

Konventioneller Verbrennungsmotor mit Wasserstoff antreiben

Generelles und Geschichte/Meilensteine

Ein Wasserstoffverbrennungsmotor (kurz *Wasserstoffmotor*) ist ein Verbrennungsmotor, der mit Wasserstoff als Kraftstoff betrieben wird. Er wandelt chemische Energie durch Verbrennung in mechanische Arbeit um. Wasserstoffmotoren können als Hubkolben- oder Rotationskolben-Verbrennungsmotor ausgeführt werden. Meist werden Hubkolbenmotoren eingesetzt, die nach dem Ottoprinzip arbeiten; aber es gibt auch Wasserstoffverbrennungsmotoren, die nach dem Dieselpinzip arbeiten. Der Wirkungsgrad des Wasserstoffmotors liegt zwischen dem des konventionellen, mit Benzin betriebenen Ottomotors und dem des Dieselmotors. Zu einer Serienproduktion von Fahrzeugen mit Wasserstoffverbrennungsmotor ist es bisher nicht gekommen.

1807 wurde erstmals ein Wasserstoffhubkolbenmotor für ein Automobil vom französischen Offizier François Isaac de Rivaz eingesetzt. Er meldete diesen Motor zum Patent an.

Ende der 1970er Jahre wurde ein Pkw von [Suzuki](#) mit Wasserstoffantrieb erprobt. Der Kraftstoffverbrauch betrug 15 Liter Wasserstoff auf 100 km. Das als „Musashi III“ bezeichnete Fahrzeug hatte einen [Dreizylinder-Zweitaktmotor](#) mit 550 cm³ Hubraum. Der Tank fasste 60 Liter Flüssigwasserstoff. Seinerzeit wurde bereits darauf hingewiesen, dass es künftig von Bedeutung für den Umweltschutz sein würde, dass dieser Motor kein CO₂ freisetzt. Als größte Entwicklungshürde wurde die Speicherung des Wasserstoffs im Fahrzeug gesehen. Potenzial wurde der [Metallhydridspeicherung](#) etwa in Magnesium-Nickel-Granulat, wie es Daimler-Benz seinerzeit erprobte, zugesprochen, weil es der batterieelektrischen Energiespeicherung überlegen sei. Um 1980 wurden in der Sowjetunion umfangreichere Erprobungen mit einem [Lada 1200](#) mit kombiniertem Benzin-Wasserstoff-Antrieb durchgeführt.

2021 stellte die [Deutz AG](#) einen neuen Wasserstoffmotor vor und kündigte den Beginn der [Serienfertigung](#) für 2024 an. Der Schienenfahrzeughersteller [Stadler Rail](#) verbaute im [Prototyp](#) seines Triebwagens [RS Zero](#) zwei Wasserstoffmotoren TCG 7.8 H2 von Deutz.

Ein weiterer Entwicklungsschritt erfolgte durch das britische Unternehmen JCB, das unter der Leitung von Chairman Anthony Bamford zwischen 2021 und 2023 einen Wasserstoffverbrennungsmotor für den Einsatz in Baumaschinen entwickelte. Grundlage war ein konventioneller Dieselmotor, der so umgebaut wurde, dass er mit Wasserstoff betrieben werden kann. Drehmoment und Leistung blieben dabei vergleichbar mit dem ursprünglichen Dieselmotor. An dem Projekt waren rund 100 Ingenieure beteiligt, die Entwicklungskosten beliefen sich auf etwa 112 Millionen Euro. Der neu entwickelte Motor mit der Bezeichnung „AB H2 JCB 448“ wurde bis April 2023 in einer Stückzahl von 50 Einheiten gefertigt und erfolgreich in mittelgroßen Baggern eingesetzt.

Vor- und Nachteile eines Wasserstoffverbrennungsmotor

Vorteile

Das Abgasverhalten ist gut. Als Verbrennungsprodukte entstehen Wasserdampf und Stickoxide (NO_x); letztere können mit der Luftzahl gut gesteuert werden. Der Schmierölverbrauch verursacht Spuren von Kohlendioxid, Kohlenstoffmonoxid und Kohlenwasserstoffen.

Der indizierte Wirkungsgrad von Wasserstoffverbrennungsmotoren kann rund 35 % betragen, was einen Wasserstoffverbrennungsmotor effizienter als einen konventionellen, nach dem Ottoprinzip arbeitenden Benzinmotor macht, dessen indizierter Wirkungsgrad etwa 28 % beträgt. Im Vergleich dazu hat ein vergleichbarer Dieselmotor einen indizierten Wirkungsgrad von etwa 40 %.

Verglichen mit [batterieelektrischen Fahrzeugen](#), aber auch im Vergleich zum [Brennstoffzellenfahrzeug](#) ist der Bedarf an [kritischen Rohstoffen](#) und [seltenen Metallen](#) für die Herstellung potenziell wesentlich geringer. Damit ist der Wasserstoffverbrennungsmotor eine der wenigen Möglichkeiten, CO₂-frei Energie im Fahrzeug zu erzeugen, ohne auf kritische Rohstoffe angewiesen zu sein.

Nachteile

Wasserstoff hat sehr schlechte Schmiereigenschaften, da er keinen Kohlenstoff enthält und gleichzeitig den Schmierfilm angreift. Der Schmierfilm wird durch den Wasserstoff gleich auf zwei Wegen angegriffen: zum einen von der Wasserstoffflamme, die bis an die Wandung heranbrennt und nicht, wie es bei Benzin der Fall ist, beim Annähern an die Randzone verlöscht; zum anderen durch Hydrieren: Wasserstoff greift die Kohlenstoff-Kohlenstoff-Bindungen der langkettigen Kohlenwasserstoffe der Schmierstoffe an, deren Bruchstücke verbrennen. Ein Ausweg aus diesem Problem bieten Keramikbeschichtung und der Verzicht auf Schmierung der Laufflächen überhaupt, was durch Kombination von Keramik gegen Keramik als Laufpartner ermöglicht wird.

Gegenüber [Brennstoffzellen](#), die ebenfalls mit Wasserstoff betrieben werden können, haben Wasserstoffmotoren einen wesentlich niedrigeren Wirkungsgrad. Brennstoffzellen erreichen einen Wirkungsgrad von 60 %, allerdings hat der damit betriebene Elektromotor einen Wirkungsgrad von rund 80 %, so dass sich ein Gesamtwirkungsgrad von 48 % ergibt.

Molekularer Wasserstoff ist nicht in der irdischen Natur zu finden und somit muss er erst unter Energieverlusten hergestellt werden, was zusätzlich Energie braucht. Das ist nicht nur ein Nachteil gegenüber anderen Brennstoffen für Verbrennungsmotoren. Der Energieverlust bei der Herstellung von molekularem Wasserstoff ist so groß, dass der batterieelektrische Antrieb einen wesentlich größeren Gesamtwirkungsgrad erreicht.

Wasserstoff und der Staat

An den in Deutschland verbreiteten [Wasserstofftankstellen](#) von H2 Mobility dürfen gemäß AGB[16] nur freigegebene Fahrzeuge mit Brennstoffzellen tanken, da bei diesen die Kompatibilität sichergestellt ist. Fahrzeuge mit Wasserstoffverbrennungsmotor sind dort explizit verboten.

Am 31. März 2025 waren in ganz [Österreich](#) laut Statistik Austria 62 Pkws mit Wasserstoffantrieb gemeldet, davon fünf in Privatbesitz. Das Tanken ist teurer als bei einem PKW mit Verbrennungs- oder Elektromotor. [OMV](#) ist der einzige Betreiber von Wasserstofftankstellen in Österreich. Die seit 2012 bestehende Tankstelle in Wien wurde im ersten Quartal 2025 geschlossen. Eine weitere wird zum 30. Juni 2025 geschlossen, eine am 30. September 2025 und zwei am 31. August 2025. OMV sieht für Wasserstoff im Individualverkehr aktuell keine Perspektive und will stattdessen weiter in [Elektromobilität investieren](#). Wasserstoff für die Industrie produziert OMV weiterhin.

Näher geschilderte Konzepte

BMW Hydrogen 7

Der BMW Hydrogen 7 ist ein wasserstoffgetriebener [PKW](#) mit Verbrennungsmotor, ohne [Brennstoffzelle](#). Das Modell basiert auf dem Modell 760Li ([E66](#)) aus der [7er](#)-Reihe des deutschen Herstellers [BMW](#) und trägt die interne Bezeichnung E68, aufgrund [Wasserstoffverbrennungsmotor](#) und Umbauten für den wärmeisolierten Tank mit kaltem flüssigem H₂ (LH₂).

Der Motor kann weiterhin auch auf Benzin betrieben, somit bivalent, womit das Fahrzeug alltagstauglich blieb, da es in Deutschland 2012 lediglich 14 öffentlich zugängliche Wasserstofftankstellen gab. Dafür hat er einen zusätzlichen Benzintank. Im BMW-Werk Dingolfing wurden 100 Exemplare dieses Modells gefertigt, die nicht verkauft, sondern nur verleast wurden.

Der Wasserstoffverbrennungsmotor des Hydrogen 7 ist technisch fast identisch mit dem Motor des 760i. Er musste allerdings für den Einsatz von Wasserstoff als Treibstoff modifiziert werden. Die Modifikationen betreffen hauptsächlich den Ansaugtrakt des Motors. Zusätzlich zur Direkteinspritzung für Benzin wurde eine Zuleitung zum Wasserstoff-Tank integriert. Spezielle Einblasventile sorgen immer für die richtige Menge Wasserstoff in der Ansaugluft.

Auch musste die Dichtheit der Kolbenringe verbessert werden, um zu verhindern, dass Wasserstoff dort austritt. Dies hatte in früheren Entwicklungsstadien immer wieder zu Explosionen geführt. Da Wasserstoff im Vergleich zu herkömmlichen Kraftstoffen bis zu 100 Mal so schnell verbrennt, musste die Motorsteuerung angepasst werden. Dies wurde mit einer variablen Ventilsteuerung (Valvetronic) und einer doppelten Nockenwellenverstellung (VANOS) erreicht.

Das Triebwerk des Hydrogen 7 leistet 191 kW (260 PS) und hat ein Drehmoment von 390 Nm (Vergleich „normaler“ 760i: 327 kW/445 PS und 600 Nm). Von 0 auf 100 km/h benötigt der Wagen 9,5 s. Die Leistung ist gegenüber dem 760i aufgrund der bivalenten Auslegung des Motors geringer. Die Tankfüllung von 8 kg erlaubt eine Reichweite von etwa 200 km. Der Inhalt des Benzintanks (74 l) erhöht die Reichweite um weitere 500 km. Bei der Auslegung zukünftiger Motoren nur für Wasserstoff werden Verbesserungspotentiale durch Entfall der Eignung für Benzin erwartet.

RS Zero

RS Zero (von englisch zero „null“; Eigenschreibweise *RS ZERO*) ist eine geplante Schienenfahrzeugplattform des Herstellers Stadler Rail mit Alternativen Antrieben („Nullemission“) für den Einsatz im Personennahverkehr als Nachfolger des Dieseltriebwagens Regio-Shuttle RS 1. Ein Prototyp wurde 2024 vorgestellt.

Die ein- und zweiteiligen Varianten, die [Wasserstoff](#) als [Energiespeicher](#) nutzen, werden als *HEMU 1* und *HEMU 2* bezeichnet.[5] Im Gegensatz zu anderen solchen [Triebfahrzeugen](#) wurden erstmals [Wasserstoffverbrennungsmotoren](#) statt einem [Brennstoffzellenantrieb](#) verbaut. Der Hersteller begründete dies damit, nur so dieses kompakte Fahrzeugkonzept mit zwei Antriebsanlagen realisieren zu können, sowie mit der Ähnlichkeit bei der [Instandhaltung](#) im Vergleich zu bei anderen Fahrzeugen eingesetzten [Dieselmotoren](#). Die Traktionskette ist [elektrisch](#).

Die einteilige Variante beinhaltet zwei Wasserstoffmotoren, die gleiche Anzahl Motoren wie beim [Regio-Shuttle RS 1](#), die als [Unterflurmotoren](#) unter den beiden [Führerständen](#) angeordnet wurden. Bei der zweiteiligen Variante ist ein weiterer Unterflurmotor an einem der Wagenenden beim [Wagenübergang](#) vorgesehen. Für den Prototyp wurden TCG-7.8-H₂-Motoren mit 200 kW bei 2200 Umdrehungen/min von [Deutz](#) verwendet.

Als [Reichweite](#) nannte der Hersteller über 700 Kilometer in der einteiligen und über 1000 Kilometer in der zweiteiligen Version.

Quelle: <https://de.wikipedia.org/wiki/Wasserstoffverbrennungsmotor> Stand; 08.10.2025