

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

# CHEMISCHES RECYCLING



- 1 *Closed Loop Recycling: Mund-Nasen-Schutz*
- 2 *Kontinuierliche Pyrolyseanlage (iCycle®70)*
- 3 *Elektronikschrott (Einsatzstoff), Pyrolyseöl (Zwischenprodukt) und Phenol (Produkt)*

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

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

Ansprechpartner  
Dr. rer. Nat. Alexander Hofmann  
Abteilungsleiter Kreislaufwirtschaft  
Telefon +49 9661 8155-435  
alexander.hofmann@umsicht.fraunhofer.de

Leiter  
Prof. Dr.-Ing. Matthias Franke  
Telefon +49 9661 98155-600  
matthias.franke@umsicht.fraunhofer.de

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

## Ziel: Kunststoffe in Neuware Qualität

Bei Fraunhofer UMSICHT in Sulzbach-Rosenberg entwickeln wir vorrangig thermo-chemische Konversionsverfahren sowie Aufbereitungs- und Reinigungsverfahren für Pyrolyseprodukte.

Ziel der thermo-chemischen Konversion ist die Erzeugung von Monomeren und chemischen Zwischenprodukten. Die entstehenden Verbindungen die sich im Pyrolyseöl bzw. -gas wiederfinden, können erneut einer Polymerisation zugeführt werden. Sie bilden Grundchemikalien, die für die Produktion von Kunststoffen in Neuware-Qualität geeignet sind.

## Keywords

- **Chemisches Recycling**
- **Thermo-chemisches Umwandeln von Kunststoffen**
- **Dehalogenierung von Pyrolyseölen**
- **Monomerrückgewinnung**
- **Petrochemische Zwischenprodukte**

## Chemische Industrie

- **Kunststoffhersteller**
- **Recyclingunternehmen/Abfallwirtschaft**
- **Petrochemie**
- **Konsumgüterindustrie**
- **Bau und Energie**



1 Pyrolyseanlage Technikum

# Thermo-chemische Konversion und Forschungsdienstleistungen

## Technische Ausstattung

### Pyrolyseanlage Labor

- Batchbetrieb
- Probemasse 1-100 g
- Temperatur bis 1100°C
- Atmosphäre: beliebig
- Quarzglas- oder Stahlreaktoren
- Konfiguration flexibel modifizierbar (Additivierung, Katalyse)
- Kopplung mit (katalytischer) Öl- und Gasaufbereitung

### Pyrolyseanlage Technikum

- Semi-kontinuierlicher Betrieb
- Batchmasse 50 - 350 g
- Temperatur bis 750°C
- Atmosphäre: N<sub>2</sub>
- Konfiguration flexibel modifizierbar (Additivierung, Katalyse)

### Pyrolyseanlage Pilotmaßstab (iCycle ®70)

- Kontinuierlicher Betrieb
- Kapazität 10 - 70 kg/h
- Temperatur bis 650°C
- Schneckenreaktor
- Patentiertes Wärmeeintragssystem
- Atmosphäre: N<sub>2</sub>

## Unser Service

Von der Beratung über die Konzeption bis zur Anwendung:

- **Entwicklung von Verfahren** für das chemische Recycling von Kunststoffen und kunststoffhaltigen Abfällen
- **Aufbereitungs- und Reinigungsverfahren** (Dehalogenierung, Extraktion, Destillation)
- **Erzeugung** chemischer Grundstoffe
- **Bereitstellung von Pyrolyseprodukten** für die Kunststoff- oder Chemieindustrie
- **Technische, ökonomische und ökologische Analyse** von Abfallströmen und Recyclingverfahren
- **Verwertung** von Problem-Kunststoffen und Verbundmaterialien
- **Bereitstellung einer Testumgebung** für Feedstocks, Additive, Katalysatoren

## Ihr Nutzen

- **Technologieneutrale Beratung**
- **Technologieentwicklung und -transfer**
- **Spezifisches Know-How**
- **Unterstützung bei Technologieumsetzung** sowie Forschung und Entwicklung
- **Plattform für Kooperationspartner** zur Bildung von Netzwerken
- **Synergien** durch effektive Technologiebündelung



# Analytik und Ölaufbereitung

## Analytik

Wir bieten ein breites Spektrum an Einsatzstoff-, Öl-, Gas- und Feststoffanalytik:

### Pyrolyseanlage Labor

- GCxGC-MS
- GC-FID/WLD
- CHNS Elementaranalyse
- RFA
- Kalorimeter
- Wassergehalt KF-Titration
- Säurezahl TAN-Titration
- FT-IR
- XRD
- REM-EDX
- Weitere Analysemethoden können wir bei unseren externen Partnern durchführen

## Destillation

### Labordestillation

- Rückflussdestillationen
- Rektifikation (auch fraktionierend)
- Kolbenvolumen: 0,1 - 6 l

### Destillationsanlage

- Batch-Rektifikation
- Kolbenvolumen: bis 20 l
- Stickstoffinertisierung während und vor der Destillation
- Vakuum-Destillationen bis 10 mbar abs.
- Destillation unter Rücklauf mit automatisierter Rücklaufteilung
- Einstellung von verschiedenen Rücklaufverhältnissen
- Kolonnenhöhe: 1 m
- 25 theoretische Böden, erweiterbar auf bis zu 50 theoretische Böden

## Hydrierung

### Laborhydrieranlage

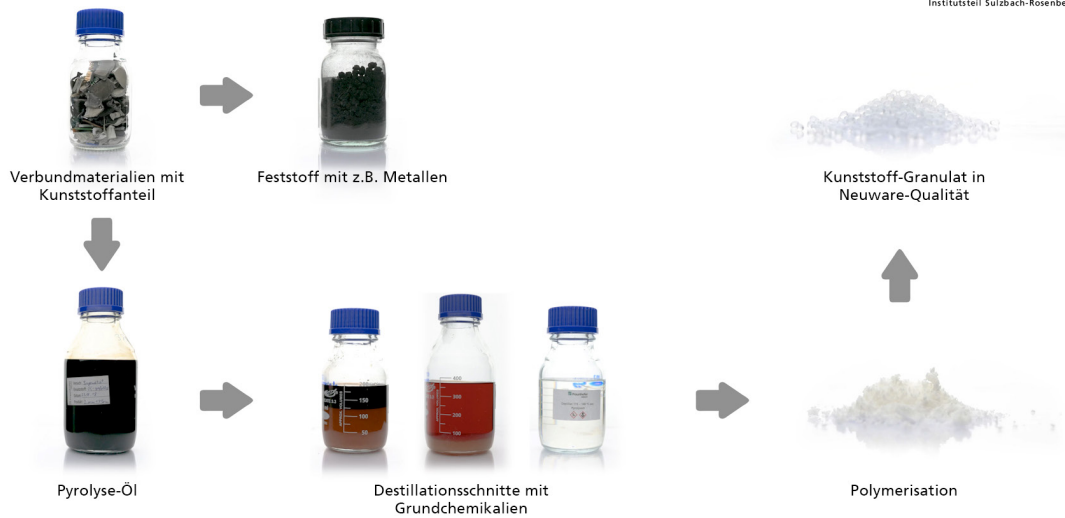
- Probenvolumen bis 30 ml
- Druck bis 100 bar
- Temperatur bis 400 °C
- Gase H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>

### Kontinuierliche Hydrierung/katalytische Reaktionen

- Heterogene Katalyse zwischen Gas/Flüssigkeiten und Feststoff
- Volumenstrom bis 4 l/min
- Katalysatormasse bis 3 g
- Druck bis 100 bar
- Temperatur bis 330 °C
- Gase H<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, He, N<sub>2</sub>, Py-Gas, etc.
- Testumgebung für Katalysatoren

### Kontinuierlicher Pilot-Hydrierreaktor

- Hydrierung von Gasen und Flüssigkeiten
- Probenmenge 3 kg/h
- Katalysator bis 7,5 l
- Druck bis 200 bar
- Temperatur bis 400 °C
- Gase H<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, He, N<sub>2</sub>, Py-Gas, etc.
- Online Analytik: GC-FID/WLD



*Chemisches Recycling vom Verbundmaterial zum Kunststoffgranulat in Neuware-Qualität*

## Ausgewählte Projektreferenzen

### Industrieprojekte

- **Rückgewinnung** von Metallen und Energie aus Rückständen der Elektroschrottaufbereitung
- **Entwicklung einer Pyrolyseanlage** zur thermochemischen Verwertung von Elektronikaltgeräten (Rückgewinnung von Metallen und chemisches Recycling des Polymeranteils)
- **Chemisches Recycling von Rotorblättern** von Windenergieanlagen zur Rückgewinnung von aromatischen Kohlenwasserstoffen und Phenolen sowie Glas- und Karbonfasern
- **Chemisches Recycling von Mischkunststoffen** (diverse post-consumer und post-industrial Abfälle) und Ölaufbereitung zur Erzeugung von Steamcrackerfeed
- **Chemisches Recycling von Kondensationspolymeren** zur Erzeugung von chemischen Zwischenprodukten zur Kunststoffproduktion
- **Chemisches Recycling von Kunststoffen** aus Medizinprodukten (closed-loop recycling)
- **Chemisches Recycling von Kunststoffen** aus Hygieneprodukten
- **Pyrolyse von Baustelleabfällen** zur stofflichen Verwertung
- **Chemisches Recycling von persönlicher Schutzausrüstung (PSA)** (closed loop)

### Öffentliche Projekte

- **Verbessertes Recycling** von Kunststoffen durch Schaumflotation
- **Chemisches Recycling von Kunststoffen**, Marktanalyse, gesetzliche Rahmenbedingungen
- **Phenolrecycling** durch integrierte Extraktion aus Pyrolyseöl
- **Nutzung glasfaserverstärkter Kunststoffe** als Rohstoffquelle für die Schaumglasproduktion
- **Plattformtechnologien** zur Verwertung chlorhaltiger Abfälle und Rückgewinnung kritischer Metalle
- **Kopplung von Pyrolyse** und weiteren chemischen und mechanischen Recyclingverfahren
- **Kombinierte Kunststoffverwertung** zu hochwertigen neuen Werkstoffen
- **Modulare Prozesskette** zur dezentralen Rückgewinnung von ausgewählten Technologiemetallen



Weitere Informationen erhalten Sie unter:  
[www.umsicht-suro.fraunhofer.de/de/unsere-loesungen/chemisches-recycling](http://www.umsicht-suro.fraunhofer.de/de/unsere-loesungen/chemisches-recycling)