

CO₂ ALS ROHSTOFF FÜR TREIBSTOFFE

DAS TREIBHAUSGAS NR. 1 RECYCLERN UND ALS ROHSTOFF FÜR ERNEUERBARE KOHLENWASSERSTOFFE NUTZEN

Das Ziel der internationalen Klimapolitik ist klar: Langfristig darf kein fossiles CO₂ mehr in die Atmosphäre «entsorgt» werden. Das heisst, die heute verwendeten Brenn-, Treib- und Kunststoffe müssen durch nachhaltige Produkte ersetzt werden. Der Kohlenstoff für diese Substitute muss aus Biomasse oder aus CO₂ stammen.

Boris Meier; Fabian Ruoss; Markus Friedl
HSR Hochschule für Technik Rapperswil, IET Institut für Energietechnik*

RÉSUMÉ

LE CO₂ EN TANT QUE MATIÈRE PREMIÈRE UTILISÉE DANS LES CARBURANTS – RECYCLER LE GAZ À EFFET DE SERRE N°1

Les carburants tels que l'essence, le diesel ou le méthane peuvent être produits synthétiquement et ainsi (éventuellement) de manière durable. La combustion de ces substances n'a pas d'impact sur le climat, car le CO₂ formé a été auparavant prélevé dans l'atmosphère ou dans un gaz d'échappement. Le carbone est une ressource importante pour la synthèse. L'analyse des flux de carbone en Suisse identifie des sources de carbone idéales. Ces flux sont représentés dans un diagramme qui montre que pratiquement tous les flux de carbone atterrissent à plus ou moins long terme sous forme de CO₂ dans l'atmosphère. La biomasse ou le CO₂ peuvent servir de source de carbone. Le CO₂ peut être extrait de l'atmosphère ou d'un gaz d'échappement, cette seconde variante étant plus éco-énergétique. Il est important que l'énergie électrique utilisée pour la synthèse soit renouvelable. L'extraction du CO₂ des 35 sources de CO₂ les plus importantes de Suisse permettrait au trafic routier de fonctionner à 43% avec du méthane renouvelable. L'énergie électrique nécessaire à la synthèse nécessiterait pour chaque véhicule une surface photovoltaïque moyenne de 100 m².

EINLEITUNG

Die gängigen organischen Treibstoffe Benzin, Diesel und Methan (Erdgas) stammen heute praktisch ausschliesslich aus fossilen Quellen und tragen damit bei der Verbrennung zum Anstieg der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre bei. Diese Produkte können aber auch durch technische Synthese hergestellt werden und sind damit unter bestimmten Voraussetzungen klimaneutral. Der Vorteil von Kohlenwasserstoffen gegenüber anderen potenziell nachhaltigen Energiespeichern wie Wasserstoff oder Batterien ist die hohe volumetrische Energiedichte.

MOBILITÄT AUS SONNE, LUFT UND WASSER

Dass die Synthese von nachhaltigen Kohlenwasserstoffen technisch ohne Weiteres möglich ist, zeigt die Hochschule für Technik Rapperswil (HSR) mit einer Demonstrationsanlage. Sie hat zusammen mit verschiedenen Partnern Anfang 2015 eine Anlage zur Herstellung von synthetischem erneuerbarem Methan in Betrieb genommen [1]. Die Anlage demonstriert den gesamten Prozess von der Gewinnung erneuerbaren Stroms durch Photovoltaik über die Umwandlung des Stroms in Methan bis zur Betankung eines Erdgasfahrzeugs. Es ist die erste Anlage weltweit, die den Kohlenstoffkreislauf auf technische

* Kontakt: boris.meier@hsr.ch

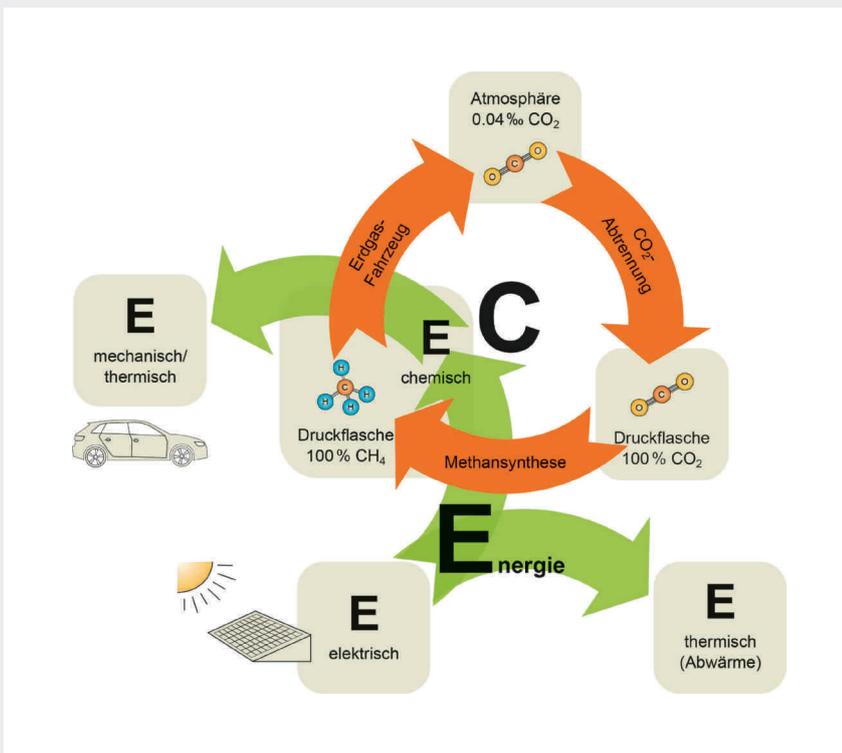


Fig. 1 Schematische Darstellung des Kohlenstoffkreislaufs
 Représentation schématique du circuit du carbone

Weise schliesst. Ein Adsorptionsverfahren trennt CO_2 aus der Umgebungsluft ab. Gleichzeitig erzeugt ein Elektrolyseur aus Wasser Wasserstoff H_2 . Die beiden Gase werden unter Druck bei hoher Temperatur in einen Reaktor geleitet. Dabei entsteht Methangas CH_4 . Dieses Gas wird bei 200 bar Druck in der Tankstelle für das Erdgasfahrzeug gespeichert. Im Verbrennungsmotor des Fahrzeugs entsteht genauso viel CO_2 , wie zuvor aus der Luft abgetrennt worden ist. Der Kohlenstoffkreislauf ist damit geschlossen (Fig. 1).

EINE FRAGE DER ZUTATEN

Für die Beurteilung der Nachhaltigkeit des synthetischen Methans müssen die Ausgangsstoffe Wasser und CO_2 sowie die Herkunft der elektrischen Energie genauer betrachtet werden. Der Verbrauch von Wasser stellt aus Sicht der Nachhaltigkeit kein Problem dar, weil der Prozess den Wasserkreislauf schliesst. Bei der Verbrennung von Methan entsteht genauso viel Wasser, wie für dessen Produktion verwendet worden ist. Die Nachhaltigkeit des Stroms kann durch Herkunftsnachweise beurteilt werden. Der CO_2 -Emissionsfaktor eignet sich hier als Indikator. Er quantifiziert die Menge an CO_2 , die bei der Stromproduktion emittiert wird (z. B. Schweizer Lieferanten Strommix 2011:

82 g CO_2/kWh [2]). Woher aber darf der Rohstoff CO_2 für die Methanproduktion stammen?

CO_2 ALS ROHSTOFF

Unbestritten ist, dass die Verwendung von CO_2 aus Luft als nachhaltig bewertet werden darf, weil damit der Kohlenstoffkreislauf geschlossen ist. Allerdings braucht die Abtrennung von CO_2 aus Luft einen gewissen Energieaufwand (1,8 bis 2,5 kWh/kg CO_2 [3]).

Effizienter ist es, CO_2 dort abzutrennen, wo es in hohen Konzentrationen emittiert wird (0,9 bis 1,1 kWh/kg CO_2 [4]). Um solche Quellen zu identifizieren und die Herkunft des Kohlenstoffs zu veranschaulichen, hat die HSR die Kohlenstoffströme in der Schweiz untersucht und in einem Diagramm zusammengefasst (Fig. 2). Unterteilt ist das Diagramm in vier Ebenen:

Ressourcen

Die Lage der Felder zeigt, ob die Ressource inländisch ist oder der Kohlenstoff importiert wird. Die Herkunft des Kohlenstoffs ist unterteilt in:

- fossil: Der Kohlenstoff stammt aus Kohle-, Öl- und Gasvorkommen.
- geogen: Der Kohlenstoff wird aus Gestein (z. B. Kalkstein) freigesetzt.

- biogen: Der Kohlenstoff hat biologischen Ursprung und befindet sich im natürlichen Kohlenstoffkreislauf.

Speicher

Energiespeicher wie Erdöllager oder Gasspeicher sowie Güter und Bauten. Die Bilanz der Eingangs- und Ausgangsströme in einen Speicher muss nicht null sein, sie unterscheiden sich typischerweise um einige Prozent voneinander.

Prozesse

Die Eingangsstoffe werden chemisch umgewandelt, in der Regel durch Verbrennung, wobei der gebundene Kohlenstoff zu CO_2 wird. Die Bilanz in jedem Feld ist Null, weil die Prozesse keine Speicherfähigkeit aufweisen.

Atmosphäre

Die hier ankommenden Ströme werden in Form von CO_2 in die Atmosphäre emittiert.

Die Kohlenstoffströme durchlaufen in der Regel die Ebenen von unten nach oben. Praktisch der gesamte den Ressourcen entnommene Kohlenstoff wird über kurz oder lang in die Atmosphäre emittiert. Es stellt sich die Frage, ob die Herkunft des Kohlenstoffs für die Beurteilung der Nachhaltigkeit von synthetischen Kohlenwasserstoffen entscheidend ist. Bei Abtrennung von CO_2 aus der Atmosphäre kann die Herkunft nicht garantiert werden. Dies würde dafür sprechen, dass die Herkunft von CO_2 auch bei konzentrierten Quellen keine Rolle spielen darf. Weitere Kriterien für die Eignung einer CO_2 -Quelle als Kohlenstoffspender für die Synthese von erneuerbaren Kohlenwasserstoffen sind der Massenstrom und die CO_2 -Konzentration. Kleine Massenströme anzuzapfen lohnt sich wirtschaftlich nicht, und geringe CO_2 -Konzentrationen bedeuten hohen energetischen Aufwand für die CO_2 -Abtrennung. Somit bieten sich in erster Linie Biogas- und Klärgasanlagen mit einem CO_2 -Volumenanteil von bis zu 50% als hervorragende CO_2 -Spender an. Weitere Quellen mit hohen Massenströmen und mittelhohen Volumenanteilen CO_2 sind Kehrlichtverbrennungsanlagen und Zementwerke.

Würden 75% der CO_2 -Emissionen der 29 Kehrlichtverbrennungsanlagen und der sechs Zementwerke der Schweiz für die Produktion von erneuerbarem Methan genutzt (5,5 Mio. Tonnen CO_2/Jahr), könnte damit synthetisches Methan für 43% des Strassenverkehrs bereitgestellt werden.

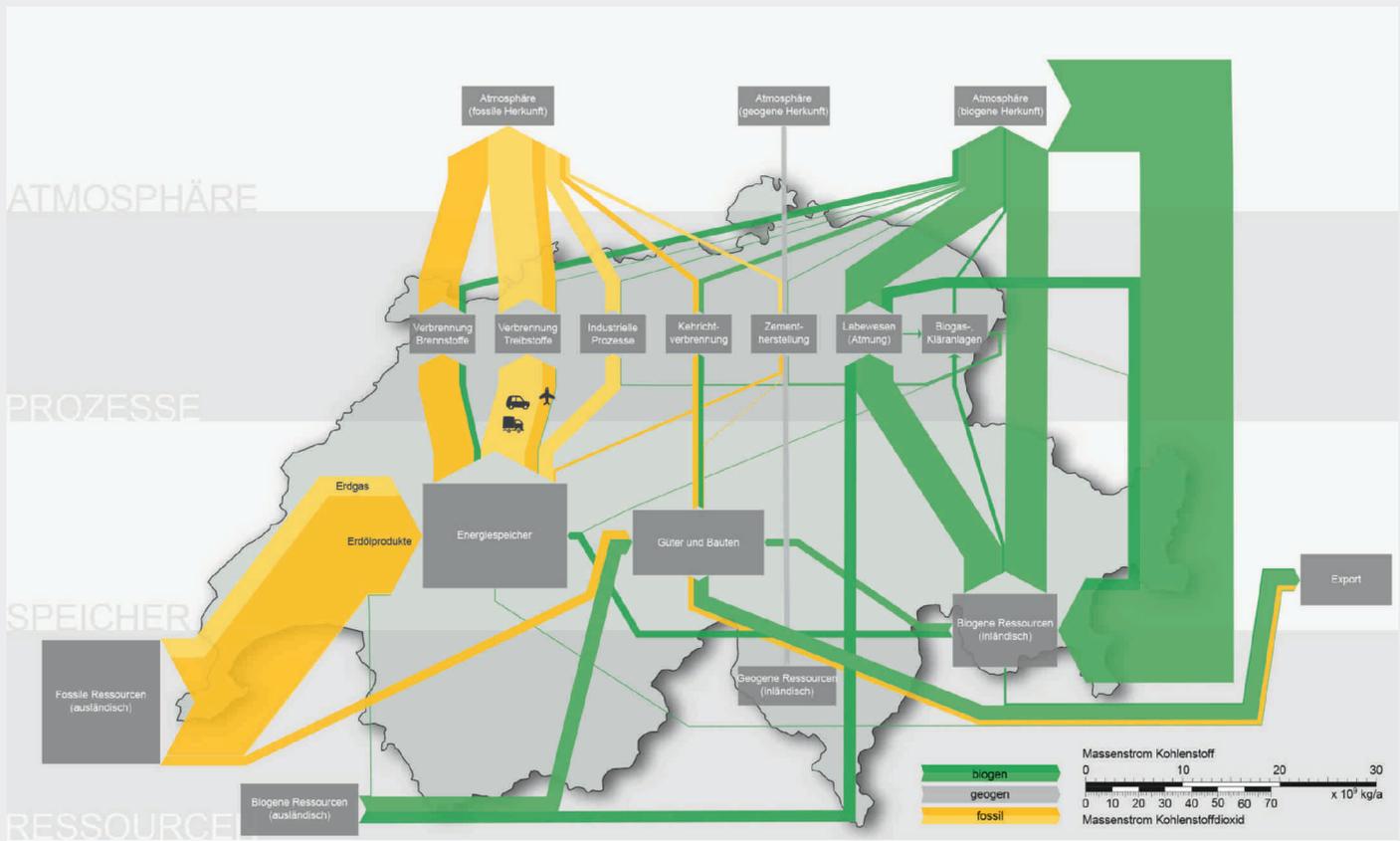


Fig. 2 Kohlenstoffströme in der Schweiz im Jahr 2013 / Flux de carbone en Suisse en 2013

100 M² PHOTOVOLTAIK PRO FAHRZEUG

Das durchschnittliche Schweizer Auto fährt 15000 km im Jahr. Um diese Fahrleistung zu erbringen, müssen 500 kg Methan getankt werden, die aus 1200 Liter Wasser, 1400 kg CO₂ und 15000 kWh elektrischer Energie hergestellt werden können. Diese Energie kann in einem Jahr von 100 m² Photovoltaik geliefert werden. Es liegt auf der Hand, dass synthetisiertes Methan teurer ist als fossiles, weil es produziert werden muss und nicht einfach gefördert werden kann. Drei entscheidende Faktoren bestimmen die Gestehungskosten: der Strompreis, die Investitionskosten für die Produktionsanlage und die Betriebsdauer, auf welche die Investitionskosten abgewälzt werden können. Alle Prozesse können relativ gut intermittierend betrieben werden, sodass Gas genau dann produziert werden kann, wenn der Strompreis an der Börse tief ist.

eine andere Form um und machen sie damit speicherbar. Aus dieser Sicht sind sie den Pumpspeicherwerken gleichzustellen, die vom Netzentgelt befreit sind. Weiter kann der Gaspreis durch die teilweise oder vollständige Befreiung von der Mineralölsteuer beeinflusst werden. Und schliesslich profitieren erneuerbare Treibstoffe davon, wenn die CO₂-Abgabe auf fossile Treibstoffe eingeführt wird. Die Preissensitivität wird zwar dadurch relativiert, dass der Treibstoffpreis nur 13% der Kilometerkosten eines Fahrzeugs verursacht [5]. Letztendlich entscheidet aber doch der Preis an der Tankstelle über den Erfolg von erneuerbaren Treibstoffen. In der Schweiz ist der Strassenverkehr verantwortlich für 36% der fossilen CO₂-Emissionen. Mobilität mit nachhaltig produzierten Treibstoffen kann diese Emissionen als Ergänzung zur erneuerbaren Elektromobilität auch beim Schwerverkehr deutlich reduzieren. Dies ist bereits heute technisch möglich. Ob dieses Potenzial umgesetzt wird, entscheidet die Politik durch entsprechende Rahmenbedingungen.

DANKSAGUNG

Das Projekt wird unterstützt vom Schweizerischen Nationalfonds.



Energy Turnaround
National Research Programme

Der Gaspreis wird durch politische Rahmenbedingungen stark beeinflusst. Nach der heutigen Gesetzgebung muss für den Strombezug ein Netzentgelt entrichtet werden. Power-to-Gas-Anlagen sind keine Endenergienutzer, vielmehr wandeln sie Energie in

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Cramer, V. et al. (2015): Erste Betriebserfahrungen mit der Pilot- und Demonstrationsanlage Power-to-Methane HSR. In: Aqua & Gas, Heft 10/15
- [2] Stolz, Ph.; Frischknecht, R. (2015): Umweltbilanz Strommix Schweiz 2011. Bundesamt für Umwelt BAFU. Bern
- [3] Climeworks (2016): Facts & Figures. www.climeworks.com/facts-figures.html (abgerufen am 4.7.2016)
- [4] Desideri, U.; Paolucci, A. (1999): Performance modelling of a carbon dioxide removal system for power plants. *Energy Conversion and Management* 40(18), 1899-1915
- [5] Touring Club Schweiz (2016): Kosten eines Musterautos. www.tcs.ch/de/auto-zweirad/auto-kaufen-verkaufen/auto-unterhaltskosten/kosten-eines-musterautos.php (abgerufen am 4.7.2016)