

Mit erneuerbarem Strom zu nachhaltigen Produkten

Elektrischer Prozessofen für neue Grundöldestillation im Shell Energy and Chemicals Park Rheinland

Der Umbau des Energy and Chemicals Park Rheinland zu einer Produktionsstätte für nachhaltige Energie- und Chemieprodukte läuft auf Hochtouren. Shell hat es sich zum Ziel gesetzt, bis 2050 ein Unternehmen mit Netto-Null-CO₂-Emissionen zu werden. Ein wichtiger Schritt der Transformation ist das Ende der Rohöldestillation am Standort Wesseling im Laufe des Jahres 2025 sowie der anschließende Umbau des bestehenden Hydrocrackers zu einer Anlage für die Produktion hochwertiger Grundöle. Dabei kommt ein elektrisch beheizter Prozessofen, der erste seiner Art in der petrochemischen Industrie, zum Einsatz.

Das Baufeld ist leergeäumt, Baumaschinen bereiten den Boden für die Fundamentplatte vor. Im Untergrund stecken bereits sechs mächtige Betonpfähle, 13 m tief und über einen Meter im Durchmesser. Sie werden für die Stabilität der Vakuumkolonne der Grundöldestillation (Base-Oil-Distillation-Unit, BODU) sorgen. Nebenan wird ein weiteres Areal von den Überresten des vorherigen Baus bereinigt. Dort entsteht das neue Schaltheus 1010.

Mit dem Umbau des Chemieparks rückt auch das Ende der Rohöldestillation im südlichen Parkteil, am traditionsreichen Standort Wesseling, näher. Ende März 2025 soll die Verarbeitung enden. Im Norden des Parks, am Standort Godorf wurden

bereits technische Vorkehrungen getroffen, um das dort produzierte Vakuumgasöl (VGO) für die Verarbeitung in der BODU vorzubereiten. Ein 10 m breiter und knapp 2 m hoher Luftkühler ist bereits installiert. Es geht Schlag auf Schlag, denn schon ab 2027 soll die neue Destillationsanlage hochwertige Grundöle herstellen, die u.a. als Schmierstoffe, als Kühlflüssigkeit sowie in der Pharma- und Kosmetikindustrie zum Einsatz kommen können.

Transformation Richtung Netto-Null

Der Umbau ist das Herzstück der Transformation des gesamten Parks mit dem Ziel, künftig kohlendioxidarme Energie- und Produktlösungen



Im Shell Energy and Chemicals Park Rheinland entsteht eine innovative, CO₂-arme Anlage zur Grundöldestillation.

anzubieten. Eine der wichtigsten Maßnahmen für die Minderung des CO₂-Fußabdrucks der neuen Anlage ist die Elektrifizierung von Anlagenanteilen. Diese sind, wenn sie mit erneuerbaren Energien betrieben werden, deutlich klimafreundlicher als Anlagen, die durch herkömmliche, fossile Energiequellen erwärmt werden. Allerdings setzen weite Teile der Industrie gerade bei hohen Temperaturen und anspruchsvollen Prozessbedingungen nach wie vor auf klassische, sprich, fossilbasierte Technik. Schließlich ist diese über Jahrzehnte bewährt und gelernt, eine Elektrifizierung im industriellen Maßstab für Temperaturen oberhalb von 500°C dagegen eine Herausforderung.

Daher blicken viele nun gespannt zu Shell ins Rheinland, denn die neue BODU soll künftig mit einem elektrischen Prozessofen beheizt werden. Nicht nur aufgrund seiner markanten äußeren Erscheinung hat dieser bereits einen Spitznamen bekommen und man spricht scherzhaft vom „Toaster“. Auch das grund-

legende Prinzip der Wärmeabgabe über Strahlungselemente findet sich auf jedem Küchentisch wieder.

Der geplante elektrische Strahlungsofen ist der erste seiner Art in der petrochemischen Industrie und arbeitet ohne direkte Emissionen von Luftschadstoffen: Weder Kohlendioxid noch Stickoxide, Staub oder Schwefeloxide werden ausgestoßen. Diese Innovation ist ein technischer Durchbruch im Vergleich zu herkömmlichen, gefeuerten Prozessöfen, gerade vor dem Hintergrund der angestrebten CO₂-Reduzierung.

Entscheidend für die Realisierung war, dass Lösungen gefunden wurden, die eine ausreichende Wärmestromdichte des elektrischen Rohrheizkörpers für den Betrieb unter den sehr anspruchsvollen Prozessbedingungen erreichen und die Anforderungen des industriellen Großbetriebs der petrochemischen Industrie erfüllen.

Während beim herkömmlichen Ofendesign fast alles irgendwann einmal gemessen, getestet und im-

plementiert wurde, galt es für den Toaster Neuland zu beschreiten. Mit Erfolg: Die technischen Zielsetzungen wurden erreicht und trugen maßgeblich dazu bei, dass Anfang des Jahres die endgültige Investitionsentscheidung für den Umbau getroffen wurde. Die Lieferung des Toasters ist für das dritte Quartal 2025 geplant.

Auf dem Weg in eine CO₂-arme Zukunft

Die Entscheidung für eine technisch innovative Lösung zur Fortentwicklung des Standorts passt in die Gesamtstrategie des Ölkonzerns, bis 2050 zu einem Netto-Null-CO₂-Emissionen-Unternehmen zu werden. Es gilt, sowohl die Emissionen im eigenen Betrieb (Scope 1 & 2) zu reduzieren, als auch die Umstellung auf CO₂-arme Produkte zu bewältigen, um keine indirekten Emissionen durch Nutzung der Produkte zu erzeugen (Scope 3). Gerade für einen klassischerweise rohölverarbeitenden Standort, wie den in

Köln, bedeutet dies eine riesige Herausforderung. Es gilt, etablierte Geschäfts- und Betriebsmodelle auf den Prüfstand zu stellen und Möglichkeiten der Dekarbonisierung zu entwickeln, ohne dabei Wirtschaftlichkeitserwägungen aus den Augen zu verlieren.

Die ersten Schritte zur Transformation des Parks wurden bereits absolviert. Im Frühjahr 2024 ging am Standort Wesseling Deutschlands bis dato größte Anlage zur Produktion von Bio-LNG (verflüssigtes Biomethan) in Betrieb. Diese produziert aus nachhaltigen Rohstoffen wie Gülle, Mist oder organischen Reststoffen rund 100.000 t/a des CO₂-ärmeren Kraftstoffes. Damit könnten jährlich bis zu 5.000 LNG-Lkw betankt werden, was eine CO₂-Reduktion von bis zu 1 Mio. t entspricht. In Kürze geht am Standort Godorf außerdem ein neues Gaskraftwerk für die eigene Dampf- und Energieerzeugung in Betrieb, das in Teilen die bisherige Schweröl-Befeuerung des Parks ersetzt. Bereits seit 2021 produziert Refhyme I, betrieben mit regenerativen Energien, nachhaltigen Wasserstoff. Dem damals größten Elektrolyseur Deutschlands wird nun ein weiterer zur Seite gestellt: Im Sommer 2024 fiel die Investitionsentscheidung, Refhyme II zu realisieren, ein PEM-Elektrolyseur (Polymer-Elektrolyt-Membran) mit 100 MW Leistung und damit zehnmal so groß wie der Vorgänger.

Die Entscheidung wird nicht nur dazu beitragen, dass das Energieunternehmen die selbst gesteckten Ziele zur Senkung der CO₂-Emissionen erreichen kann. Die innovative Anlage führt außerdem dazu, dass die produzierten hochwertigen Grundöle einen geringeren CO₂-Fußabdruck aufweisen als herkömmlich erzeugte Produkte – ein entscheidender Vorteil auf Produktebene gerade auch vor dem Hintergrund künftiger Emissionsregularien. (op)

■ www.shell.de



Die neue Grundöldestillation am Standort Wesseling wird mit Vakuumgasöl vom Standort Köln-Godorf versorgt. Dort wurde bereits ein neuer Luftkühler installiert.

Technologiemix für komplexe Kunststoffabfälle

Eine Kombination von mechanischen und chemischen Recyclingverfahren schont Ressourcen und die Umwelt

Durch eine Kombination aus mechanischem und chemischem Recyclingverfahren können selbst aus den komplexesten Kunststoffabfällen wertvolle Rohstoffe zurückgewonnen und recycelt werden. Doch wie gelingt die Kombination der Verfahren in der Praxis? Und für welche komplexen Abfallströme kommt eine Kombination der Verfahren überhaupt in Frage?

Durch eine kluge Kombination von verschiedenen Recyclingverfahren können Unternehmen ihre Wertschöpfung steigern und noch mehr Ressourcen aus Ihren Kunststoffabfällen zurückgewinnen. Doch dabei gibt es einige Fallstricke zu beachten. „Je mehr Sie beim Recycling in die Polymehrstruktur eingreifen, desto mehr Energie müssen Sie aufwenden. Daher gilt die einfache Faustregel: Alles, was Sie technisch und ökonomisch sinnvoll mechanisch recyceln können, sollten Sie auch mechanisch recyceln“, erklärt Alexander Kronimus, Geschäftsführer von Plastics Europe Deutschland, dem Verband der Kunststoffhersteller.

Beim mechanischen Recycling werden Kunststoffe zunächst sortenrein getrennt, zerkleinert und anschließend umgeschmolzen. Perspektivisch stehen aber zusätzlich zu diesen Verfahren eine ganze Bandbreite an weiteren chemischen und lösungsmittelbasierten Recyclingverfahren zur Verfügung. Diese Verfahren kommen dann in



Alexander Kronimus,
Plastics Europe
Deutschland

© Plastics Europe / Ulrik Eichentopf

Frage, wenn mechanisches Recycling an seine Grenzen stößt, bspw. bei stark gemischten oder verunreinigten Kunststoffabfällen oder wenn Rezyklat in einer besonders hohen Qualität gebraucht wird, wie für kontaktsensitive Anwendungen, etwa bei Lebensmittelverpackungen.

Kosten und Nutzen abwägen

„Chemische Recyclingverfahren ermöglichen es – sehr vereinfacht gesagt – die Polymerisation rückgängig zu machen und die langen Polymerketten in ihre einzelnen Bestandteile zu zerlegen“, erklärt Kronimus. „Je weiter man diesen Prozess zurückdreht, umso mehr Aufwand ist auch nötig, um die entstehenden Öle und Gase wieder



aufzubereiten und neu zu polymerisieren. Dieser Schritt braucht auch die meiste Energie im Prozess. Daher sollte man sich stets für eine Kombination von Recyclingverfahren entscheiden, die das Recycling von Abfallströmen maximiert, dies jedoch zugleich bei einem minimalen Umweltaufwand ermöglicht. Das heißt, die Polymerstruktur sollte durch die komplementär eingesetzten Recyclingverfahren so viel wie

nötig und zugleich so gering wie möglich degradiert werden“, erläutert der Geschäftsführer des Kunststoffherstellerverbands.

Lässt sich das Material sortenrein trennen?

„Mechanisches Recycling ist ohne Frage die ressourceneffizienteste Methode, um Kunststoffabfälle zu recyceln“, erklärt Kronimus. Selbst bei stark gemischten oder verunreinigten

Kunststoffabfällen können durch zusätzliche Investitionen in KI-gestützte Sortieranlagen, bessere Sensoren und Tracing-Technologien meist noch mehr Rohstoffe aus den Kunststoffabfällen zurückgewonnen werden.

Wie weit kommen lösungsmittelbasierte Verfahren?

Doch selbst sortenreine Kunststoffabfälle können beim mechanischen

Recycling gelegentlich problematisch werden, etwa wegen Druckfarben oder schwierigen Oberflächen. Lösungsmittelbasierte Verfahren bieten hier eine gute Ergänzung zu mechanischen Recyclingverfahren, um die Qualität des Rezyklats noch zu verbessern, ohne jedoch in die Polymerstruktur einzugreifen, wie es beim chemischen Recycling der Fall ist. Mithilfe von Additiven im Lösungsmittel kann das Recycling der Kunststoffabfälle erleichtert werden. Diese Verfahren helfen bspw. beim Entschäumen, Entfärben, Entfeuchten von Kunststoffabfällen und der Geruchsbehandlung. „Wenn Sie Rezyklat in besonders hoher Qualität brauchen, müssen Sie nicht sofort die Polymerstruktur aufbrechen. Prüfen Sie zunächst, ob sie Ihr Ziel auch mit lösungsmittelbasierten Verfahren erreichen können“, rät Kronimus.

Ist eine Depolymerisation möglich?

Sollte tatsächlich Rezyklat mit Virgin-Qualität benötigt werden, z.B. für den Einsatz in Lebensmittelverpackungen, kann man immer noch auf chemische Recyclingverfahren zurückgreifen. Ein relativ schonendes Verfahren ist bspw. die Depo-

Fortsetzung auf Seite 9 ▶

Alternatives Naphtha

Teil 2: Herstellung und Nutzung – Wie erneuerbare Rohstoffe zu Naphtha verarbeitet werden

Im ersten Artikel dieser dreiteiligen Serie wurde das Konzept „Alternatives Naphtha“ als Ersatz für fossile Rohstoffe in Raffinerien und Steamcrackern vorgestellt. Relevante Mengen erneuerbarer Chemikalien und Polymere sind ohne alternatives Naphtha nicht realisierbar, eine signifikante Defossilisierung des Chemiesektors erfordert den Verzicht auf fossiles Naphtha. Im zweiten Artikel wird die Herstellung und Nutzung von alternativem Naphtha genauer beleuchtet.

Biobasierte Rohstoffe wie Fette, Öle und Schmierstoffe (Triglyceride) können fossile Erdölrohstoffe ersetzen und in bestehenden Raffinerien mitverarbeitet werden (Grafik 1, Route 1). Dies ist attraktiv, da Raffinerien ohne große Investitionen Biokraftstoffe und biobasierte Grundchemikalien produzieren können. Eine Vorbehandlung der Rohstoffe kann dabei erforderlich sein.

In einer Raffinerie können biobasierte Einsatzstoffe in verschiedenen Betriebseinheiten eingesetzt werden. Die Hydrotreating-Anlage (HDT), die hauptsächlich Dieselkraftstoff herstellt, eignet sich gut für die Mitverarbeitung (Co-Processing). Auch in FCC-Anlagen (Fluid Catalytic Cracking) ist die Mitverarbeitung eine viel beachtete Option, da neben Benzinkomponenten auch Propylen produziert wird.

Die Mitverarbeitung von Triglyceridmaterial wie gebrauchtem Speiseöl (Used Cooking Oil, UCO) zusammen mit Rohöl ist in Raffinerien bis zu einem Volumenanteil von ca. 5 – 10% möglich, wobei geringfügige Modifikationen erforderlich sind, um den hohen Anteil an sauerstoffhaltigen Verbindungen zu handhaben.

Alternatives Naphtha für Steamcracking

Derzeit ist das HVO/HEFA-Verfahren die wichtigste Quelle für alternatives Naphtha (Grafik 1, Route 2), das in erster Linie zur Herstellung von Kraftstoffen eingesetzt wird: erneuerbarer Diesel (Ersatz für fossilen Diesel) und zunehmend SAF (Sustainable Aviation Fuel – nachhaltiger Flugkraftstoff).

Das Verfahren besteht in der Wasserstoffbehandlung von Rohstoffen auf Biomassebasis, wie z. B. Saatölen, Pflanzenölen, Tallöl (aus dem Kraftstoffprozess), Altspeiseölen und -fetten, einschließlich gebrauchtem Speiseöl (UCO) in autonomen Anlagen zur Herstellung von HVO (hydrogenated vegetable oil = hydriertes Pflanzenöl) bzw. HEFA (hydrogenated esters and fatty acids = hydrierte Ester und Fettsäuren).

Die hydrierende Aufbereitung umfasst dann die Verfahren der Hydro-



Gillian Tweddle,
Nova-Institut

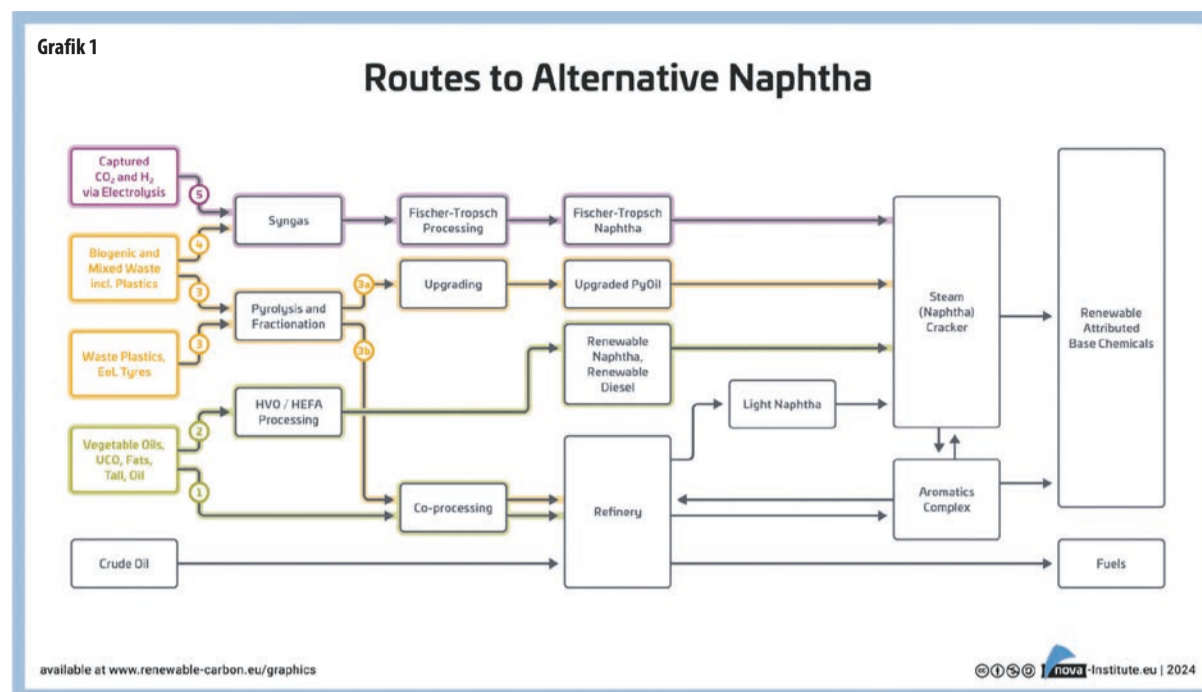


Michael Carus,
Nova-Institut

behandlung, bei der Sauerstoffmoleküle entfernt werden, gefolgt von einer zweiten Stufe der hydrierenden Aufbereitung, die die katalytische Isomerisierung und das Cracken der vorhandenen geradkettigen Alkane bei hohen Temperaturen umfasst.

Die verschiedenen gewünschten Kohlenwasserstofffraktionen, darunter erneuerbarer Diesel und/oder SAF, die den größten Teil der Produktion ausmachen, erneuerbares Flüssiggas (einige Prozent) und erneuerbares Naphtha (ca. 10%) werden dann durch Destillation abgetrennt.

Auch wenn der Begriff „erneuerbar“ für die Herstellung von Naphtha, Diesel usw. in diesem Prozess verwendet wird, handelt es sich in diesem Fall um biobasierte Produk-



te. Fraktionen von HVO – erneuerbarer Diesel oder Naphtha, die konventionellem Naphtha ähnlich sind – können je nach Konfiguration der einzelnen Cracker dem Steamcracker zugeführt werden.

Das Ova-Institut schätzt in seinem kürzlich veröffentlichten Report „Alternative Naphtha“ die weltweite Produktion von alternativem (biobasiertem) Naphtha und erneuerbarem Diesel aus HVO/HEFA-Verfahren als Einsatzstoff für Steamcracker auf mehr als 1,1 Mio. t im Jahr 2023.

Pyrolyseöle, Verdünnung und Veredelung

Das chemische Recycling von Kunststoff- und Reifenabfällen durch Hochtemperaturpyrolyse zur Herstellung von Pyrolyseöl (PyOil) ist von großem Interesse, da es eine

Lösung für Kunststoff- und Reifenabfälle bietet und gleichzeitig den Einsatz erneuerbarer Rohstoffe in der Chemie- und Polymerindustrie ermöglicht. Pyrolysetechnologien befinden sich jedoch noch in der Entwicklungs- und Scale-up-Phase.

Die Zusammensetzung des Py-Oils ist stark vom eingesetzten Kunststoff-/Gummimaterial, den Additiven und der Pyrolysetechnologie abhängig. Vor der Weiterverarbeitung in Raffinerien und Steamcrackern muss PyOil möglicherweise fraktioniert werden, um schwere Bestandteile zu entfernen, und „raffiniert“ werden, um als wesentlicher Bestandteil des Ausgangsmaterials verwendet werden zu können. Die Verfahren ähneln denen des HVO/HEFA-Prozesses, wie Hydrotreating und Hydrocra-

cking, um den Siedepunktbereich zu optimieren.

Unaufbereitete, aber typischerweise vorbehandelte, fraktionierte Pyrolyseöle können in kleinen Mengen in Steamcrackern oder Raffinerien eingesetzt werden (Co-Processing-Optionen, die heute in Betrieb sind), wobei die Mengen so gering sein müssen, dass die Verdünnung die Verarbeitung trotz des Verunreinigungsgrades und der Unterschiede zu herkömmlichen Rohstoffen ermöglicht.

Synthesegas und Fischer-Tropsch

Die Nachfrage nach Kraftstoffen, insbesondere Sustainable Aviation Fuels (SAF), treibt die alternativen Naphtha-Routen 4a und 5 (vgl. Grafik 1) an. Bei diesen Prozessen entsteht erneuerbares Naphtha als Nebenprodukt, das mindestens 10% der Gesamtproduktion ausmacht.

CO₂ kann aus industriellen Emissionen, biogenen Abgasströmen oder durch direkte Luftabscheidung (Direct Air Capture, DAC) gewonnen werden. Im nächsten Schritt wird aus CO₂ und Wasser mittels erneuerbarer Energie Synthesegas (Wasserstoff und Kohlenmonoxid) erzeugt, entweder durch Niedertem-

peraturelektrolyse kombiniert mit einem Reverse-Water-Gas-Shift-Reaktor oder durch Hochtemperatur-Co-Elektrolyse (Co-SOC) in einer Festoxid-Elektrolysezelle (SOC, SOEC). Eine solche Festoxid-Brennstoffzelle ermöglicht die Elektrolyse von Wasser unter Verwendung eines Festoxid- oder Keramikelektrolyten zur Erzeugung von gasförmigem Wasserstoff und/oder Kohlenmonoxid und Sauerstoff.

Das Synthesegas wird anschließend im Fischer-Tropsch-Verfahren in Kohlenwasserstoffe unterschiedlicher Kettenlänge umgewandelt. Es entsteht ein synthetisches, erneuerbares Rohöläquivalent, das zu Produkten wie SAF, Diesel, Benzin und Wachsen raffiniert werden kann.

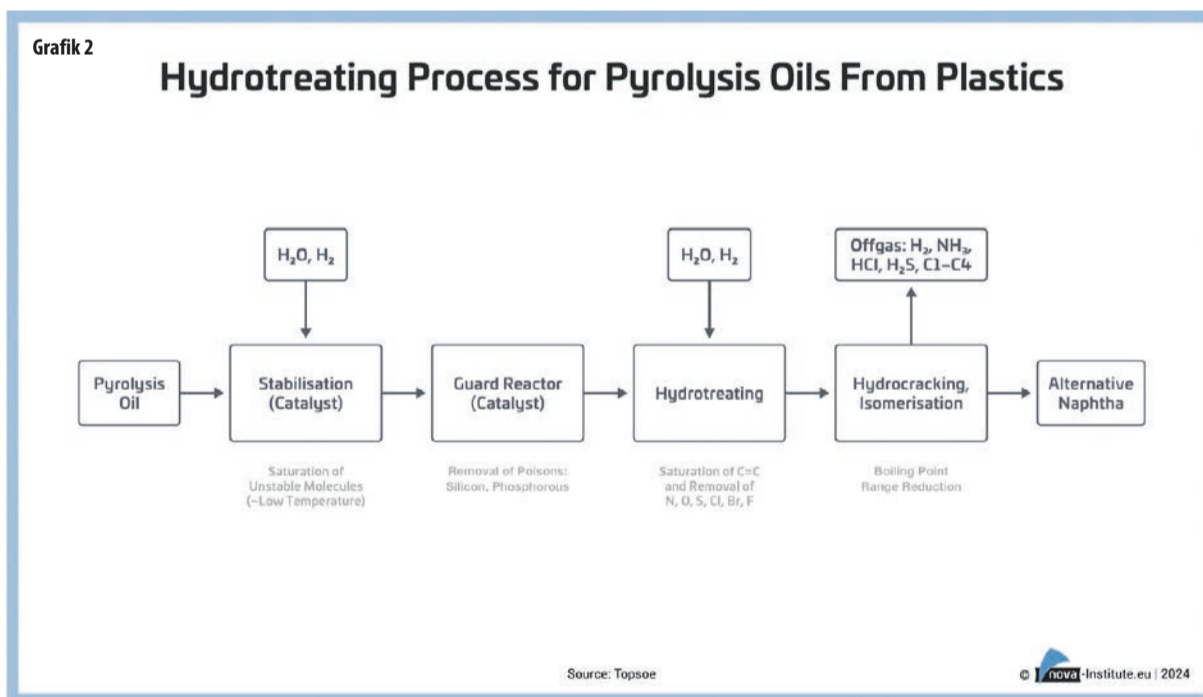
Alkohol-zu-Jet

Ethanol, das aus Biomasse oder aus CO/CO₂ hergestellt wird, kann in Alcohol-to-Jet-Prozessen zu Ethylen dehydriert und dann zu C9+-Olefinen oligomerisiert werden. Nach Hydrierung und Trennung entsteht eine Reihe von Produkten, darunter Naphtha, nachhaltiges Kerosin (SAF) und Dieselkraftstoff. Der Naphtha-Anteil, der für die chemische Verarbeitung geeignet ist, ist wiederum ein Nebenprodukt von mindestens 10%. Andere Alkohole wie Methanol aus Biomasse oder aus CO₂ sind ebenfalls für die Herstellung von SAF mit der Nebenproduktion von Naphtha von Interesse.

Die Verfügbarkeit von alternativem Naphtha aus einer Vielzahl von Prozessrouten nimmt also zu und kann einen dringend benötigten Beitrag zum Übergang weg von fossilen zu erneuerbaren Rohstoffen für Chemikalien und Polymere leisten.

Gillian Tweddle, Stripe Consulting und externe Expertin, Nova-Institut GmbH, und Michael Carus, Geschäftsführer und Gründer, Nova-Institut GmbH, Hürth

■ michael.carus@nova-institut.de
■ www.renewable-carbon.eu
■ www.nova-institute.eu



Technologiemix für komplexe Kunststoffabfälle

◀ Fortsetzung von Seite 8

lymerisation mittels Solvolyse, die ideal für sortenreine Abfälle, bspw. aus PC, PMMA, PA oder PET geeignet ist. Dabei werden die Polymere bei vergleichsweise niedrigen Temperaturen in kürzere Ketten aufgebrochen.

Für welche Abfallströme kommt Pyrolyse in Frage?

Für gemischte oder verunreinigte Kunststoffabfälle kann es notwendig sein, auf invasivere chemische Recyclingverfahren wie Verölung oder Pyrolyse zurückzugreifen. „Bei der Pyrolyse können je nach Abfallfraktion und Recyclingverfahren 50 bis 80% des Kohlenstoffs aus gemischten Kunststoffabfällen zurückgewonnen werden. Doch je besser die Abfälle im Vorfeld sortiert sind, desto höher ist auch die Materialausbeute und



Aus gemischten Kunststoffabfällen durch chemisches Recycling gewonnenes Pyrolyseöl

desto weniger spezifische Energie braucht auch der Recyclingprozess“, erklärt Kronimus. „Aufwand und Effizienz der Sortierung können also darüber entscheiden, ob das Verfah-

ren wirtschaftlich ist oder nicht. Investitionen in chemisches Recycling sollten in den meisten Fällen Hand in Hand mit Investitionen in mechanisches Recycling gehen.“

Wann ist nur noch Verbrennung möglich?

Selbst aus Reststoffen, die bislang nur verbrannt werden konnten, lassen sich oft noch wertvolle kohlenstoffhaltige Sekundärrohstoffe zurückgewinnen. „Für viele Unternehmen könnte chemisches Recycling daher eine gute und nachhaltigere Alternative zur Verbrennung darstellen“, schlussfolgert Kronimus. „Unternehmen können beispielsweise mit Betreibern chemischer Recyclinganlagen eine Begutachtung und Probelaufe mit Probematerial vereinbaren, um die Recyclingfähigkeit von Abfallströmen festzustellen. In vielen Fällen wird das für Unternehmen lukrativer sein, als die Kunststoffabfälle bloß zu verbrennen.“

Alexander Kronimus, Geschäftsführer, Plastics Europe Deutschland, e.V., Frankfurt am Main
■ www.plasticseurope.org/de

RUHR-IP
PATENTANWÄLTE

seit 2006
in Bürogemeinschaft

+49 201 17 00 35 90 office@RUHR-IP.com www.RUHR-IP.com