energiedichte wie Kerosin.

9,96 kWh/l bei Kerosin zu 1,13 kWh/l bei H₂, wobei Letzteres noch in Drucktanks gelagert werden müsste. Damit ist weder die notwendige Reichweite, noch Wirtschaftlichkeit möglich. Einsatz von sog. eFuels, also "CO₂-freies Kerosin", ist hier nicht möglich.

In der Luft ist viel zu wenig CO₂: 400 ppm, d.h. 0,04 %.

In Jülich wird ein Verfahren erprobt bei dem aus Wasserstoff und CO₂ Kerosin hergestellt wird.

Dazu schreibt der "Spiegel".

"Nur ein paar Gramm Kerosin - wie viel genau wollen sie nicht sagen - haben die "Solar Jet"-Forscher bislang hergestellt.

Langfristig wolle man den Wirkungsgrad des Verfahrens so verbessern, dass eine Solarturm-Anlage von etwa einem Kilometer Durchmesser pro Tag 20.000 Liter des neuen Treibstoffs herstellen könnte.

Das klingt aber bestenfalls beim ersten Hinhören beeindruckend - die Tanks eines einzigen Airbus A380 fassen mehr als 300.000 Liter Kerosin."

Links:

<https://www.vdi.de/news/detail/wasserstoff-und-brennstoffzellen-als-fahrzeugantrieb>

<https://www.autobild.de/artikel/bmw-i-hydrogen-next-2022-wasserstoff-studie-x5-toyota-15627547.html>

<https://www.agora-energiewende.de/service/agorameter/>

<https://www.arte.tv/de/videos/084757-000-A/umweltsuender-e-auto/>

<http://hydrotecnow.eu/>

Im Dezember 2020