

DIE TREIBSTOFFE VON MORGEN - GRÜNE ENERGIE UND GRÜNER WASSERSTOFF AUS RESTSTOFFEN

PROF. DR. ANDREAS HORNUNG | LEITER INSTITUTSTEIL FRAUNHOFER UMSICHT SULZBACH-ROSENBERG

Darmstadt
12. Februar 2020



KRAFT
~~**RESTSTOFF**~~



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



Joseph von Fraunhofer (1787 – 1826)



Fraunhofer-Linien



Die Fraunhofer-Gesellschaft (1949 - ...)

Entdeckung der »Fraunhofer-Linien« im Sonnenspektrum

Neue Bearbeitungsverfahren für Linsen

Leiter und Teilhaber einer Glashütte

Forscher



Erfinder

Unternehmer

© Deutsches Museum

Führende Organisation für angewandte Forschung in Europa

Entwicklungen wie: Musikformat mp3, weiße LED

Ausgründungen

Die Fraunhofer-Gesellschaft

Anwendungsorientierte Forschung zum unmittelbaren Nutzen für die Wirtschaft und zum Vorteil für die Gesellschaft

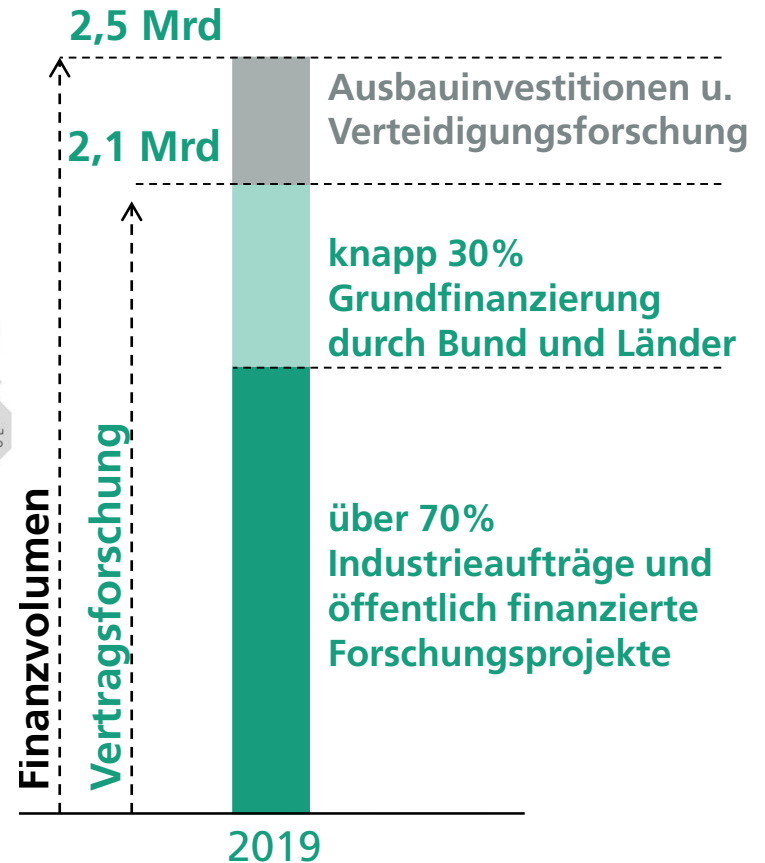


26 600
Mitarbeiterinnen
und Mitarbeiter

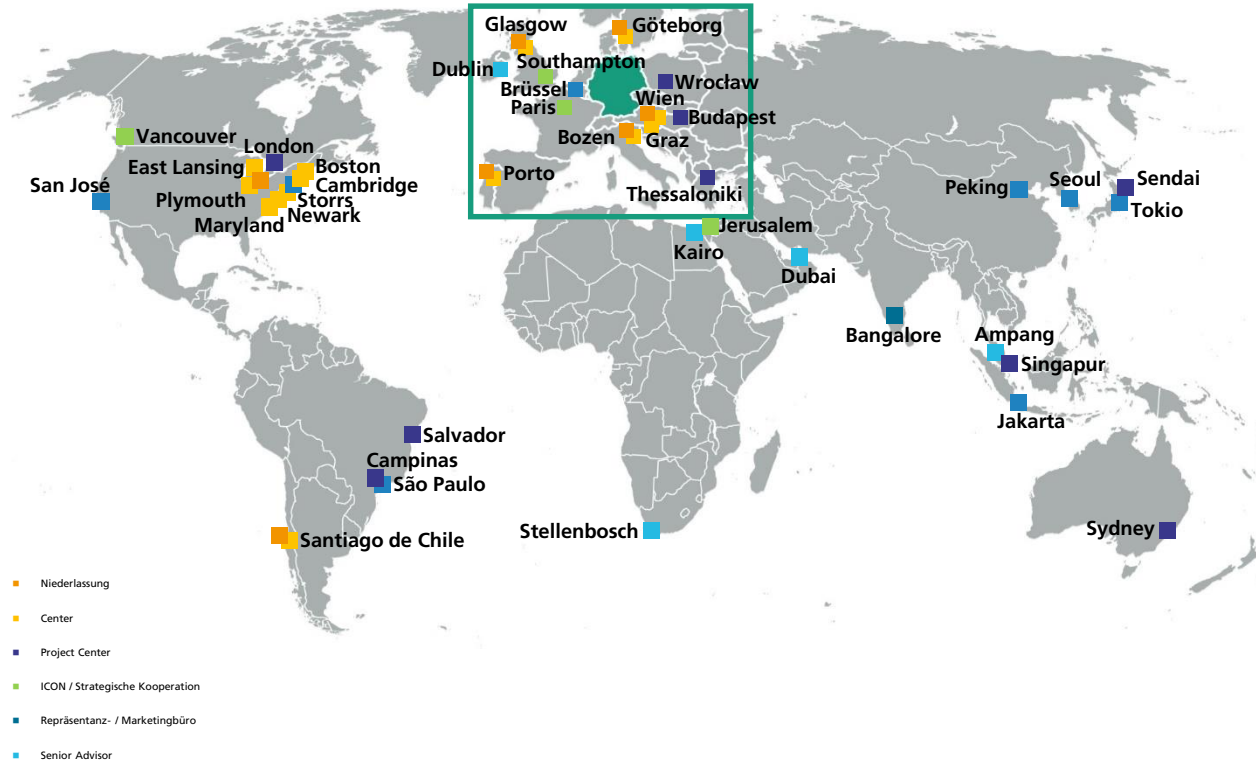


72 Institute und
Forschungseinrichtungen

Hauptstandorte ●
Nebenstandorte ○

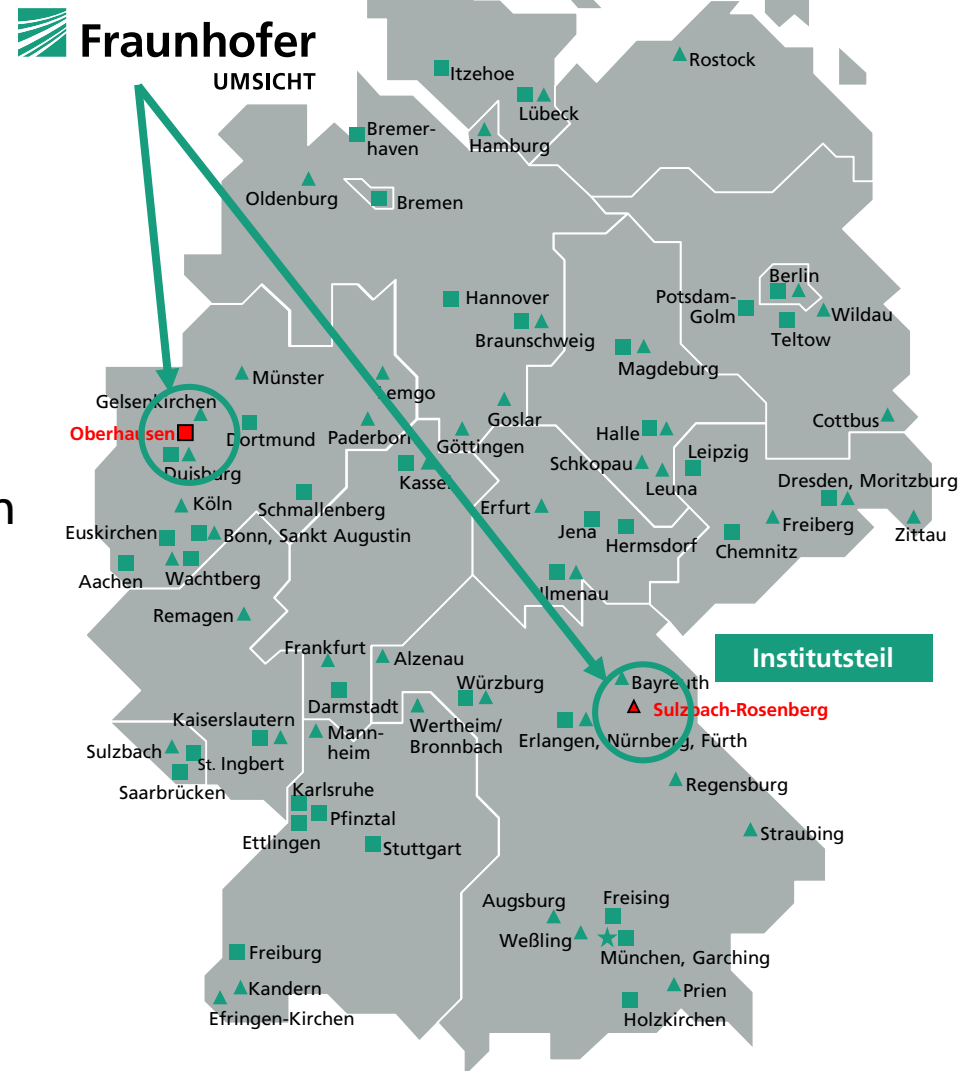


Fraunhofer weltweit



Die Fraunhofer-Gesellschaft

- 72 Institute (und Forschungseinrichtungen)
- ca. 26 600 Mitarbeitende
- Über 2,5 Mrd. € Forschungsvolumen
- Platz 15 unter deutschen Patentanmeldern¹
- Ausgründungen durch Fraunhofer-Forscher werden gefördert



¹ Quelle: Jahresbericht 2014, Deutsches Patent- und Markenamt (Erste Forschungseinrichtung unter den vordersten Plätzen.)

Fraunhofer UMSICHT mit dem Centrum für Energiespeicherung Wegbereiter einer nachhaltigen Energie- und Rohstoffwirtschaft



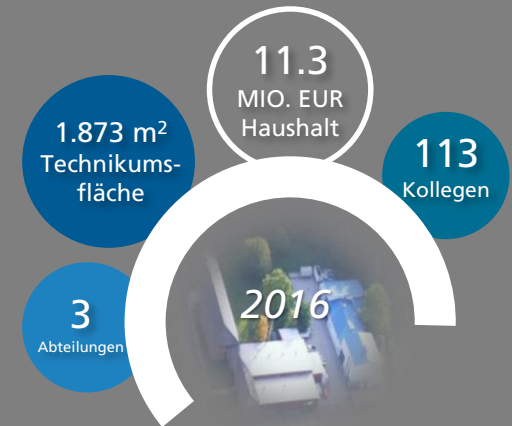
Wir produzieren die Kraftstoffe der nächsten Generation.



Wir versorgen die Industrie mit den Rohstoffen von morgen.



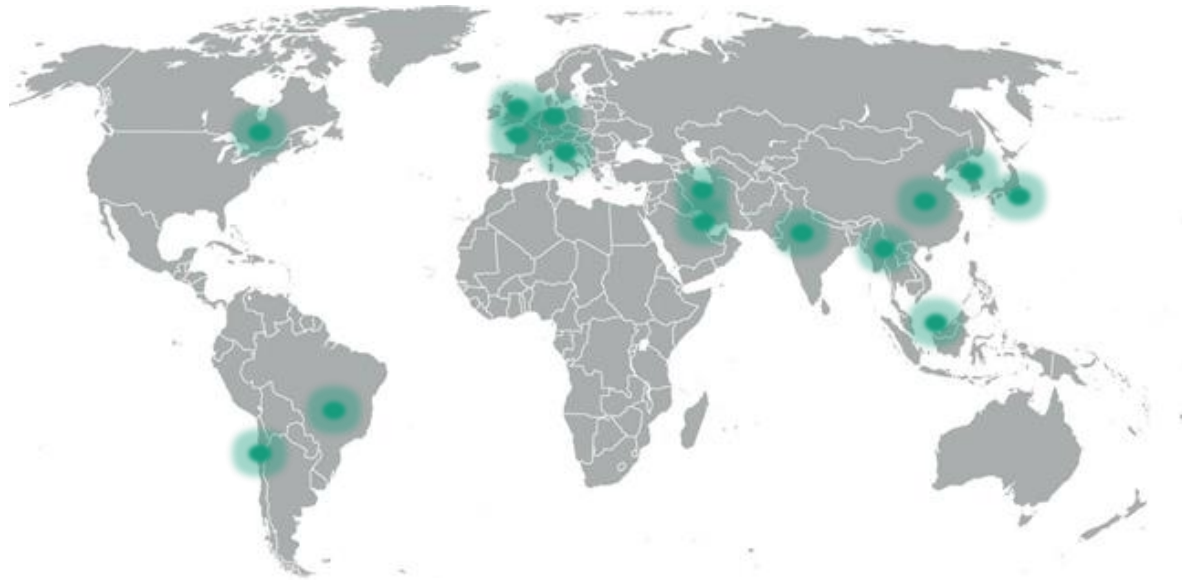
Wir liefern Unternehmen innovative Lösungen für die Zukunft.



Fraunhofer
UMSICHT

UMSICHT international

Aktuelle Kooperationen



Vorbereitung eines Fraunhofer Project Centers mit der Universität Bologna, Förderung der Region Emilia-Romagna



Forschungsplattform mit der University of Alberta in Edmonton / Canada



FRIEDRICH-ALEXANDER
UNIVERSITÄT
ERLANGEN-NÜRNBERG

Universitätsprofessur
Hochtemperatur-
prozessertechnik
Friedrich-Alexander-
Universität
Erlangen-Nürnberg



UNIVERSITY OF
BIRMINGHAM

Professur und
Lehrstuhlinhaber
in Bioenergie an
der University of
Birmingham

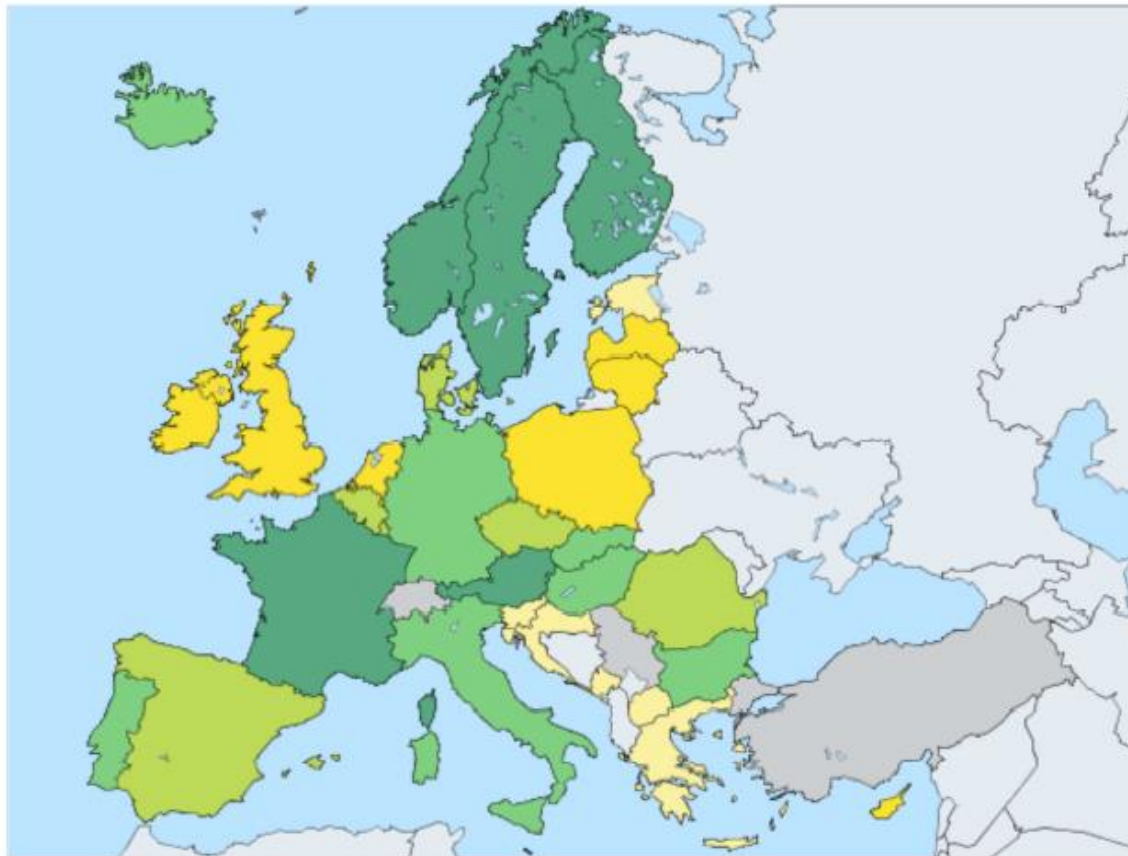


Leiter des
Institutsteils von
Fraunhofer
UMSICHT in
Sulzbach-
Rosenberg



Renewable Fuel in Transport

Share of renewable energy in transport fuel consumption – countrywise (2016)



Legend

0.0-1.6 %

1.6-5.0 %

5.0-6.8 %

6.8-7.5 %

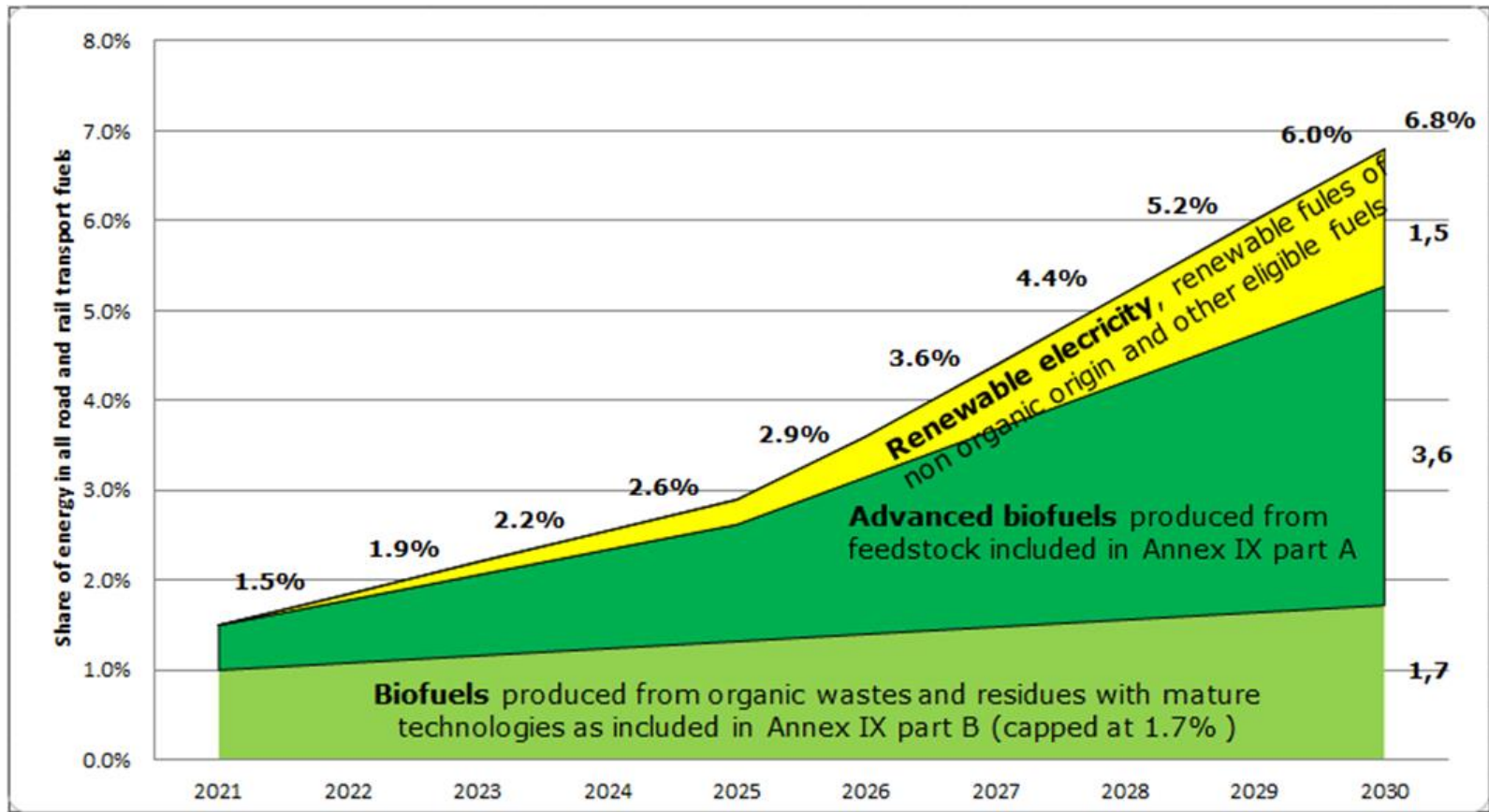
7.5-30.3 %

not available

Source: Eurostat 2018

Renewable Fuel in Transport

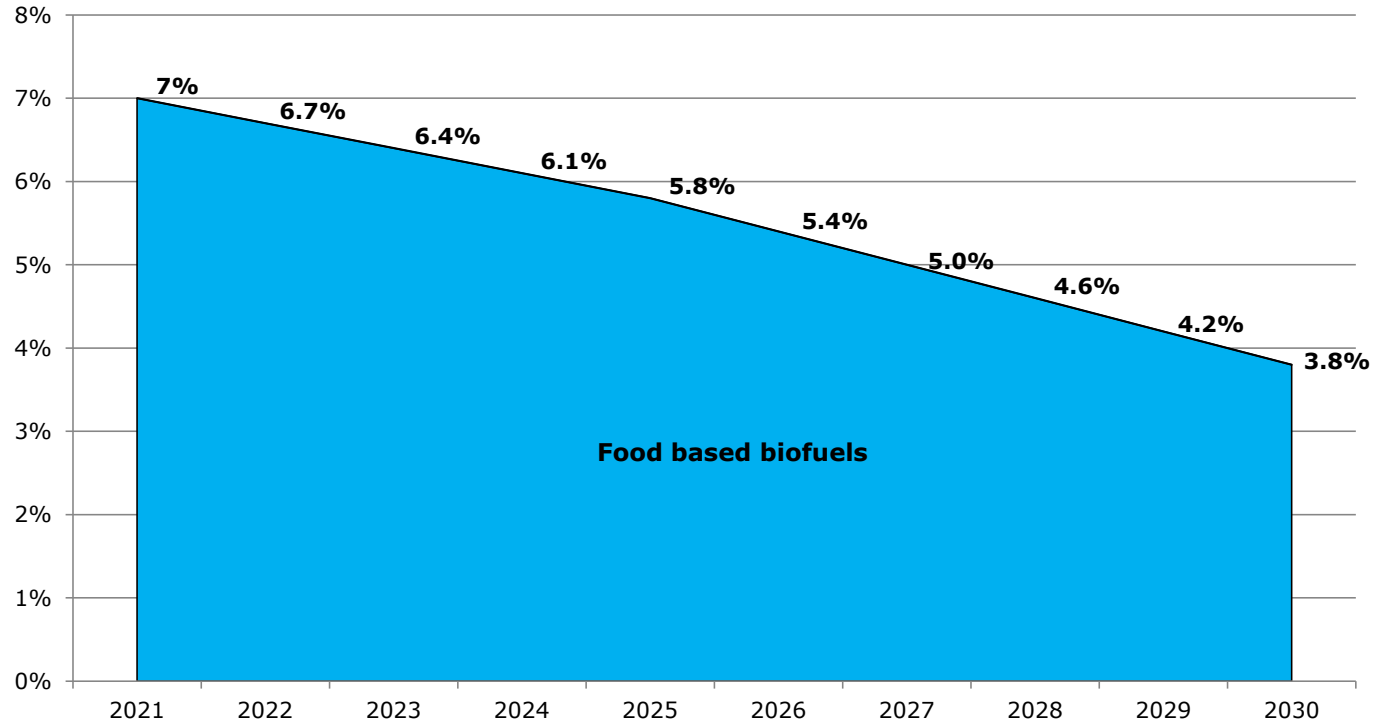
Commission proposal for incorporation obligation



Increasing the share of low carbon and renewable fuels in transport through an EU blending mandate

Renewable Fuel in Transport

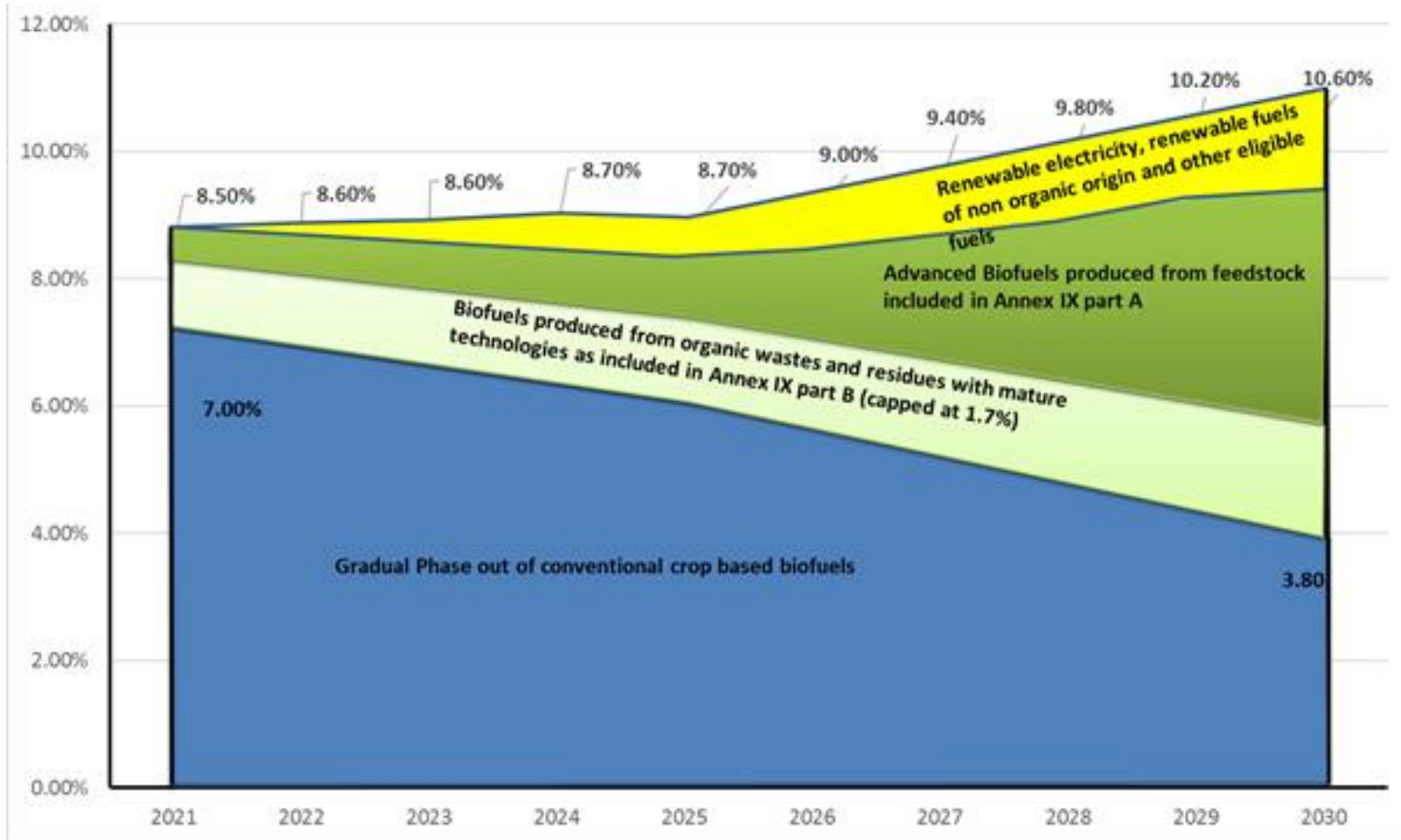
Gradual phase out of conventional crop based biofuels



- Gradual phase out of crop-based biofuels from 7% in 2020 to 3.8% in 2030, effectively bringing the conventional biofuel use to pre-2008 levels.
- Member States may set a lower limit and may distinguish between different types of biofuels for instance by setting a lower limit for the contribution from food or feed crop based biofuels produced from oil crops, taking into account indirect land use change.

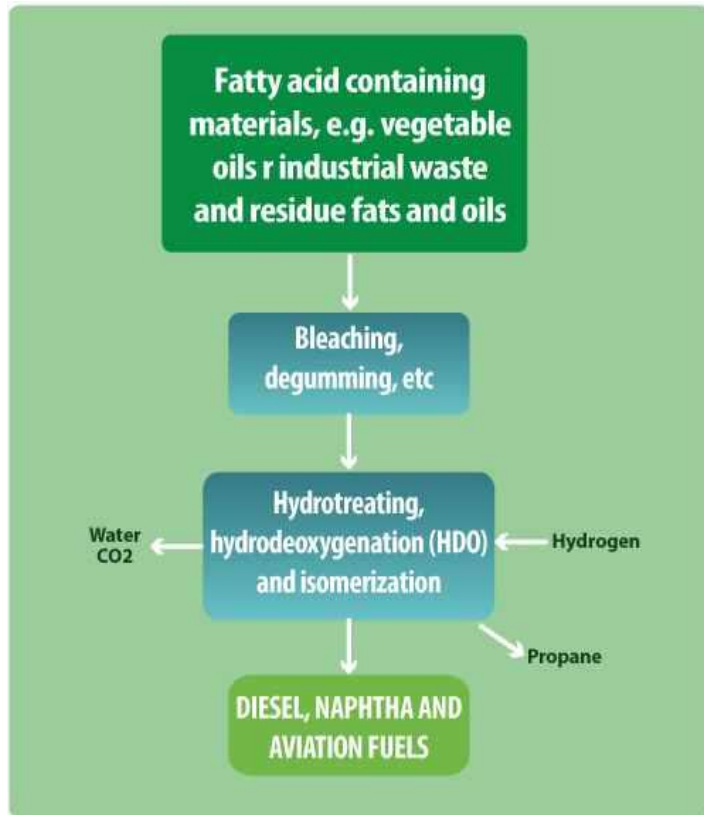
Renewable Fuel in Transport

Promoting Innovation in Transport



Technology overview

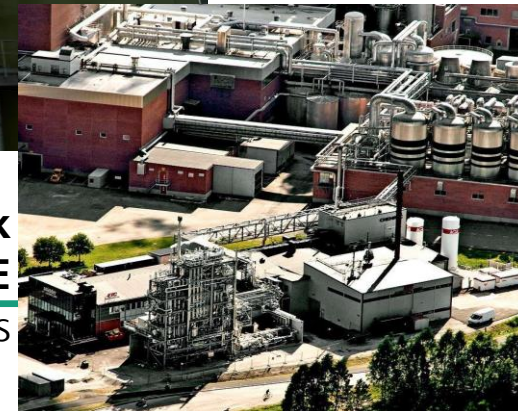
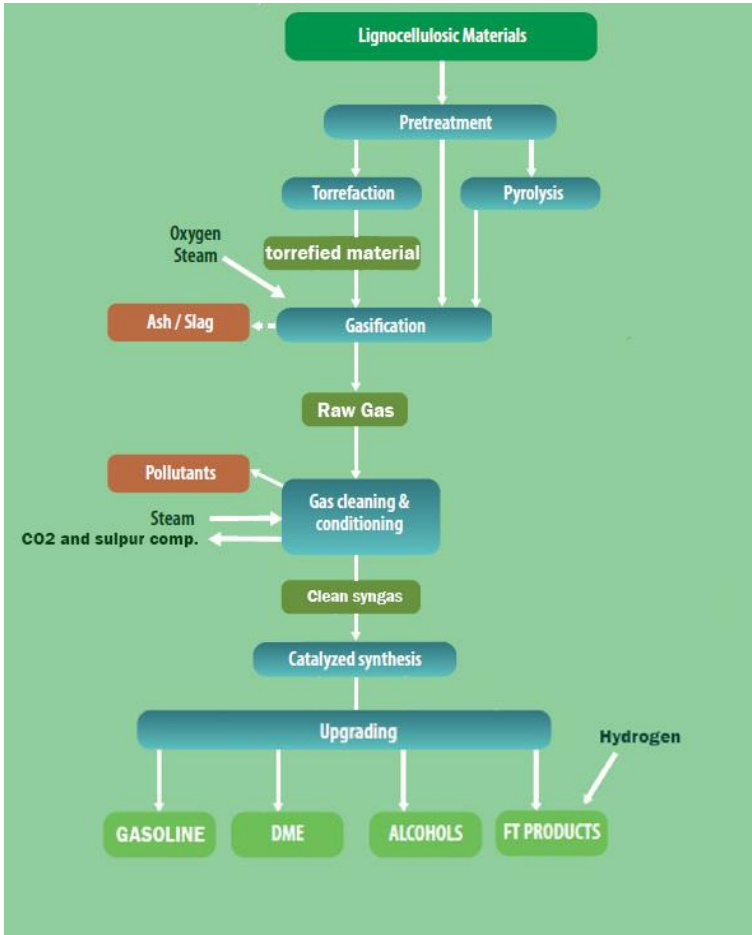
Upgrading of a wide variety of wastes and residues to Hydrotreated Vegetable Oils (HVO)



1. HVO Stand-alone production facilities
2. HVO production through refinery conversion
3. Co-processing

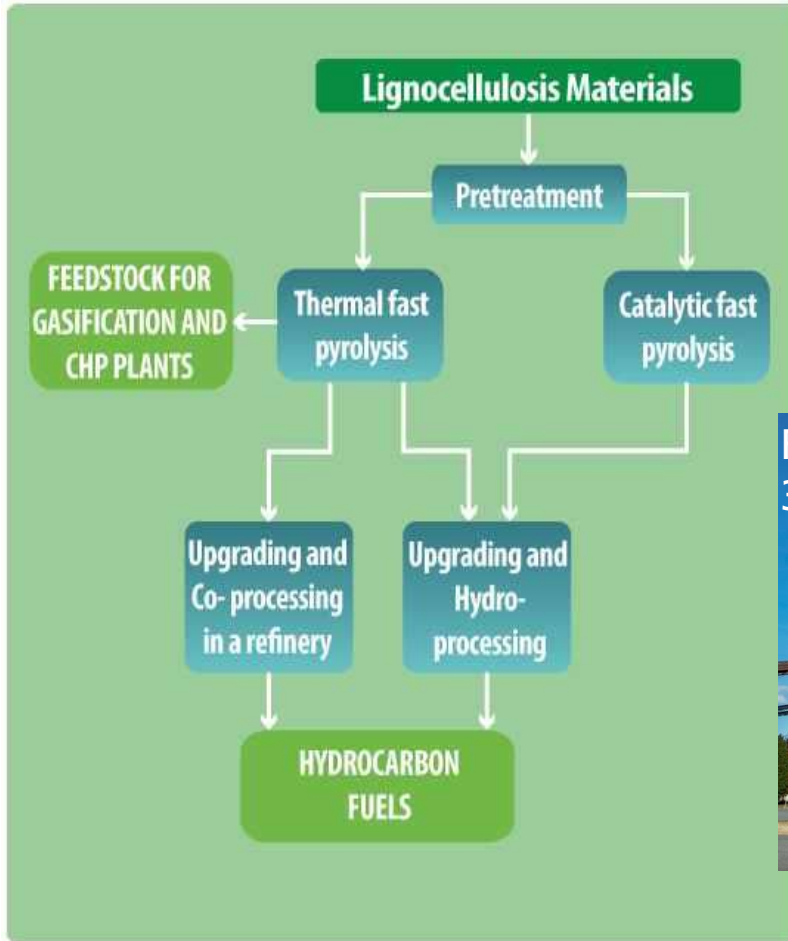
Technology overview

Synthetic Fuels and Biomethane via Gasification



Technology overview

Production and upgrading of pyrolysis products and lignin rich fractions

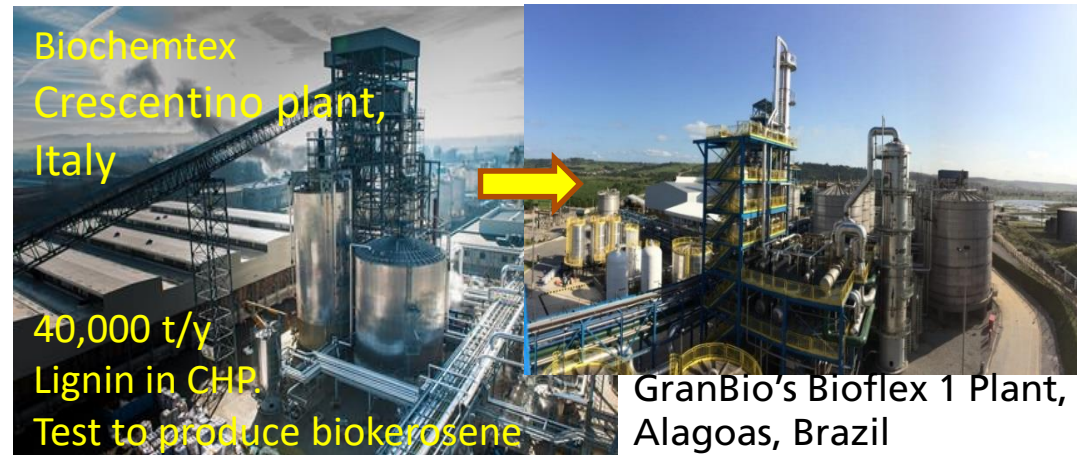
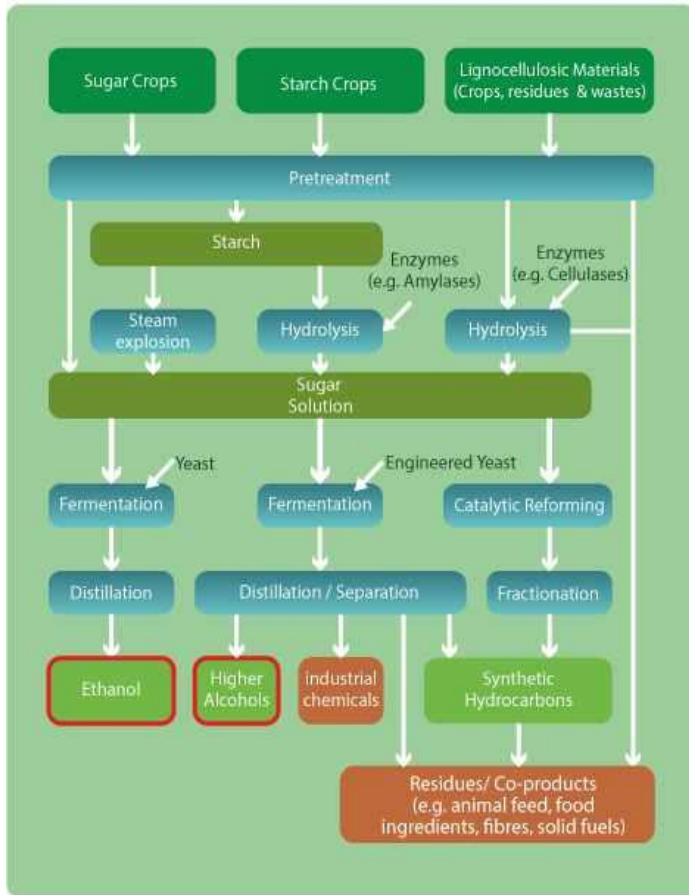


77 t/d pyrolysis oil;
work also in co-
processing pyrolysis
oils in petroleum
refineries



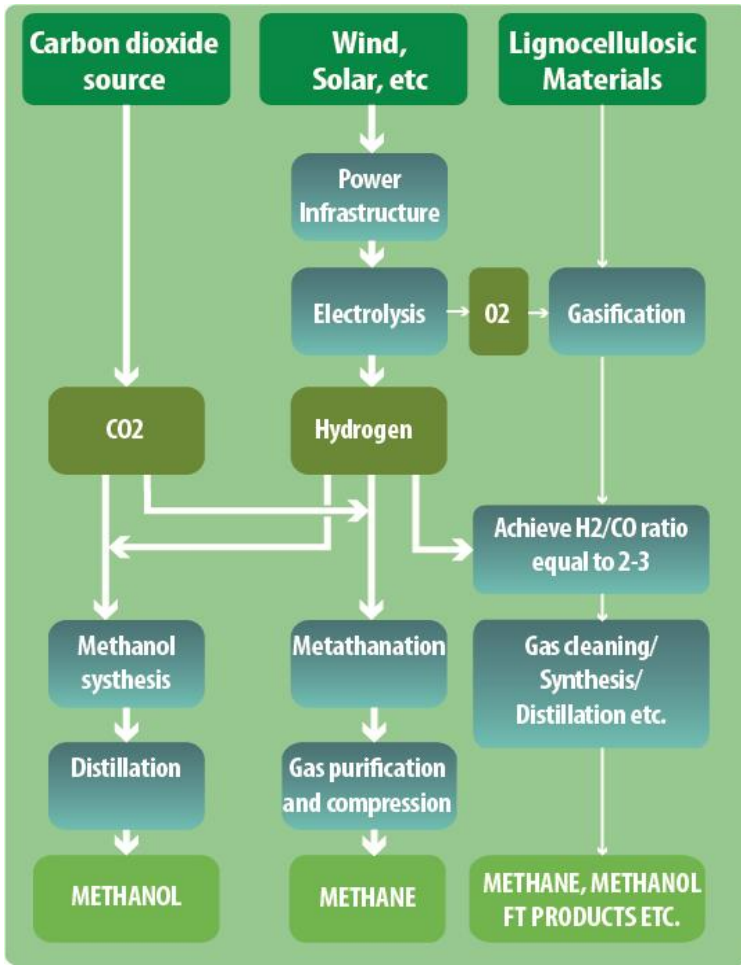
Technology overview

Ethanol from lignocellulosics via fermentation



Technology overview

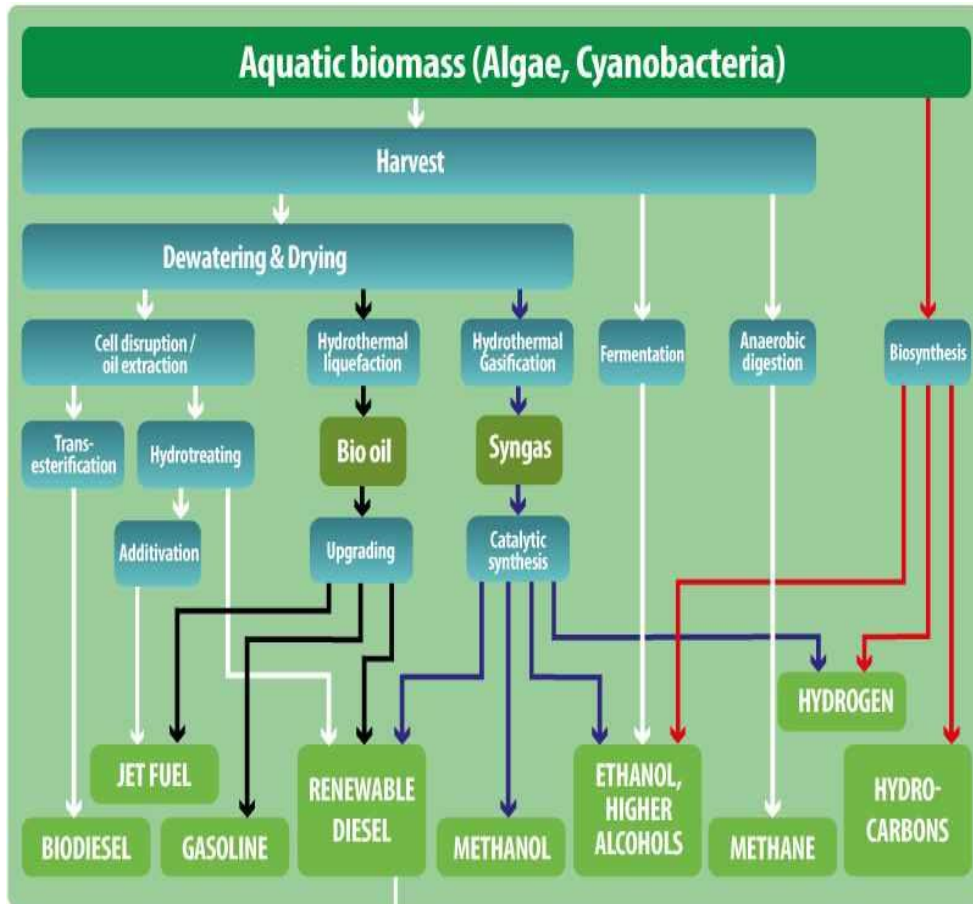
Power to Gas and Power to Liquid conversion



Source: Kyriakos Maniatis PhD

Technology overview

Algae development



Project Overview

Ongoing projects Horizon 2020



Currently running Umsicht projects: To-Syn-Fuel and FlexJet supported by the European Union

SCALE 500 kg/h are going to be build under these programmes

2synfoel

Turning sewage sludge into fuels and hydrogen



220.000 l of green crude

Budget: 14,5 Mio. €

Partner:



FlexJet:
Sustainable Jet Fuel from Flexible Waste Biomass



1.200 tons of green jet fuel

Start: May 2018 (Horizon 2020)

13 partners

13,4 Mio. € (10 Mio. € funding)

Content: TCR@500 for the production of 1.200 tons green jet fuel

Unsere Mission



Erzeugung von Energie und Produkten
aus einer breiten Palette an Abfällen

Vision und Ziele

- **Grüne Kraftstoffe aus biogenen Rest- und Abfallstoffen**
 - Verwertung von biogenen und industriellen Reststoffen (wie Gärrest, Klärschlamm, Treber, Papierschlamm etc.)
 - Grüner Diesel und Benzin in Normqualität (EN590 & EN228)
 - Regionale Erzeugung von regionalem Wasserstoff

- **Alternative Energie aus Reststoffen (2. Gen)**
 - Keine Nahrungsmittelkonkurrenz
 - Kein Verbrauch landwirtschaftlicher Flächen
 - Hohe CO₂-Einsparung möglich
 - Substitution von fossilem durch grünen Kraftstoff



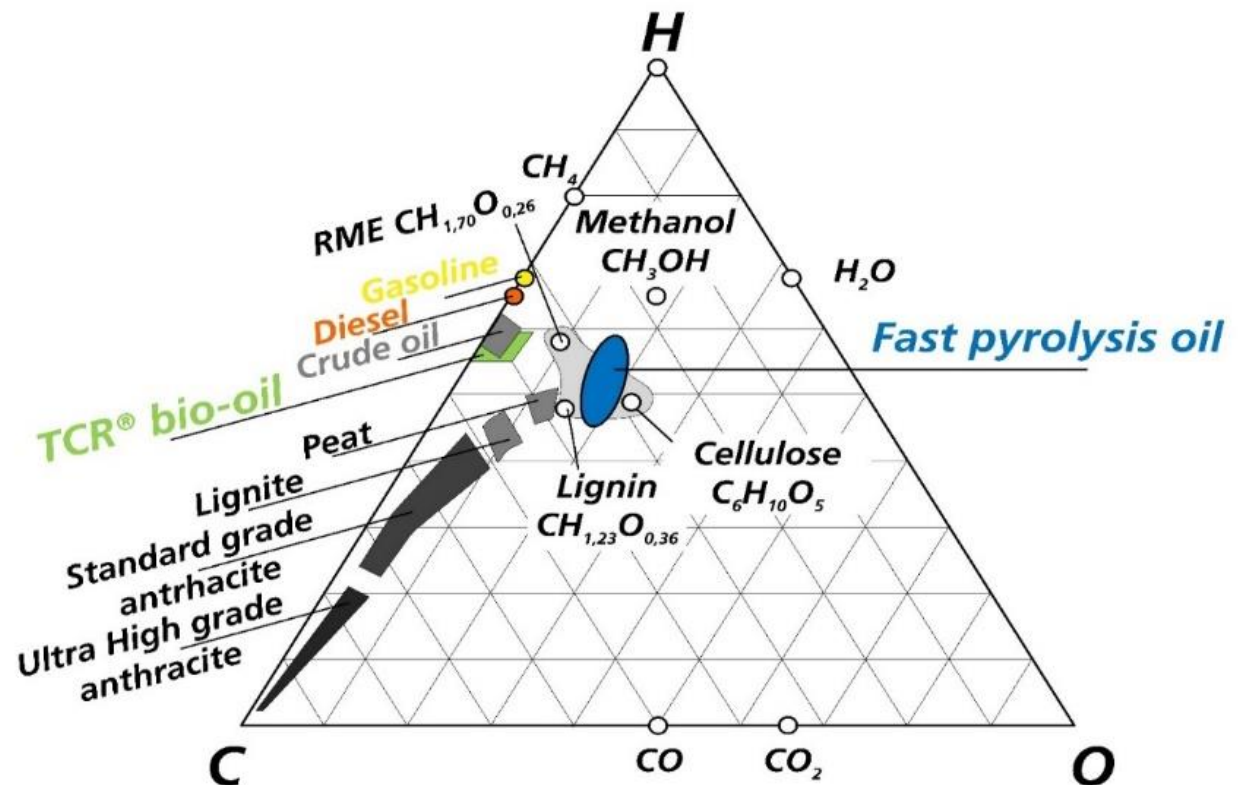
Applikationszentrum Hohenburg

Applikation und
Umsetzung
nachhaltiger
Technologien

Nachhaltige Kraftstoffe durch Co-Raffination von TCR-Crude in Erdölraffinerien, mit grünem Wasserstoff und Biokohle als Nebenprodukten

▪ Ziele:

- Vergleichbarkeit mit fossilem Produkt
- Hoher Kohlenstoffgehalt
- Geringer Wassergehalt
- Geringe Säurezahl
- Mischbarkeit mit anderen Kraftstoffen
- Hoher Heizwert
- Anthrazitkohle



Ausgangslage

Entwicklung des Thermo-Katalytischen Reforming TCR®



- Verwertung von biogenen Reststoffen (keine Teller-Tank-Diskussion)
- Erzeugung von grünen Produkten
- Dezentrale Anwendung → regionale Wertschöpfung



- Gas mit bis zu 50% grünem Wasserstoff
- Öl mit hoher Stabilität zur Aufbereitung zu Normkraftstoff
- Kohle zur Bodenanwendung/ Einlagerung/ energetischen Nutzung

Erzeugung grüner Energieträger

TCR®-Prozesskette am Beispiel Biertreber



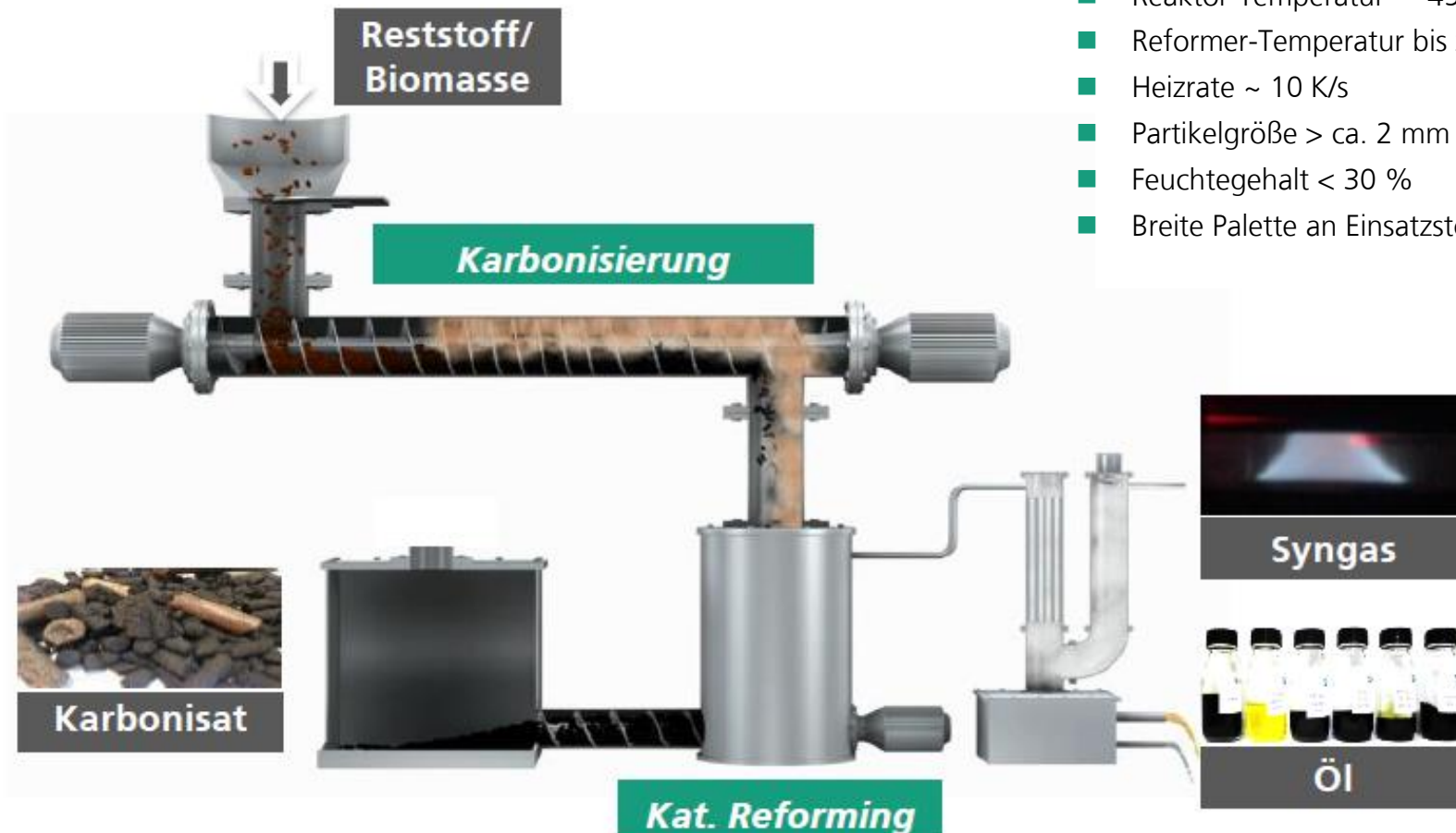
Thermo-Katalytisches Reforming TCR[®]

Der Prozess



Centre for Energy Storage

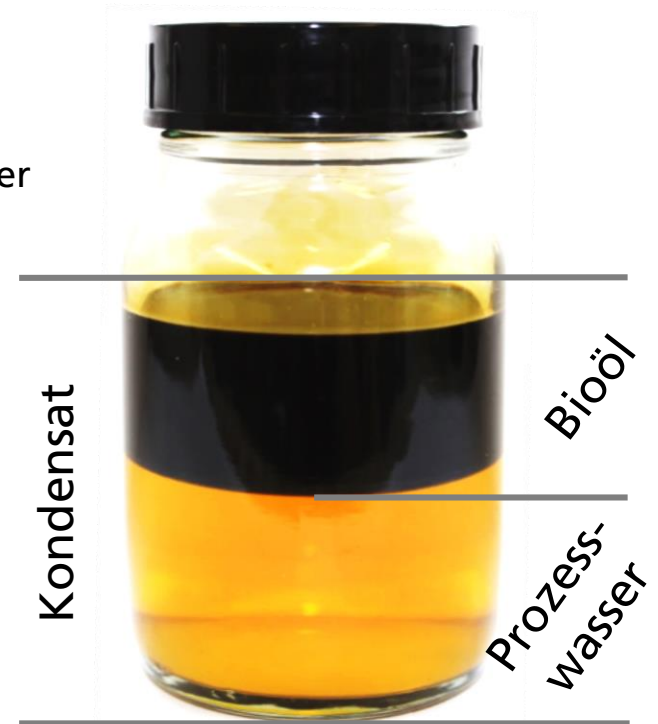
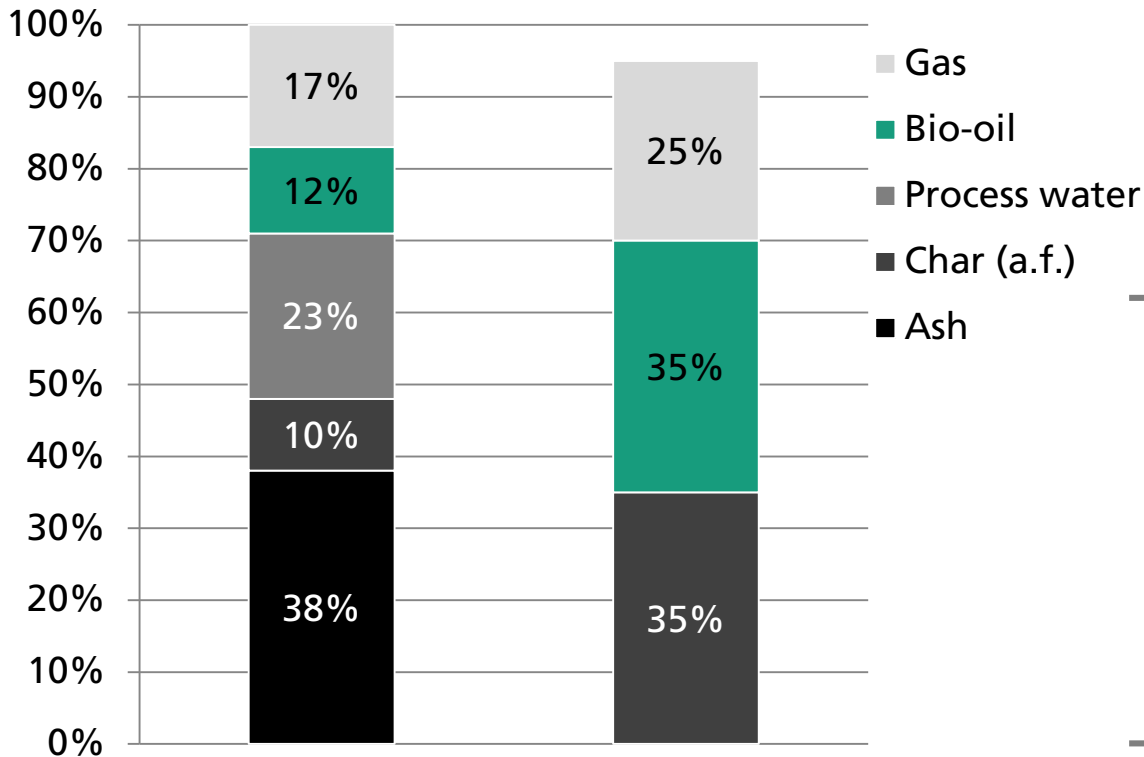
- Reaktor-Temperatur ~ 450 °C
- Reformer-Temperatur bis zu 700 °C
- Heizrate ~ 10 K/s
- Partikelgröße > ca. 2 mm
- Feuchtegehalt < 30 %
- Breite Palette an Einsatzstoffen



Thermo-Katalytisches Reforming TCR[®]

Produktverteilung für Klärschlamm

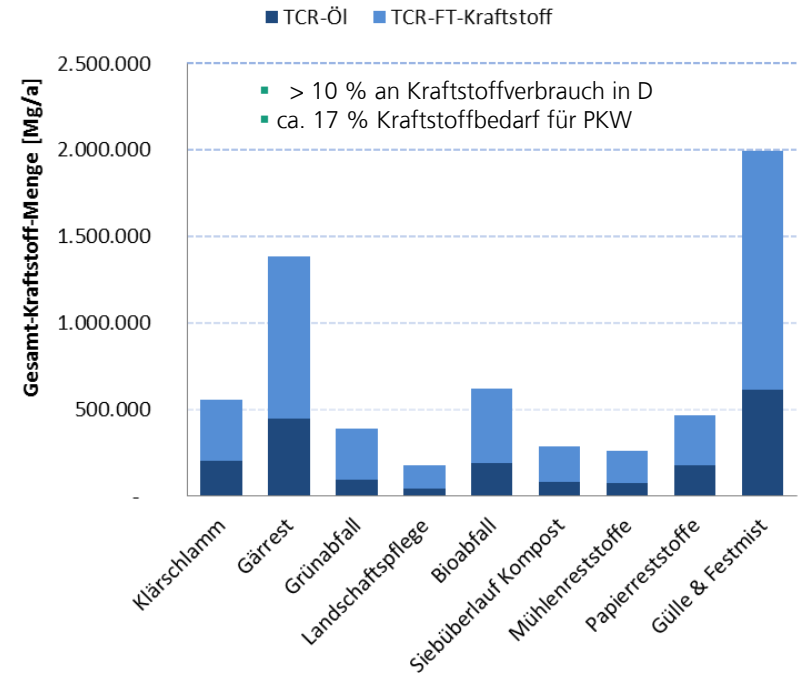
MASSENBILANZ



Vorteile des TCR®-Kraftstoffs

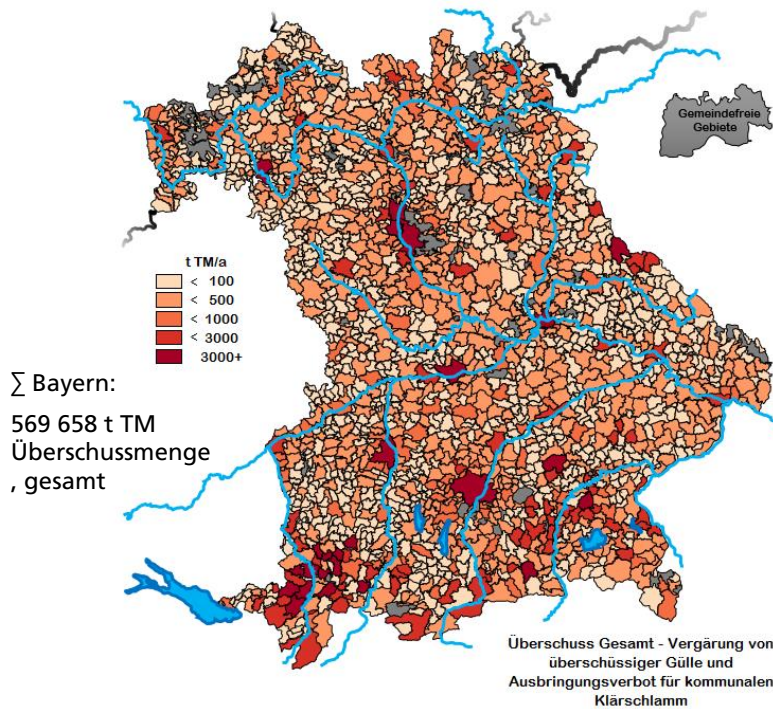
Hohes Potenzial an Einsatzstoffen

- > 70 Einsatzstoffe erfolgreich getestet
- Partikelgrößen > ca. 3 mm
- Trockensubstanz > 75 % (Vortrocknung optional)
- Variable Biomasse und biogene Reststoffe einsetzbar
- Beispiele:
Gärrest aus BGA, Klärschlamm, Treber, Papierreststoffe, Laub, Bioabfall uvm.

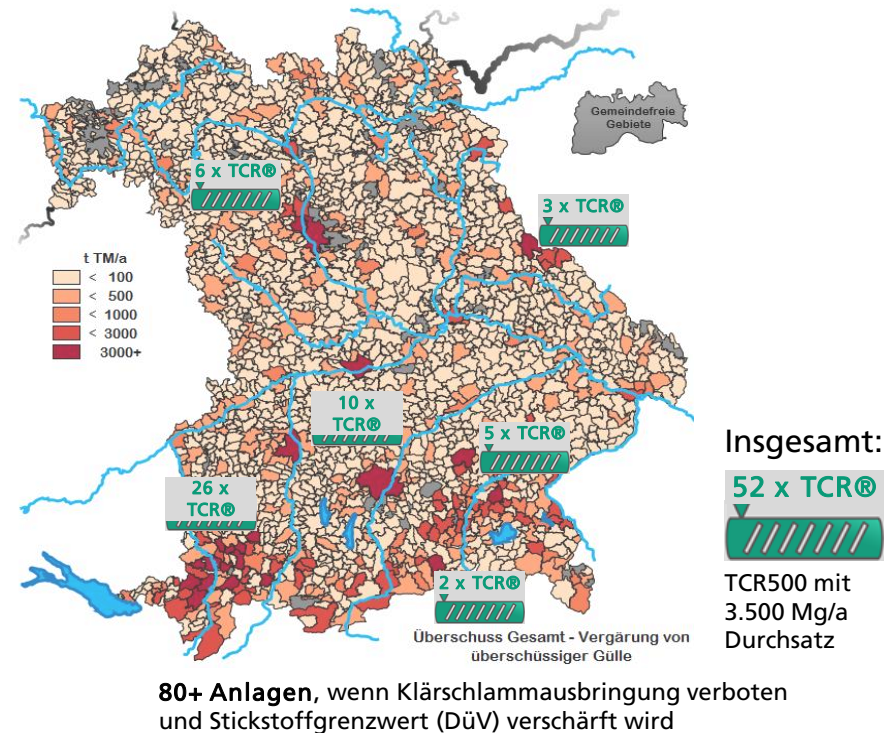


Vorteile des TCR®-Kraftstoffs

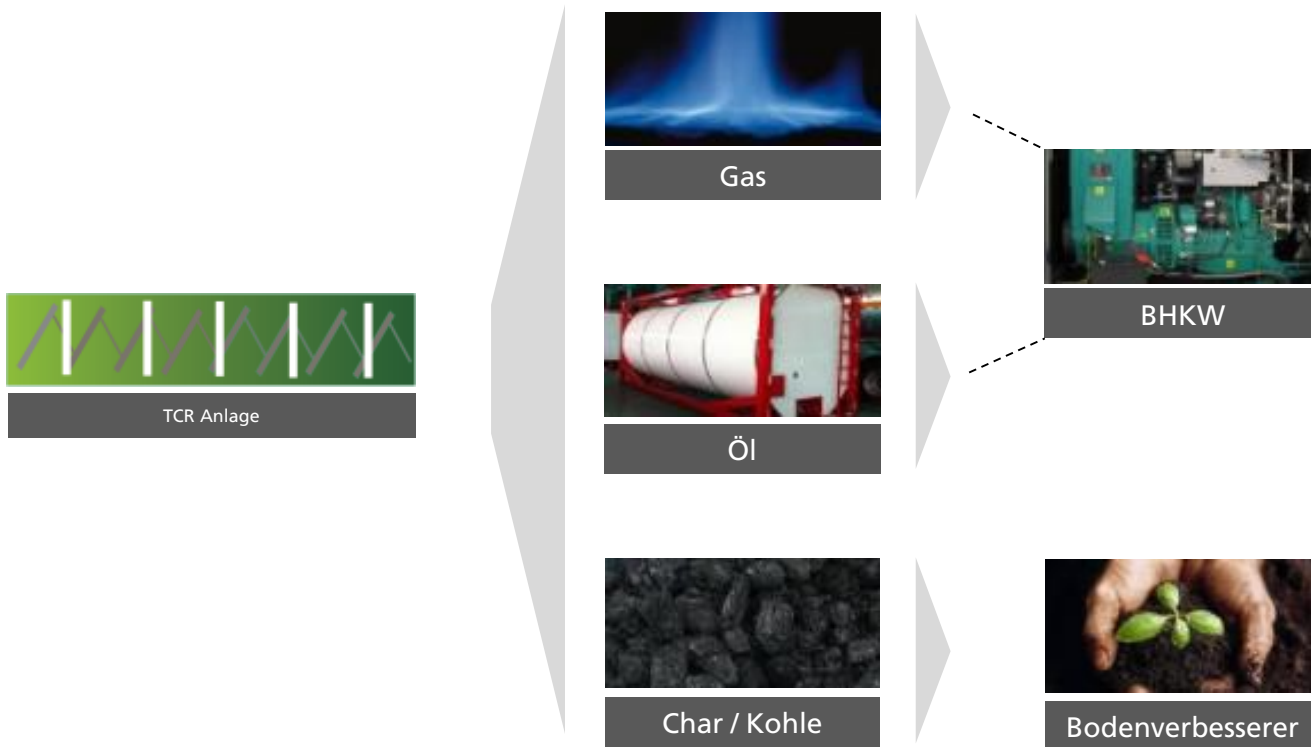
Hohes Potenzial an Reststoffen



Eigene Berechnungen Fraunhofer UMSICHT



Anwendungsmöglichkeiten der Produkte



Anwendungsmöglichkeiten der Produkte



Gas



Öl



Char / Kohle

H_2
Grüner Wasserstoff
Kopplung Biolog. Verfahren



Grüner Kraftstoff



Vergasung

Thermo-Katalytisches Reforming TCR®

Entwicklungsstand: 2013



TCR2

Lab unit

Durchsatz: 2 kg/h

Beheizung: elektrisch

Zweck: Grundsätzliche Machbarkeit
und Testung neuer Einsatzstoffe

Thermo-Katalytisches Reforming TCR®

Entwicklungsstand : 2014



TCR2
Lab unit



Scale Up x15



TCR30
Pilotanlage

Durchsatz: 30 kg/h

Beheizung: elektrisch

Zweck: Langzeittest und BHKW-Tests

Thermo-Katalytisches Reforming TCR[®]

Entwicklungsstand : 2017



TCR300

Demonstration

Durchsatz: 300 kg/h

Beheizung: Rauchgas

Zweck: Hochskalierung,
Klärschlammbehandlung

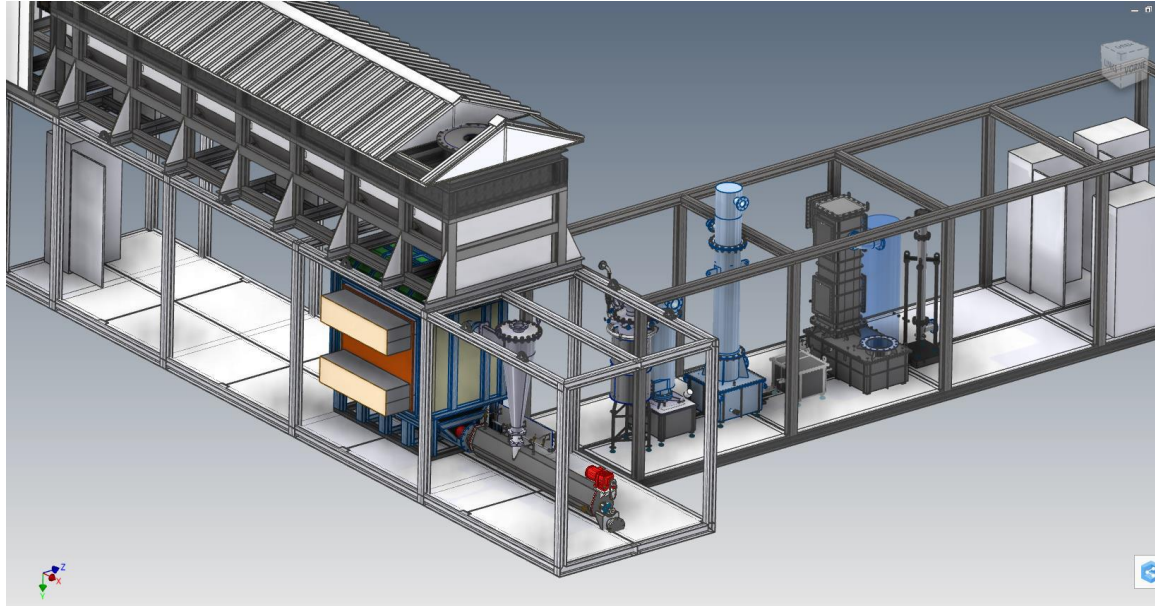


Scale Up x10



Thermo-Katalytisches Reforming TCR[®]

Entwicklungsstand – heute



Scale Up x2

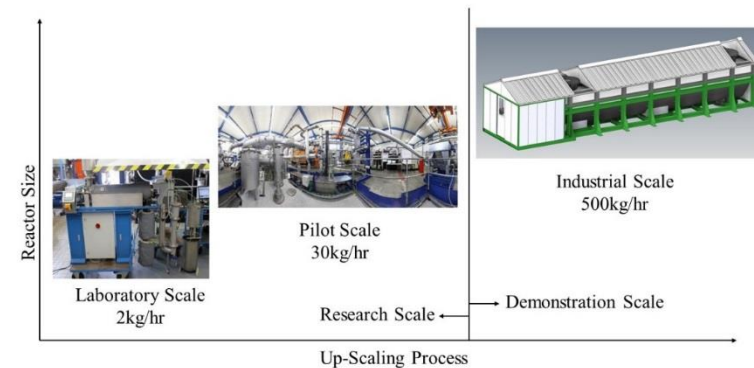
TCR500

Langzeit-Demonstrator

Durchsatz: 500 kg/h

Beheizung: Rauchgas

Zweck: vor-kommerzielle Demonstration



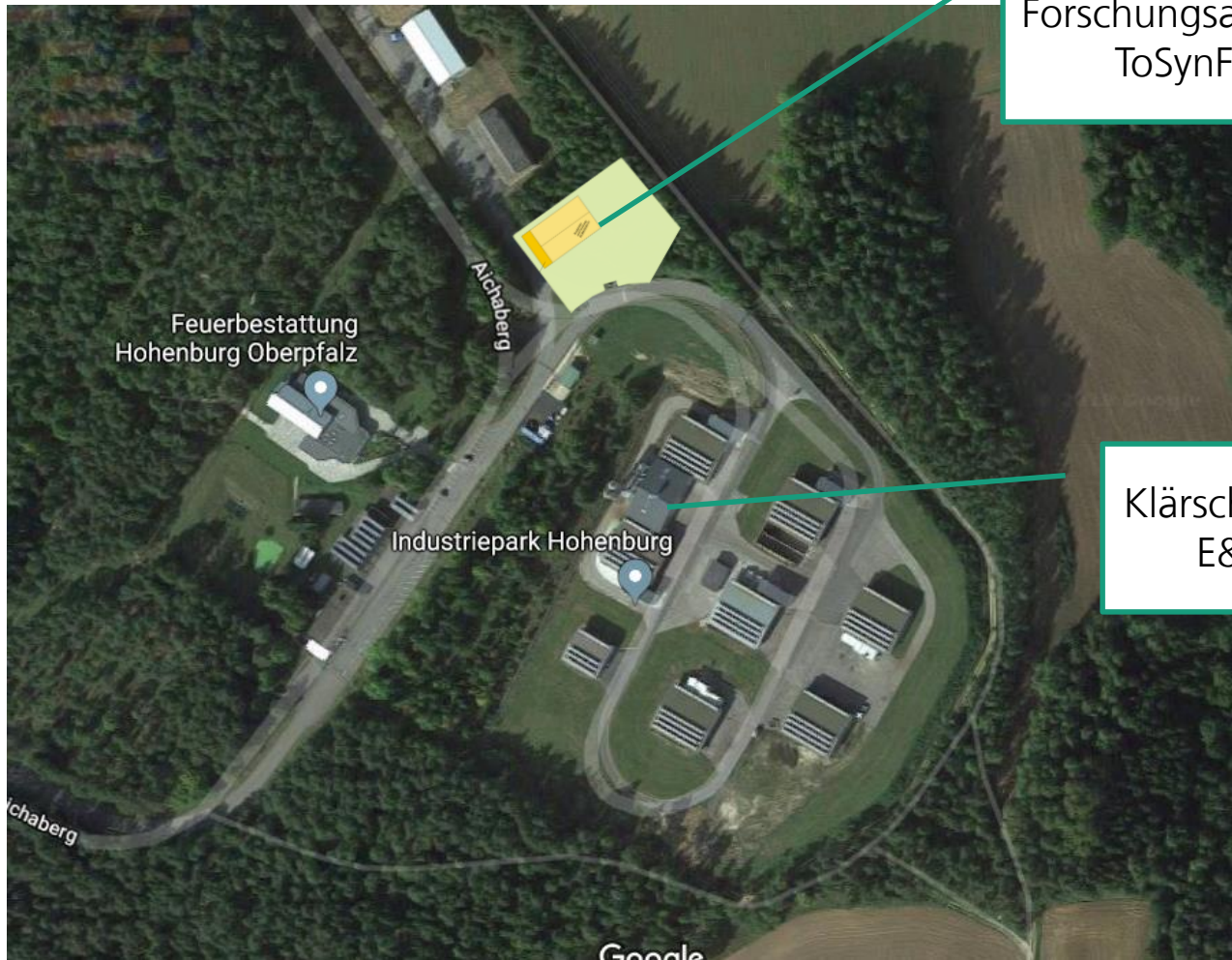
Standort Hohenburg

Basis für das Anwendungszentrum



Standort Hohenburg

Basis für das Anwendungszentrum



Forschungsanlage in
ToSynFuel

Klärschlamm-trocknung
E&T Aichaberg

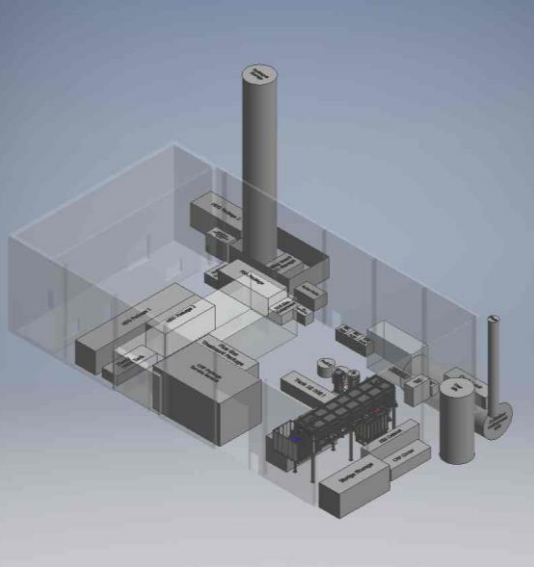
Standort Hohenburg

Basis für das Anwendungszentrum



Standort Hohenburg

Basis für das Anwendungszentrum



- Demonstrationsanlage in Hohenburg
- Integrierte Anlage zur Reststoffverwertung
- Angeschlossenes BHKW und Kraftstofferzeugung

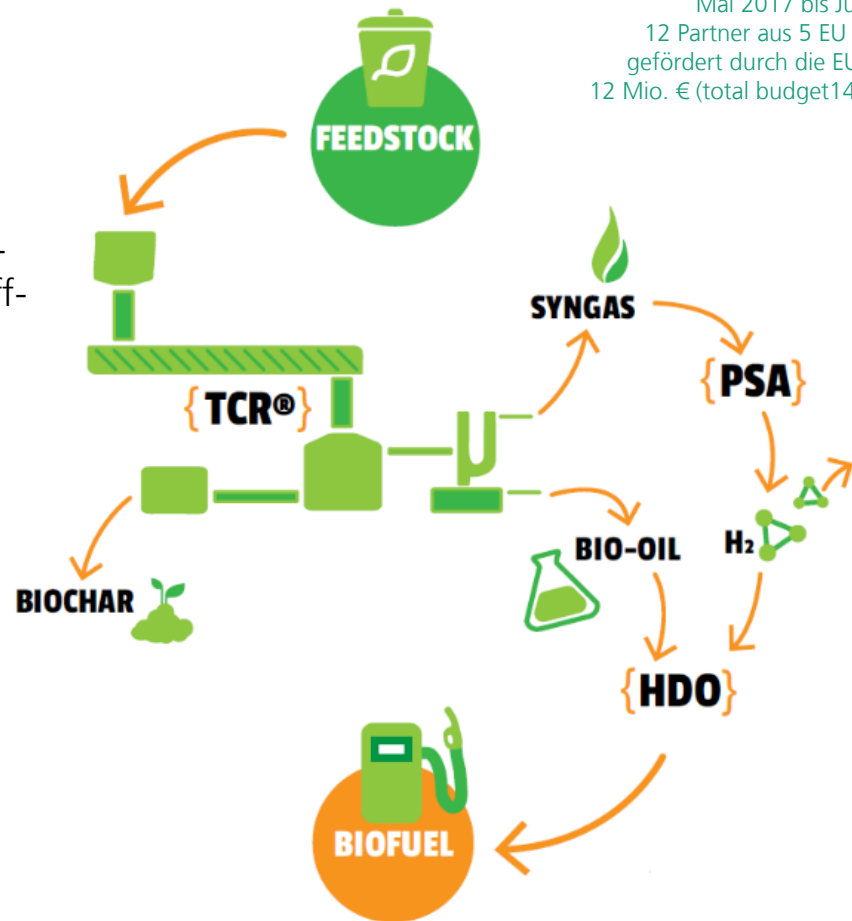


To-Syn-Fuel

“The Demonstration of Waste Biomass to Synthetic Fuels and Green Hydrogen”

Rahmen:
 Mai 2017 bis Juni 2022
 12 Partner aus 5 EU Ländern
 gefördert durch die EU mit ca.
 12 Mio. € (total budget 14 Mio. €)

- Horizon2020 Innovation Action
- Dezentrale Nutzung von biogenen Reststoffen (wie Klärschlamm) zur Erzeugung grüner Kraftstoffe
- Kombination von TCR®-Technologie (UMSICHT-Patent), Hydrotreatment (HDO) und Wasserstoff-Separation (PSA)
- Mit H₂ aus TCR-Gas (bis zu 50 Vol.-%) kann grüner Kraftstoff nach Norm erzeugt werden (EN228+EN590)
- >200.000 Liter TCR-Öl im Projekt



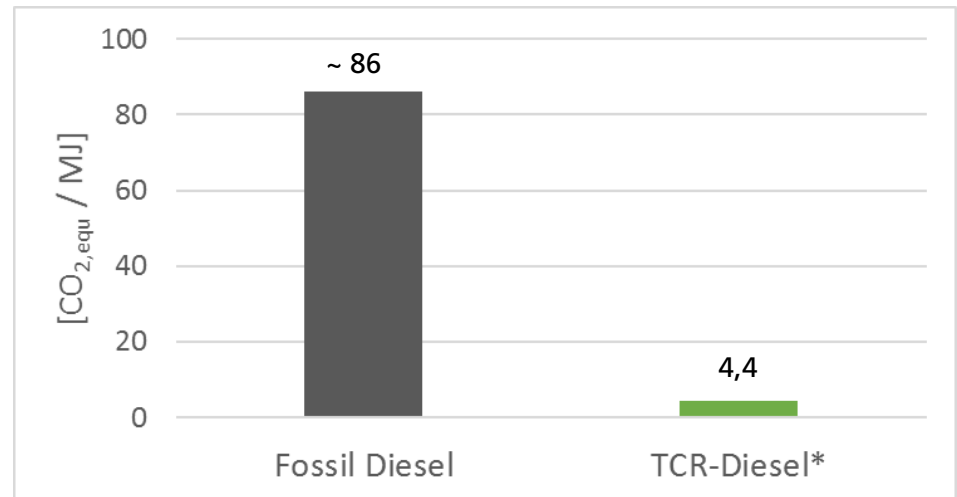


- Walter Röhl plädiert für grüne Kraftstoffe und
- Unterstützung am Standort Hohenburg



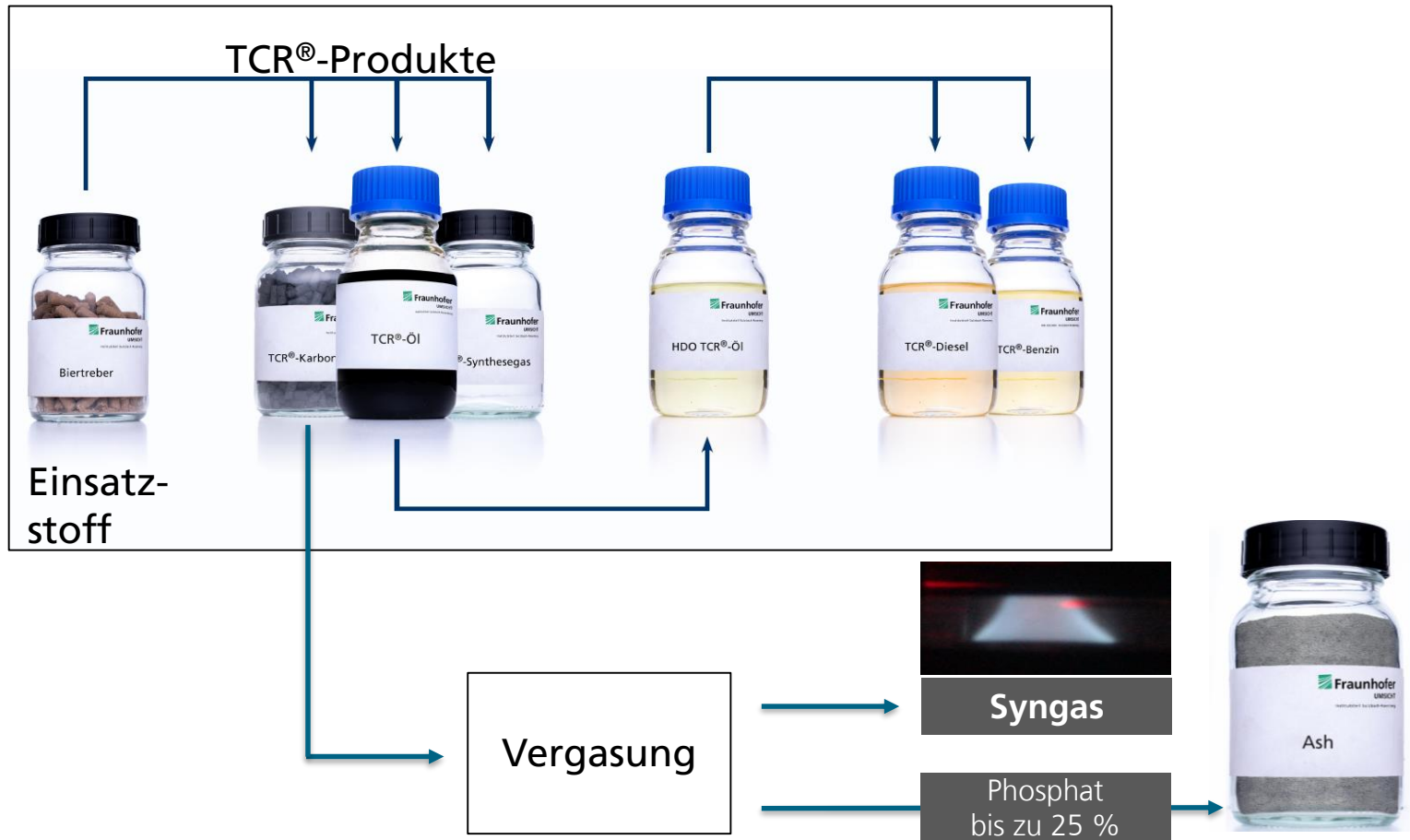
Exemplarische Treibhausgasbilanz Kraftstoff aus dem TCR-Verfahren

- CO₂-neutraler Kraftstoff ist möglich
 - Wasserstoff für Kraftstoffaufbereitung kommt aus TCR-Gas
 - Wärmeversorgung des Prozesses durch eigene Produkte; z.B. die Vergasung des Karbonisats
 - Abhängig vom Einsatzstoff und den Randbedingungen
- THG-Einsparung durch Dritte bestätigt:
 - Szenario für Papierreststoffe zeigt minimum von 4,4 CO_{2,equ} pro MJ Kraftstoff



- Bei Sequestrierung (Bodenanwendung, Einlagerung) der Biokohle auch **CO₂-negative Kraftstoffe** erzeugbar
- Auch **CO₂-negativer Wasserstoff** erzeugbar

Rückgewinnung des Phosphates als Dünger



Vergasung von Biokohle



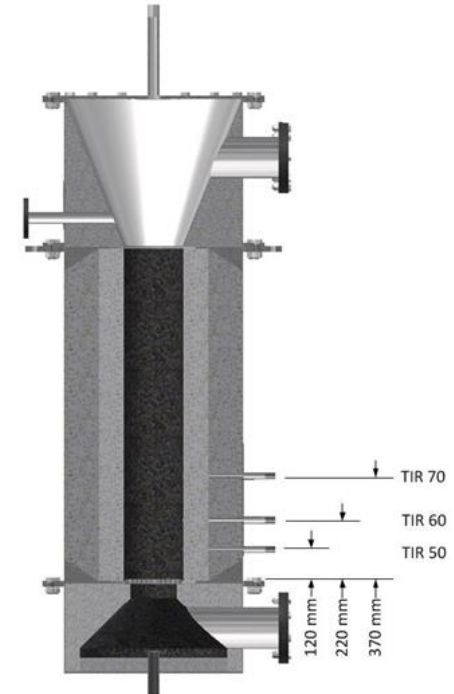
Vergaserteststand SuRo

Spezifikationen

- **Vergasungs-Prozess**
 - Festbett-Reaktor, Gegenstrom
 - auto thermal, atmosphärisch
 - Dampf/Luft als Vergasungsmedium

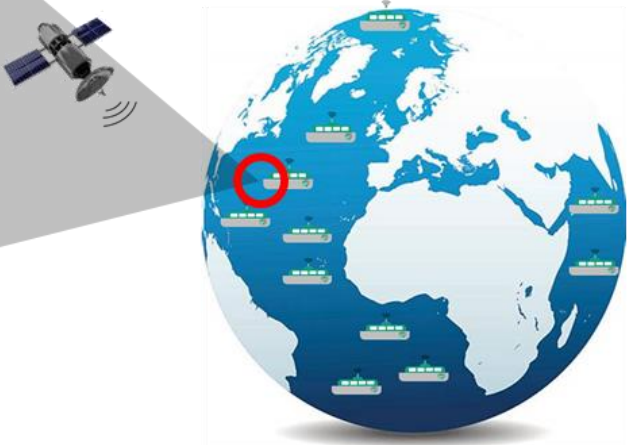
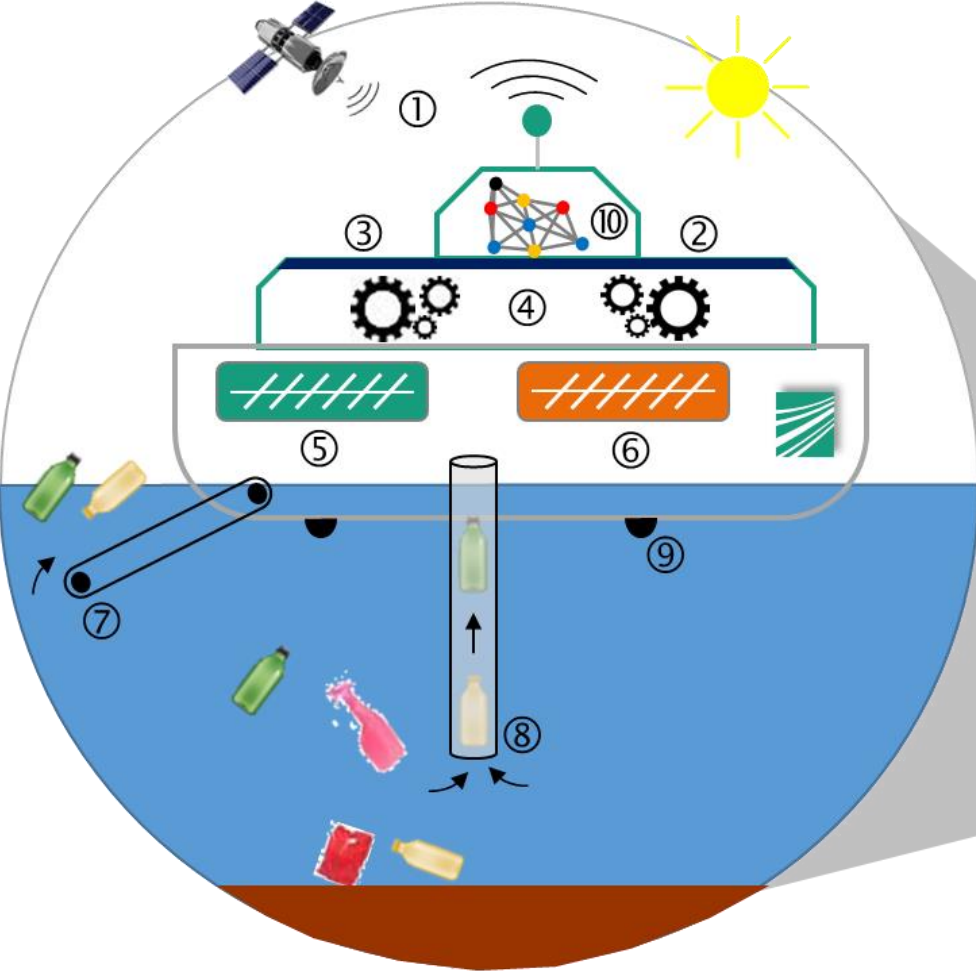
- Vergaser mit
 - Feuerfest Ausmauerung
 - Automatisierte Einsatzstoffversorgung und Ascheaustrag

→ kontinuierlicher Betrieb möglich
- **Online Gasanalyse**
- **Einsatzstoff Feedstock (size: 4 ... 40 mm)**
 - Biokohle
 - Holzkohle
 - Biomasse-mischungen

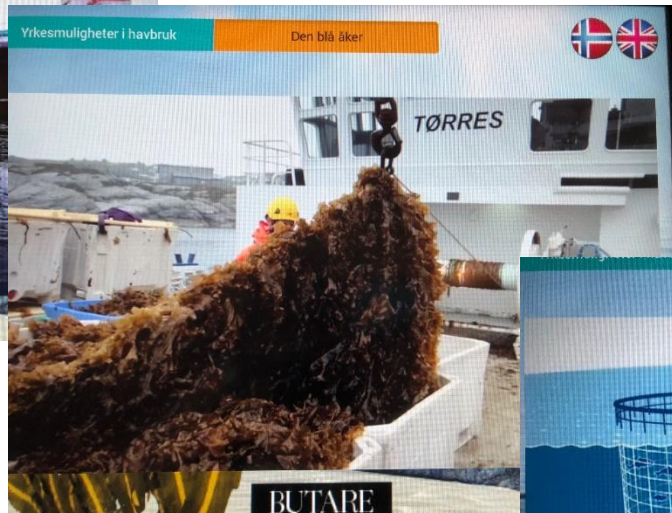
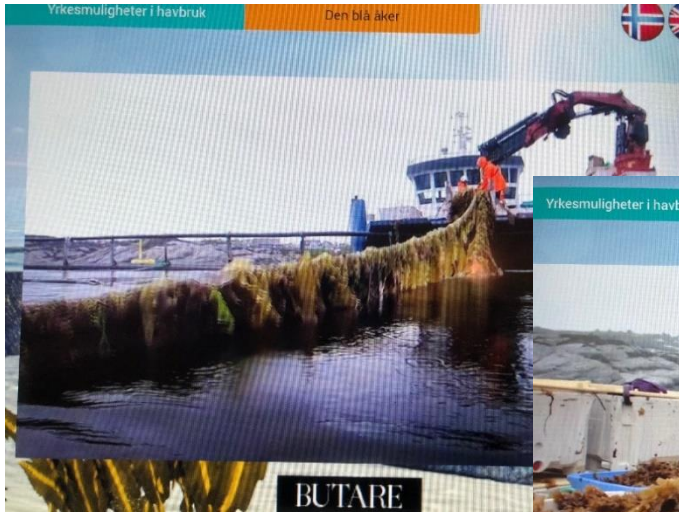


SeaCycle – Energie und Phosphast aus den Weltmeeren

Kombination aus TCR und iCycle
395 ferngesteuerte Schiffe
15 interagierende Schiffe



Algenernte



Cultivation and collection of macro algae/ Source: Museum Kabelvag

Biokohlen - Einsatzstoffe

Alles mit organischer Basis



Bioabfälle



Garten- und Grünschnitt



Biogastrückstände



Gülle



Stroh



Heu



Waldrestholz



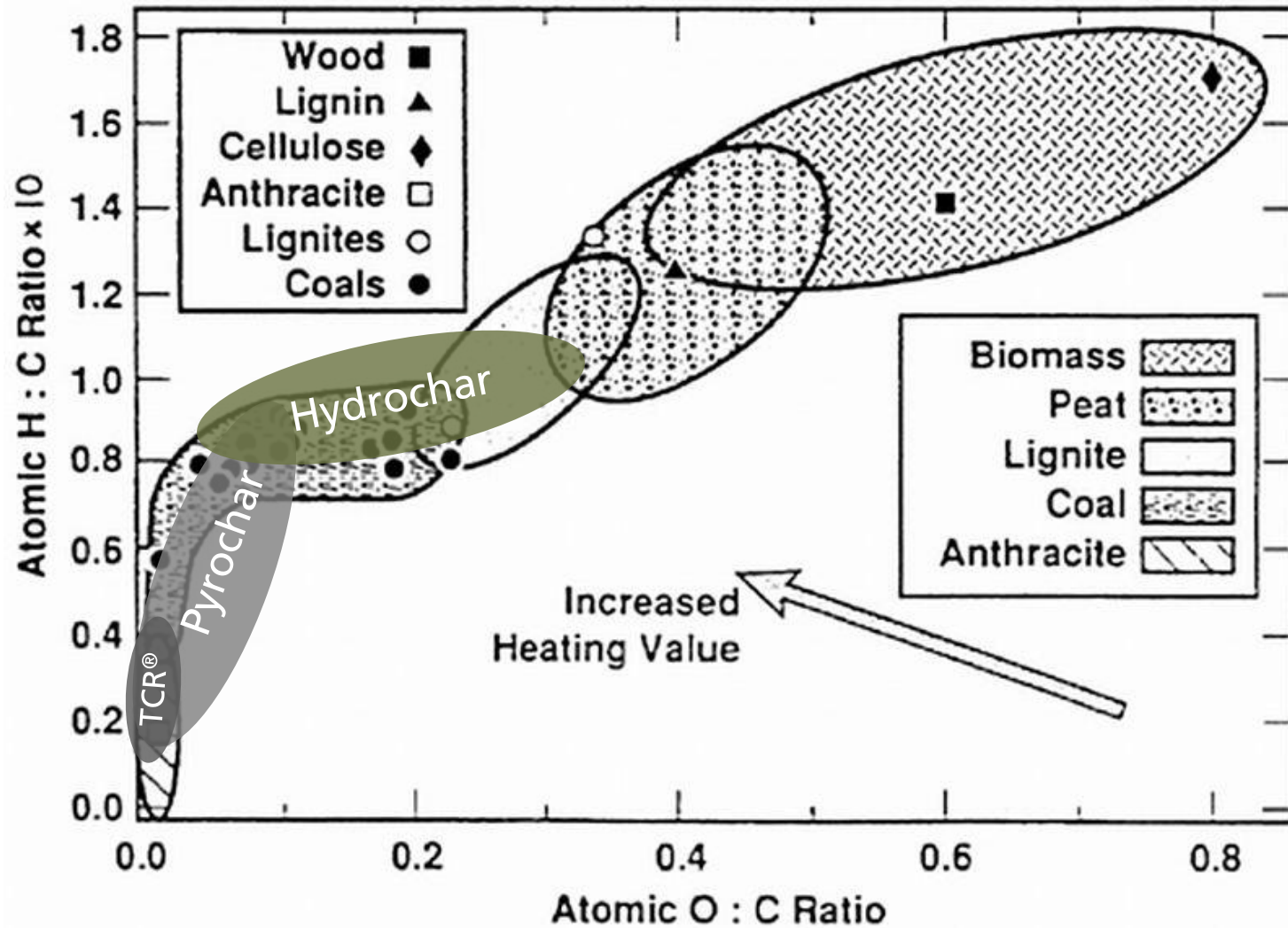
Zitruschalen

Von der Holzkohle zur Biokohle

Von der Vergangenheit zur Moderne



Biokohle Qualitäten



Biokohle aus verschiedenen Einsatzstoffen



Keimtests



Sewage Sludge		Digestate		Brewer Spent Grain		Wood	
C	22.2 wt.-%	C	64.0 wt.-%	C	72.6 wt.-%	C	89.8 wt.-%
H	0.9 wt.-%	H	1.0 wt.-%	H	0.1 wt.-%	H	2,2 wt.-%
N	2.0 wt.-%	N	1.4 wt.-%	N	4.6 wt.-%	N	0.3 wt.-%
S	1.0 wt.-%	S	0.5 wt.-%	S	0.4 wt.-%	S	0.1 wt.-%
O	0.0 wt.-%	O	0.7 wt.-%	O	4.9 wt.-%	O	4.5 wt.-%
Ash	74.4 wt.-%	Ash	32.0 wt.-%	Ash	17.5 wt.-%	Ash	3.1 wt.-%
LHV 8.2 MJ/kg		LHV 23.0 MJ/kg		LHV 26.0 MJ/kg		LHV 34.4 MJ/kg	

Anwendung von Biokohle

Bodenverbesserer / Düngemittel



Biokohle-basierter
Pflanzversuch



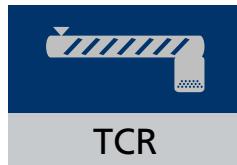
Pot trials: Pflanzversuche mit TCR-Biokohle

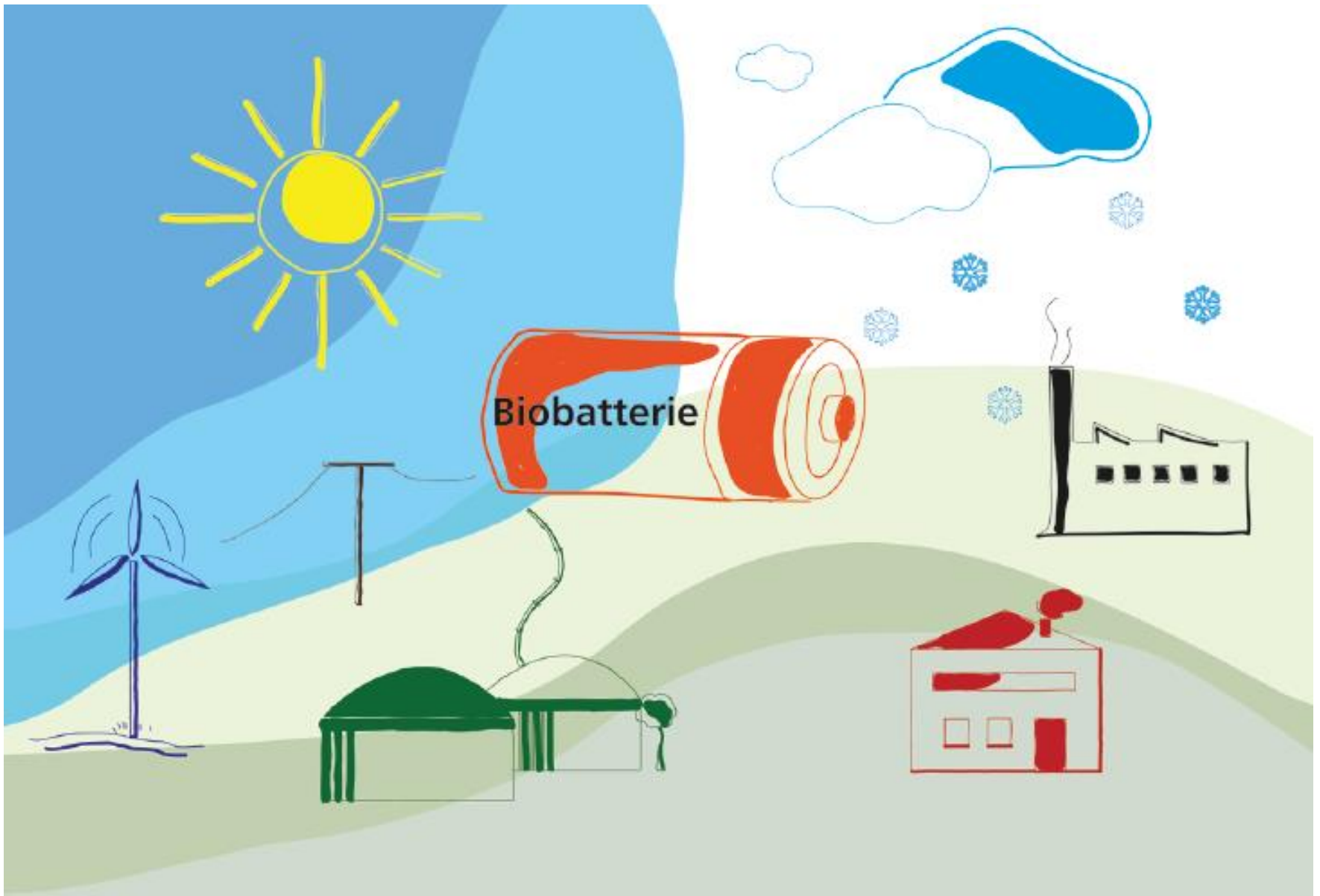
- Zertifizierung und Registerierung
- Nährstoffträger
- Kohlenstoffsенke (langfristig)

Anwendung von Biokohle

Grillkohle

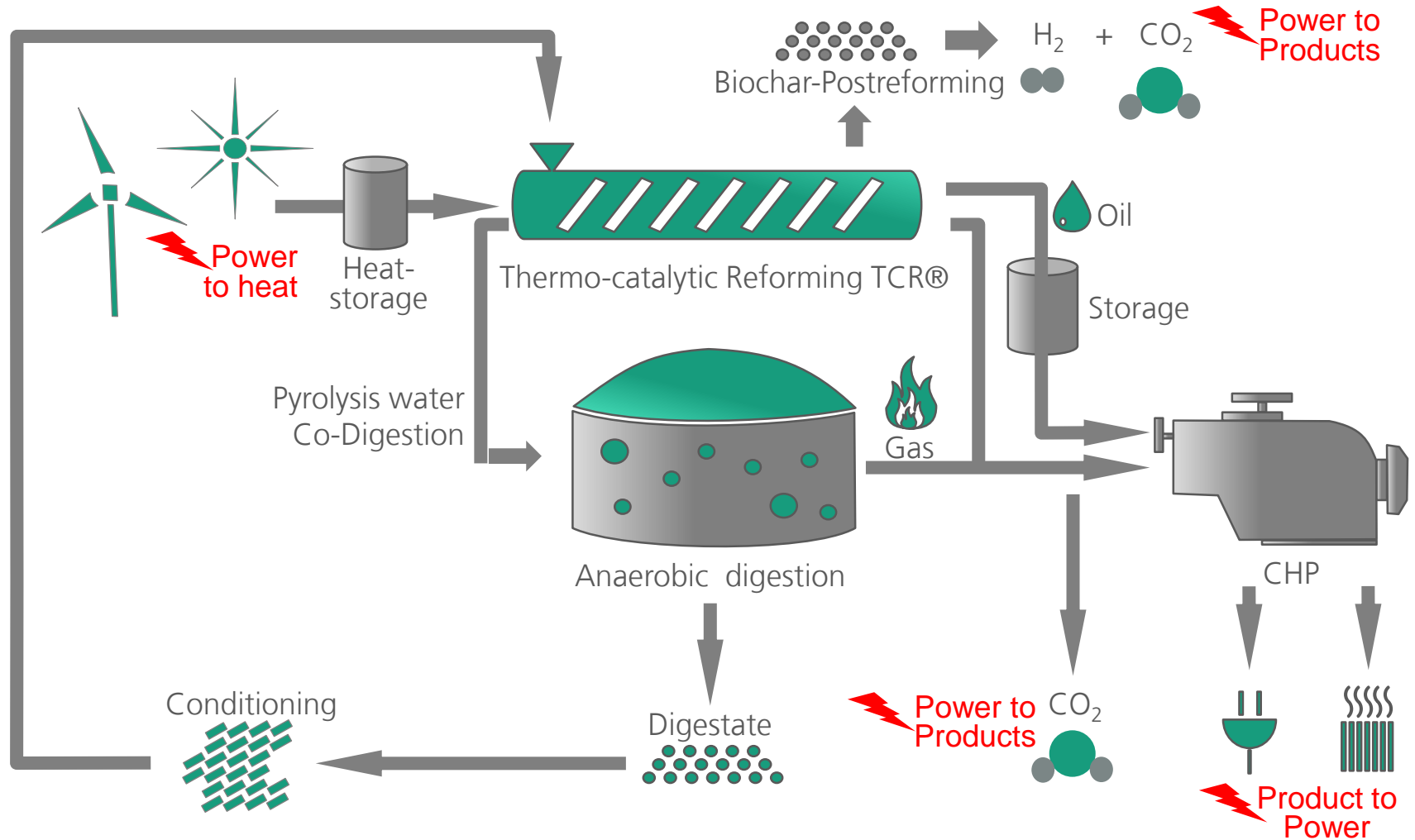
- Angelehnt an DIN EN 1860-2
- Einsatzstoff: Holz, Biertreber oder weitere Biomassen
- Deutlich höhere Wertschöpfung als bei energetischer Verwertung (15 - 20-fach)



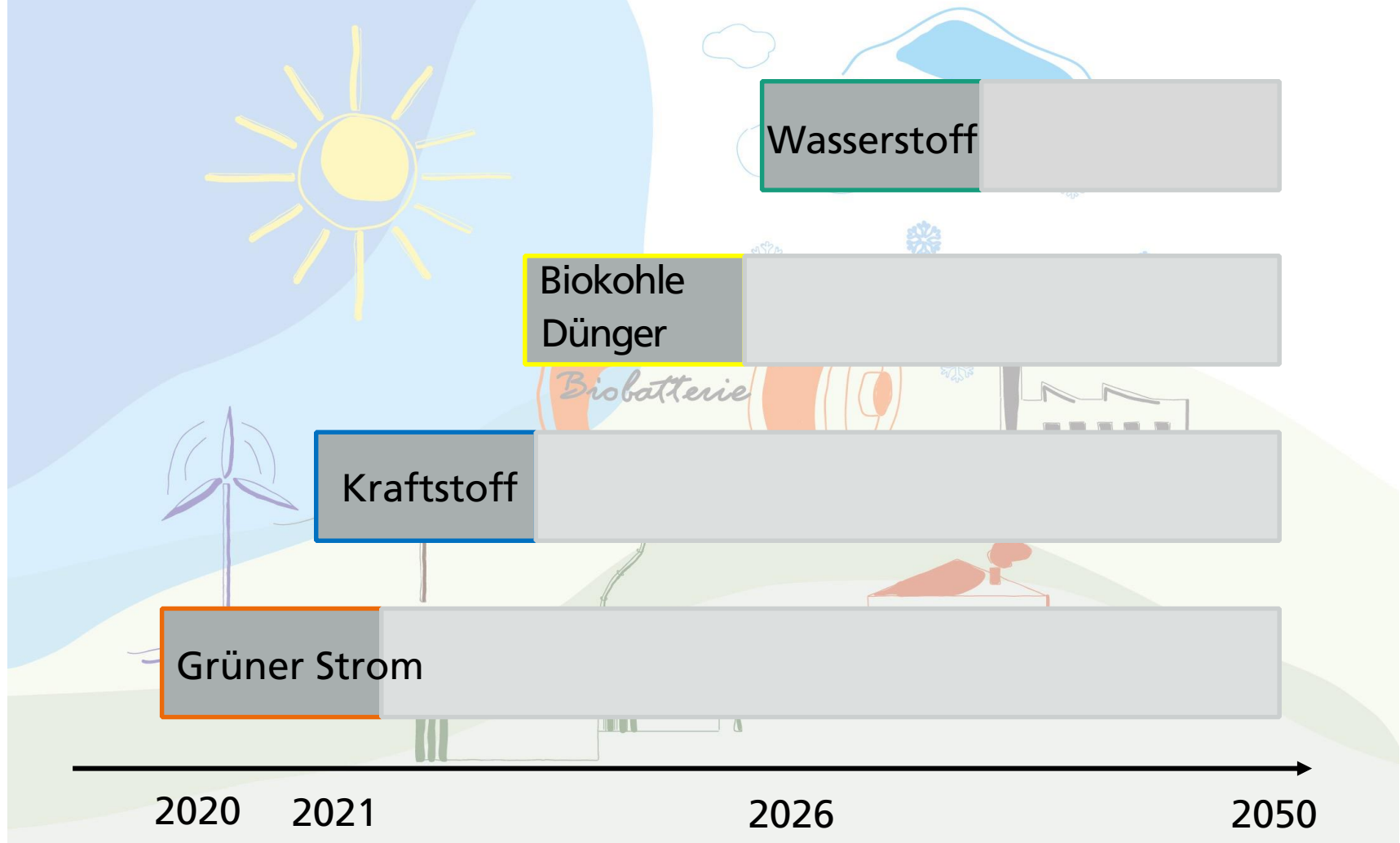


Cross Energy Management

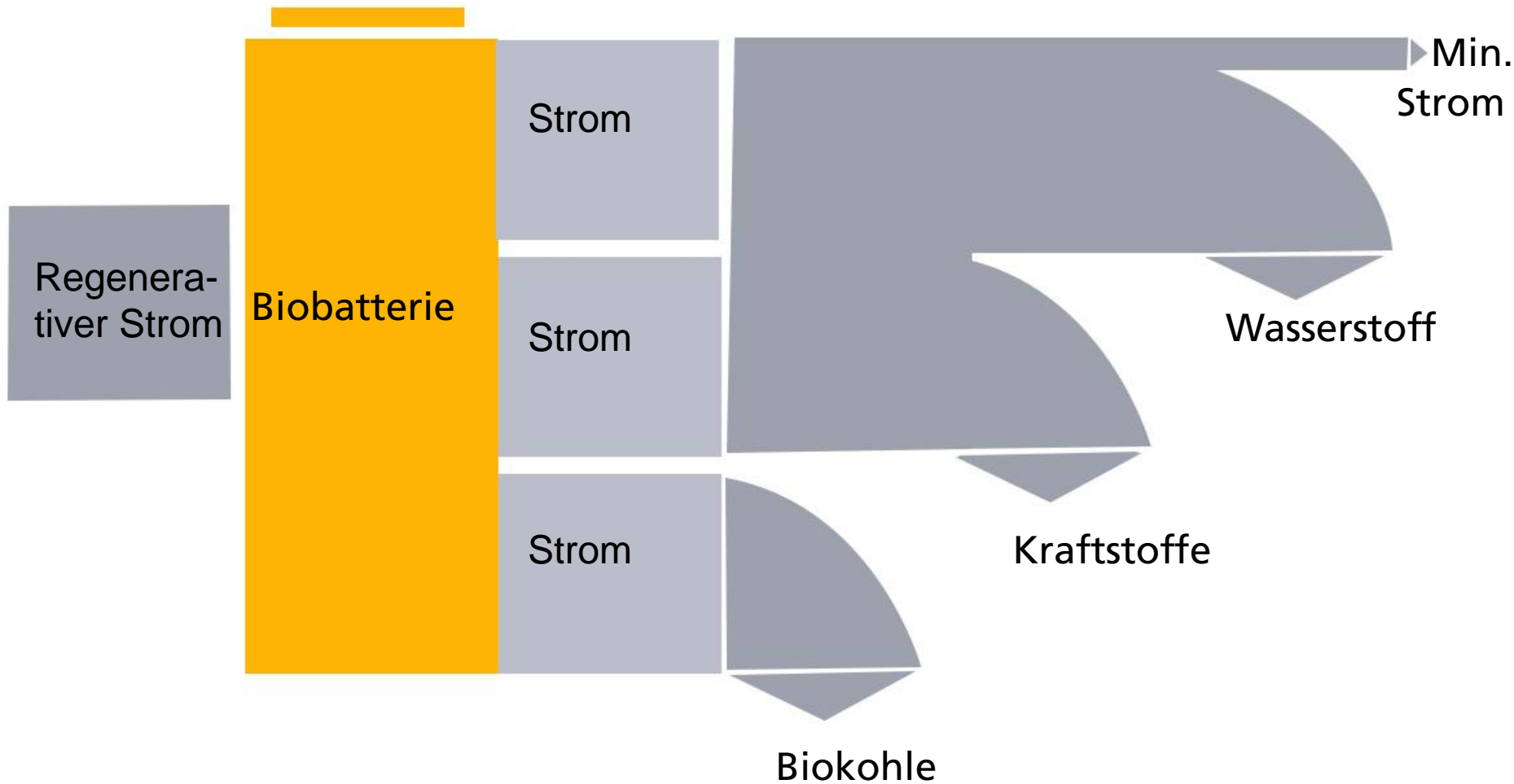
Die Biobatterie



Biobatterie

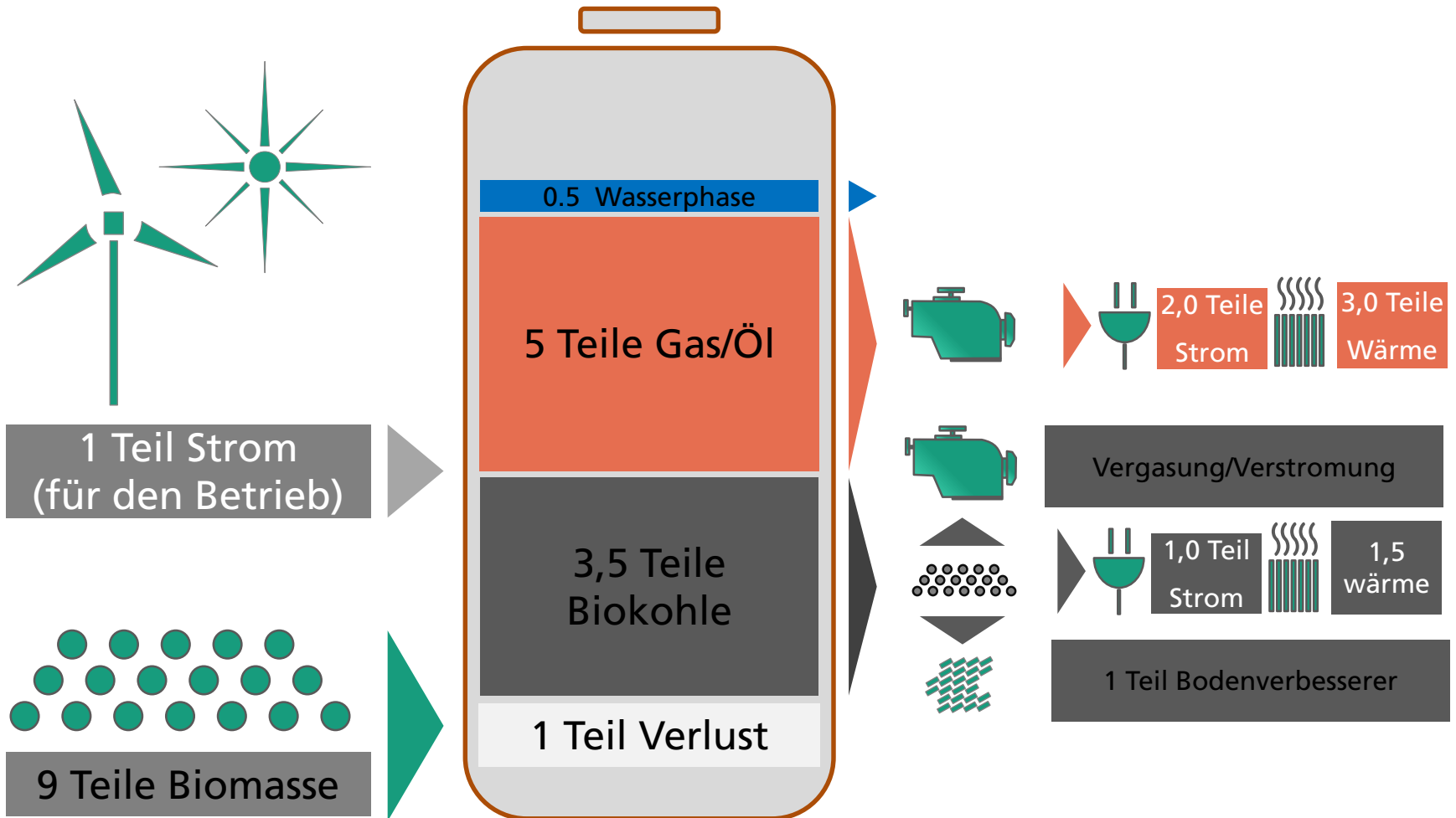


power and material management



Biobatterie für Kommunen und Städte

Dezentrale Energiekonzepte



Fraunhofer UMSICHT

Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik
Institutsteil Sulzbach-Rosenberg



An der Maxhütte 1
92237 Sulzbach-Rosenberg

Telefon +49 9661 908 400
www.umsicht-suro.fraunhofer.de