

Zeitschrift: Landtechnik Schweiz

Herausgeber: Landtechnik Schweiz

Band: 81 (2019)

Heft: 11

Artikel: Ist Wasserstoffmobilität realistisch?

Autor: Hunger, Ruedi

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1082332>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

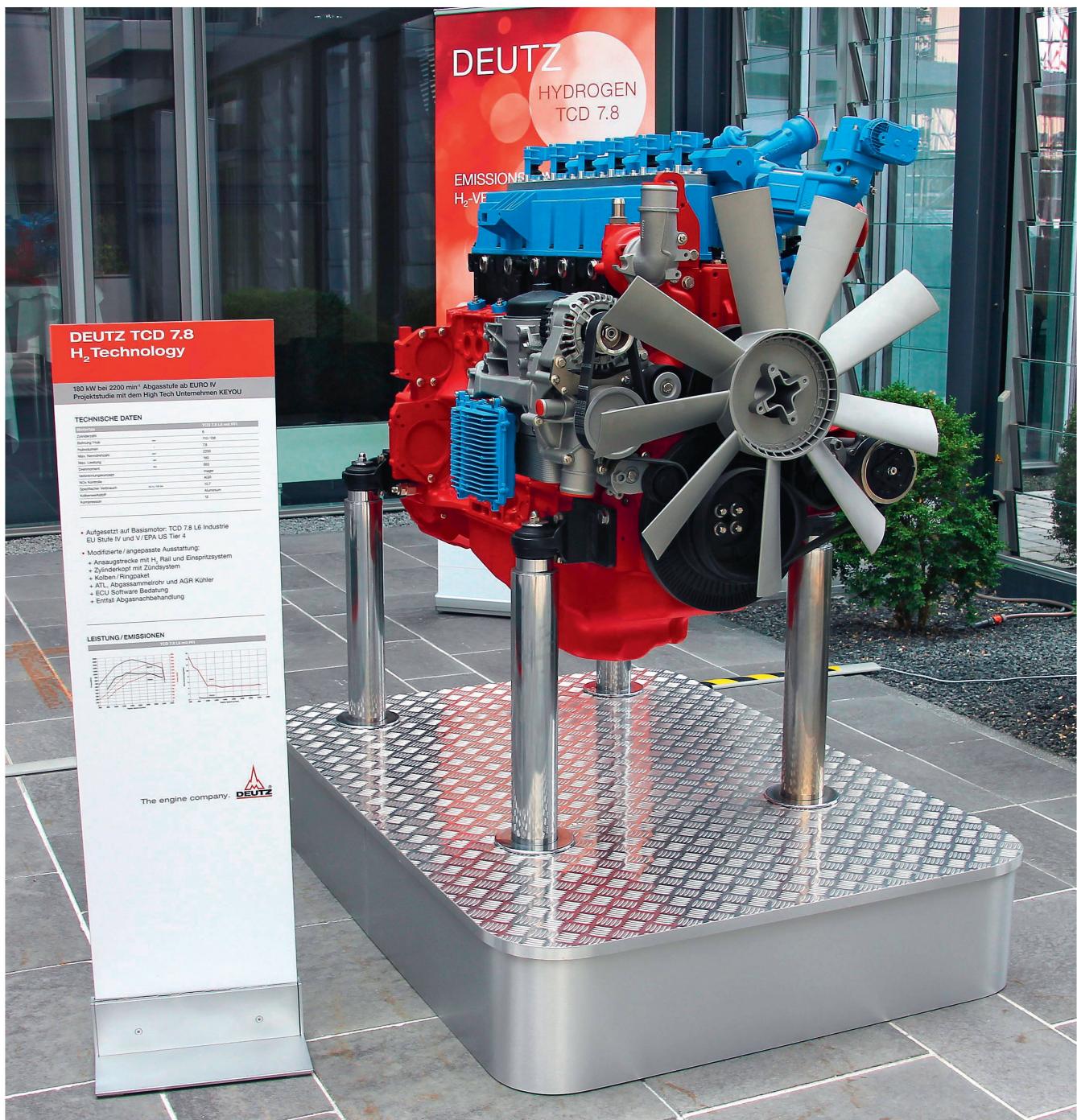
Download PDF: 04.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Ist Wasserstoffmobilität realistisch?

Vor rund 30 Jahren begann sich die Wissenschaft intensiv mit Abgasemissionen zu befassen. In 30 Jahren, so verlangt es die Politik, soll die Energiebilanz in der Schweiz CO₂-neutral sein. Es besteht daher ein grosser Ersatzbedarf. Wird die Wasserstoffmobilität Teil dieses Ersatzbedarfs sein?

Ruedi Hunger



Der von Deutz AG präsentierte Verbrennungsmotor mit den speziellen (blauen) H₂-Bauteilen. Bild: R. Hunger

Schaffen wir das und wie schaffen wir das? Diese Fragen und die Überzeugung, dass Wasserstoff Teil des Systems sein wird, standen im Mittelpunkt der Vortragstagung des «Studienforum Schweiz für mobile Antriebstechnik» (SSM) am Campus Sursee (LU). Das SSM wurde 1929 gegründet und organisiert regelmässig Fachtagungen zu aktuellen Themen aus dem Bereich der Antriebstechnologien für Strassen- und Offroad-fahrzeuge. Mitte September wurde die einhundertste Vortragstagung durchgeführt. Mehr als 150 Teilnehmer waren anwesend. Der SVLT ist Mitglied beim SSM.

Energiesystem Schweiz

Die Energiestatistik der Schweiz für das Jahr 2018 weist einen Endverbrauch von 830 880 Terajoule (TJ) aus. Eine zunehmende Elektrifizierung von Wärme und Mobilität führt zu Mehrverbrauch von Strom, der zusätzlich aus erneuerbaren Quellen bereitgestellt werden muss. Bereits heute fehlt uns im Winter immer mehr Strom, der importiert werden muss. Wenn die zukünftig vermehrte E-Mobilität dazukommt, fehlen uns grosse Mengen Strom. Stromüberschuss und Strommangellagen fallen in der ganzen EU mehr oder weniger zur gleichen Zeit an. Es ist daher gut möglich, dass unsere Nachbarländer ihren Energieverbrauch zuerst selber decken wollen, bevor sie der Schweiz mit erneuerbarem Strom helfen. Es ist daher ein flexibles CH-Energiesystem notwendig. Teil davon, kann die Wasserstoff-Produktion (H_2) aus erneuerbaren Quellen mit saisonalem Speicher sein. Urs Elber, Empa, geht davon aus, dass die (CH-)eigenen Ressourcen für die gesamte Elektrifizierung von Wärme

Abgasverhalten H_2

Da Wasserstoff keinen Kohlenstoff enthält, können im Abgas theoretisch keine kohlenstoffhaltigen Schadstoffe wie Kohlenstoffmonoxid, Kohlenstoffdioxid und Kohlenwasserstoffe enthalten sein. Für Spuren dieser drei Schadgase ist das kohlenstoffhaltige Öl für die Motorschmierung verantwortlich. Die einzigen Schadstoffe, die in grösseren Konzentrationen im Abgas enthalten sind, sind Stickstoffoxide. Mit steigender Luftzahl sinkt die Verbrennungstemperatur und damit die Neigung zur Stickstoffbildung. Bei einem hohen Luftverhältnis ($>2,2$) werden fast keine Stickoxide mehr gebildet.



Wissenschaftler sehen in der Brennstoffzelle den effizienteren Weg für den Wasserstoff als über den Verbrennungsmotor. Bild: zVg

und Mobilität nicht ausreichen, auch mit sehr viel Solarenergie nicht. Und weiter werden nach seinen Worten die zukünftigen Importmöglichkeiten von erneuerbarer Energie aus dem Ausland mitentscheidend sein. Zudem machen synthetische Treibstoffe und Wasserstoff nur dann Sinn, wenn sie aus erneuerbaren Energien hergestellt werden.

ner von Benzin oder Dieselkraftstoff, dafür hat Wasserstoff eine hohe Klopffestigkeit. Wasserstoff für den Wasserstoffmotor kann entweder verflüssigt ($-253^{\circ}C$), höchstkomprimiert (300 bis 700 bar) oder in einer chemischen oder physikalischen Verbindung gespeichert werden. Eine direkte Verwendung von H_2 als Treibstoff für Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren ist

Wunschtraum vor- oder nachleben?

Gesucht sind also Antriebskonzepte, mit denen die spezifischen Mobilitätsbedürfnisse mit möglichst geringen CO_2 -Emissionen verbunden sind. Nach Prof. Bernd Schips, Nationalökonom und Leiter der Konjunkturforschungsstelle an der Eidgenössischen Technischen Hochschule ETH in Zürich, bleibt eine vollständig CO_2 -freie Mobilität mit Sicherheit noch für viele Jahrzehnte ein Wunschtraum. Allein schon die Produktion der Fahrzeuge und der dazu notwendigen Vorleistungen verursachen CO_2 -Emissionen. Auch Bau und Unterhalt von Anlagen zur CO_2 -freien Stromerzeugung und zur Umwandlung von CO_2 -frei erzeugtem Strom für den Antrieb von Strassenfahrzeugen führen zu CO_2 -Emissionen.

H_2 – Wasserstoff

Wasserstoff hat im Verhältnis zu seiner Masse einen hohen Energiegehalt, da jedoch seine Dichte mit $0,089882 \text{ kg/m}^3$ nicht sehr gross ist, ist der Energiegehalt im Verhältnis zum Volumen sehr gering. Die Selbstentzündungstemperatur des Wasserstoffs liegt mit 585°C weit über je-

Batterieelektrisch betriebene Langstrecken-LKW sind derzeit eine Illusion, nur schon weil die tonnenschweren Batterien die Nutzlast massiv reduzieren.

technisch machbar. Der Wirkungsgrad eines mit H_2 betriebenen Verbrennungsmotors ist aber geringer als jener einer H_2 -betriebenen Brennstoffzelle.

Brennstoffzelle als «Wandler»

Eine Brennstoffzelle wandelt einen chemischen Energieträger (Brennstoff) in elektrische Energie um. Der chemische Energieträger ist aber nicht wie bei einer Batterie fest eingebaut, sondern wird im Betrieb kontinuierlich von aussen zugeführt. Eine Brennstoffzelle besteht aus Elektroden, die durch einen Elektrolyten (Ionenleiter) voneinander getrennt sind.



Heute und morgen kann die Landwirtschaft für den schweren Zug noch nicht auf Wasserstoff setzen. Bild: Apollo-Vredestein

Die Energie liefert eine Reaktion von Sauerstoff mit dem Brennstoff (z. B. H₂). Der Wirkungsgrad einer H₂-betriebenen Brennstoffzelle liegt bei gut 80%. Jener eines Fahrzeuges mit einer H₂-Brennstoffzelle etwa bei 50% und wird die H₂-Herstellung in den Gesamtwirkungsgrad miteinbezogen, liegt dieser bei knapp 30%. Wasserstoff lässt sich innert wenigen Minuten für grössere Reichweiten nachtanken, ohne die vergleichsweise langen Ladezeiten bei Batterien in Kauf zu nehmen zu müssen. Eine Brennstoffzelle liefert nur gleichförmig Strom. Damit Lastspitzen überwunden werden können, wird daher zusätzlich eine Batterie benötigt. Eine mit H₂ betriebene Brennstoffzelle verursacht keine CO₂-Emissionen, aber der Strombedarf für die Elektrolyse ist hoch. Der Bau einer H₂-Tankstelle kostet zurzeit rund eine Million Franken.

Fahrzeuge mit H₂-Brennstoffzellen

Eine noch unzureichende Infrastruktur spricht zum heutigen Zeitpunkt gegen eine rasche Verbreitung dieses Antriebskonzeptes. Auch der im Vergleich zu

Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren hohe Anschaffungspreis ist nicht förderlich. Bei steigenden Stückzahlen dürften Fahrzeuge mit H₂-Brennstoffzellen zu vergleichbaren Kosten hergestellt werden wie batterieelektrische Fahrzeuge (Schipps). Die Kosten für den durch Elektrolyse gewonnenen Wasserstoff hängen davon ab, inwieweit der zur Herstellung

Grundsätzlich kann Energie «nur» umgewandelt, nicht aber «neu» erzeugt werden. Jede Form der Energieumwandlung verursacht gleichzeitig Energieverluste.

von H₂ eingesetzte CO₂-frei erzeugte Strom mit Abgaben und Netzentgelten belastet wird. Konventionell hergestelltes H₂ für einen bereits am Markt erhältlichen PKW liegt derzeit bei ca. 11 Fr./kg, der Verbrauch auf 100 km beträgt rund

0,8 kg. Prof. Schips geht davon aus, dass konventionell erzeugtes H₂ bis 2030 billiger wird und dann noch etwa 8 Fr./kg kosten wird.

Vergleich mit anderen Techniken

Wissenschaftler betonen, dass batterieelektrische Fahrzeuge mit gleicher Reichweite über den ganzen Lebenszyklus betrachtet keine Vorteile in Bezug auf die CO₂-Emissionen gegenüber H₂-Brennstoffzellen-Fahrzeugen aufweisen. Nur die für den Agglomerationsverkehr prädestinierten batterieelektrischen Fahrzeuge mit Batteriekapazität kleiner als 50 kW haben beim gegenwärtigen europäischen Strom-Mix leichte Vorteile bezüglich CO₂-Emissionen.

Nicht nur der Aufbau einer Infrastruktur für eine ausreichende H₂-Versorgung verursacht hohe Kosten, sondern auch die Errichtung einer privaten und öffentlich zugänglichen Ladeinfrastruktur für batterieelektrische Fahrzeuge. Zudem setzen flächendeckende Schnellladestationen einen Netzausbau voraus.

Für lange Strecken und schwere Lasten sind batterieelektrische Fahrzeuge nach heutigem Wissensstand keine optimale Lösung. Mit synthetisch hergestellten Treibstoffen können Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren CO₂-neutral betrieben werden. Weil aber die für die Herstellung dieser Treibstoffe notwendigen Umwandlungsschritte den Gesamtwirkungsgrad der angetriebenen Fahrzeuge stark beeinflussen, bleiben letztendlich nur rund 13% der eingesetzten Energie für den Fahrzeugantrieb.

Fazit

Die Elektrifizierung der Mobilität, und dazu zählt auch die Herstellung von Wasserstoff und synthetischen Treibstoffen, führt zu einem höheren Stromverbrauch. Wasserstoffmobilität wird künftig im Wettbewerb stehen mit batterieelektrischen Fahrzeugen, aber auch mit von synthetischen Kraftstoffen betriebenen Fahrzeugen. Über die Wettbewerbsfähigkeit werden der jeweilige Gesamtwirkungsgrad des Antriebskonzepts, vor allem aber die Kosten der benötigten Infrastruktur, die Belastung mit Steuern und Abgaben und insbesondere die ökologische Gesamtbilanz entscheiden. Auf Subventionen, steuerliche Vorteile und/oder Privilegien für ein bestimmtes Antriebskonzept ist nach Meinung der involvierten Wissenschaftler unbedingt zu verzichten.