

STROMLADESTATION AUF BASIS VON WASSERSTOFF

Auf Wasserstoff ruhen grosse Hoffnungen. Der Energieträger kommt unter anderem in Wasserstoff-Fahrzeugen zum Einsatz, wo er den Strom für den Elektroantrieb bereitstellt. Wasserstoff kann aber auch herangezogen werden, um Ladestationen zu betreiben, die Elektroautos mit Strom versorgen. Auf diesem Weg lassen sich vom Stromnetz unabhängige Ladestationen realisieren, die künftig den Ausbau der Elektromobilität unterstützen und bei der mobilen Stromversorgung etwa von Baustellen oder im Katastrophenfall gute Dienste leisten könnten. Das zeigen eine Entwicklung der Firma H2 Energy und die entsprechende Begleitstudie des Forschungsinstituts Empa.



Unter dem Markennamen 'kvyreen 80' wurde im Oktober 2023 in St. Gallen eine Wasserstoff-betriebene Ladestation für Elektromobile mit einer Ladeleistung von 80 kW in Betrieb genommen. Foto: H2 Energy

Mit dem Ausbau der Elektromobilität entsteht in der ganzen Schweiz ein immer dichteres Netz von Ladestationen. Standorte sind Privatgrundstücke, öffentliche Parkplätze, Firmen oder Autobahn-Raststätten und -Rastplätze. Die Ladesäulen beziehen den Strom in aller Regel aus dem Netz. Anders ist das bei der Ladestation, die im Oktober 2023 in St. Gallen installiert wurde. Hier wird der Strom mit einer Brennstoffzelle erzeugt, welche den vor Ort gespeicherten Wasserstoff (H_2) in Strom umwandelt. «Die wasserstoff-betriebene Schnellladestation in St. Gallen vermeidet eine Belastung des Stromnetzes, und dank des Wasserstoffvorrats an der Tankstelle ist die Ladeleistung jederzeit verfügbar», sagt Thomas Walter vom Zürcher Unternehmen H2 Energy.

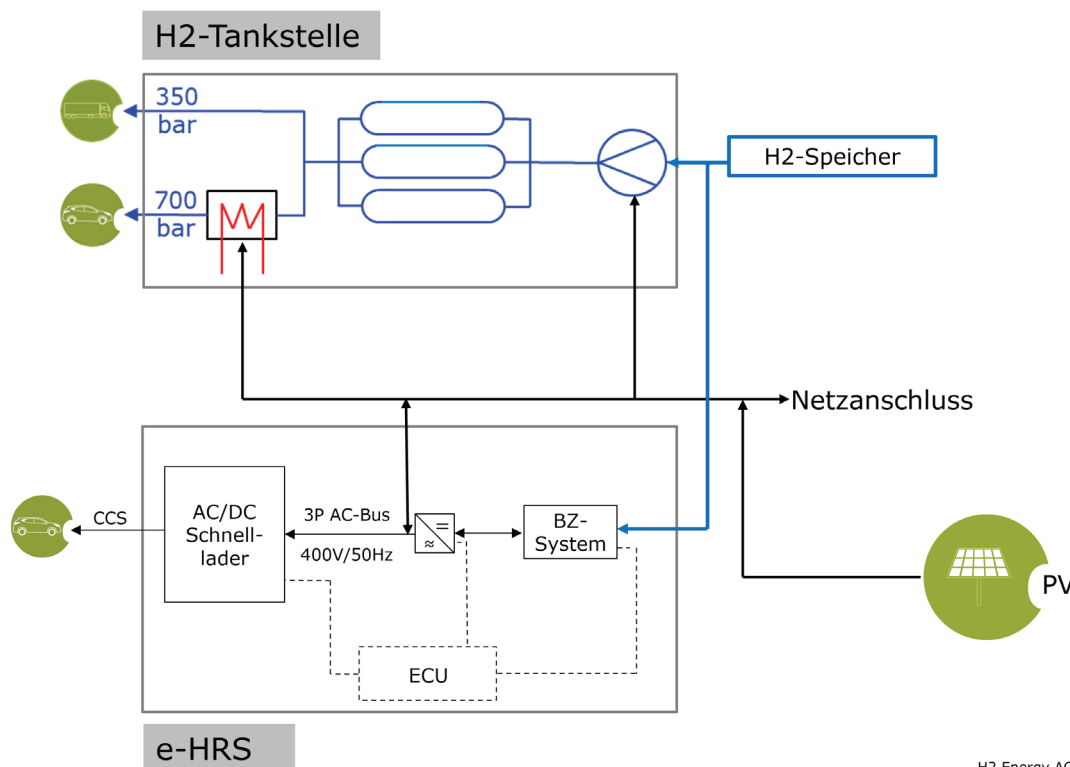
Die H_2 -basierte Ladestation in St. Gallen hat eine Ladeleistung von bis zu 80 kW. Damit kann ein durchschnittliches E-Auto in einer Viertelstunde Strom für 100 km Reichweite aufnehmen. «Ab 2024 wollen wir grössere Ladestationen mit einer Leistung von 150 bis 500 kW herstellen und auf den Markt bringen, mit denen sich dann auch batterie-elektrische Lastwagen laden lassen. Für Lastwagen im kommerziellen Betrieb sind hohe und zuverlässige Ladeleistungen ein absolutes Muss und hier werden Wasserstoff-betriebene Schnelllader die netzgebundenen massgeblich unterstützen», sagt Wal-

ter. Mit einer 500-kW-Ladestation könnte ein Elektro-Lkw den für 100 km benötigten Strom in rund 20 Minuten laden.

Ladestation auf der Grundlage von Wasserstoff

H2 Energy wurde 2014 gegründet und zählt heute 80 Mitarbeitende. Die Firma realisiert Wasserstoff-Produktionsanlagen, -Tankstellen und -Anwendungen. Die Firma ist im Besitz von acht Investoren, das niederländische Rohstoffhandelsunternehmen Trafigura ist mit 15 % beteiligt. Bereits im März 2022 hatte H2 Energy in St. Gallen eine erste Wasserstoff-betriebene Ladestation in Betrieb genommen, damals mit einer Ladeleistung von 60 kW. St. Gallen wurde als Standort gewählt, weil dort die Firma Osterwalder St. Gallen AG eine Wasserstofftankstelle betreibt und damit auch die Wasserstoff-Versorgung der Tankstelle für die Brennstoffzelle genutzt werden kann.

Die 60 kW-Ladestation war eine Pilotanlage, und sie stand im Zentrum eines zweijährigen Forschungsprojekts mit dem Namen e-HRS (für: Electric Hydrogen Refuelling Station), das vom BFE unterstützt wurde. Mit diesem Projekt untersuchte H2 Energy die Möglichkeit, den Energieträger Wasserstoff für den Betrieb von E-Ladestation zu nutzen. Immer dann, wenn ein Elektrofahrzeug Strom laden wollte, wurde die Ladestati-



Aufbau der Pilotanlage der Wasserstoff-betriebenen Ladestation, die 2022 in St. Gallen getestet wurde: Ein Brennstoffzellen-System (BZ-System) generiert aus Wasserstoff eine Leistung von bis zu 60 kW bei einer DC-Spannung von ca. 650 – 700 Volt (Gleichstrom/DC). Über einen Wechselrichter wird daraus phasen-synchronisierter Drehstrom (400 V, 50 Hz, 3 Phasen) erzeugt und über einen Trenntransformator an die Ladestation abgegeben. Ein Netzanschluss dient einerseits als Puffer, um schnelle Laständerungen des Schnellladers abzdämpfen. Andererseits wird er benötigt, um das BZ-System zu starten. Mit einer elektronischen Kontrolleinheit (ECU, Electronic Control Unit) und eigens entwickelter Software wurden die einzelnen Komponenten angesteuert und überwacht. Die Ladestation wird aus dem gleichen H_2 -Speicher versorgt wie die benachbarte H_2 -Tankstelle.

Illustration: H2 Energy



Diese Wasserstoff-betriebene Pilot-Ladestation wurden in St. Gallen innerhalb des Projektzeitraums von März bis August 2022 30 Mal zur Ladung eines Elektrofahrzeugs genutzt. Die Fahrzeuge luden im Durchschnitt 27 kWh Energie, dies bei einer durchschnittlichen Ladedauer von 34 Minuten. Hierfür wurde grüner Wasserstoff verwendet, der zuvor unter Einsatz von erneuerbarem Strom aus Wasserkraft mittels Elektrolyse gewonnen worden war. Foto: H2 Energy

on in Betrieb genommen und die erforderliche Strommenge mittels Brennstoffzelle bereitgestellt.

Startphase mit Netzstrom

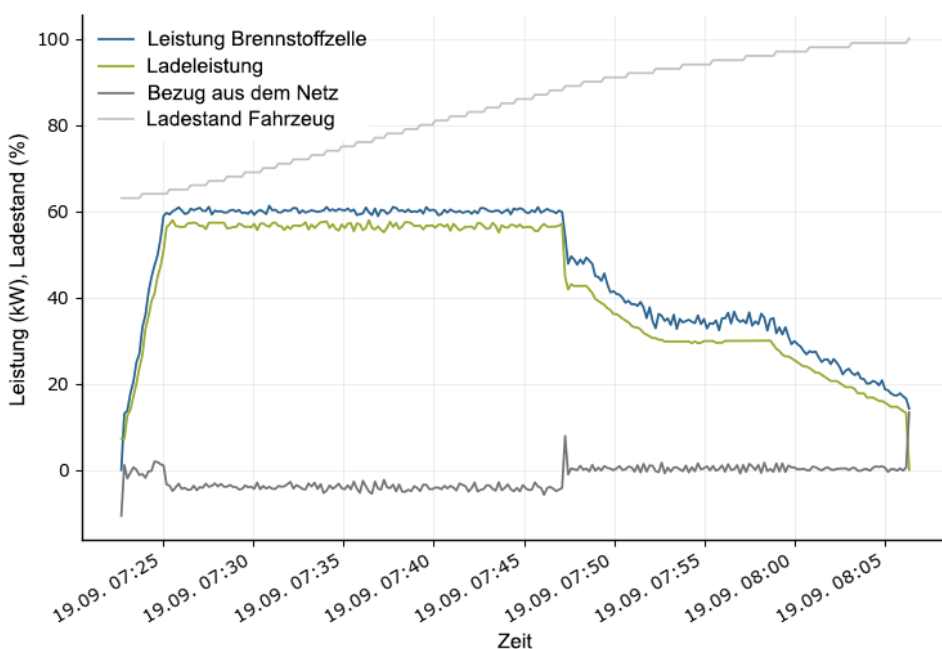
Das Forschungsprojekt kam zu einem positiven Ergebnis: «Es konnte gezeigt werden, dass diese Art und Weise der Aufladung zuverlässig funktioniert und mit der Anlage eine netzschonende Ladung von Elektrofahrzeugen mithilfe von

Wasserstoff als Energieträger möglich und sinnvoll ist», heisst es im Schlussbericht. Das Forschungsprojekt lieferte dabei wichtige Erkenntnisse für künftige Ladestationen auf der Grundlage von Wasserstoff. So braucht die Brennstoffzelle aufgrund ihrer Funktionsweise etwas Zeit für das Aufstarten: Bis der erste Strom fliesst, vergehen rund 20 Sekunden, die maximale Ladeleistung ist nach zwei Minuten erreicht.

Obwohl die Brennstoffzelle selbst Strom produziert, braucht sie zu Beginn und während des Ladevorgangs eine externe Stromversorgung. Der externe Strom unterstützt den Startvorgang (mit einer kurzzeitigen Leistungsspitze von bis zu 10 kW) und gewährleistet während des Ladevorgangs, dass die Brennstoffzelle durchgehend mit voller Leistung produziert. Zu diesem Zweck verfügte die St. Galler Pilotanlage aus dem Jahr 2022 über einen Anschluss ans Stromnetz.

Mobile Ladestationen

Die neueste Ladestation, die im Oktober 2023 in St. Gallen in Betrieb ging, ist vom Stromnetz unabhängig. Die Stromversorgung während des Start- und Ladevorgangs wird durch eine Batterie (24 kWh Kapazität) gewährleistet. Als Folge davon kann die Ladestation durchgängig mit Gleichstrom arbeiten, was den Wirkungsgrad verbessert. Ein netzunabhängiger Betrieb schaffe grosse Vorteile, sagt H2-Energy-Mitarbeiter David Sauter: «Dank Nutzung von Wasserstoff ist unsere Ladestation mobil. Sie kann Schnellladekapazität bedarfsgerecht zur Verfügung stellen. So können z.B. im Winter



Ladevorgang mit der Wasserstoff-betriebenen Pilot-Ladestation: Die Ladeleistung der Brennstoffzelle steigt innerhalb von rund 2 Minuten auf das Maximum von 60 kW und hält danach für gut 20 Minuten an. Die Ladeleistung liegt etwas tiefer als die Stromproduktion der Brennstoffzelle, u.a. wegen Umwandlungsverlusten durch Wechselrichter. Im zweiten Teil des Ladevorgangs ist nicht mehr die volle Ladeleistung gefragt, deshalb reduziert die Brennstoffzelle schrittweise ihre Stromproduktion. Die Grafik zeigt auch, dass die Ladestation externen Strom braucht (graue Kurve), der im vorliegenden Fall aus dem Stromnetz stammte: Zu Beginn beträgt dieser Netzbezug kurzzeitig ca. 10 kW und liegt dann im Verlauf des weiteren Ladevorgangs erst bei ca. 5 kW und später unter 1 kW. Der externe Strombezug wird benötigt, um die Stromproduktion der Brennstoffzelle optimal steuern zu können. Grafik: H2 Energy

HAUPTERGEBNISSE AUS DER BEGLEITSTUDIE DER EMPA

In einer wissenschaftlichen Begleitstudie zum e-HRS-Projekt hat die Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt Empa (Dübendorf) mit grünem Wasserstoff betriebene Ladestationen mit herkömmlichen Ladestationen verglichen. Die wichtigsten Erkenntnisse:

- Wasserstoff-betriebene Ladesäulen haben – wie zu erwarten – einen geringeren Wirkungsgrad als netzgebundene Ladesäulen. Werden Elektrofahrzeuge z.B. mit Strom aus einem Wasserkraftwerk geladen, sind 93 % des erneuerbaren Stroms an der netzgebundenen Ladesäule abrufbar (die restlichen 7 % gehen als Transportverluste im Stromnetz verloren). Mit der Wasserstoff-betriebenen Ladesäule lassen sich lediglich 29 % des erneuerbaren Stroms nutzen (der übrige Strom geht als Transport- und Umwandlungsverluste verloren). Kommentar von Empa-Studienleiter Christian Bach: «Hohe Wirkungsgrade bei der Energieumwandlung sind grundsätzlich wünschbar. In Zukunft wird aber gerade Solarstrom eine immer grössere Rolle spielen, und er wird immer öfter in Zeiten verfügbar sein, wo aktuell kein Bedarf besteht. In diesen Zeiten ist es sinnvoller, diesen erneuerbaren Strom mit einem schlechteren Wirkungsgrad zu nutzen als überhaupt nicht. Die Zwischenspeicherung in Wasserstoff ist ein Weg, dies zu tun.»
- Strom aus einer mit grünem Wasserstoff betriebenen Ladesäule ist zwar nicht ganz 'CO₂-frei', hat aber eine geringe Treibhausgasbelastung (17 g CO_{2eq}/kWh_{el}). Das ist ein vergleichsweise tiefer Wert und nur wenig mehr, als wenn der gleiche erneuerbare Strom über eine herkömmliche Ladesäule getankt wird (4 - 5 g CO_{2eq}/kWh_{el}). Diese tiefen Werte gelten indes nur für den idealen Fall, wenn genügend Strom aus Laufwasserkraft verfügbar ist (so wie das künftig bei stark ausgebauter Schweizer Photovoltaik-Produktion in den Sommermonaten der Fall sein könnte). Höher liegt die CO₂-Belastung, wenn man der Berechnung den realen Schweizer Strommix (auf Basis des Jahres 2018) zugrunde legt. In diesem Fall ist die Kilowattstunde Strom an der Wasserstoff-betriebenen Ladestation mit 148 bis 354 g CO_{2eq}/kWh_{el} belastet, der Strom aus der herkömmlichen Ladestation mit 84 g CO_{2eq}/kWh_{el}. Kommentar Christian Bach: «Diese Überlegungen zeigen, dass netzgebundene Ladestationen mit Blick auf das Klima zwar vorteilhaft sind, dass Wasserstoff-betriebene Ladestationen aber trotzdem einen Beitrag für eine klimaschonende Mobilität leisten können, wenn überschüssiger erneuerbarer Strom für die Wasserstoffproduktion verfügbar ist. Wir lernen aus der Studie zudem: Lädt man E-Mobile an Wasserstoff-betriebenen Ladestationen mit Schweizer Strom, liegen die CO₂-Emissionen selbst im ungünstigsten Fall immer noch nur halb so hoch wie bei einem konventionellen Benziner.»
- Bei angenommenen Investitionskosten von 200'000 Fr., einem Wasserstoffpreis von 20 Fr./kg, einer Anlagenlebensdauer von zehn Jahren und einer Anlagennutzung von 73'000 kWh/Jahr (entspricht acht Ladevorgängen pro Tag) resultiert an der Wasserstoff-betriebenen Ladestation ein Strompreis von 2.20 Fr./kWh. Für die herkömmliche Ladestation lag der Preis bei 70 bis 80 Rp. pro Kilowattstunde. Kommentar Christian Bach: «Die Zahlen illustrieren, dass Wasserstoff-betriebene Ladestationen wegen des aktuell hohen Wasserstoffpreises und der noch teuren Wasserstofftechnologien im Moment noch nicht wirtschaftlich sind.» Das Autoren-Team der Empa betont in seiner Untersuchung, diese Zahlen stellten eine Momentaufnahme dar. Sollte in Zukunft günstiger grüner Wasserstoff z.B. über eine Pipeline in die Schweiz gelangen, könnte das die Voraussetzung schaffen, dass Wasserstoff seine Vorzüge als speicherbarer Energieträger ausspielen kann.

zusätzliche Ladestationen in Wintersportorten und im Sommer an den Alpenübergängen oder an Festivals aufgebaut werden.» Ein weiterer Vorteil: Wasserstoff lässt sich in Tanks oder Gasnetzen in grossen Mengen speichern und transportieren.

Der Bund geht in den Energieperspektiven 2050+ davon aus, dass Wasserstoff eine Rolle in der künftigen Energieversorgung spielen wird. Welche genau, will der Bundesrat voraussichtlich 2024 in einer Wasserstoffstrategie konkretisieren. Indes ist heute schon klar: Der Bund setzt auf 'grü-

nen' Wasserstoff, also Wasserstoff, der (mittels Elektrolyse) aus erneuerbarem Strom erzeugt wird und nicht – wie heute noch üblich – aus Erdgas. Dieser grüne Wasserstoff muss in der Schweiz produziert oder – über eine noch zu bauende Pipeline – in die Schweiz importiert werden.

- Der **Schlussbericht** zum Projekt «Wasserstoff-betriebene Schnellladestation für batterieelektrische Fahrzeuge» (e-HRS) und die zugehörige Begleitstudie der Empa sind abrufbar unter folgendem Link:
www.aramis.admin.ch/Texte/?ProjectID=47408
- **Auskünfte** zu dem Projekt erteilt Stefan Oberholzer (stefan.oberholzer@bfe.admin.ch), Leiter des BFE-Forschungsprogramms Wasserstoff.
- Weitere **Fachbeiträge** über Forschungs-, Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprojekte im Bereich Wasserstoff finden Sie unter www.bfe.admin.ch/ec-h2.