

## 1 POWER-TO-LIQUIDS

### **Was ist das Power-to-Liquids-Verfahren?**

Das Power-to-Liquids-Verfahren setzt auf der Hochtemperatur-Elektrolyse (SOEC) von sunfire auf. Mithilfe von regenerativ erzeugtem Strom, CO<sub>2</sub> und Wasser wird es möglich, synthetisches Erdgas (Methan) oder Erdölersatz (Blue Crude) und daraus Chemikalien oder Kraftstoffe wie Benzin, Diesel oder Kerosin zu erzeugen. Eine weltweit einzigartige Demonstrationsanlage für Power-to-Liquids steht am Firmensitz von sunfire in Dresden. Im Frühjahr 2015 erzeugte die Anlage erstmals Blue Crude und synthetischen Dieselmotorkraftstoff (sunfire-Diesel).

### **Wie funktioniert die Herstellungstechnik genau, welche Rohstoffe werden dazu benötigt? Was man liest, klingt sehr einfach. Warum ist das Verfahren aber noch nicht etablierter? Wo liegen die Herausforderungen bei der Herstellung von Blue Crude?**

Das Produktionsverfahren basiert auf drei Schritten:

- (1) Hochtemperatur-Elektrolyse, also der Aufspaltung von Wasserdampf in Wasserstoff und Sauerstoff durch Einsatz von Ökostrom,
- (2) der reversen Wasser-Gas-Shift-Reaktion (Konvertierung), also der Reduzierung von CO<sub>2</sub> mit Wasserstoff aus dem ersten Schritt zu Kohlenmonoxid für die
- (3) Synthese. Das Synthesegas (CO und H<sub>2</sub>) wird in der Fischer-Tropsch-Synthese zu einer Mischung aus Benzin, Diesel, Kerosin, Wachsen und anderen Rohprodukten für Raffinerien oder die Chemieindustrie (Blue Crude).

Als Rohstoffe dienen somit Wasser und CO<sub>2</sub>, das aus Industrie- oder Biogasanlagen stammt oder direkt aus der Luft nach dem Direct-Air-Capturing-Verfahren der Schweizer Climeworks AG gewonnen werden kann. Neben CO<sub>2</sub> und Wasser wird Ökostrom benötigt, um die Elektrolyse und Konvertierung durchführen zu können. Die Synthese am Ende des Prozesses läuft von selbst ab und benötigt keine Zufuhr von Elektroenergie. Bei ihr wird vielmehr Wärme frei (Exothermie), die wiederum zur Dampferzeugung für die Elektrolyse genutzt wird.

Aufgrund des Einsatzes der Hochtemperatur-Elektrolyse mit Wasserdampf, die sunfire industrialisieren möchte, konnte der Systemwirkungsgrad auf 65 bis 70 Prozent im Power-to-Liquids-Verfahren angehoben werden. Dieser deutlich verbesserte Wirkungsgrad optimiert die Technologie hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit. Diese hängt nun entscheidend vom Preis für den Ökostrom sowie allgemein von den politischen Rahmenbedingungen ab.

Die Herausforderungen liegen in Zukunft weniger in der technischen Herstellung von Blue Crude, sondern vielmehr darin, die regulatorischen Rahmenbedingungen bei der Vermarktung und hinsichtlich des Stromeinkaufs für synthetische Kraftstoffe nach dem Power-to-Liquids-Prinzip so zu verbessern, dass die Wirtschaftlichkeit für Anlagenbetreiber gegeben ist.

### **Das Verfahren, das sunfire anwendet ist ja prinzipiell nicht neu. Was macht die Lösung so besonders, so innovativ, so einzigartig?**

Für das Verfahren wurden sowohl die Hochtemperatur-Elektrolyse mit Wasserdampf (SOEC) als auch die Wassergas-Shift-Reaktion, also der zweite Schritt in der Kette des Power-to-Liquids-Verfahrens neu entwickelt. Darüber hinaus leistet sunfire echte Pionierarbeit in der Kombination

dieser Technologien mit der Fischer-Tropsch-Synthese. Dieser dritte Schritt der Synthese ist der weithin bekannte Schritt zur Erzeugung synthetischer Kraftstoffe – allerdings findet die Fischer-Tropsch-Synthese etwa in Südafrika auf Basis fossiler Rohstoffe und nicht auf Basis von CO<sub>2</sub> und Wasser unter Einsatz von Ökostrom statt.

### **Wer ist die Zielgruppe für Blue Crude (jetzt und eventuell später)?**

Unter Blue Crude fasst sunfire alle Kohlenwasserstoffe zusammen, die in der Anlage produziert werden können. Aufgetrennt, können neben Rohdiesel auch Rohnaphtha und Wachse, etwa für die Chemieindustrie produziert werden. Somit sind die Zielgruppen aus Sicht von sunfire in erster Linie Partner aus der Industrie (Chemie, Kosmetik, Kraftstoffraffinerie etc.) und in zweiter Reihe die Unternehmen, die diese Endprodukte einsetzen möchten.

### **Wie kann man aus Strom synthetischen Diesel herstellen?**

Aus Strom und Wasser (H<sub>2</sub>O) kann mittels Elektrolyse Wasserstoff (H<sub>2</sub>) und Sauerstoff (O<sub>2</sub>) hergestellt werden. Dieser Prozess ist ein lange bekannter und in der chemischen Industrie eingesetzter Standardprozess. Aus Wasserstoff und Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) kann dann mit einem weiteren bekannten Prozess (Stichwort: reverse Wassergas-Shift-Reaktion) Synthesegas produziert werden. Dieses Synthesegas wird in einem Fischer-Tropsch-Prozess-Schritt zu Alkanenumgewandelt, die in einer Raffinerie als 100%-Erdölersatz zu Kraftstoff verarbeitet werden können.

### **Was ist die reversible Elektrolyse rSOC?**

Die rSOC vereint zwei Modi in einer Anlage: Im Elektrolyse-Modus produziert sie erneuerbaren Wasserstoff, der u.a. auch in der Industrie als Ersatz für fossilen Wasserstoff eingesetzt werden kann. Sind die Strompreise so hoch, dass die Wasserstoffproduktion unwirtschaftlich wird, kann der Vorteil der reversiblen Elektrolyse ausgenutzt werden: Innerhalb kurzer Zeit wird der Brennstoffzellen-Modus aktiviert, der Wasserstoff, Erdgas oder einen anderen chemischen Energieträger zur Strom- und Wärme-Bereitstellung nutzt. Diese doppelte Nutzung macht die Technologie aufgrund längerer Laufzeiten im Vergleich zu konventionellen Elektrolyseverfahren für Investoren attraktiv.

### **Welche Leistung hat die sunfire Demonstrationsanlage?**

Die Leistung der Anlage ist auf ein Fass am Tag (159 Liter) beschränkt. Rein von den Abmaßen her könnte solch eine Anlage mehrere Tonnen Kraftstoff am Tag produzieren. Es geht hier jedoch um einen Prozess im industriellen Design, nicht um Mengenproduktion.

### **Welchen Wirkungsgrad hat der Gesamtprozess, den die sunfire Anlage abbildet?**

Der Wirkungsgrad der Gesamtanlage (Elektrolyse + Fischer-Tropsch-Prozess) liegt bei gut 65 Prozent. Je nach Produkt und Prozessoptimierung liegt der Wirkungsgrad solcher Anlagen zwischen 65 und 75 Prozent.

### **Wird in der Anlage nur Ökostrom verwendet?**

Ja, es wird nur Ökostrom verwendet.

### **Kann man auch Kerosin herstellen?**

Kerosin ist ein Teil des Blue Crude und kann in einer Raffinerie aus dem Produkt der sunfire-Anlage gewonnen werden.

### **Handelt es sich um ein Perpetuum Mobile?**

Nein. Betrachtet man die zur Kraftstoffproduktion benötigte Energie, so muss diese für den Produktionsprozess von außen bereitgestellt werden. Langfristig lässt sich mit dem Prozess CO<sub>2</sub> im Kreis führen.

### **Woher stammt die Energie für den CO<sub>2</sub>-Kollektor und die Produktion?**

Idealerweise stammt die Energie aus erneuerbaren Energiequellen. Sinnvoll ist die Integration des CO<sub>2</sub>-Kollektors in eine Produktionsstätte, die das CO<sub>2</sub> direkt als Rohstoff nutzt.

### **Welchen Einfluss auf den Wirkungsgrad der Anlage hat die Nutzung der entstehenden Abwärme der Fischer-Tropsch-Reaktion für die Elektrolyse? Wie wird die Abwärme genutzt?**

Ohne Abwärmenutzung würde der Wirkungsgrad unter 60 Prozent sinken. Mit Abwärmenutzung liegt der Wirkungsgrad der Technologie zwischen 65 und 75 Prozent. Die Wärmenutzung spielt damit wirtschaftlich eine entscheidende Rolle. Die Abwärme der Synthese wird zur Herstellung von Wasserdampf genutzt, der dann in die Elektrolyse eingespeist wird.

### **Wieso wird CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre eingesetzt? Ist das nicht sehr teuer? Warum nicht CO<sub>2</sub> aus Biogas?**

In dem Prozess wird auf konzentriertes CO<sub>2</sub> eingesetzt. Das CO<sub>2</sub> kann in einem entwickelten Technologie-Schritt mit Hilfe der Direct-Air-Capturing der Schweizer Climeworks AG der Atmosphäre entnommen werden. Das CO<sub>2</sub> könnte ebenfalls aus einer Biogasanlage oder einer anderen Quelle stammen. Gemeinsames Ziel mit den Projektpartnern AUDI und Climeworks ist es, dass das CO<sub>2</sub> im Kreis geführt und damit CO<sub>2</sub>-neutrale Mobilität möglich wird.

## **2 SYNTHETISCHE KRAFTSTOFFE**

### **Was sind Drop-In Kraftstoffe?**

Drop-In Kraftstoffe sind dadurch charakterisiert, dass sie in sehr großen Mengen in der aktuellen Infrastruktur (Raffinerien) verarbeitet sowie in der bestehenden Fahrzeugtechnik eingesetzt werden können. Hierbei kann es sich um Beimischungen oder Reinstoffe als Alternative zu fossilem Benzin und Diesel handeln. Sie sind chemisch identisch zu fossilen Kraftstoffen. sunfire erzeugt ein Rohprodukt, das in hohen Beimischquoten direkt verwendet werden und wie Erdöl in bestehenden Raffinerien zu Normkraftstoff aufgearbeitet werden kann.

### **Der synthetische Diesel soll angeblich an jeder Tankstelle angeboten werden können, ohne dass dafür die vorhandene Infrastruktur verändert werden muss. Ist das so oder was muss ein Tankstellenbesitzer tun, wenn er den Kraftstoff irgendwann anbieten möchte?**

Ja, das ist so. Zunächst ist davon auszugehen, dass der synthetische Diesel nach Durchlaufen eines Standard-Raffinerieprozesses als Veredelungskraftstoff klassischen Kraftstoffen beigemischt wird (Stichwort: Treibhausgasquote). Die Untersuchungen des synthetischen Diesels, die direkt in Dresden in der Destillationskolonne aufbereitet wurden, haben u.a. die höhere Cetanzahl des Diesels (ca. 70) und dessen Freiheit von Schwefel und Aromaten bestätigt. Das zeigt: Der sunfire-

Diesel enthält keine Verunreinigungen und sorgt sogar dafür, dass der Motor des Dieselfahrzeugs ruhiger läuft. Insofern sind weder an der Tankstelle noch im Diesel-Fahrzeug Veränderungen notwendig, um den neuen synthetischen Kraftstoff tanken oder anbieten zu können.

### **Wie unterscheidet sich sunfire-Diesel von fossilem Diesel? Was ist der Unterschied zu Biodiesel?**

Fossiler Diesel ist ein Gemisch aus diversen Kohlenwasserstoffen (Alkane, Cycloalkane, Aromaten) mit Kettenlängen von C9 bis C22. Der sunfire-Diesel besteht aus geradkettigen Alkanen, die auch im fossilen Diesel vorhanden sind. Ein Vorteil liegt darin, dass der sunfire-Kraftstoff keinen Schwefel und keine Aromaten enthält. Wegen der hohen Ähnlichkeit zu fossilem Kraftstoff kann sunfire-Diesel fossilem Diesel beigemischt werden. sunfire-Diesel verbrennt rußfrei, d.h. bei der Verbrennung entstehen keine Rußpartikel.

Biodiesel hingegen besteht aus Estern, die in der Regel aus Biomasse hergestellt werden (in Deutschland aus Rapsöl, in den USA/Südamerika aus Sojaöl, in Asien aus Palmöl). Ester ist chemisch betrachtet ein ganz anderer Stoff, der nicht im fossilen Diesel vorhanden ist und andere Eigenschaften besitzt als regulärer Diesel. Aus diesem Grund ist die Beimischung von Biodiesel in Europa auf 7% limitiert.

### **Ist synthetischer Diesel besser als fossiler Diesel? Was ist mit den gesundheitlichen Auswirkungen?**

Im Gegensatz zu fossilem Diesel wird synthetischer Diesel aus erneuerbaren Einsatzstoffen hergestellt. Der Prozess zur Produktion von sunfire-Diesel ist kontrollierbar sowie skalierbar. Bei der Verbrennung entstehen kein Ruß und weniger Rückstände, da bei der Herstellung definierte Rohstoffe unter kontrollierten Bedingungen zum Einsatz kommen. Zudem kann der Kraftstoff für die Anwendung im Fahrzeug optimiert werden.

Bei synthetischem Kraftstoff handelt sich um ein synthetisches Produkt, das weniger gesundheitsgefährdende Inhaltsstoffe enthält als fossiler Diesel.

### **Kann der sunfire-Diesel meinem Motor schaden?**

Nein, da sich die Bestandteile auch im fossilen Diesel wiederfinden. Der synthetische sunfire-Diesel kann in jedem Motor in einem hohen Beimischungsgrad eingesetzt werden. Nach der Verarbeitung in einer bestehenden Raffinerie kann sunfire-Kraftstoff auch zu 100% in allen bestehenden Verbrennungssystemen (Motor, Turbine) genutzt werden.

### **Welche Kraftstoffe erzeugt die sunfire-Anlage?**

Prinzipiell kann der Fischer-Tropsch-Prozess gesteuert werden und diejenigen Wertschöpfungsketten bedienen, die derzeit aus Erdöl versorgt werden (Benzin, Diesel, Kerosin, Wachse). Momentan liegt der Interessenschwerpunkt auf synthetischem Diesel, der vom Partner AUDI bezogen wird.

### **Welchen Energiegehalt hat der erzeugte Kraftstoff?**

Der in Dresden erzeugte, synthetische sunfire-Diesel hat einen Energiegehalt von ca. 9,2 kWh/Liter.

### **Wieso beteiligt sich AUDI an der Entwicklung von Kraftstoffen?**

AUDI macht sich neben der Weiterentwicklung seiner Fahrzeuge auch Gedanken, mit welchen Kraftstoffen die Autos der Zukunft fahren werden. Ziel von AUDI ist die CO<sub>2</sub>-neutrale Mobilität. Mit dem sunfire-Projekt will AUDI die Entwicklung von erneuerbaren Kraftstoffen ohne Biomasse vorantreiben und vor allem starke Impulse in Richtung Energiewirtschaft senden.

### **Die Kosten für die Herstellung des synthetischen Kraftstoffes sind noch sehr hoch. Woran liegt das?**

Im Vergleich zu anderen Kraftstoffen sind die Preise für synthetische Kraftstoffe im unteren Mittelfeld. Hier entsteht also eine richtige und wichtige Alternative. Wesentlicher Kostenpunkt ist der Preis für den Ökostrom, den sunfire in seiner Anlage einsetzt. Hier ist mittelfristig von 5 Cent je Kilowattstunde auszugehen. Außerdem ist die Frage, ob synthetische Kraftstoffe von sunfire genauso mit Steuern und Abgaben belegt werden wie klassische Kraftstoffe. Argument ist hier u.a., dass die Wertschöpfung bei der Erstellung der Kraftstoffe in der jeweiligen Region stattfindet und nicht in einem Ölförderstaat beispielsweise. Das ist eine politische Entscheidung.

### **Was muss geschehen, um die Produktion wirtschaftlicher zu gestalten? Inwieweit ist ggf. auch der Gesetzgeber gefordert?**

Aktuell werden drei Stoßrichtungen diskutiert, um erneuerbare Kraftstoffe in Richtung Wirtschaftlichkeit zu bringen:

1. Die EU verfolgt derzeit den Weg vorgeschriebener Beimischquoten für erneuerbare Kraftstoffe. Dadurch wird ein Markt für erneuerbare Kraftstoffe geschaffen. Die Kraftstoffkosten steigen für den Endkonsumenten jedoch um die Zusatzkosten für den erneuerbaren Anteil. Damit werden die höheren Kraftstoffkosten an den Endkonsumenten durchgereicht. Eine Anpassung der Energiesteuer erfolgt trotz des schrumpfenden Deltas zwischen Bereitstellungskosten und Wertschöpfung nicht.
2. In der Vergangenheit wurden z.B. auch reduzierte Energiesteuersätze auf erneuerbare Kraftstoffe gewährt. Der Vergleich der Wertschöpfungsketten von Lebensmitteln und erneuerbaren Kraftstoffen lässt die Vermutung zu, dass ein dauerhaft reduzierter Steuersatz systemisch korrekt ist. Nur dieser trägt dem schrumpfenden Delta zwischen Gestehungskosten und Wertschöpfung Rechnung.
3. Eine weitere Möglichkeit der Marktbereitung für erneuerbare Kraftstoffe besteht in der Anerkennung erneuerbarer Kraftstoffkontingente auf die Flottenemission der Fahrzeughersteller. Dies scheitert bisher an dem Grundsatz der EU, die Fahrzeughersteller unabhängig vom Kraftstoffeinsatz zu Effizienzerhöhungen zu bewegen. Könnten Fahrzeughersteller durch Inverkehrbringung erneuerbarer Kraftstoffe ihre Flottenemission reduzieren, könnten diese als Markttreiber für erneuerbare Kraftstoffe agieren und zur rascheren Kostensenkung beitragen. Es könnten auch bereits vorhandene Bestandsflotten in entsprechende Maßnahmen einbezogen werden.

### **Inwieweit kommt dem die aktuelle Gesetzesänderung entgegen, die seit Beginn 2015 CO<sub>2</sub>-Grenzwerte für Kraftstoffe vorsieht?**

Die Treibhausgasquote bzw. Biokraftstoffquote hilft enorm, um das Thema Power-to-Liquids-Kraftstoffe auf die Agenda zu bringen. Beispielsweise hat die Bundesregierung bei der

Verabschiedung Ende letzten Jahres das Potenzial solcher alternativer Kraftstoffe ausdrücklich betont.

### 3 UMWELTEIGENSCHAFTEN

#### **Sind die CO<sub>2</sub>-Werte höher als bei herkömmlichem Diesel?**

Erste Voruntersuchungen an einem Forschungsmotor haben sogar eine CO<sub>2</sub>-Minderung gezeigt. sunfire und AUDI gehen davon aus, dass sich dies im weiteren Verlauf des Projektes bestätigen wird.

Der Hauptvorteil liegt darin, dass beim sunfire-Diesel im Herstellprozess genauso viel CO<sub>2</sub> benötigt wird (CO<sub>2</sub>-Gutschrift) wie beim Verbrennen später über den Auspuff emittiert wird. Das bedeutet, es entsteht ein CO<sub>2</sub>-Kreislauf.

#### **Welche Klimaauswirkungen hat ein mit synthetischem Diesel betriebenes Fahrzeug?**

Um die Gesamtemissionen (direkte Emissionen im Betrieb, und indirekte Emissionen durch Herstellung der Anlagen) zu erfassen, wurde eine Well-to-Wheel-Analyse durchgeführt.

Das durch die motorische Verbrennung des synthetischen Diesels frei werdende CO<sub>2</sub> entspricht genau der Menge CO<sub>2</sub>, die vorher aus der Luft/Atmosphäre zur Herstellung des Kraftstoffes eingesetzt wurde. Damit ergibt sich ein geschlossener Kohlenstoffkreislauf und CO<sub>2</sub>-neutrale Mobilität. Jedoch haben sunfire und AUDI den Anspruch, die gesamten Emissionen eines Fahrzeuglebens darzustellen, inklusive Bau und Betrieb der sunfire-Anlage. Daraus ergibt sich eine Gesamtemission für ein mit synthetischem Diesel betriebenes Fahrzeug von unter 30 g/km (Well-to-Wheel). Im Vergleich zu Fahrzeugen mit fossilem Diesel ist das eine Reduktion von etwa 70%, inklusive Betrachtung der Kraftstoffherstellung.

#### **Sie behaupten, der synthetische Diesel sei CO<sub>2</sub>-neutral, dabei haben die Prozesse Wirkungsgradverluste. Wie erklären Sie das?**

Synthetischer Diesel ist CO<sub>2</sub>-neutral. Der sunfire-Diesel wird aus erneuerbaren Energien, H<sub>2</sub>O und CO<sub>2</sub> hergestellt: Die direkten Emissionen (d.h. die Emissionen, die beim Betrieb der Anlagen entstehen) beim Windstrom sind Null – der „Rohstoff“ ist Wind. Beim sunfire-Prozess handelt es sich um einen vollständig geschlossenen Kohlenstoffkreislauf nach dem Vorbild der Natur: Das Kohlendioxid wird mit Hilfe einer Direct-Air-Capturing-Anlage der Climeworks AG aus der Umgebungsluft abgetrennt. Die sunfire-Anlage verwendet dieses CO<sub>2</sub> zur Produktion von synthetischem Diesel. Dieser wird dann im Fahrzeug verbrannt. Das dabei frei werdende CO<sub>2</sub> wurde vorher in exakt gleicher Menge der Atmosphäre entnommen und bei der Produktion eingesetzt.

Die Prozesse haben Wirkungsgradverluste – das ändert aber nichts an der CO<sub>2</sub>-Neutralität. Die Energie, die durch den Wirkungsgradverlust verloren geht, ist erneuerbare Energie, z.B. Windenergie; der „Rohstoffverbrauch“ des Rohstoffes Wind steigt zwar, erzeugt aber keine zusätzlichen Emissionen, da diese ohnehin Null sind. Anders ist das bei Wirkungsgradverlusten von fossilen Brennstoffen – bei diesen sind Wirkungsgradverlust, dadurch erhöhter Rohstoffverbrauch und Emissionen korreliert.

#### **Wie sieht die Ökobilanz synthetischer Treibstoffe aus?**

Der Projektpartner AUDI nimmt hierzu LCA-Analysen vor. Es gibt intern bei AUDI Standards, die die Prozesse zur Treibstoffsynthese erfüllen müssen. Darunter findet sich natürlich auch ein CO<sub>2</sub>-Reduktionsanspruch. Nur Prozesse, die die Standards erfüllen, werden weiter verfolgt.

### **Sind Fahrzeuge, die von synthetischen Treibstoffen angetrieben werden, besser als Elektromobile?**

Betrachtet man die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Fahrzeuge, so ist das Elektrofahrzeug lokal emissionsfrei. Allerdings muss in Betrachtung gezogen werden, wie der Strom, mit dem das Fahrzeug geladen wurde, erzeugt wurde und welche CO<sub>2</sub>-Emissionen hierbei entstanden sind. Darüber bringt die Batterie des Fahrzeuges in der Herstellung eine hohe CO<sub>2</sub>-Emission mit sich. Das schlägt sich, unter Berücksichtigung der Batterielebensdauer, ebenfalls in der Gesamtbilanz nieder.

## **4 PTL IM HEUTIGEN UND KÜNFTIGEN ENERGIESYSTEM**

### **Ist die Demonstrationsanlage von sunfire ein systemdienlicher Bestandteil des Energiesystems?**

Die sunfire-Anlage ermöglicht zum einen den Einsatz von erneuerbarem Strom in Verbrennungsmotoren. Dies ist insbesondere sinnvoll für die Nutzung in Plug-In-Hybrid-Fahrzeugen (PHEV). Ein mit erneuerbarem Strom geladenes PHEV in Verbindung mit aus erneuerbarem Strom hergestelltem Kohlenwasserstoff ist eine perfekte Symbiose. Zum anderen kann aber die Anlage auch gedrosselt bzw. heruntergefahren werden, Stromkontingente können kurzfristig über den Intraday-Markt an den Höchstbietenden verkauft werden.

### **Welche Lösungen bietet dann sunfire-Energie, welche Rolle kann sie im Energiemix spielen?**

Um diese Frage zu beantworten, macht es Sinn, sich auf den ersten Schritt des Power-to-Liquids-Prinzips zu konzentrieren. Die Hochtemperatur-Wasserdampf-Elektrolyse ist reversibel entwickelt worden. Das bedeutet: Die Elektrolyse kann ganzjährig, etwa zur Produktion von grünem Wasserstoff, angedockt an eine Raffinerie oder ein Werk der chemischen Industrie, genutzt werden. Sollte der dafür notwendige Ökostrom zu teuer werden, um dies wirtschaftlich zu tun, kann die Anlage abgeschaltet werden und damit zur Stabilisierung des Stromnetzes beitragen. Und: Durch die Reversibilität ist ein „Umschalten“ des Prozesses auf den Brennstoffzellen-Modus in relativ kurzer Zeit möglich. Damit werden dann Strom und Wärme erzeugt – die Netzstabilisierungseffekte verdoppeln sich. Dies ist ein Aspekt, der die reversible Elektrolyse im volkswirtschaftlichen Kontext so interessant für Investoren macht.

### **Wo liegt Ihrer Meinung nach die Zukunft der Kraftstoffe und warum sind erneuerbare Energien dabei so wichtig?**

Auch wenn Elektro- und Wasserstoffkonzepte ausgebaut werden, besteht weiterhin Bedarf an großen Mengen Flüssigkraftstoff. Diese erneuerbar herzustellen, ist ein wesentlicher Teil bei der Umstellung von der fossilen auf die erneuerbare Energieversorgung. Biomassebasierte Ressourcen können das nicht ausreichend leisten.

Mittelfristig werden Kraftstoffe auf Basis des Power-to-Liquids-Prinzips für die Beimischung zu fossilen Kraftstoffen anerkannt und können eine echte Alternative zu Biokraftstoffen der 2. Generation werden.

### **Ist es nicht unsinnig, teuren Strom in billigen, synthetischen Kraftstoff umzuwandeln?**

Die direkte Nutzung von Strom als Kraftstoff ist am sinnvollsten, kann aber aktuell noch keine Langstreckenmobilität ermöglichen. Mit dem Blue Crude, das zu synthetischem Diesel aufbereitet werden kann, wird auch heute schon die CO<sub>2</sub>-neutrale Mobilität auf der Langstrecke ermöglicht.

### **Ist in unserem Energiesystem genug erneuerbare Energie vorhanden, um die sunfire-Demonstrationsanlage wirtschaftlich zu betreiben?**

Ja, denn grundsätzlich folgt der liberalisierte Strommarkt Angebot und Nachfrage, sodass es Zeiten gibt, in denen die erneuerbare Energie zu sehr günstigen Preisen erworben werden und somit perspektivisch ein Business Case für strombasierte Kraftstoffe entstehen kann.

### **Die Anlage steht mitten in der Stadt Dresden. Eine mutige Standortwahl bei der heutigen Umweltsensibilität?**

Der Prozess wurde vorab von den zuständigen Behörden umfangreich geprüft und beweist in der Praxis: Er erzeugt keine Geruchs- oder Lärmemissionen. Auch das bei der Synthese entstehende Wasser wird intern wieder verwendet.

### **Eine Großanlage aber bräuchte „Zutaten“ in erheblichem Umfang. Wo wäre der ideale Standort für eine Produktionsstätte?**

Ein typischer Standort wäre beispielsweise an der Meeresküste in unmittelbarer Nähe zu Raffinerien oder Produktionsstätten der chemischen Industrie, wenn dort grüner Wasserstoff, Methan oder Flüssigkraftstoffe zur Weiterverarbeitung benötigt werden.

## **5 SUNFIRE UND SEINE PARTNER**

### **Was genau beinhaltet die Entwicklungskooperation mit Climeworks?**

Audi unterstützt Climeworks mit Know-how aus der Großserien-Technik und Systemintegration. Durch die Kooperation soll die Vision der CO<sub>2</sub>-neutralen Mobilität ein Stück weiter umgesetzt und somit Realität werden. Wir bieten die Plattform für eine Integration der Climeworks-Anlage in eine Produktionsstätte für synthetische Treibstoffe.

### **Wie kam es zur Zusammenarbeit bzw. zur Förderung durch das Bundesforschungsministerium?**

Die Förderung erfolgte innerhalb des Rahmenprogramms „Stoffliche Nutzung von CO<sub>2</sub>“. An dem Verbundvorhaben „sunfire“ waren insgesamt elf Partner aus Wissenschaft und Wirtschaft beteiligt. Ziel des Verbundprojekts war die Entwicklung eines innovativen Verfahrens, in dem CO<sub>2</sub> und H<sub>2</sub>O mittels erneuerbarer Energie durch Nutzung der hocheffizienten Hochtemperatur-Wasserdampf-Elektrolyse mit einem energetischen Wirkungsgrad von ca. 70% in Kraftstoffe umgewandelt werden.



## **Welche Förderbedingungen mussten erfüllt werden und wie sah bzw. sieht die Förderung genau aus?**

Bedingung war, dass das Verfahren so ausgereift sein sollte und auch die notwendigen Marktoraussetzungen geschaffen werden sollten, dass im Anschluss an das Projekt die vorindustrielle Skalierung beginnen kann. Konkret umfasste das Verbundprojekt fünf Hauptpakete: die Entwicklung der Hochtemperatur-Wasserdampf-Elektrolyse unter Druck, die Erforschung der reversen Wassergas-Shift-Reaktion zur Aktivierung des CO<sub>2</sub>, die Errichtung einer Testanlage (Kapazität: 159 Liter/Tag), die Validierung des Verfahrens unter realen Einsatzbedingungen und die ökologische Bilanzierung der gesamten Wertschöpfungskette (LCA).

## **Wofür steht das sunfire-Projekt aus Sicht von AUDI?**

AUDI unterstützt die Entwicklung von erneuerbaren Kraftstoffen aktiv. In diesem Kontext ist AUDI sehr an der von sunfire eingesetzten Technologie interessiert. Es wird der technische Beweis geführt, dass neben gasförmigen auch flüssige Kraftstoffe synthetisch hergestellt werden können.

## **Was unterscheidet den sunfire-Prozess vom Choren-Prozess?**

Für den Fischer-Tropsch-Prozess wird Synthese-Gas benötigt. Im Choren-Prozess wurde das Synthesegas aus Biomasse unterschiedlicher Qualitäten generiert. Im sunfire-Prozess wird das Synthesegas in einer chemischen Umsetzung aus reinen Ausgangsstoffen (Wasserstoff und Kohlenstoffdioxid) direkt hergestellt. Daher fällt im sunfire-Prozess keine Schlacke an.

## **Ist es korrekt, dass sunfire die Anlagen für die Herstellung des synthetischen Diesels in erster Linie herstellt und nicht langfristig selbst Treibstoffhersteller sein möchte? Wenn ja, wer soll die Anlagen übernehmen – die klassischen Ölkonzerne oder andere?**

Ja, sunfire sieht sich in erster Linie als Technologieentwickler. Der Betrieb soll durch Kunden geschehen, die neue Geschäftsmodelle suchen. Das können Ölkonzerne oder andere Partner sein. Das Blue Crude aus der Power-to-Liquids-Anlage kann in Standard-Prozessen in Raffinerien zu hochwertigem Benzin oder Diesel aufbereitet werden. Insofern können im Bereich der Mobilität beispielsweise Betreiber von Raffinerien als Partner für den Betrieb der Anlage in Frage kommen.

Stand: 1. Juni 2015

### **Pressekontakt:**

Martin Jendrischik  
+49 (0) 341 5257605-0  
+49 (0) 151 23915780  
[presse@sunfire.de](mailto:presse@sunfire.de)

### **Unternehmenskontakt:**

Nils Aldag  
+49 (0) 351 896797-0  
[nils.aldag@sunfire.de](mailto:nils.aldag@sunfire.de)