

SunFuel® – der Weg zur nachhaltigen Mobilität



Die Volkswagen Kraftstoff- und Antriebsstrategie

Kann Mobilität nachhaltig sein? Ist es möglich, dass Verkehr nicht nur ökonomisch, sondern auch ökologisch und sozial verträglich ist? Wollen Menschen auch in Zukunft noch mobil sein, dann muss dies nachhaltig geschehen. Denn erstens ist die wichtigste Ressource der heutigen Kraftstoffe, das Erdöl, begrenzt, und zweitens werden die vielfältigen Belastungen durch den zunehmenden Verkehr zu einem wachsenden Problem.

Für den motorisierten Verkehr werden deshalb nicht nur neue Fahrzeugkonzepte entstehen, sondern auch neue Antriebe. Und dafür werden neue Kraftstoffe gebraucht, die nicht mehr vorwiegend auf fossilen Rohstoffen basieren, aber trotzdem die vorhandene Infrastruktur weiterhin nutzen können. Volkswagen arbeitet deshalb seit dem Jahr 2000 an einer Kraftstoff- und Antriebsstrategie, mit der sich diese Ziele realisieren lassen. Und unsere Anstrengungen tragen bereits Früchte. So z. B. in der Alliance for Synthetic Fuels in Europe (ASFE), in der wir uns zusammen mit Partnern aus der europäischen Automobil- und Mineralölindustrie für die Markteinführung von synthetischen Kraftstoffen in Europa einsetzen.

„Unsere Kraftstoff- und Antriebsstrategie ist nicht nur vernünftig, sie ist auch wegweisend für die Zukunft. Dabei verfolgen wir drei Ziele: Steigerung der Effizienz von Antriebseinheiten bei gleichzeitiger Senkung der Schadstoffemissionen, die Einbindung von alternativen Energiequellen in den Prozess der Kraftstoffherstellung und die Entwicklung von CO₂-neutralen Kraftstoffen, die in der derzeit verfügbaren Automotoren Verwendung finden können.“

Dr. Bernd Pischetsrieder, Vorstandsvorsitzender der Volkswagen AG

Erdöl ist der Motor der Wirtschaft. Allein die Länder der Europäischen Union (EU) verbrauchten im Jahr 2004 etwa ein Fünftel der Welterdölproduktion. Und dieser Rohstoff, das wissen wir, wird in absehbarer Zeit nicht mehr zu den gleichen Kosten zu fördern sein wie gegenwärtig. Damit ist sicher, dass der Preis weiter steigt. Dennoch wird auch in den kommenden Jahren und Jahrzehnten nicht auf Erdöl zur Herstellung von Kraftstoffen verzichtet werden können.

Die Kraftstoffstrategie von Volkswagen setzt deshalb auf die Diversifikation der Energiequellen und nicht der Energieträger. Die Kraftstoffe sollen aus verschiedenen Rohstoffen erzeugt, an den bereits bestehenden Tankstellen vertrieben und auch von heutigen Fahrzeugen genutzt werden.

Vor dem Hintergrund einer Reduzierung der verkehrlichen Kohlendioxidemissionen und weiter sinkender Abgasgrenzwerte fordert Volkswagen eine stärkere Nutzung CO₂-neutraler Energiequellen und hier insbesondere der Biomasse. Sie soll, neben Erdöl und Erdgas, zur Herstellung flüssiger Kraftstoffe verwendet werden. Dieses



Treffen für eine saubere Sache: Renate Künast, Bundesministerin für Verbraucherschutz, bei der Übergabe der BtL-Ökobilanzstudie durch Prof. Herbert Kohler (DaimlerChrysler) und Volkswagen-Forschungsleiter Matthias Rabe (rechts). Probefahrt mit Matthias Rabe (links) und Reinhold Kopp, verantwortlich für Regierungsbeziehungen.

Ziel, nämlich Biomasse stärker zur Kraftstoffherzeugung zu nutzen, wurde auch in der Kraftstoffstrategie der Bundesrepublik Deutschland, die in den wesentlichen Punkten mit der von Volkswagen übereinstimmt, formuliert. Die Biomasse wird einen erheblichen Beitrag dazu leisten müssen, dass bis 2010 die Vorgaben der Bundesregierung und der EU erreicht werden und 5,75 Prozent Biokraftstoffe am Markt verfügbar sind. Synthetische Kraftstoffe, die auch aus Biomasse erzeugt werden können, ermöglichen ein weit größeres ökonomisches und ökologisches Potenzial, als es z. B. Biodiesel oder Ethanol bietet.

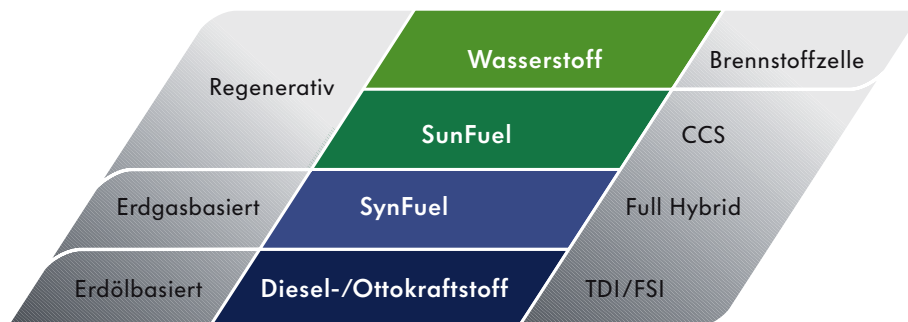
„Mittel- bis langfristig hat eine neue Generation von Biokraftstoffen, die synthetisch aus Biomasse hergestellt werden, die höchsten Potenziale, da hier mit jeder Art von Biomasse (z. B. Abfälle, Pflanzen, Holz) durch Vergasung und anschließende Synthese ein hochwertiger Dieselkraftstoff hergestellt werden kann.“

Fortschrittsbericht der deutschen Bundesregierung zur „Nachhaltigen Entwicklung“

In Zukunft werden Kraftstoffe nicht nur mit besonderen Eigenschaften aufwarten, weshalb sie auch als Designerkraftstoffe bezeichnet werden, sondern sie werden auch als konstruktives Element bei der Motorenentwicklung eingesetzt. Neue Motoren, die den Verbrauch und die Emissionen nochmals deutlich reduzieren, werden hierdurch ermöglicht. Aus einer Kraftstoffstrategie wird eine Kraftstoff- und Antriebsstrategie. Die Entwicklung und Optimierung von Kraftstoffen und Antrieben verlaufen aufeinander abgestimmt.

Als eine viel versprechende Ergänzung zum bewährten Verbrennungsmotor sieht Volkswagen langfristig den Brennstoffzellenantrieb. Dazu müssen allerdings noch technische, wirtschaftliche und logistische Probleme gelöst werden wie z. B. die Erzeugung von Wasserstoff aus regenerativer Energie.

Die Kraftstoff- und Antriebsstrategie: Evolution statt Revolution



Quelle: Volkswagen AG

Unsere Ziele

Nachhaltigkeit

Ökonomische, ökologische und soziale Verträglichkeit sind Triebfedern der Antriebs- und Kraftstoffstrategie.

Diversifikation der Primärenergie

Ziel ist die Sicherstellung der Versorgungssicherheit durch die Nutzung mehrerer Rohstoffe zur Kraftstoffherstellung.

Nutzung der vorhandenen Infrastruktur

Die Markteinführung neuer Kraftstoffe wird erst realistisch, wenn sie auf der vorhandenen Infrastruktur aufbauen kann.

Optimierung der Kraftstoffe aus Mineralöl

Nicht nur die Entwicklung neuer Kraftstoffe steht bevor, sondern auch die weltweite Verbesserung der herkömmlichen Kraftstoffe aus Mineralöl. Durch geringere Schwefel- und Aromatenanteile werden die Fahrzeugemissionen erheblich sinken. Außerdem können dadurch Motorentechnologien wie direkt einspritzende Ottomotoren (FSI) und direkt einspritzende Dieselmotoren (TDI) weltweit zum Einsatz kommen. Das sind bewährte Technologien, die sowohl den Kraftstoffbedarf als auch die Emissionen deutlich reduzieren.

Synthetische Kraftstoffe

Synthetische Kraftstoffe, so genannte SynFuels, werden in einem zweistufigen Verfahren aus Synthesegas hergestellt, das entweder aus fossilen Energieträgern wie Kohle und Erdgas oder aus Biomasse gewonnen wird. Das Synthesegas, bestehend aus Wasserstoff und Kohlenmonoxid, wird in der so genannten Fischer-Tropsch-Synthese zu flüssigem Kraftstoff umgewandelt. Wird Erdgas als Rohstoff verwendet, sprechen wir von Gas-to-Liquid (GtL), da aus einem Gas ein flüssiger Kraftstoff entsteht. GtL wird u. a. bereits seit 1993 vom Mineralölhersteller Shell in Malaysia großtechnisch hergestellt. Schon heute ist diese Technologie unter günstigen Rahmenbedingungen wirtschaftlich. In Zukunft wird die wachsende Nachfrage nach

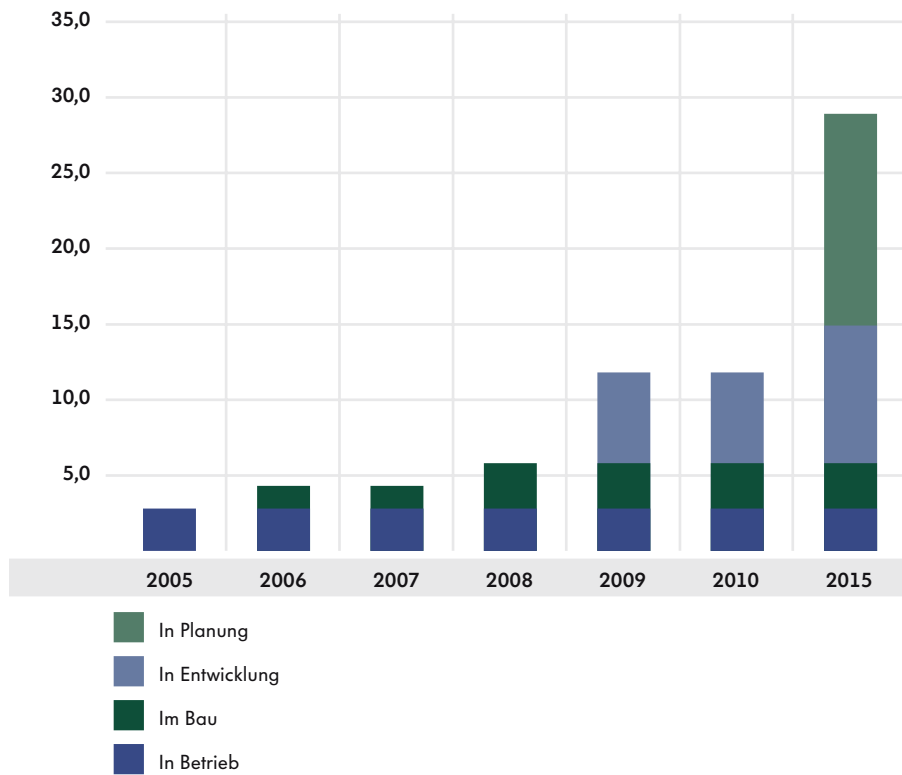


Erdgas verflüssigen statt abfackeln: GtL-Anlage in Katar

Erdöl seinen Preis ständig steigen lassen, wodurch die GtL-Technologie ökonomisch noch interessanter wird. Diese Entwicklung spiegelt sich in den GtL-Aktivitäten der großen Mineralölunternehmen z. B. im arabischen Emirat Katar wider. So investiert allein Shell dort zurzeit fünf Milliarden US-Dollar in die derzeit weltgrößte kommerzielle GtL-Anlage mit einer Kapazität von 6,5 Millionen Tonnen SynFuel pro Jahr.

Weltweite GtL-Produktion*

Kapazität in Millionen Tonnen Erdöl-Äquivalent pro Jahr



* Zum Vergleich: Im Jahr 2003 wurden in Deutschland 28 Millionen Tonnen Diesellostoff verbraucht.

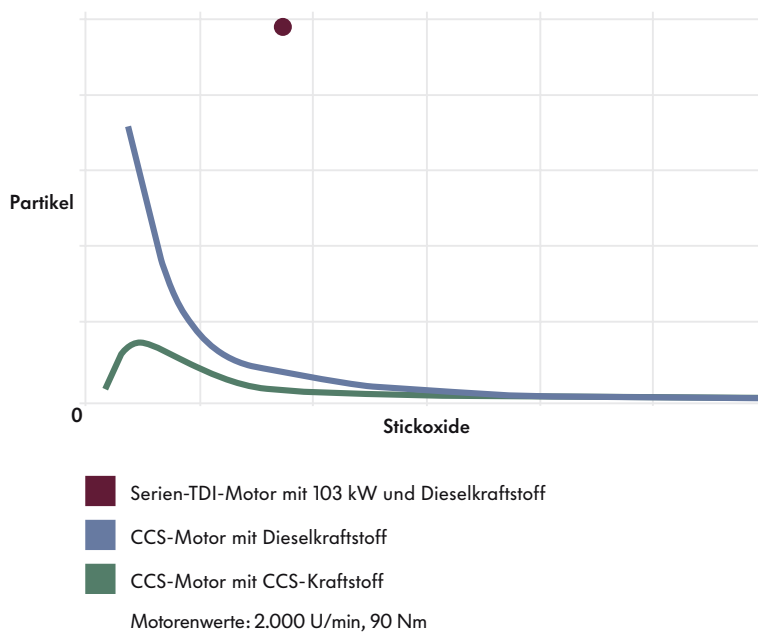
Quelle: Volkswagen AG

SynFuels bieten zwei entscheidende Vorteile:

Geringere Emissionen

Mit dem genannten Herstellungsverfahren können die Kraftstoffeigenschaften exakter eingestellt werden, als es bei einer heutigen Raffinerie möglich ist. Damit können die Emissionen von modernen, aber vor allem auch älteren Fahrzeugen deutlich gesenkt werden. Zusätzlich werden weiter optimierte Motorentechnologien wie das Combined Combustion System (CCS) möglich, das die geringen Emissionen eines Benzinmotors mit dem sparsamen Verbrauch eines Dieselantriebs vereinigt. Ein auf CCS zugeschnittenes SynFuel reduziert die Ruß- und Stickoxidemissionen fast vollständig.

CCS-Emissionspotenzial



Quelle: Volkswagen AG

Nutzung der vorhandenen Tankstelleninfrastruktur

SynFuel ist ein hochreiner flüssiger Kraftstoff mit ähnlichen physikalischen Eigenschaften wie Benzin oder Diesel. Deshalb kann das bestehende Tankstellennetz problemlos weiter genutzt werden. Wird dagegen Erdgas direkt als Kraftstoff verwendet, ist dies nicht der Fall. Darüber hinaus werden an den Fahrzeugen keine technischen Eingriffe notwendig. Dies ist ein entscheidender Vorteil, da die Emissionsvorteile nicht nur mit neuen, sondern mit allen Fahrzeugen erzielt werden.

Für die Herstellung von GtL bieten sich vor allem solche Erdgasvorkommen an, die sich in abgelegenen Gebieten befinden und nach herkömmlichen Verfahren nicht wirtschaftlich ausgebeutet werden können. Direkt an der Förderstelle produziertes GtL muss im Gegensatz zu Erdgas nicht aufwendig und kostspielig durch Pipelines zu den Absatzmärkten gepumpt werden, sondern lässt sich problemlos in Tank-

fahrzeugen transportieren. So bauen z. B. in Nigeria die Unternehmen Chevron und Sasol eine GTL-Anlage mit einer Jahresproduktion von 1,5 Millionen Tonnen, in der das bisher abgefackelte Erdgas zu hochwertigen Kraftstoffen umgewandelt werden soll.

SunFuel aus Biomasse

Synthetischer Kraftstoff aus Biomasse, so genanntes SunFuel, ist genauso problemlos anwendbar wie SynFuel – mit den gleichen Emissionsvorteilen. Es wird der gleiche Syntheseprozess angewendet, und somit werden die gleichen hohen Kraftstoffqualitäten erzielt. Nur als Rohstoff kommt Biomasse statt Erdgas zum Einsatz. Dadurch ist SunFuel bis zu 85 Prozent treibhausgasneutral. Denn das Kohlendioxid, das bei seiner Verbrennung entsteht, wurde zuvor von den energieliefernden Pflanzen während ihres Wachstums aus der Atmosphäre aufgenommen. Im Gegensatz führt die Verbrennung von Kraftstoffen aus fossilen Energiequellen dazu, dass immer mehr CO₂ in die Atmosphäre gelangt und sich dort anreichert.



Gas geben für ein besseres Klima: New Beetle mit SunFuel zu Emissionsmessungen auf dem Rollenprüfstand

Weil bei SunFuel Biomasse als Primärenergie verwendet wird, heißt sein Herstellungsverfahren Biomass-to-Liquid (BtL). Als Rohstoffe kommen eine Vielzahl von schnell wachsenden und anspruchslosen Pflanzen, aber auch Bioabfälle wie z. B. Stroh oder Resthölzer in Frage. Die Vergasung zum Synthesegas wird z. B. bei Choren Industries im sächsischen Freiberg oder am Forschungszentrum Karlsruhe erfolgreich angewandt.

Der Produktionsprozess von SunFuel eignet sich besonders zur Herstellung von Dieselmotorkraftstoff und Kerosin und – mit zusätzlichen Prozessschritten zur Oktanzahlanhebung – auch von Benzin. Zurzeit testen DaimlerChrysler und Volkswagen zusammen erfolgreich den BtL-Diesel der Firma Choren, den wir SunDiesel nennen.



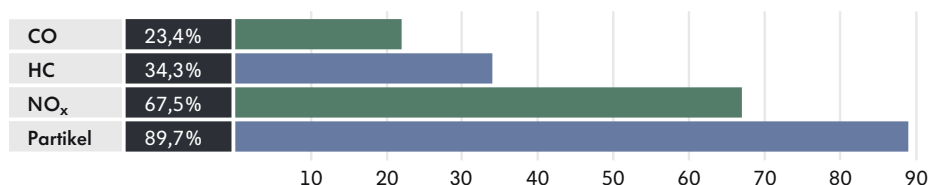
Forschen für die grüne Energie: Prof. Konrad Scheffer (rechts) mit Ingenieuren auf Versuchsfeldern im niedersächsischen Ehmeln

In einem Golf TDI mit 103-kW-Motor lassen sich im neuen europäischen Fahrzyklus (NEFZ) die Stickoxidemissionen (NO_x) um über 30 Prozent gegenüber erdölstämmigem Diesel reduzieren. Die Emissionen an Kohlenwasserstoff (HC) und Kohlenmonoxid (CO) konnten sogar noch deutlicher gesenkt werden.

BtL-Emissionen*

relativ zu Diesel

* Motorsteuerung auf maximale NO_x -Reduktion abgestimmt.



Quelle: Volkswagen AG

Die Kosten für seinen SunDiesel schätzt Choren auf ca. 70 Eurocent pro Liter – mit dem Potenzial, die Herstellungskosten in Zukunft bei einer Weiterentwicklung und stärkeren Marktdurchdringung auf 50 Eurocent pro Liter zu senken. Da die deutsche Bundesregierung seit Januar 2004 Biokraftstoffe von der Mineralölsteuer befreit, ist SunDiesel bei diesen Herstellungskosten zu herkömmlichem Diesel aus Mineralöl konkurrenzfähig.

SunDiesel oder SunFuel ist nicht mit Biodiesel zu verwechseln. Biodiesel wird aus dem ölhaltigen Rapskorn hergestellt und besitzt deutlich andere Eigenschaften als rohölstämmiger Diesel. Er kann nur nach technischen Änderungen an den Dieselmotoren eingesetzt werden. Dagegen können mit SunFuel alle Fahrzeuge betrieben werden.

Neue Chancen für die Landwirtschaft

Biomasse als Primärenergie für die Kraftstoffherstellung stellt für die Landwirtschaft eine neue Einkommensperspektive dar. Daraus ergeben sich Chancen, um Überproduktionen und die zusätzlichen Herausforderungen der zukünftigen Agrar-

wirtschaft zu meistern. Nach einer Studie* des Instituts für Energetik und Umwelt in Leipzig können in Europa (EU 30 im Jahr 2020) ohne Einschränkung der Nahrungsmittelproduktion 70 Millionen Tonnen SunFuel produziert werden. Das würde für mehr als ein Fünftel des gesamten Kraftstoffbedarfs für Kraftfahrzeuge (Diesel- und Benzinbedarf für Pkw und Lkw) der 30 EU-Staaten des Jahres 2020 ausreichen.

* „Technische Potenziale für flüssige Biokraftstoffe und Biowasserstoff“, Institut für Energetik und Umwelt, 2004.

Länderprojekt „Biomasse für SunFuel“



Quelle: Volkswagen AG

Die Einführung biogener synthetischer Kraftstoffe in größerem Umfang wird die Agrarlandschaft zukünftig grundlegend verändern. Dies bedarf einer umfassenden Vorbereitung. Aus diesem Grund haben die Bundesländer Brandenburg und Niedersachsen zusammen mit Volkswagen das Projekt „Biomasse für SunFuel“ ins Leben gerufen. Auch das Bundesland Hessen hat starkes Interesse an diesem Thema und an einem Beitritt zu dieser Kooperation bekundet. Das Ziel ist die Entwicklung einer Biomasseinfrastruktur unter sinnvollen ökologischen und ökonomischen Randbedingungen, denn nur so können die notwendigen Voraussetzungen für eine großtechnische Produktion von SunFuel geschaffen werden.



Diskutieren über die Kraftstoffstrategie: Bundesverbraucher-schutzministerin Renate Künast (3. v. r.) mit Experten beim Business Forum während der Internationalen Konferenz für Erneuerbare Energien in Bonn

SunFuel ist umweltfreundlich

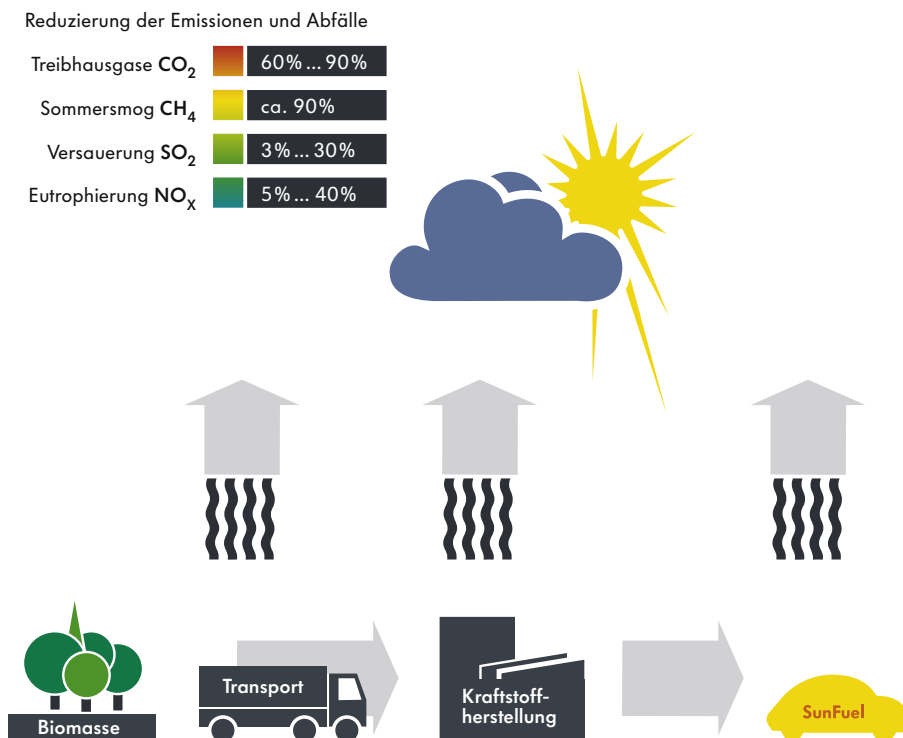
Eine im Auftrag von Volkswagen und DaimlerChrysler erstellte Studie* zur Ökobilanzierung belegt die umweltentlastende Wirkung von SunFuel. Die Studie verfolgt einen Lebenszyklus-Ansatz, d. h., es wurden von der Erzeugung der Rohstoffe bis zur Nutzung des Kraftstoffs alle Prozesse entlang der Wertschöpfungskette in die Untersuchung mit einbezogen. Dies beinhaltet sowohl die chemischen Umwandlungsprozesse als auch den Transport der Biomasse in die Anlage und der Endprodukte zur Tankstelle. Zwar werden zur Herstellung von SunFuel große Mengen Biomasse transportiert, doch die Ökobilanz belegt, dass der Transport den deutlich positiven Umwelteffekt des synthetischen Kraftstoffs nicht aufhebt.

* „Vergleichende Ökobilanz von SunDiesel (Choren-Verfahren) und konventionellem Dieselmotorkraftstoff“, 2004.

Vergleichende Ökobilanz mit drei Szenarien**

SunFuel – konventioneller Dieselmotorkraftstoff (Lebenszyklus-Ansatz)

** Die drei Szenarien finden Sie im Internet unter www.sunfuel.de.



Quelle: Volkswagen AG

Und das sind noch nicht alle Vorteile. Neben großen Optimierungspotenzialen beim Syntheseprozess bietet die Logistik weitere Verbesserungsmöglichkeiten. So kann in dezentralen kleinen Anlagen aus der Biomasse in einem relativ einfachen Schnell-Pyrolyse-Prozess ein Öl als Zwischenprodukt hergestellt werden. Dieses Pyrolyseöl erleichtert den Einsatz von Biomasse für die SunFuel-Herstellung erheblich. Es können unterschiedliche Biomassen verwendet werden, und das Öl besitzt sehr gute Lagerfähigkeit sowie eine hohe Energiedichte. Dadurch kann es effizient zu den großen zentralen Syntheseanlagen transportiert werden. So gewinnt der SunFuel-Herstellungsprozess noch einmal an ökonomischer und ökologischer Bedeutung.



Träumen von der Zukunft: Brennstoffzellen-Touran HyMotion bei der Challenge Bibendum 2004 in Shanghai

Regenerativ erzeugter Wasserstoff für die Brennstoffzelle

Wasserstoff ist ein Energieträger, d. h., er wird aus einer Energiequelle gewonnen. Wird dazu Erdgas oder eine andere fossile Energiequelle verwendet, verliert er seine ökologischen Vorteile. Ähnlich wie bei einem Elektroauto, das emissionsfrei fährt, wird der dafür benötigte Strom in Kraftwerken erzeugt. Deren entsprechende globale CO₂-Emissionen können größer sein als die eines effizienten konventionellen Fahrzeugantriebs.

Deshalb ist nur ein aus regenerativen Energiequellen erzeugter Wasserstoff ein vernünftiger Schritt in die Zukunft. Bis dieser jedoch für die mobile Anwendung zur Verfügung steht, sind einige technische und wirtschaftliche Probleme zu lösen:

- bei der regenerativen Herstellung
- bei der Speicherung im Fahrzeug für praxismgerechte Reichweiten
- beim Aufbau einer sehr kostspieligen Wasserstoffinfrastruktur – diese muss zudem infolge des grenzüberschreitenden Verkehrs nicht nur deutschlandweit erstellt werden

Volkswagen erachtet allerdings den Einsatz von Wasserstoff als Energieträger nur in den sehr effizienten Brennstoffzellen für sinnvoll. Gegen einen Einsatz in Verbrennungsmotoren spricht die aufwendige Verteilung und Speicherung. Statt Wasserstoff zu verbrennen, sehen wir einen deutlich umweltentlastenderen Einsatz in erdölverarbeitenden Raffinerien oder in der SunFuel-Produktion. Mit extern erzeugtem, regenerativem Wasserstoff kann die Ausbeute von SunFuel pro Einheit Biomasse mehr als verdoppelt werden. Der Vorteil: In der Zeit, bis die Wasserstofflogistik aufgebaut ist, kann die regenerative Erzeugung von Wasserstoff etabliert werden. Der Schritt in die „Wasserstoffwelt“ wird kleiner und realistischer dank SunFuel.

Wasserstoff als Energieträger für die Mobilität scheint erst in frühestens 20 Jahren als ernsthafte Alternative realistisch. Wir brauchen aber eine schneller umsetzbare Lösung, um schon in naher Zukunft einen Beitrag zur nachhaltigen Mobilität leisten zu können. Unsere Antwort heißt SunFuel.

© Volkswagen AG
Forschung Antriebe
Dr. Wolfgang Steiger
Brieffach 011/17780
D-38436 Wolfsburg
E-Mail: info@sunfuel.de
Internet: www.sunfuel.de

Stand: September 2005
Artikel-Nr.: Z05.519.325.00

