



Der Einsatz von LNG bzw. LBG ermöglicht Lastwagen nicht nur Reichweiten, die mit jenen von Dieselfahrzeugen vergleichbar sind, sondern verkürzt auch die Betankungsdauer gegenüber der Nutzung von CNG. Foto: Krummen Kerzers

FLÜSSIGBIOGAS KÖNNTE LKW VORANBRINGEN

Biogas wird in der Schweiz vielfältig genutzt, hauptsächlich für die Erzeugung von Wärme und Strom, aber auch als Treibstoff für gasbetriebene PW. Bei Lastwagen wird erneuerbares Gas bisher kaum eingesetzt. Die Nutzung von Flüssigbiogas (LBG) wäre technisch machbar und hätte ein erhebliches Potenzial zur Minderung der Treibhausgas-Emissionen. Zu diesem Ergebnis kommt ein Pilot- und Demonstrationsprojekt, das die Ostschweizer Fachhochschule (OST) gemeinsam mit einem Detailhändler und einem Transportunternehmen durchgeführt hat.

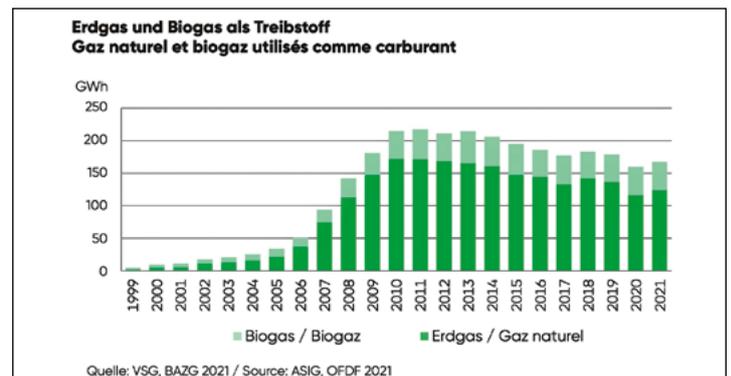
Text: Benedikt Vogel (BFE) Bilder: Diverse

Biogas wird in der Schweiz in rund 110 landwirtschaftlichen und 35 industriellen Biogasanlagen hergestellt. Eine der grössten Anlagen steht in Inwil im Kanton Luzern. Hier produziert die SwissFarmerPower Inwil AG aus kommunalem Grüngut sowie organischen Abfällen aus Lebensmittelindustrie und Landwirtschaft erneuerbares Gas. Über das Jahr werden in Inwil mehr als 36 GWh Biogas erzeugt. Der überwiegende Teil (32 GWh) wird ins regionale Erdgasnetz eingespeist. Jeweils rund 2 GWh werden am Ort in Strom und Wärme umgewandelt – und damit Strom für 600 durchschnittliche Vier-Personen-Haushalte und Wärme für 400 durchschnittliche Vier-Personen-Haushalte bereitgestellt. Auf dem Areal steht zudem eine Tankstelle für gasbetriebene Autos. Würde man die gesamte Energieproduktion von SwissFarmerPower Inwil im Transportsektor ein-

setzen, würde das Gas zum Betrieb von 5500 Personewagen mit 10 000 Kilometer Jahreslaufleistung ausreichen.

GASFÖRMIGER TREIBSTOFF Biogas deckt rund sechs Prozent des Schweizer Gasbedarfs, so die Jahresstatistik des Verbands der Schweizerischen Gasindustrie. Wenn man auf die verschiedenen Anwendungsbereiche von Gas schaut, spielt Biogas im Transportbereich eine erhebliche Rolle: Bei den gasförmigen Treibstoffen hat Biogas einen Anteil von rund einem Viertel (siehe Grafik 1). Das rührt auch daher, dass dem Treibstoff, den man an Schweizer Erdgas-Tankstellen bezieht, mindestens 20 Prozent Biogas beigemischt ist.

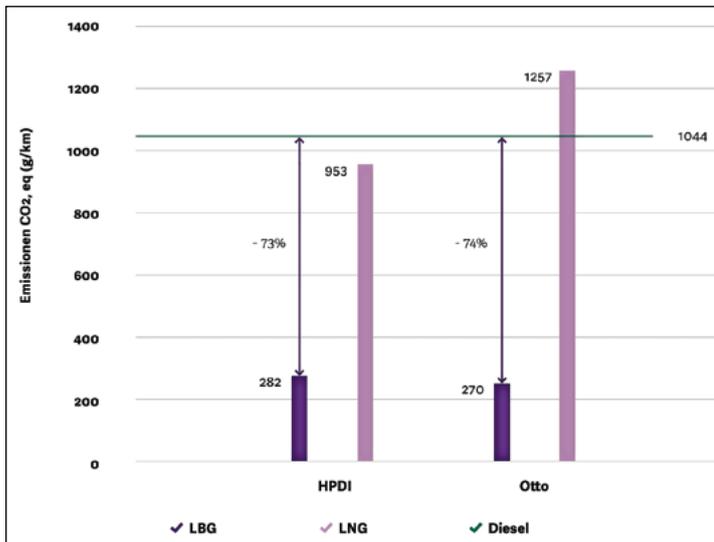
Der Treibstoff, den Gasfahrzeuge heute in der Regel tanken, ist gasförmig, aber verdichtet (daher die Bezeich-



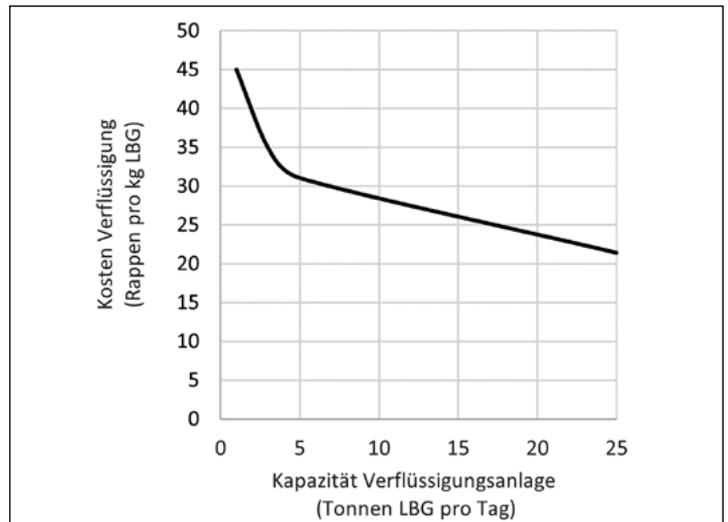
Grafik 1: In der Schweiz wird rund ein Viertel des Gasbedarfs zum Antrieb von Fahrzeugen durch Biogas abgedeckt. Grafik: VSG

nung «compressed natural gas» CNG). Dank Verdichtung kann man den Energieinhalt für eine gegebene Tankgrösse gegenüber unkomprimiertem Gas vervielfachen, bei Personenwagen typischerweise etwa 200-fach. Noch mehr Energie lässt sich in einen Gastank packen, indem man das Gas durch Abkühlung auf ca. minus 162 °C verflüssigt. Flüssigerdgas (engl. «liquefied natural gas» LNG) hat eine 600-mal höhere Energiedichte als Erdgas unter Normalbedingungen und ermöglicht Reichweiten, die mit jenen von Dieselfahrzeugen vergleichbar sind. «Dieser gasbasierte Flüssigtreibstoff kommt im Schwerlastverkehr zunehmend zum Einsatz, mit ihm lässt sich der CO₂-Ausstoss gegenüber Diesel um 5 bis 20 Prozent senken», sagt Elimar Frank, Professor an der Ostschweizer Fachhochschule. «Vor diesem Hintergrund wollten wir in einer Studie untersuchen, welchen Beitrag verflüssigtes Biogas (liquefied biogas LBG) zu einem klimafreundlichen Gütertransport in der Schweiz leisten könnte.»

SCHWEIZER LKW MIT NORWEGISCHEM LBG Das Projekt «Hello-LBG» wurde nach einer vierjährigen Laufzeit im Frühjahr 2023 abgeschlossen. Es wurde finanziell unterstützt vom BFE, dem Forschungsfonds Gas der Schweizerischen Gasindustrie und der Lidl Schweiz AG. Der Detailhändler war als Praxispartner beteiligt, ebenso das unter anderem für Lidl Schweiz tätige Transportunternehmen Krummen Kerzers AG (wir haben das Projekt beim Start ausführlich beschrieben). Krummen Kerzers stellte im Rahmen des Projekts zwei seiner LNG-LKW zur Verfügung, deren Emissionen während eines Jahres erhoben wurden. Die Messungen im Rahmen des Projekts sollten ursprünglich mit LBG durchgeführt werden, doch weil dieses pandemiebedingt nicht verfügbar war, wichen die Wissenschaftler auf das in der Zusammensetzung nahezu identische LNG aus (LBG und LNG sind chemisch betrachtet fast vollständig Methan).



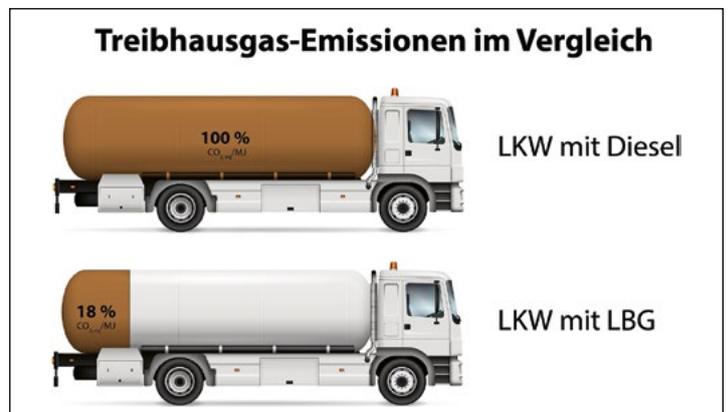
Grafik 3: Im Projekt HelloLBG wurden ein LNG-LKW mit HPDI-Motortechnologie (High Pressure Direct Injection, wie Diesel) und ein LNG-LKW mit Ottomotor-Verbrennungsprinzip untersucht. Das in diesem Projekt untersuchte Fahrzeug mit Ottomotor wies höhere CO₂-Emissionen auf als das Fahrzeug mit HPDI-Motor, das für die Zündung zusätzlich Diesel einsetzt, und hatte auch höhere Emissionen als ein Diesel-LKW. Der höhere Verbrauch ist auf die geringere Effizienz des im Projekt untersuchten Ottomotors inkl. Abgaskonzept gegenüber dem HPDI-Fahrzeug zurückzuführen. Beim Betrieb mit LBG wurden beim Ottomotor hingegen tiefere Emissionen als beim HPDI-Motor gemessen. Der Grund: HPDI-Motoren können nicht vollständig auf LBG umgestellt werden, da immer ein Rest von etwa zehn Prozent (Masse) an Diesel benötigt wird. Grafik: Schlussbericht HelloLBG



Grafik 2: Die Herstellung von 1 kg LBG in der Schweiz könnte mit einer Produktionskapazität von etwa 5 t/Tag rund 2 Franken kosten. Etwa 15 Prozent dieser Kosten (ca. 30 Rp.) entfallen dabei auf die Aufbereitung und Verflüssigung des Biogases. Der grösste Teil der Kosten (etwa drei Viertel) fällt bei der Erzeugung des Biogases an. Grafik: angepasst aus Schlussbericht HelloLBG

LNG wie LBG verursachen bei der Verbrennung CO₂-Emissionen, aber LBG gilt als nicht klimaschädlich, weil der freigesetzte Kohlenstoff zuvor durch Pflanzen aus der Atmosphäre entzogen wurde.

Das Projektteam hat nun auf der Basis von Messungen und der Auswertung von Betriebsdaten errechnet, wie stark die Treibhausgas-Emissionen vermindert werden könnten, würde eine Schweizer LKW-Flotte anstelle von Diesel mit LBG unterschiedlicher Herkunft betankt. Das Ergebnis: Der Ausstoss an Treibhausgasen sinkt bei der Verwendung von LBG aus einer grossmasstäblichen Produktion in Norwegen um gut vier Fünftel (82 Prozent), wenn man die ganze Wertschöpfungskette von Produktion (inkl. Verflüssigung), Transport, Lagerung und Verwendung im Fahrzeug (Well-to-Wheel-Analyse) betrachtet (siehe Grafik 4). Für die Berechnung wurde angenommen, dass bei LBG-Produktion und -Verflüssigung erneuerbare Energien eingesetzt werden, der Transport in die Schweiz wurde jedoch mit fossilem Diesel bilanziert.



Grafik 4: Verglichen mit einem Diesel-LKW verursacht ein mit Flüssigbiogas LBG angetriebener LKW nur 18 Prozent der Treibhausgas-Emissionen. Die verbleibenden Emissionen entfallen etwa zu zwei Dritteln auf die Biogasproduktion und zu einem Drittel auf den Transport des Treibstoffs in die Schweiz und die Verwendung. Bei der Berechnung wird angenommen, der Treibstoff LBG sei in Norwegen hergestellt und dann in die Schweiz transportiert worden. Illustration: B. Vogel (mit Shutterstock)



Während LKW mit komprimiertem Erdgas (CNG) Reichweiten von 200 bis 300 km haben, sind es beim LNG-LKW (Bild), wie ihn Krummen Kerzers von Volvo einsetzt, bis zu 1000 km. Hierbei ist allerdings zu berücksichtigen, dass das LNG-Fahrzeug nicht nur mit einem LNG-Tank (205 kg), sondern zusätzlich mit einem Dieseltank (170 l) ausgerüstet ist, der einen Teil der grösseren Reichweite sicherstellt. Fotos: Krummen Kerzers

Das Freiburger Transportunternehmen Krummen Kerzers hat eine Flotte von 180 Lastwagen, darunter 30 LNG-Fahrzeuge und neuerdings auch mehrere Trucks mit reinem Elektroantrieb.

CHANCEN FÜR INLÄNDISCHE PRODUKTION LBG-Trucks sind also klimafreundlicher, aber nicht klimaneutral unterwegs. In der LBG-Wertschöpfungskette gibt es zwei mögliche Quellen für die Emissionen von Methan, das eine 28-fach stärkere Treibhausgaswirkung hat als CO₂. Zum einen sind da die nicht vollständig vermeidbaren direkten Methanemissionen bei der Biogasproduktion. Zudem können Methanemissionen durch «Venting» (siehe Kasten «Unerwünschtes Venting») entstehen. Beim Transport des LBG in die Schweiz kommt es auf den dafür verwendeten Treibstoff an, wie hoch dieser Anteil an den gesamten klimarelevanten Emissionen der Wertschöpfungskette ist. Die Autoren des «HelloLBG»-Schlussberichts halten aber fest, der Transport von (beispielsweise aus Norwegen) importiertem LBG spiele für die Klimabilanz «eine untergeordnete Rolle». Die Emissionen könnten zudem weiter gemindert werden, etwa durch die Wahl anderer Transportmittel oder durch Vermeiden von Venting.

Die naheliegende Alternative zum Import wäre die Herstellung von LBG in der Schweiz. Nach Berechnungen des Projektteams liesse sich Flüssigbiogas schon in relativ kleinen Produktionsanlagen (Jahresproduktion von 1500 bis 2000 t LBG) zu vertretbaren Kosten (unter 2 Fr./kg LBG) herstellen. In der Schweiz bestehen bereits einige Biogasanlagen mit entsprechenden Produktionsvolumina. Anlagen wie die vorgängig erwähnte in Inwil könnten LBG für mehr als 100 LKW (Jahresleistung 100 000 km) bereitstellen. Einschliesslich des bisher ungenutzten Potenzials an Biomasse in der Schweiz liesse sich theoretisch die ganze Schweizer LKW-Flotte versorgen, sagt Elimar Frank.

UNERWÜNSCHTES VENTING

Flüssigbiogas (LBG) hat einen grossen Energieinhalt und ist klimafreundlich. Zu den Schattenseiten gehört, dass LBG für die Verflüssigung Energie braucht (nach Berechnungen des «HelloLBG»-Teams rund zehn Prozent der in Biogas enthaltenen Energie). LBG hat eine Temperatur von minus 162 °C. Damit diese tiefe Temperatur erhalten bleibt, wird es in Vakuumtanks transportiert und gelagert (ohne aktive Kühlung). Bei mehrtägigen LKW-Fahrten erwärmt sich ein Teil des LBG und wird gasförmig. Dadurch entsteht im Tank ein Überdruck. Dieser kann abgebaut werden, indem während der Betankung ein Teil des Methans an die Tankstelle zurückgeführt wird. Liegt der Druck der Tankstelle über 9,5 bar, ist diese Rückführung nicht möglich und das «überschüssige» Methan muss in die Atmosphäre abgelassen werden (engl. Venting). Dabei gelangt das Methan, aus dem LBG hauptsächlich besteht, in die Umwelt. Dies ist unerwünscht, weil Methan ein aggressives Treibhausgas ist. Im OST-Projekt «HelloLBG» konnte das Wissenschaftlerteam zeigen, dass Ventings «durch einen höheren Methanumsatz an der Tankstelle (ca. 2000 kg pro Tag) sowie gezielte Anpassungen in der Disponierung der LKW auf nahezu null reduziert werden» können, wie der Projektschlussbericht ausführt.

PILOT- UND DEMONSTRATIONSPROJEKTE DES BFE

Das hier vorgestellte Projekt wurde vom Pilot- und Demonstrationsprogramm des Bundesamts für Energie (BFE) unterstützt. Mit dem Programm fördert das BFE die Entwicklung und Erprobung von innovativen Technologien, Lösungen und Ansätzen, die einen wesentlichen Beitrag zur Energieeffizienz oder der Nutzung erneuerbarer Energien leisten. Gesuche um Finanzhilfe können jederzeit eingereicht werden. www.bfe.admin.ch/pilotdemonstration

HOHE PREISE BREMSEN UMSTIEG Diese Vision steht im Konjunktiv, denn Flüssiggas steht aktuell im Gegenwind. 2022 haben sich LNG und LBG im Zuge der geopolitisch bedingten Energiekrise stark verteuert. Im Moment sei LBG nicht konkurrenzfähig, sagt Sabine Krummen, Leiterin Nachhaltigkeit beim Fuhrunternehmen Krummen Kerzers: «Ginge es nach uns, würden wir unsere 30 LNG-Trucks längst mit LBG betanken, denn nach unseren Erfahrungen in den letzten Jahren funktioniert dieser Treibstoff problemlos. Leider aber gibt es hohe Hürden für den Import von LBG und die Anerkennung als biogenes Gas, und fehlende ökonomische Anreize verhindern den Fuel-Switch.» Krummen Kerzers setzt daher zum Ersatz von Diesel-betriebenen LKW auf Gasfahrzeuge, die mit LNG betankt werden, ergänzt um reine Elektro-Trucks. «Im Vergleich zu Elektro-Trucks haben LNG-Fahrzeuge keine Einbussen bei Reichweite und Nutzlast, zudem sind sie schnell betankt – das sind gerade im internationalen resp. im schweren Langstreckenverkehr erhebliche Vorteile», sagt Krummen.

Damit Flüssigbiogas im Schwerlastverkehr eine Chance hat, brauche es finanzielle Anreize, ist auch OST-Professor Frank überzeugt. Konkret plädiert er für die Anerkennung europäischer Zertifikate, sofern die Schweizer Anforderungen für die verwendeten Substrate erfüllt werden, damit die für Biogas grundsätzlich gewährte Befreiung von der Mineralölsteuer auch für importiertes LBG greift. Würde zudem die LSVA für LBG-LKW beispielsweise auf 50 Prozent reduziert, wäre Flüssigbiogas mit Diesel konkurrenzfähig, betont Frank. «Mit dem Einsatz von LBG liesse sich der Schwerlastverkehr schnell klimafreundlicher machen, auch wenn es nur eine Übergangstechnologie sein sollte, bis in ein oder zwei LKW-Generationen für den Strassengütertransport ein gutes Angebot von Elektrofahrzeugen und ausreichend erneuerbarer Strom zur Verfügung stehen.» ■

Der Schlussbericht zum Projekt «Nutzung von LBG (Liquefied Biogas) für den Schweizer Schwerlasttransport (HelloLBG)» ist abrufbar unter: <https://www.aramis.admin.ch/Texte/?ProjectID=44233>

Auskünfte zum Thema erteilen Men Wirz (men.wirz@bfe.admin.ch), Co-Verantwortlicher des Pilot- und Demonstrationsprogramms des BFE, und Sandra Hermle (sandra.hermle@bfe.admin.ch), Leiterin des BFE-Forschungsprogramms Bioenergie.

Weitere Fachbeiträge über Forschungs-, Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprojekte im Bereich Bioenergie finden Sie unter www.bfe.admin.ch/ec-bioenergie.