



# Fraunhofer

## UMSICHT

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR UMWELT-, SICHERHEITS- UND ENERGIETECHNIK UMSICHT  
INSTITUTSTEIL SULZBACH-ROSENBERG



1 Abfall-Biomasse wird im TCR-Verfahren zu Öl, Gas und Kohle umgewandelt

## TCR-TECHNOLOGIE

### CO<sub>2</sub>-NEUTRALE ENERGIETRÄGER AUS BIOGENEN RESTSTOFFEN

**Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT**

**Institutsteil Sulzbach-Rosenberg**  
An der Maxhütte 1  
92237 Sulzbach-Rosenberg

**Ansprechpartner**  
Dr.-Ing. Robert Daschner  
Abteilungsleiter Energietechnik  
Telefon +49 9661 8155-410  
robert.daschner@umsicht.fraunhofer.de

**Leitung**  
Prof. Dr. Andreas Hornung  
Telefon +49 9661 8155-500  
andreas.hornung@umsicht.fraunhofer.de

[www.umsicht-suro.fraunhofer.de](http://www.umsicht-suro.fraunhofer.de)  
[www.umsicht.fraunhofer.de](http://www.umsicht.fraunhofer.de)

#### Grünes Rohöl aus Restbiomasse

Mit der Fraunhofer TCR-Technologie lässt sich ein breites Spektrum biogener Rest- und Abfallstoffe in speicherbare Energieträger umwandeln. Diese Produkte sind die Ausgangsbasis für zum Beispiel synthetische Kraftstoffe der nächsten Generation oder Grundstoffe der chemischen Industrie.

Flüssige Energieträger und Rohstoffe aus fossilen Quellen machen in Deutschland aktuell noch ca. 98 Prozent der Antriebsenergie im Verkehr und 22 Prozent der Heizenergie aus. 16 Prozent des Mineralölaufkommens wird darüber hinaus in der Chemieindustrie verbraucht. Etliche Wirtschaftsbereiche werden auch in Zukunft auf flüssige Energieträger mit hoher Energiedichte bzw. mineralöläquivalente Rohstoffe angewiesen sein, u.a. der Flugverkehr, die Schifffahrt, der schwere

Straßengüterverkehr und die chemische Industrie. [Studie Flüssige Energieträger und Energiewende]

#### Mineralöl-Äquivalente aus Biomasse

Kraftstoffe und Chemie-Rohstoffe auf Basis von Biomasse können für diese Anwendungen eine wichtige Ergänzungsfunktion einnehmen, um die THG-Emissionen zu reduzieren. Vor allem dann, wenn sie aus biogenen Abfallstoffen hergestellt werden, so dass ihre Produktion nicht mit der Nahrungsmittelproduktion konkurriert und eine Teller vs. Tank Diskussion vermieden werden kann. Die EU Kommission strebt für den Zeitraum nach 2020 eine schrittweise Einstellung der Verwendung konventioneller Biokraftstoffe (»Biodiesel«) an und legt ein Mindestziel für fortgeschrittene Biokraftstoffe im Verkehr fest. [EU Directive 2015/1513]

## Technologie:

### Thermo-Katalytisches Reforming

Beim »thermo-katalytischen Reforming« (TCR®-Verfahren) wird Restbiomasse in Synthesegas, Karbonisat und flüssiges Bio-Rohöl umgewandelt, das den Ausgangsstoff für synthetische Kraftstoffe bildet.

In einer ersten Stufe wird die Biomasse in einem kontinuierlich arbeitenden Schneckenreaktor unter Sauerstoffabschluss bei mittleren Temperaturen (< 500 °Celsius) schonend in Biokohle und flüchtige Bestandteile zerlegt. Die Bildung von Teer und anderen Schadstoffen wird durch optimierte Prozessbedingungen in den verschiedenen Reaktorzonen vermieden.

Zweite Stufe: In einem Post-Reformer werden die Kohle und Dämpfe bei Temperaturen von bis zu 700 °Celsius katalytisch weiter veredelt, um die Gasausbeute und die Produktqualität zu verbessern. Anschließend werden die Dämpfe abgekühlt. Bei der Kondensation werden Öl und Prozesswasser getrennt. Das verbleibende Gas wird gereinigt.

### Drei Produkte: Öl, Gas, Kohle

Im Ergebnis entstehen drei Produkte:

- Synthesegas, ein staubfreies Produktgas mit einem sehr hohen Wasserstoffgehalt, der bis zu 50 Prozent betragen kann.
- Karbonisat („Biokohle“) mit hohem Kohlenstoffanteil, das in-situ als Katalysator im TCR-Prozess selbst genutzt wird, als Bodenverbesserer dienen oder eingelagert werden kann.
- Ein Pyrolyseöl von erdölähnlicher Konsistenz, das einen hohen Heizwert sowie sehr niedrige Säurewerte (vergleichbar mit pflanzlichen Ölen) aufweist. Es lässt sich entweder in Raffinerien zusammen mit mineralischem Rohöl raffinieren (Co-Processing) oder selbst zu Produkten wie Benzin und Diesel weiterverarbeiten.

## Neues Verfahren verbessert Öl-Qualität

Biomasseverbrennung, -vergasung und -konversion haben in der Regel mit Einschränkungen hinsichtlich der Bandbreite der möglichen Einsatzstoffe, Einhaltung von Abgasnormen und der Gesamtenergieeffizienz zu kämpfen. Auch die Qualität der aus biogenen Resten gewonnenen Produkte war bisher nicht zufriedenstellend. Vor diesem Hintergrund hat das Fraunhofer Institut UMSICHT in Sulzbach-Rosenberg im Rahmen des Centrums für Energiespeicherung, das vom Bayerischen Wirtschaftsministerium an den Fraunhofer-Standorten Sulzbach-Rosenberg und Straubing mit über 16 Mio. € gefördert wurde, ein neues Verfahren zur Verwertung von Biomassereststoffen entwickelt: das thermokatalytische Reforming.



Das TCR-Verfahren wandelt biogene Einsatzstoffe in Öl, Synthesegas und Karbonisat



TCR-Technikums-Anlage bei Fraunhofer UMSICHT in Sulzbach-Rosenberg

## Klimaneutrales Rohöl

Die entstehenden Produkte sind klimaneutral. Die benötigte Energie wird aus den eingesetzten Reststoffen erzeugt, somit entstehen kaum CO<sub>2</sub>-Emissionen im Prozess. Die Einsatzstoffe selbst haben laut Definition keinen „CO<sub>2</sub>-Rucksack“ (anders als bei Biomasse, die durch den Anbau auch einen kleinen Anteil CO<sub>2</sub>-Emissionen aufweist).

Die Kohle kann in Böden eingebracht werden, sofern der Einsatzstoff nicht schadstoffbelastet ist. Der in der Kohle enthaltene Kohlenstoff wird dann dauerhaft der Atmosphäre entzogen. (Die Kohle aus dem TCR-Verfahren ist durch die geringen Sauerstoff- und Wasserstoff-Gehalte äußerst stabil und wird nicht im Boden zersetzt). Wird der Kohlenstoff auf diese Weise sequestriert, bekommen die Produkte, also das Öl und das Gas eine negative CO<sub>2</sub>-Bilanz.

Im Falle der Kraftstofferzeugung wird auch der benötigte Wasserstoff aus dem Einsatzstoff über das Synthesegas bereitgestellt. Dadurch weisen auch die aus dem TCR-Verfahren erzeugten Kraftstoffe eine annähernd neutrale CO<sub>2</sub>-Bilanz auf.

## Vorteile des TCR®-Verfahrens

Die TCR-Technologie hebt sich von anderen Pyrolyseverfahren durch eine hohe Energieeffizienz, ein breites Spektrum an Einsatzstoffen und vor allem eine hohe Produktqualität ab.

Die zum Betrieb der Anlage benötigte Wärme wird aus der Restbiomasse erzeugt. Alternativ kann hierfür auch Überschussstrom verwendet werden. Das Gas kann vor Ort in einem Blockheizkraftwerk zur Strom- und Wärmeerzeugung oder zur Synthese von Kraftstoffen dienen. Das Öl lässt sich im Gemisch als lagerfähiger Kraftstoff einsetzen. Die Biokohle kann vergast oder zur Bodenverbesserung verwendet werden.

## Breites Einsatzspektrum an Reststoffen

Das TCR-Verfahren funktioniert mit einem breiten Spektrum an Biomassen und Reststoffen ab einem Trockengehalt von 70 Prozent, z.B. Klärschlamm, Gärresten aus Biogasanlagen, Holzresten, Landschaftspflegematerial, industriellen Biomassereststoffen wie Biertreber oder Schlempen aus dem Papierrecycling, Bioabfallfraktionen, Stroh und anderen landwirtschaftlichen Reststoffen bis hin zu Tierexkrementen.

## Robuster Prozess mit hoher Energieeffizienz

Der Prozess gewährt eine hohe Betriebsstabilität durch Vermeidung von Staub- und Teerbildung und kann Einsatzgut mit Feuchtegraden bis zu 30 Prozent verarbeiten. Gleichzeitig stellt es Eigenwärme zur Vortrocknung von Biomasse mit einem Feuchtegrad von über 50 Prozent bereit. Etwa 75 Prozent der eingesetzten Energie aus dem Heizwert des Einsatzgutes wird in den Produkten genutzt. Berücksichtigt man die zur Biomassetrocknung bereitgestellte Wärme, stehen etwa 90 Prozent der eingesetzten Energie zur nachhaltigen Nutzung bereit. Durch das containerisierte Anlagendesign können dezentrale Anlagengrößen bereits ab 300 kWel wirtschaftlich sinnvoll realisiert werden.

## Großtechnische Anlage im Bau

Aktuell gibt es mehrere TCR-Versuchsanlagen unterschiedlicher Größe: In Chile, der Schweiz, Italien und Kanada sind es Anlagen mit einer Verarbeitungskapazität von zwei Kilogramm Klärschlamm je Stunde. 30 Kilogramm pro Stunde werden in Birmingham, in Sulzbach-Rosenberg und zukünftig in Edmonton verwertet. In Hohenburg (Landkreis Amberg-Sulzbach) entsteht derzeit eine großtechnische Demonstrationsanlage mit einer Kapazität von 500 Kilogramm pro Stunde im Rahmen des EU-Projekts »TO-SYN-FUEL«.

Als Einsatzstoff verarbeitet sie getrockneten Klärschlamm. Sie soll bis 2020 fertiggestellt sein. Damit wird eine erste Produktion möglich, die dem industriellen Maßstab bereits sehr nahe kommt.

## Mobiles Anlagendesign

Die TCR-Technologie wurde für ein containerisiertes, kompaktes Anlagendesign entwickelt. Die Technologie stellt damit eine dezentrale Lösung für die Verwertung von biogenen Reststoffen verschiedenster Art auf der ganzen Welt dar.



*Flexibilität beim Einsatzort durch mobiles, kompaktes Anlagendesign*



*TCR-Anlagen werden schon heute in der Schweiz, Italien, Chile, Indien, Großbritannien und Kanada eingesetzt.*



*Je nach Weltregion fallen unterschiedliche biogene Reststoffe an. Die TCR-Plattform ist anpassbar für unterschiedliche Einsatzstoffe.*