

Der unterschätzte Treibstoff

ALLES NEU?

Ende Feuer

Fortschritt ist nicht zwangsläufig

Marcel Hänggi · «Was einmal gedacht wurde, kann nicht mehr zurückgenommen werden», sagt Möbius in Dürrenmatts Komödie «Die Physiker». «Der Fortschritt lässt sich nicht aufhalten», lautet die Trivialversion, die sich sowohl kulturpessimistisch-bedauernd einsetzen lässt als auch apologetisch gegen jegliche Technikkritik.

Als 1543 die ersten Europäer in Japan eintrafen, trugen sie Arkebussen bei sich. Ein japanischer Feudalherr beauftragte seinen Schwertschmied, die Waffen zu kopieren. Schon bald blühten in Japan die Büchenschmieden, und Japan exportierte Gewehre, die in manchem den europäischen überlegen waren. Kurz nach 1600 aber begannen die Schusswaffen von Japans Schlachtfeldern zu verschwinden, und Schwerter, Pfeil und Bogen kehrten zurück.

Gewehre waren in Japan nie verboten. Doch die Tokugawa-Herrscher kontrollierten die Waffenproduktion so restriktiv, dass das Büchsenmachersgewerbe abstarb. Es gibt kaum Zeugnisse, die angeben, weshalb Japan den Schusswaffengebrauch aufgab. Sicher passte eine Waffe, die im Vergleich zum Schwert das Können des Kriegers in den Hintergrund treten liess, nicht zum Kriegsethos der Samurai. Auch ästhetische Motive dürften eine Rolle gespielt haben: Japanische Krieger hatten ein ausserordentliches Flair dafür, sich mit möglichst prächtigen Schwertern abzumurken.

Japan hat in der Waffentechnik «den Fortschritt aufgehalten» – bis zum Sturz der Tokugawa-Dynastie (1867), und es tat es nicht zu seinem Schaden. Ein allzu exotisches Beispiel? Gewiss – ohne die selbstgewählte Isolation und die autoritäre Shogun-Herrschaft wäre das kaum möglich gewesen.

Aber es gibt andere Beispiele dafür, wie sich Gesellschaften – auch offene und demokratische – bewusst entscheiden, eine Technik nicht einzusetzen. In den 1950er Jahren galt es als ausgemacht, dass der «nicht aufzuhaltende Fortschritt» in der Zivilflugfahrt im Reisen mit mehr als Schallgeschwindigkeit liege. Die Sowjetunion baute die TU-144. Franzosen und Briten brachten die Entwicklung der Concorde zum Abschluss, als die Widersinnigkeit des Projekts aus ökonomischer Sicht schon offensichtlich war. Und auch die amerikanische Flugzeugindustrie werkelte an einem zivilen Überschallflugzeug.

Weil die Industrie das Projekt nicht selber finanzieren konnte (und wollte), half der Bund kräftig nach. Doch in den späten sechziger Jahren begann sich Kritik zu artikulieren, zunächst wegen des Überschallknalls, dann aus Angst um Schädigungen der Atmosphäre. Es entspann sich eine aussergewöhnlich breite und fundierte öffentliche Technikfolgedebatte. Die Befürworter wurden auf kaltem Fuss erwischt, 1971 wurde das Projekt eingestellt, und ein Jahr später schuf der Kongress als eine Konsequenz aus der Affäre das Office of Technology Assessment (OTA), das weltweit erste staatliche Büro für Technikfolgen-Abschätzung.

Das OTA ist zwar 1995 der konservativen und wissenschaftsfeindlichen Wende Newt Gingrichs zum Opfer gefallen. Der Entscheidung, auf zivile Überschallflugzeuge zu verzichten, hat aber bis heute Bestand; TU-144 und Concorde sind Geschichte.

Für Friedrich Dürrenmatt war eine Geschichte erst «zu Ende gedacht, wenn sie ihre schlimmstmögliche Wendung genommen hat». Das war eine dramaturgische Maxime. Die Realität ist mitunter nachsichtiger als die Dramaturgie.

ZU DIESER TECHNIK-SERIE

zz. · Technischer Wandel ist kein linearer Vorgang. Ob sich eine neue Technik als Fortschritt herausstellt, hängt meist mehr von gesellschaftlichen als von technischen Faktoren ab. Das zeigt die NZZ-Serie «Alles neu?». Anhand historischer Beispiele auf. Frühere Artikel finden sich auf nzz.ch.

Wie Erdgasautos den CO₂-Ausstoss des Verkehrs verringern könnten. Von Christian Bach und Patrik Soltic

Erdgas hat als Treibstoff das Potenzial, den CO₂-Ausstoss des Verkehrs kostengünstig zu senken. Zu den Vorteilen von Erdgasautos gehört, dass sie auch Biogas und Wasserstoff verwerten können.

Laut Energiestrategie des Bundes wird Erdgas in der Schweiz für die Stromerzeugung an Gewicht gewinnen. So setzt der Bundesrat beispielsweise auf Strom aus erdgasbetriebenen Wärmekraftkopplungs-Anlagen und Gaskombikraftwerken, um bei Bedarf die Netzstabilität und einen hohen Eigenversorgungsgrad gewährleisten zu können. Keine Aussagen enthält die Energiestrategie allerdings zu Erdgas als Treibstoff. Genau dies wäre aber begleitend zum Ausbau erneuerbarer Energien und der CO₂-Gesetzgebung im Personen- und Lieferwagenbereich sinnvoll.

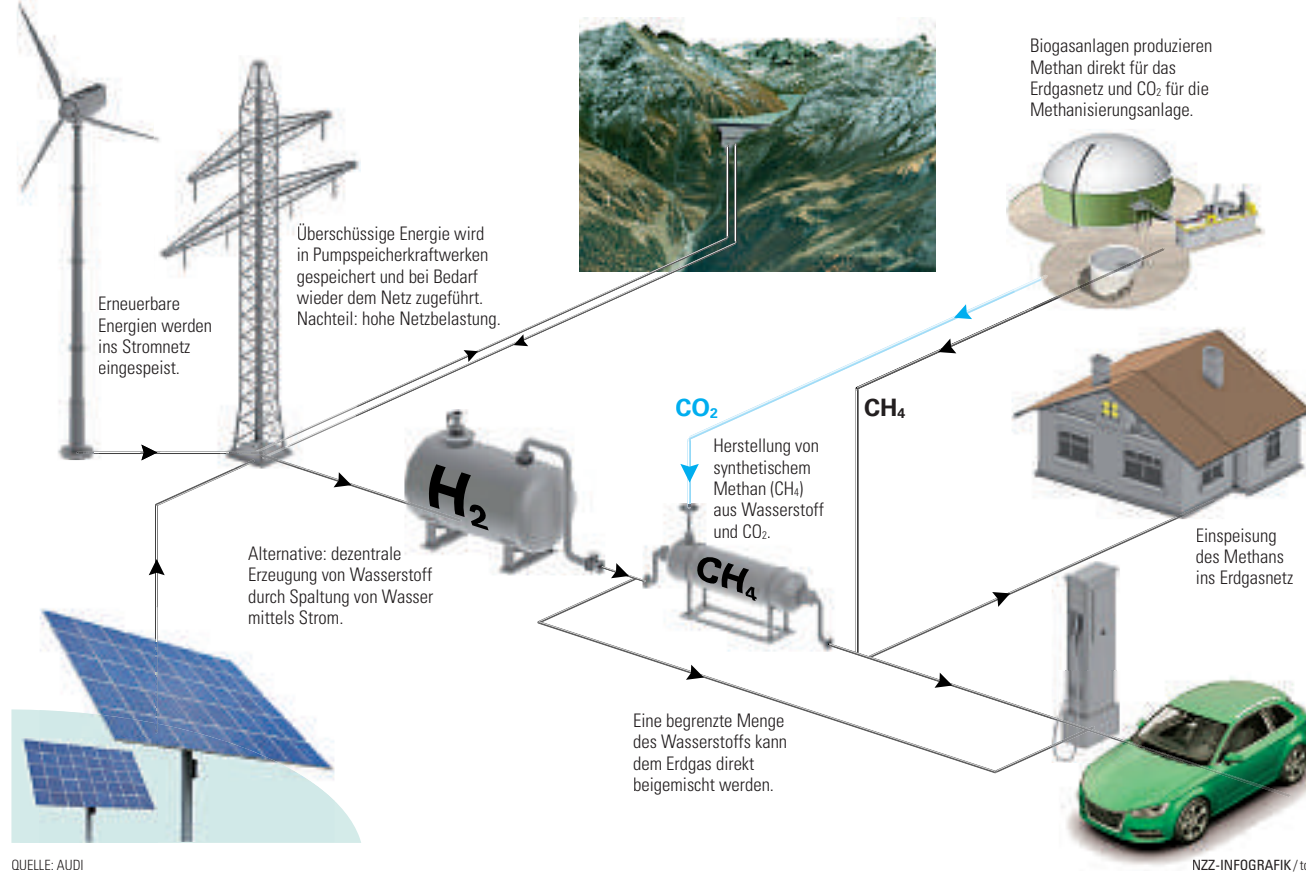
Wo stehen wir?

Erst seit wenigen Jahren entwickelt, baut und vertreibt die Automobilindustrie Erdgasfahrzeuge selber. In dieser Zeit wurden in der Schweiz 10 000 Erdgasfahrzeuge in Verkehr gesetzt und 130 Erdgastankstellen gebaut. In Europa sind es 4000 Tankstellen und eine Million Erdgasfahrzeuge. Erdgas setzt wegen des geringeren Kohlenstoffgehalts ein Viertel weniger CO₂ frei und ermöglicht dank der hohen Klopfestigkeit von bis zu 130 Oktan effizientere und leistungstärkere Motorkonzepte als Benzin. Aufgrund der ab 2015 in der Schweiz und in der EU geltenden CO₂-Grenzwerte, die bis 2025 um mehr als die Hälfte gesenkt werden sollen, dürfte der Marktanteil von Erdgasfahrzeugen in den nächsten Jahren deutlich zunehmen.

Die neue CO₂-Gesetzgebung stellt für Personen- und Lieferwagen die grösste Herausforderung dar. Um die Ziele zu erreichen, bieten sich einige technische Massnahmen an. Die Anzahl der Möglichkeiten ist allerdings überschaubar: So können übermotorisierte und ineffiziente Fahrzeuge schrittweise aus dem Sortiment genommen und die Wirkungsgrade von Verbrennungsmotoren erhöht werden. Zudem können Hybridantriebe, kohlenstoffarme Treibstoffe wie Erdgas und erneuerbare Treibstoffe wie Biogas und Wasserstoff sowie Elektroantriebe verstärkt in der Mobilität eingesetzt werden. Einzelfall betrachtet bringen diese Massnahmen jedoch nur CO₂-Einsparungen im Bereich von 10 bis 30 Prozent. Will man höhere Einsparungen erreichen, müssen mehrere dieser Massnahmen kombiniert werden.

Die Empa und die ETH haben mit Unterstützung der Volkswagen AG und der Robert Bosch GmbH in einem gemeinsamen Forschungsprojekt den Prototypen eines Erdgas-Elektrohybridantriebs für Mittelklasse-Personenwagen entwickelt, der mehrere dieser technischen Massnahmen kombiniert: Mit dem Wechsel von Benzin auf Erdgas lassen sich die CO₂-Emissionen um rund 25 Prozent reduzieren, die Hybridisierung leistet je nach Fahrprofil eine weitere CO₂-Reduktion um 15 bis 30 Prozent. Die in der Schweiz bereits praktizierte

Wie aus Strom Methan entsteht



Einspeisung von Biogas ins Erdgasnetz ermöglicht je nach Biogasanteil weitere CO₂-Absenkungen in der Grössenordnung von 10 bis 30 Prozent.

Bereits mit rein fossilem Erdgasbetrieb erreichen Mittelklassefahrzeuge mit einem solchen Motor den für 2020 vorgesehenen CO₂-Grenzwert von 95 Gramm pro Kilometer. In Kombination mit allgemeinen verbrauchsmindernden Massnahmen und der Beimischung vergleichsweise geringer Mengen an erneuerbaren gasförmigen Energieträgern können sogar die für 2025 vorgesehenen 70 Gramm CO₂ pro Kilometer unterschritten werden (siehe Grafik). Dies bei Reichweiten von bis zu 600 Kilometern pro Tankfüllung und Betankungszeiten von zwei Minuten.

Bereits heute wird dem Erdgastreibstoff Biogas beigemischt. Das Potenzial ist aber noch bei weitem nicht ausgeschöpft. Die Schweiz weist ein noch ungenutztes Biogas-Potenzial von 5 TWh pro Jahr auf. Um die Nachhaltigkeit von Erdgasfahrzeugen weiter zu erhöhen, könnte auch dieses auf Erdgasqualität aufbereitet, ins Erdgasnetz eingespeist und in Erdgasfahrzeugen genutzt werden. Die schweizerische Gaswirtschaft hat bereits viel Erfahrung bei der Aufbereitung von Biogas auf Erdgasqualität und der Einspeisung ins Erdgasnetz. Diesbezüglich hat sie in Europa Pionierarbeit geleistet. Diese Aufbereitung und Einspeisung ist zudem vergleichsweise verlustarm, erfordert aber eine gewisse Nähe der Biogasproduktion zum Erdgasnetz. Würde das noch ungenutzte Biogas-Potenzial nur zu einem Viertel für die Mobilität eingesetzt, könnten damit rund 200 000 Erdgas-Hybridfahrzeuge vollständig erneuerbar und mit einheimischem Treibstoff betrieben werden.

Künftig könnte dem Erdgas an der Tankstelle auch Wasserstoff beige-

mischt werden, der mit erneuerbarem Strom hergestellt wird. Die Umstellung auf erneuerbare Stromproduktion führt nämlich insbesondere im Sommer zu grossen Mengen temporär überschüssiger Elektrizität, die entweder abgeregelt oder zur späteren Nutzung gespeichert werden muss. Da diese Elektrizität auf der untersten Ebene des Verteilnetzes anfällt, ist es sinnvoll, sie dezentral in kleineren Anlagen zu speichern statt in Pumpspeicherkraftwerken. Damit umgeht man einen zweimaligen Durchlauf über alle Transformationsstufen mit einer entsprechenden Belastung des Netzes.

Strom zu Gas

Die lokale Speicherung kann folgendermassen realisiert werden: Durch die Spaltung von Wasser mittels Strom wird die überschüssige Elektrizität in Wasserstoff umgewandelt, und zwar dort, wo der Wasserstoff genutzt werden kann. Dies kann etwa in Brennstoffzellenfahrzeugen geschehen. Bis zu einem gewissen Grad lässt sich der Wasserstoff auch dem Erdgas beimischen und in Erdgasfahrzeugen nutzen. Entsteht mehr Wasserstoff, als so genutzt werden kann, kann dieser zusammen mit CO₂ in synthetisches Methan umgewandelt werden, das in das Erdgasnetz eingespeist werden kann. Audi hat diese synthetische Methanproduktion aus Windkraft und biogenem CO₂ als «eGas-Konzept» für ihre Erdgasfahrzeuge bereits angekündigt und ist am Aufbau entsprechender Kapazitäten für die Methanproduktion. Da Elektrolyseure für die Wasserstoffproduktion künftig – aufgrund der teilweise stark fluktuierenden Stromproduktion – sehr dynamisch sein müssen, könnte deren Lastregelfähigkeit auch für die Stabilisierung des Stromnetzes genutzt werden.

Das heute noch vorwiegend fossile Erdgas hat also ein grosses Potenzial, um konventionelle und neue erneuerbare Energie zu integrieren und insbesondere in der Mobilität zu sehr niedriger CO₂-Emission zu führen. Dies insbesondere dann, wenn es gelingt, Strom- und Gasnetze sinnvoll in «Energy-Hubs» zu koppeln.

Die Kostenfrage

Erdgasfahrzeuge sind in der Anschaffung teurer, dafür sind die Treibstoffkosten niedriger. Dadurch sind die auf den Lebenszyklus umgerechneten Kosten von Erdgas-Hybridfahrzeugen für viele Anwendungsbereiche vergleichbar oder sogar niedriger als bei Benzinfahrzeugen. Erdgas-Hybridantriebe stellen damit die einzigen Antriebe für Mittelklassefahrzeuge dar, die in jedem Fall eine signifikante Minderung der CO₂-Emissionen ohne Mehrkosten für die Endnutzer und gleichzeitig den Umstieg auf rein erneuerbare Treibstoffe ermöglichen.

Zudem lassen sich Businessmodelle für die gesamte Versorgungskette – von der Förderung des Erdgases beziehungsweise der Erzeugung von synthetischem Methan bis zum Einsatz im Fahrzeug – bereits ab 250 Fahrzeugen pro Tankstelle wirtschaftlich realisieren. Diese Auslastung ist heute in der Schweiz noch nicht erreicht, kann aber aufgrund der neuen CO₂-Gesetzgebung relativ schnell überschritten werden. Das Fazit ist deshalb klar: Sowohl aus energetischen als auch aus wirtschaftlichen Überlegungen lohnt es sich bereits heute, gasförmige Treibstoffe in energiepolitische Konzepte einzubinden.

Christian Bach und Patrik Soltic forschen an der Empa in Dübendorf an effizienten Erdgas-, Erdgas/Wasserstoff- und Dieselmotoren.

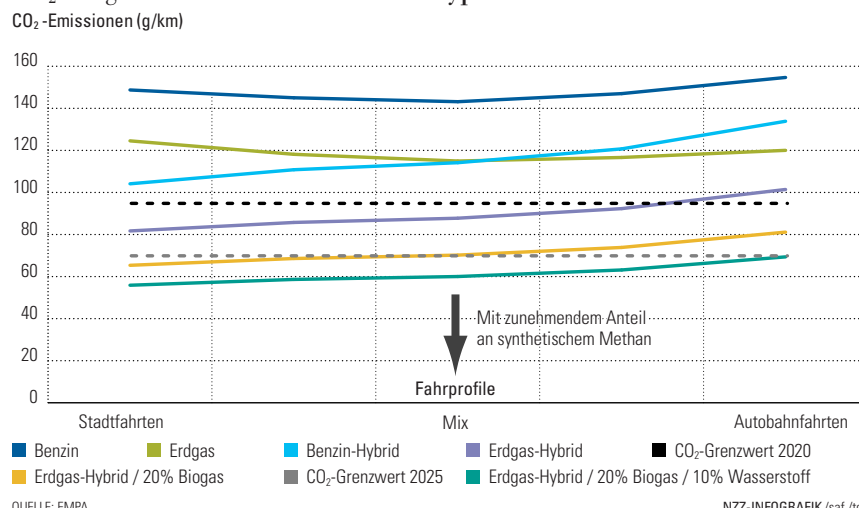
Zukünftige Antriebskonzepte im Vergleich

C. Bach / P. Soltic · Aufgrund der CO₂-Gesetzgebung für Personen- und Lieferwagen werden sich ab 2015 alternative Antriebskonzepte mit niedrigen Emissionen wesentlich stärker durchsetzen als bisher. Denn bei Nichteinhaltung der Grenzwerte drohen happige Bussen. Dabei stehen Erdgas-Hybrid- und Elektrofahrzeuge in der Pole-Position. Nicht nur besitzen sie einen ähnlich niedrigen Primärenergieverbrauch; es besteht zudem die Möglichkeit, sie vollständig mit erneuerbaren Energien zu betreiben, was der längerfristigen Energieperspektive entspricht. Während sich Elektroantriebe insbesondere in Klein-, Pendler-, Kurzstrecken- und Sportwagen einsetzen

lassen, eignen sich Erdgasantriebe vor allem für Minivans sowie Kompakt-, Mittelklasse- und Lieferwagen.

Vor wenigen Tagen hat die EU-Kommission ihre Strategie für umweltfreundliche Kraftstoffe veröffentlicht. Diese sieht ein ehrgeiziges Massnahmenpaket zum Aufbau alternativer Tankstellen mit einheitlichen Normen in ganz Europa vor. Zudem sollen die Anreize besser koordiniert und verstärkt werden. Die Automobilindustrie will den Bestand an Erdgasfahrzeugen bis 2020 um den Faktor 10 erhöhen. Die EU-Kommission schlägt in ihrer Treibstoffstrategie deshalb vor, ein flächendeckendes Netz an Erdgastankstellen zu bauen.

CO₂-Vergleich verschiedener Motorentypen



QUELLE: EMPA

NZZ-INFOGRAFIK/saf./ht.