

E-Fuel/refuel: Synthetische Treibstoffe als CO₂-Hebel

PtX und Sektorkoppelung

Was wäre, wenn? Eine beinahe unendliche Energiemenge von regenerativem Strom ermöglicht es, dank PtX-Technologie und Sektorkoppelung alle Bereiche des täglichen Lebens zu dekarbonisieren und zu defossilisieren. Dieses Szenario liegt aktuell in weiter Ferne. Die CO₂-Gesetzgebung und das Ziel Netto-Null bis 2050 drängt aber zum Handeln. Können synthetische Treibstoffe Fuss fassen und als CO₂-Hebel dienen? **Andreas Senger**

Die Zeit drängt. Bis ins Jahr 2050 soll die Schweiz einen CO₂-Ausstoss von netto Null aufweisen. Die Sektoren, in denen durch das Verbrennen von fossilen Energieträgern trotzdem noch CO₂-Emissionen anfallen, müssen diese mit anderen Möglichkeiten kompensieren. In 25 Jahren soll es soweit sein. Der Strassenverkehr gilt mit einem Anteil von aktuell 33% als grösster CO₂-Erzeuger. Entsprechend muss, um das Umweltziel zu erreichen, rasch gehandelt werden.

In der EU wird aktuell noch am Absenkungspfad durch batterieelektrische Fahrzeuge festgehalten. Die Wirkungspfad-Betrachtung tank-to-wheel (vom Energiespeicher bis zum Rad) oder well-to-wheel (von der Energiequelle bis ans Rad) ist beim elektrischen Antrieb optimal, weil die elektrische Energie mit 0g/kWh CO₂-Emission festgelegt wurde. Dieser Umstand ist politisch gewollt und entspricht längst nicht der Realität. So lange in der Stromproduktion in Europa derart viel fossile Energie umgewandelt wird, ist auch

ein BEV wenig CO₂-freundlich. Insbesondere wenn die Wirkungsgradkette cradle-to-grave (von der Wiege bis zur Barre) mit vorgelagerter Produktion über den Betrieb bis zum Recycling betrachtet wird. Zudem zeigt der Schweizer Neuwagenmarkt und die Bestandsflotte, dass BEV langsamer als erwartet den Markt durchdringen (Grafiken nächste Seite unten). Eine Technologieoffenheit und Alternativen zum rein batterieelektrischen Antrieb sind für die Marktakzeptanz wohl unumgänglich.



Kohlenwasserstoffbasierte synthetische Treibstoffe sind nicht nur für historische Fahrzeuge ein CO₂-Hebel, sondern auch für Hybrid- und Plug-in-Hybrid-Autos. Foto: Porsche

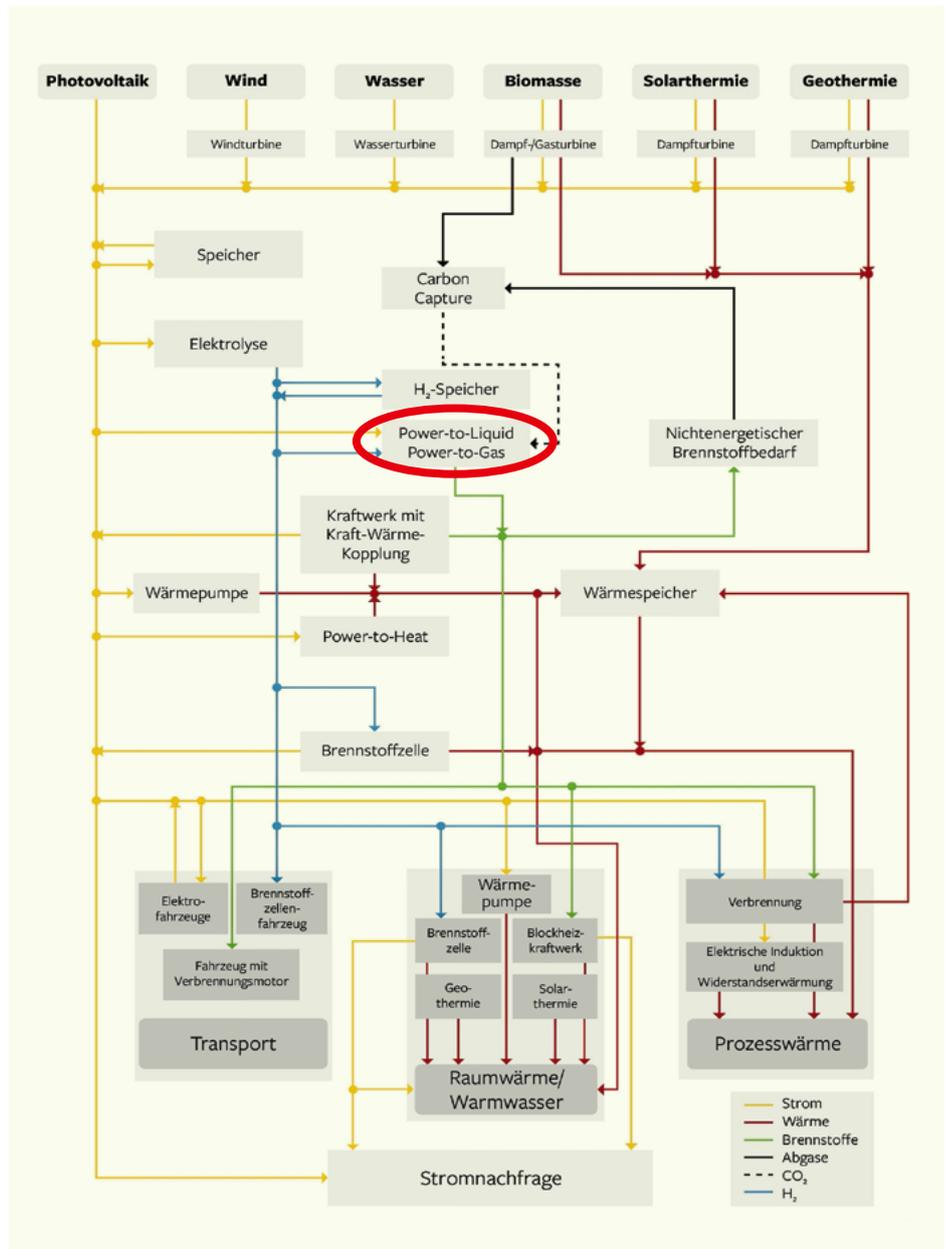
Schweizerischer Kompromiss

Der Schweizerische Eidgenossenschaft ist beim Thema Dekarbonisierung und Defossilisierung weiter als Europa: hierzulande werden im CO₂-Gesetz zwar auch die elektrische Energie mit 0g/kWh angenommen, aber auch E-Fuels als Teil der Lösung betrachtet. Unter E-Fuel werden synthetische Treibstoffe verstanden, deren Kohlenwasserstoff-Verbindungen (HC) primär aus dem Kohlenstoff C aus CO₂ und Wasserstoff H₂ aus der Elektrolyse von Wasser (H₂O) verstanden werden. In der Fachwelt wird diese Umwandlung auch als PtX deklariert, was Power-to-X bedeutet, also elektrische Energie in einen anderen gas- (Power-to-Gas) oder flüssigen Treibstoff (Power-to-Liquid) umzuwandeln. Wenn bei der Herstellung nur regenerativer Strom eingesetzt werden soll, wird auch vom refuel gesprochen (regenerativer Treib- oder Brennstoff). Beim Verbrennen des E-Fuels entsteht zwar wieder CO₂, aber nur soviel, wie zuvor für die Herstellung des synthetischen Energieträgers aus der Atmosphäre entnommen wurde. Dies führt dazu, dass das CO₂ in einem Kreislauf geführt wird. Eine weitere Kombination ist synthetischer Wasserstoff H₂, der in Brennstoffzellen- oder Verbrennerfahrzeugen umgewandelt werden kann. Entsprechend gehört auch dieses Gas zu den E-Fuels.

«Die Schweiz hat in diesem Jahr als erstes Land eine Anrechenbarkeit von E-Fuels in der CO₂-Gesetzgebung vorgesehen» erklärt Christian Bach, Leiter der Abteilung Chemische Energieträger und Fahrzeugsysteme der Empa und ergänzt: «Damit ist der gesetzliche Weg für Neufahrzeuge grundsätzlich da.» Wenn also ein Importeur Neufahrzeuge vertreibt und belegen kann, dass teilweise oder vollständig ein Fahrzeug mit regenerativ erzeugtem E-Fuel betrieben wird, rechnet dies der Bund den Flotten-CO₂-Emissionen an.

Sektorkoppelung als Teil der Lösung

Der Ausbau der regenerativen Stromproduktion hinkt auch in der Schweiz deutlich nach. Wenn alle Sektoren wie Verkehr/Transport, Heizung/Raumwärme und Prozesswärme auf elektrische Energie umgestellt werden sollen, reicht die Produktionskapazität insbesondere in den Wintermonaten nicht aus. Durch das fehlende Stromabkommen mit der EU sind planbare Importkapazitäten schwierig. Auch der Ausbau von höheren Produktionskapazitäten und Energieverteilungssystemen wird hierzulande durch viele Einsparungen verlangsamt oder verunmöglicht.



Die Sektorkoppelung zeigt auf, welche Energien in andere umgewandelt werden können, um beispielsweise Photovoltaikstrom auch nachts oder Windstrom bei Flaute dem System zur Verfügung zu stellen. Jede Umwandlung bedeutet einen Wirkungsgradverlust. Elektrische Energie kann dank Power-to-liquid oder -gas gespeichert werden. Foto: SRU

Die in der Grafik rechts dargestellte Sektorkoppelung stellt im Grundsatz den Königsweg dar. Alle sechs Energieumwandler in der obersten Reihe stellen regenerative, elektrische Energie ins Netz. Durch intelligente Koppelung und Umwandlung in speicherbare Energieträger wie E-Fuel es sind, können Überproduktionen sinnvoll zwischengespeichert werden. So müsste der prognostizierte Energiebedarf von 30 bis 60 TWh bis 2050 inkl. Flugverkehr gedeckt werden.

Anforderungen an E-Fuel

Nebst den technischen Anforderungen wie Klopffestigkeit bei synthetischem Benzin über die Cetanzahl bei e-Diesel stehen auch Materialverträglichkeit und Lagerbarkeit im

Vordergrund. Auch die gesetzlichen Vorgaben für die synthetischen Treib- und Brennstoffe sind in der «Verordnung über das Inverkehrbringen von erneuerbaren oder emissionsarmen Brenn- und Treibstoffen» (IBTV) definiert. Die IBTV basiert auf der «European Renewable Energy Directive-III (Richtlinie (EU) 2023/2413), welche vier Vorgaben formuliert:

- **Additionalität:** Der Strom muss aus erneuerbaren Quellen stammen. Aktuell sind dies vor allem Photovoltaik und Windkraft.
- **Direkte Koppelung:** Die PtX-Anlage muss direkt an diese erneuerbaren Produktionsquellen gekoppelt sein.

Fortsetzung Seite 22

- Die CO₂-Versorgung: Sie darf nach 2025 nur noch auf biogenen Quellen oder durch Direct Air Capture DAC (CO₂ aus der Luft filtern) basieren.
- Reduktionsvorgabe: Die CO₂-Emissionen müssen in der kompletten Wirkungskgradkette um mindestens 70% reduziert werden können.

Realistisch betrachtet ist der Zubau für den «sauberen» Strom in der Schweiz aber auch in Europa nicht möglich. Für Experten Bach ist darum klar: «Die Herstellung synthetischer

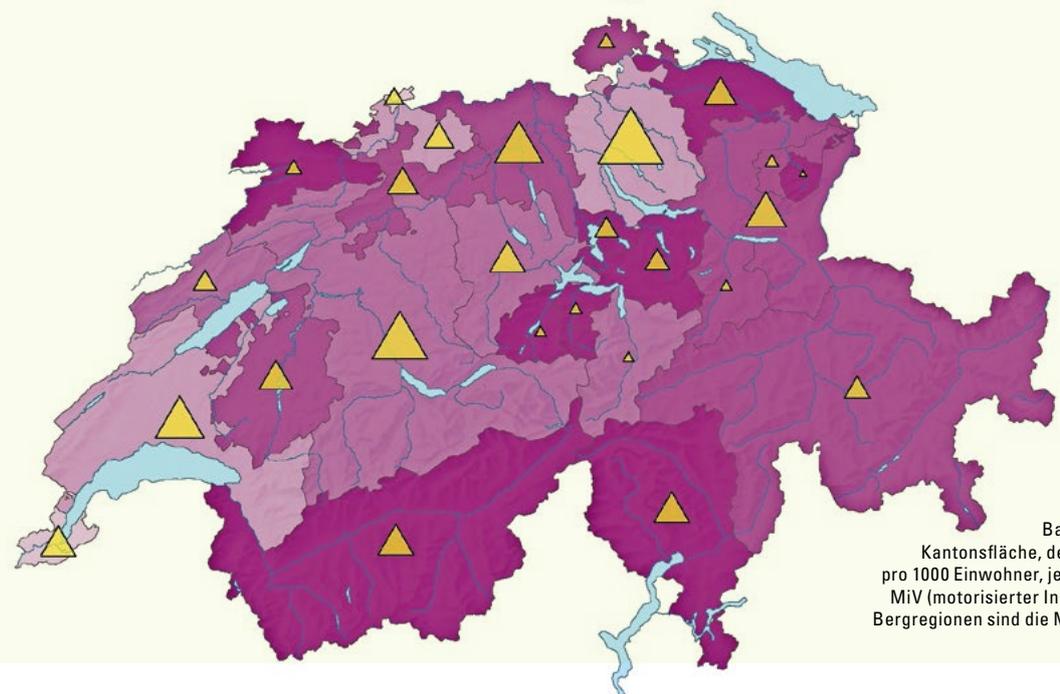
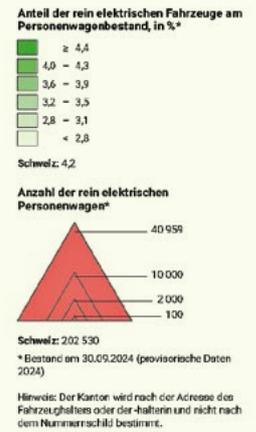
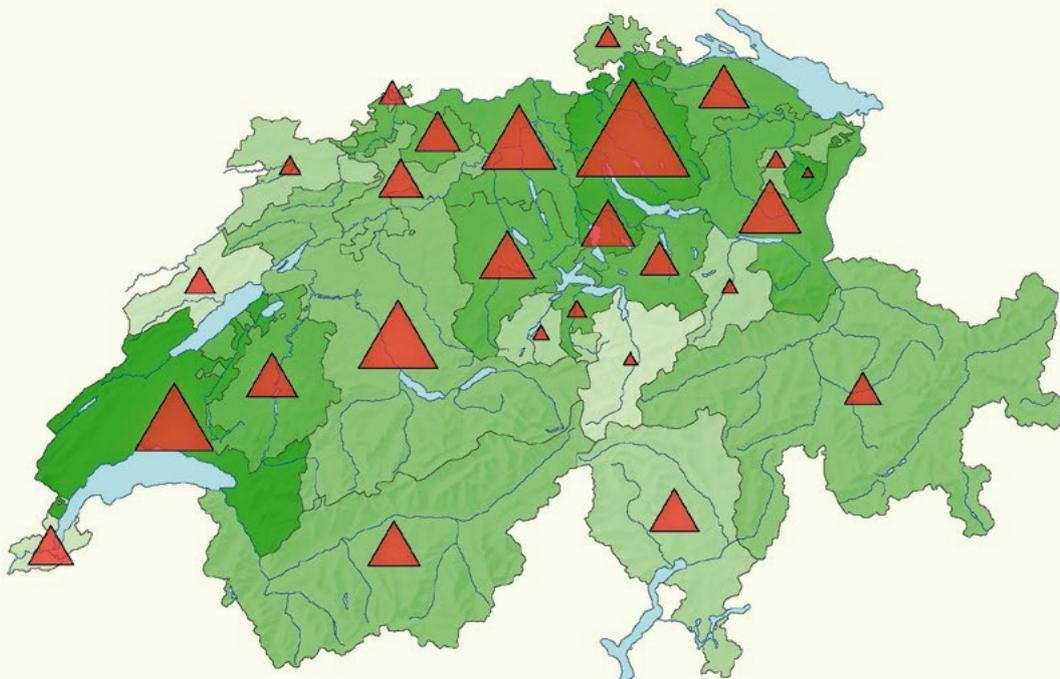
Energieträger weist einen Wirkungsgrad von rund 50% auf. Um den Bedarf der Schweiz an synthetischen Treib- und Brennstoffen im Sonnengürtel zu produzieren, wären Wüstenflächen im Umfang von 600 – 1200 km² erforderlich. Dies entspricht 1- bis 2-mal der Fläche des Bodensees.» Die Empa ist mit 25 Industrie- und Wirtschafts-/Finanzpartnern daran, eine Produktion von synthetischen Treib- und Brennstoffen im Oman zu untersuchen. Bach konkretisiert: «Der Oman hat 50 000 km² Wüstenfläche für die Wasserstoff-

und E-Fuel-Produktion ausgeschieden; davon sollen 10% (d.h. 5000 km²) energetisch nutzbar sein. Es ist deshalb nicht so, dass Wüstenflächen vollumfänglich mit PV-Anlagen zugestraftet sein werden.»

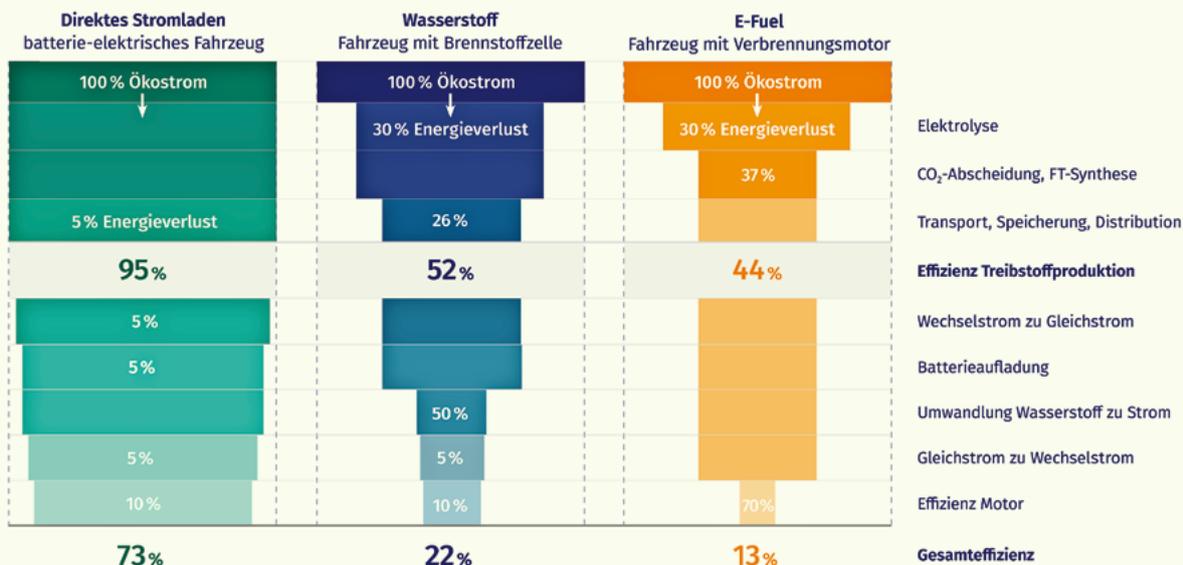
Wirkungsgradkette entscheidend

Der unbestrittene Vorteil der BEV liegt im well-to-wheel-Vergleich mit Wasserstofffahrzeugen (H₂, Fuel Cell, FC) und E-Fuel-Verbrennerfahrzeugen. Die oben gezeigten Wirkungsgradketten sind vereinfacht dargestellt. Kein

Basis für die Energieüberlegungen im Strassenverkehr: Am 30. September 2024 veröffentlichte das Bundesamt für Statistik die aktuellen Anteile der batterieelektrischen Fahrzeuge am Gesamtbestand pro Kanton. Je grösser das Dreieck, desto grösser der Bestand absolut und je dunkler eingefärbt, desto grösser der Anteil in Prozent. Foto: Bfs



Die individuelle Mobilität ist in Ballungsgebieten geringer. Je heller die Kantonsfläche, desto geringer ist der Fahrzeugbestand pro 1000 Einwohner, je dunkler, desto grösser der Anteil des MiV (motorisierter Individualverkehr). Insbesondere in den Bergregionen sind die Menschen aufs Fahrzeug angewiesen. Foto: Bfs.



Der Well-to-Wheel-Wirkungsgrad (Quelle bis zum Rad) des BEV ist beeindruckend. Wasserstoffbetriebene Fahrzeuge oder E-Fuels fallen deutlich ab. Trotzdem sind aufgrund der Speicherbarkeit H₂ und E-Fuels interessant. Foto: VCO

anderer Antrieb kann dank hohen Einzelwirkungsgraden derart punkten bei der Gesamteffizienz. Die Speicherung und Volatilität können aber durch PtX optimiert werden. Bach fasst punkto E-Fuel als Fazit zusammen: «Die Schweiz hat keine Möglichkeit, die künftig benötigten Mengen an synthetischen Treib- und Brennstoffen im Inland herzustellen. Deshalb bleibt einzig der Import, was aber eine Versorgungsabhängigkeit bedeutet. Es ist deshalb erforderlich, ein resilientes Konzept nach dem Motto «nicht alle Eier in den gleichen Korb» aufzubauen.»

Die Technologieoffenheit und intelligentes Verknüpfen der Energieträger sind zielführend. Und das künftig auch die Bestandsflotte inkl. historischer Fahrzeuge durch teilweises Beimischen von E-Fuel sukzessive CO₂-ärmer würde, schadet der Umwelt nicht. ●



Aus Sonnenlicht im Hochtemperaturverfahren flüssige Treibstoffe herstellen: Die Firma Synhelion wird die Schiffahrtsgesellschaft des Vierwaldstättersees AG (SGV) wie auch die Flugzeugwerke Pilatus mit synthetischen Treibstoffen zur CO₂-Reduktion beliefern und baut die Produktionskapazitäten aus. Foto: Synhelion



Im Pilotversuch stellt Porsche mit seinen Partnern rund 130 000 Liter E-Fuel in Südamerika her. Die Idee: Auch künftig sollen die historischen Porschefahrzeuge mit Treibstoff betrieben werden können. Die Menge reicht aktuell nur für Motorsportaktivitäten und für den Eigenverbrauch. Foto: Porsche


CORTELLINI & MARCHAND AG
061 312 40 40
 Rheinfelderstrass 6, 4127 Birsfelden

Der umfassendste Auto-Steuergeräte-Reparatur-Service von Cortellini & Marchand AG.
www.auto-steuergeraete.ch

Sie suchen, wir finden – Ihr Suchservice für Auto-Occasionsteile
www.gebrauchte-fahrzeugteile.ch

Neu: FGS, der Anhänger mit Liftachse und 100%-Achsausgleich
Nutzlast bis 2,9 t

Autotransport-Anhänger und Aufbauten
 Besuchen Sie unsere Ausstellung oder verlangen Sie eine Vorführung.
 Auch in Kommunalausführung lieferbar.

T&W Technik
 Dammstrasse 16, 8112 Otelfingen
 Tel. 044 844 29 62
www.fgs-fahrzeuge.ch

