

Forschen für Kraftstoff-Diversität

Defossilisierung ist in aller Munde. Überall wird nach den besten Möglichkeiten geforscht, wie das gelingen kann. Zu Hintergründen, Entwicklungen und Perspektiven sprach Brennstoffspiegel mit Prof. Dr. Sven Kureti von der Professur Reaktionstechnik am Institut für Energieverfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen (IEC) der TU Bergakademie Freiberg.

Womit befasst sich eigentlich ein Professor für Reaktionstechnik?

Die Arbeitsgebiete sind vielfältig. Dazu gehören Stoff- und Energiewandlungen, industrielle Chemie oder Katalysator-technik. Unsere Schwerpunkte bilden Abgasreinigung, Erzeugung synthetischer und biogener Kraftstoffe und Chemierohstoffe, Erforschung von eisen- und zeolithbasierten Katalysatoren und katalytischen Reaktionen sowie die Entwicklung und Optimierung von chemischen Prozessen.

Welchen Stellenwert hat das Gebiet der synthetischen und biogenen Kraftstoffe dabei?

Kohlenstoffbasierte Kraftstoffe, also Benzin, Diesel, Kerosin, Methan, sind stark in unserer Gesellschaft verankert.



Der Chemiker und Hochschullehrer Prof. Dr. Sven Kureti arbeitet zu grundlegenden und angewandten Aspekten in den Bereichen Abgasreinigung, CO₂-Minderung sowie Herstellung von synthetischen und biogenen Kraftstoffen und Chemierohstoffen an der TU Bergakademie Freiberg am Institut für Energieverfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen. Er ist Mitglied im AK Klimaneutrale Luftfahrt der Bundesregierung.

Bei verschiedenen Anwendungen, wie z. B. dem Schwerlastverkehr und Flugzeugen, lassen sie sich nur schwer ersetzen. Transport bleibt weltweit ein großes Thema und damit auch die hohen Energiedichten und Reichweiten der flüssigen Treibstoffe. Hier wird man weiterhin auf biogene und synthetische Kraftstoffe angewiesen sein. Daher sind für den Übergang zu einer Elektrifizierung im Energie- und Mobilitätssektor nicht-fossile kohlenstoffbasierte sowie kohlenstoff-freie Kraftstoffe wie beispielsweise Wasserstoff oder Ammoniak notwendig.

Wird Kohlenstoff im Antriebsbereich verschwinden?

Das glaube ich nicht, zumindest nicht weltweit und in absehbarer Zeit. Wasserstoff benötigt eine besondere Transportlogistik und bei Ammoniak müssen wir uns um die bei der Verbrennung entstehenden Lachgas-Emissionen kümmern. Deshalb sind Wasserstoffderivate interessant – unter der Voraussetzung, dass die Kohlenstoffquelle nachhaltig ist. So hat beispielsweise grünes Methanol gerade für Großmotoren gute Chancen und ist emissionstechnisch vorteilhaft. Wasserstoffderivate bieten auch den Vorteil, dass sie sich mit vorhandener Infrastruktur gut transportieren lassen und je nach ihren Eigenschaften sofort in der bestehenden Technik verwendbar sind.

Wie schätzen Sie den aktuellen Stand bei Forschung und Entwicklung in diesem Bereich ein?

Viele Prozesse und Verfahren für Kraftstoffe mit bestehenden Anforderungen sind bereits erforscht und erprobt, teilweise bis in den technischen Maßstab. Vor allem die Produktion und Anwendung von hydrierten Pflanzenölen (HVO) als Diesel- und Kerosin-Ersatz sind nahezu vollständig erforscht.

Es gibt großes Potential bei der Katalysatorentwicklung und Prozessoptimierung in Richtung verbesserter Qualitäten nachhaltiger Kraftstoffe, insbesondere für synthetisches Benzin und Kerosin, welche bei verbrennungstechnischer Nutzung auch zukünftige Emissionsgrenzwerte einhalten. Auch besteht ein erheblicher Entwicklungsbedarf, Kraftstoffsynthesen in grüne Raffinerien der Zukunft zu integrieren.

Mit speziellen Katalysatoren lassen sich Temperatur, Druck und Durchsatz an Feedstock so anpassen, dass man

optimale Produktausbeuten erhält. Es geht immer um das Zusammenspiel, darum, welchen Katalysator setze ich bei welchen Prozessbedingungen ein – je nach gewünschten Produkten.

Wie wird es hier in den kommenden Jahren weitergehen?

Die Nachfrage an synthetischen und biogenen Kraftstoffen wird weiter steigen, da der nicht-fossile Kraftstoffanteil bei Bestandsfahrzeugen sukzessive angehoben werden wird, um die Klimaziele auch im Mobilitätssektor zu erreichen. Zusätzlich gibt es einen großen Bedarf an nicht-fossilen kohlenstoffhaltigen Chemierohstoffen, etwa Olefine und Aromaten (z. B. für Kunststoffe), die mit ähnlichen Syntheseverfahren hergestellt werden können wie Kraftstoffkomponenten. Dafür gibt es verschiedene Verfahren: Methanol to Olefins (MtO), Methanol to Aromatics (MtA) oder die Fischer-Tropsch-Synthese (FTS). Diese und auch die dafür benötigten Katalysatoren gilt es weiterzuentwickeln. Zusätzlich werden nachhaltige kohlenstoffbasierte Kraftstoffe in vielen Regionen und Ländern der Welt eingesetzt werden müssen, wo der Infrastrukturaufbau für die Elektrifizierung eine noch größere Hürde darstellt als in den wohlhabenden Industrieländern. Auch Biomethan wird zunehmend wichtiger, insbesondere für Kraft-Wärme-Kopplung, teilweise aber auch für den mobilen Bereich.

Worin besteht aus verfahrenstechnischer Sicht der Unterschied zwischen MtX und FTS?

Im MtX-Verfahren setzen wir das Synthesegas zunächst zu Methanol um, das dann als Plattformchemikalie für Kraftstoffe oder Chemieprodukte dient. Je nach Folgeprozess und Wunschprodukt lässt sich eine ganze Palette unterschiedlicher Verbindungen herstellen, beispielsweise Aromaten oder Olefine, aus denen länger-kettige Kohlenwasserstoffe hergestellt werden können. Da gibt es eine ganze Bandbreite an Folgeprozessen, Methanol ist als Plattformchemikalie daher für die Chemieindustrie und für Kraftstoffanwendungen äußerst attraktiv.

Bei der Fischer-Tropsch-Synthese findet eine direkte Umsetzung von Synthesegas zu Wertprodukten statt. Im Prozess entsteht ein Spektrum an Kohlenwasserstoffen von C1 bis ca. C100. Durch Fraktionierung, Destillation, Hydrieren, Cracken oder Isomerisieren können mit verschiedenen Strategien Produkte für unterschiedliche Einsatzbereiche hergestellt werden – ähnlich wie in einer klassischen Raffinerie.

Wäre also das MtX-Verfahren das Interessantere, weil gezielter spezielle Produkte erzeugt werden können?

Das hängt von der Perspektive ab. Sie können mit der FTS letztlich ebenso eine Raffinerie aufbauen wie mit MtX. Die FTS ist durch die große Bandbreite an Produkten sehr universell einsetzbar. Man kann mit den Produktströmen spielen, mehr flüssige Produkte – mehr Benzin, Kerosin oder Diesel herstellen und aus den als Nebenströme entstehenden Gasen und kurz-kettigen Olefinen in der Kunststoffindustrie Polypropylen oder Polyethylen erzeugen.

Geht man über die Methanolsynthese, kann man in großen Mengen Olefine herstellen, das Methanol, also das C1-

Molekül zu C2, C3 oder C4 umsetzen. Mit dem MtP – Methanol-to-Propylen-Prozess – entsteht aus dem C1 Propylen (C3), ein Grundstoff, der zu Aceton, Acrolein oder Polypropylen (Kunststoff) weiterverarbeitet werden kann.

Für eine weitreichende Diversifizierung der Energiequellen werden wir sowohl synthetische als auch biogene Kraftstoffe herstellen und nutzen. Da verschiedene Kraftstoffe mit speziellen physikalischen und chemischen Eigenschaften am Markt etabliert sind, werden neben biogenen Komponenten, z. B. für Ethanol, Rapsmethylester, HVO (hydriertes Pflanzenöl) sowohl die FTS als auch MtX-Verfahren breite Anwendung finden. Das MtG-Verfahren wird beispielsweise spezifisch für Benzin eingesetzt, wohingegen bei der FTS auch Diesel- und Kerosinkomponenten erzeugt werden können. Bei der Kopplung von MtO und Olefin-Oligomerisierung lassen sich zudem durchweg verzweigte Kohlenwasserstoffe erzeugen, die für sämtliche Kraftstoffarten interessant sind, wegen der hohen Kältebeständigkeit vor allem auch für Kerosin.

Halten Sie es für sinnvoller CO₂ aus der Atmosphäre zu nutzen oder es eher aus industriellen Prozessen abzuschneiden?

CO₂ aus der Atmosphäre zu verwenden ist natürlich die „Goldvariante“. Aber wir müssen für einen möglichst schnellen Markthochlauf nachhaltiger Produkte pragmatisch vorgehen. Daher sollten wir CO₂ dort nutzen, wo es in hohen Konzentrationen anfällt – beispielsweise in Zementwerken und der Glasindustrie, also in energieintensiven Wirtschaftsbereichen, bei denen eine Substitution der Einsatzstoffe schwierig ist.

Wo könnten nach Ihrer Einschätzung große Produktionsanlagen eher stehen, um möglichst effizient zu arbeiten – in Deutschland oder in anderen Regionen der Welt?

Porsche zeigt ja gerade im Süden von Chile, wo es günstig ist. Dort, wo wir viel Wind oder Sonne haben. Es wird viel elektrische Energie gebraucht, um Wasser zu spalten und Wasserstoff zu gewinnen. Prinzipiell gibt es zwei Optionen: Entweder wir realisieren die gesamte Prozesskette lokal – an Orten, wo Wind und Sonne effizient genutzt werden können, oder wir haben gute Speichertechnologien und transportieren den Wasserstoff vom Herstellungsort nach Europa und verheiraten ihn hier mit dem Kohlenstoff.

Unter dem seit vergangenem Jahr strategisch immer wichtigeren Aspekt der Versorgungssicherheit und Unabhängigkeit könnte ich mir vorstellen, dass auch Produktionsstandorte in Deutschland politisch flankiert werden. Denn letztlich muss perspektivisch der Zugang zu Wasserstoff diversifiziert werden.

Da wir auf dem erforderlichen, hohen Technologielevel die Anlagen noch nicht perfekt beherrschen, müssen auf der Pilotierungsebene unbedingt weitere Erfahrungen gesammelt werden.

Das heißt, auch die Anlage an der TU Bergakademie Freiberg wird weiter genutzt?

Ja, die Anlage in Freiberg ist speziell auf MtG-Benzin – also synthetisches Benzin auf Methanolbasis ausgelegt. Unser

Hydrierter (farblos) und unhydrierter synthetischer Kraftstoff



Katalysatoren zur Kraftstoffsynthese



Nachbarlehrstuhl für Energieverfahrenstechnik (EVT) betreibt die MtG-Anlage in einem weiteren Projekt, das dreieinhalb bis vier Jahre läuft. Gearbeitet wird aber auch sehr intensiv daran, auf Pilotierungsebene in Richtung synthetisches Kerosin zu gehen.

Wir leisten dafür wichtige Vorarbeiten in der grundlegenden Verfahrens- und Katalysatorentwicklung bis zu Technikumsebene und übergeben dann an die Nachbarprofessur, die an der Pilotierung und weiteren Skalierung arbeitet.

Bleibt Deutschland im Kraftstoffbereich und bei chemischen Grundstoffen auch künftig ein Importland?

Definitiv. Die küstennahen Regionen haben Vorteile beim Wind und die südlichen Länder bei der Sonne. Wir aber haben zu wenig Küste und zu wenig Sonne, um mithalten zu können.

Aber wir sind stark als Technologieentwickler und Anlagenbauer. Deutschland wird weiter Energie importieren und muss gleichzeitig sein Know-how weiterentwickeln und die gesamte Reaktions- und Verfahrenstechnik vorantreiben, die hinter den Prozessen steht.

Wie ist Ihre Arbeit in Kooperationen mit anderen Forschungseinheiten und Anwendern eingebettet?

Wir arbeiten projektbezogen eng mit Anlagenherstellern wie dem Chemieanlagenbau Chemnitz zusammen. Auf diese Weise erfolgt ein direkter Transfer quasi aus dem Labor in den technischen Maßstab.

Die Professur für Reaktionstechnik war und ist überdies an Großforschungsprojekten (Kopernikus, C³-Mobility,

KeroSyn100, DeCarTrans, REF4FU) beteiligt, wodurch zusätzlich ein intensiver Austausch mit der Nachbarprofessur EVT erfolgt, die die MtG-Pilotanlage in Freiberg betreibt. Am IEC verfügen die Professuren Reaktionstechnik und EVT gemeinsam über vier MtG-Anlagen mit unterschiedlichen Skalierungsgrößen. Die beiden kleineren Anlagen werden an der Professur für Reaktionstechnik hauptsächlich für die Katalysatorforschung und Qualitätsoptimierung der Kraftstoffe genutzt, wohingegen eine Prozessoptimierung im technischen Maßstab an den größeren Anlagen der Professur für Energieverfahrenstechnik erfolgt.

Außerdem gibt es einen engen Austausch und eine gute Kooperation mit Unternehmen des Anlagenbaus, der Kraftstoffherzeugung, Katalysatorproduktion und der Anwendungen im Boden- und Flugverkehr.

Sehen Sie eher erneuerbare und synthetische Kraftstoffe oder die Elektrifizierung als Lösung zur Emissionsreduzierung im Verkehrsbereich?

Auch hier gilt der Ansatz der Diversität. In der Natur ist ein System mit einem hohen Maß an Diversität sehr stabil gegenüber äußeren Einflüssen. Nicht nur in Krisenzeiten sollte dieses Konzept auch für Antriebstechnologien, Energiequellen und Chemierohstoffe gelten. Die Elektromobilität wird ihren Einsatz zunächst eher in urbanen Gebieten finden, wo eine Ladeinfrastruktur besteht und weiter ausgebaut werden kann. Dort sind auch die zurückzulegenden Wege vergleichsweise kurz. Synthetische und biogene Kraftstoffe werden vor allem für Langstrecken- und Heavy-Duty-Anwendungen auf absehbare Zeit unverzichtbar sein. Generell sollte jedoch nicht davon ausgegangen werden, dass der derzeitige Fahrzeugbestand 1:1 durch alternative Antriebstechnologien und Kraftstoffe ersetzt werden wird. Vielmehr wird auch die Reduktion des Individualverkehrs, etwa durch Verbesserung des ÖPNV und entsprechender Angebote zu einer signifikanten CO₂-Reduktion führen. Zudem könnte es eine stärkere steuerliche Lenkungswirkung durch die Politik geben, z. B. zur Beschleunigung der Markteinführung von nachhaltigem Kerosin und E-Fuels für das Automobil, sofern diese in der EU politisch noch erwünscht sind. Die verbleibenden Fahrzeuge, aber auch Flugzeuge, Baumaschinen, Schiffe und stationäre Anwendungen wie etwa Blockheizkraftwerke werden entsprechend mit nachhaltigen alternativen Kraftstoffen betrieben.

Wann könnte es in Deutschland tatsächlich zum großtechnischen Einsatz dieser neuen Produkte kommen?

Im Grunde können Sie sofort eine Anlage für synthetisches Benzin kaufen und in relativ kurzer Zeit betreiben. Die MtG-Technik ist vorhanden. In Chile demonstrieren Porsche und Siemens mit internationalen Partnern gerade, wie das funktioniert. Aber es sind noch homöopathische Mengen für den Bedarf im Weltmarkt.

Im Bereich Kerosin brauchen wir noch den Pilotierungsmaßstab. Wenn wir auf MtX-Basis arbeiten, sind sicher noch fünf bis zehn Jahre erforderlich. Auch für die FTS müsste erst noch eine Pilotierung auf größerer Skala erfolgen, wenn CO₂ als Rohstoff eingesetzt wird. Entsprechende Pläne und Vorhaben hierfür gibt es ja in Deutschland schon.

Das Interview führte Hans-Henning Manz.