

---

# Synthetisches Kerosin für die Luftfahrtindustrie

## Sächsisch-Brandenburgische Forschungsfabrik WynFuel ?

Lausitzer Energiefachtagung: Wasserstoffanwendungen in der Lausitz  
27. Januar 2020

---

**Prof. Dr.-Ing. Bernd Meyer**  
**Dipl.-Ing. Andreas Herrmann**



# Institut für Energieverfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen (IEC)

## Hintergrund und Erfahrungen

- führendes Institut für die **Kohlenstoff-Kreislaufwirtschaft**
- gegründet 1919 in Freiberg - für die Braunkohle-Chemie

**Unser Ziel: Kohlenstoff-Quellen nachhaltig STOFFLICH NUTZEN** anstatt verbrennen

- seit 06/2019:  
Außenstelle Freiberg des **Fraunhofer IMWS Halle**  
für Kohlenstoffkreislauf-Technologien KKT
- Alleinstellungsmerkmal:  
Pilotanlagen-Plattform für Synthesegaserzeugung  
und Kraftstoffsynthese



# Fraunhofer IMWS Halle / Geschäftsfeld „Chemische Umwandlungsprozesse“

## Themengebiete und Erfahrungen

- integrierte Technologien für den nachhaltigen Einsatz heimischer Kohlenstoffquellen und Wasserstoff
- Pilotanlagen zur Erprobung neuer Konversionsverfahren
- verbesserte Materialien für die Wasserelektrolyse
- Elektrolyseplattform Leuna und Planung HydrogenLab Görlitz
- „Reallabor der Energiewende“: Großelektrolyseur im Chemiepark Leuna
- Fraunhofer-Vorhaben in Leuna  
**GreenCarbonChem**

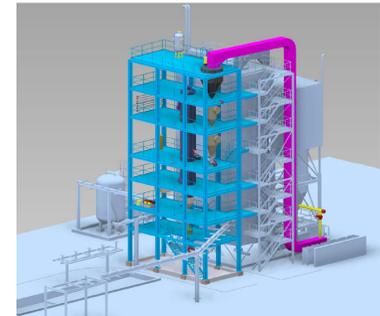


# Fraunhofer-Vorhaben in Leuna **GreenCarbonChem**

## Planung einer Demoanlage für das chemische Recycling von Kunststoffabfällen



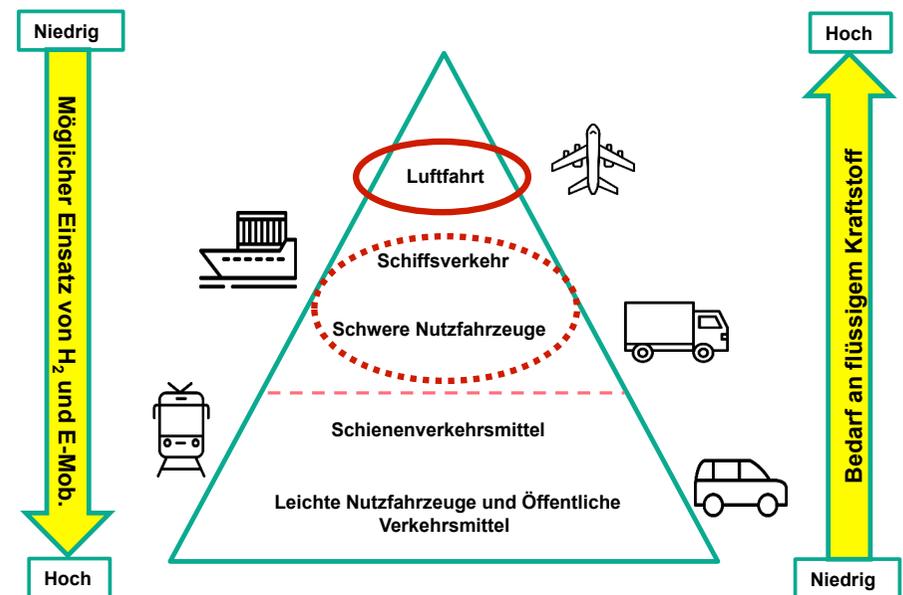
- großskalige Technologiedemonstration im Chemiepark Leuna
- 25.000 t/a Abfälle (vorwiegend Kunststoffabfälle)
- Produkte: Methanol (und Folgeprodukte)
- stufenweise Integration von „grünem“ H<sub>2</sub>



# Warum CO<sub>2</sub>-neutraler Flüssigkraftstoff Kerosin ?

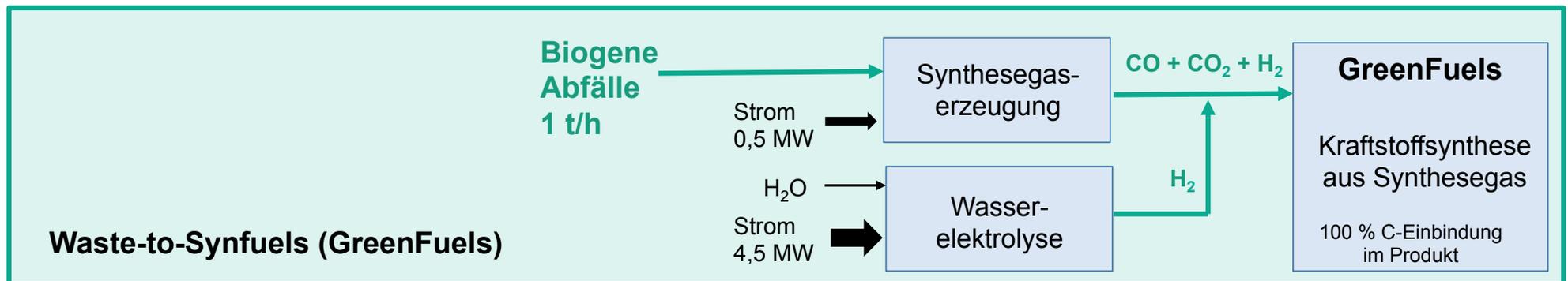
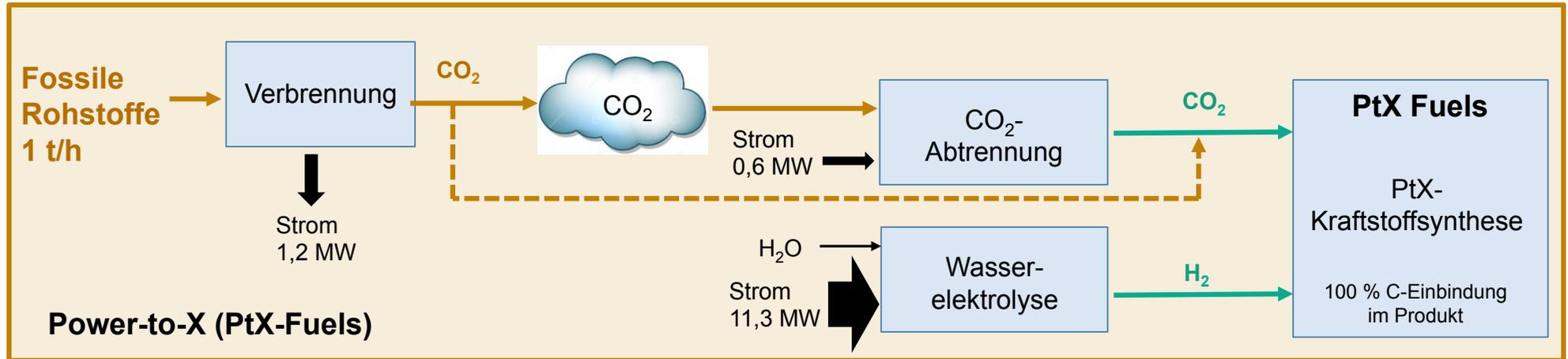
## Hoher Druck zur CO<sub>2</sub>-Emissionsminderung im Flugverkehr

- alternativlos für den **Flugverkehr**
- dringend gebraucht:  
die wirtschaftlich tragfähige  
**Großproduktion von CO<sub>2</sub>-neutralem Kerosin**



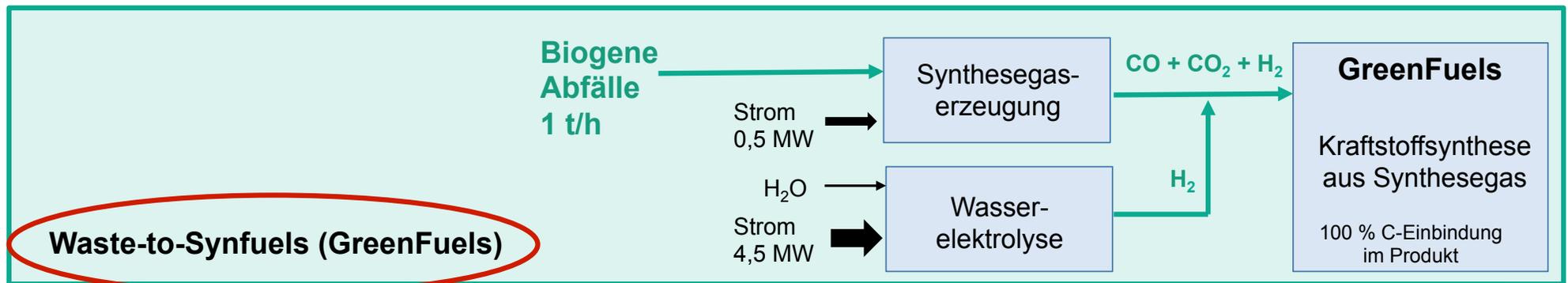
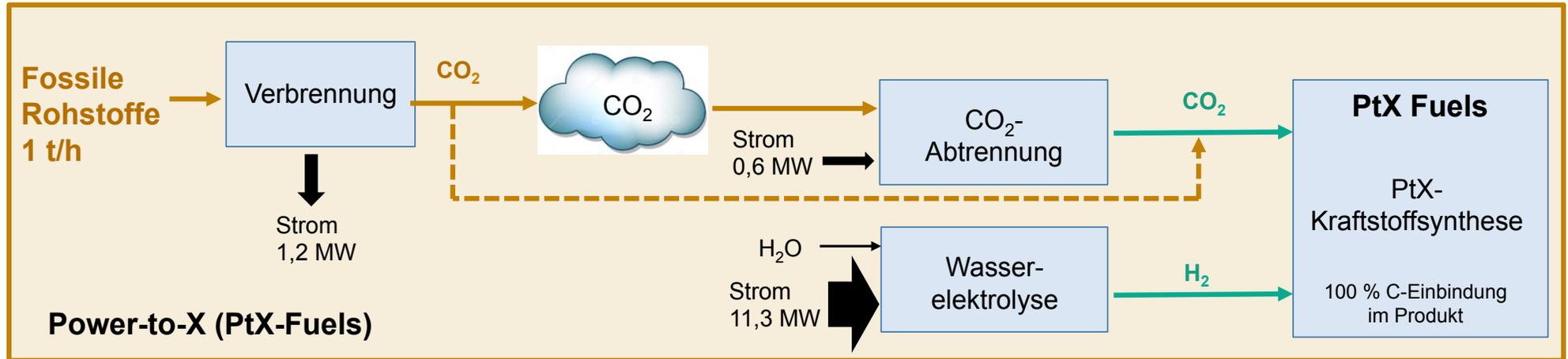
# Welche Technologierouten für CO<sub>2</sub>-neutrale Flüssigkraftstoffe gibt es ?

## Power-to-X (PtX-Fuels) & Waste-to-Synfuels (GreenFuels)



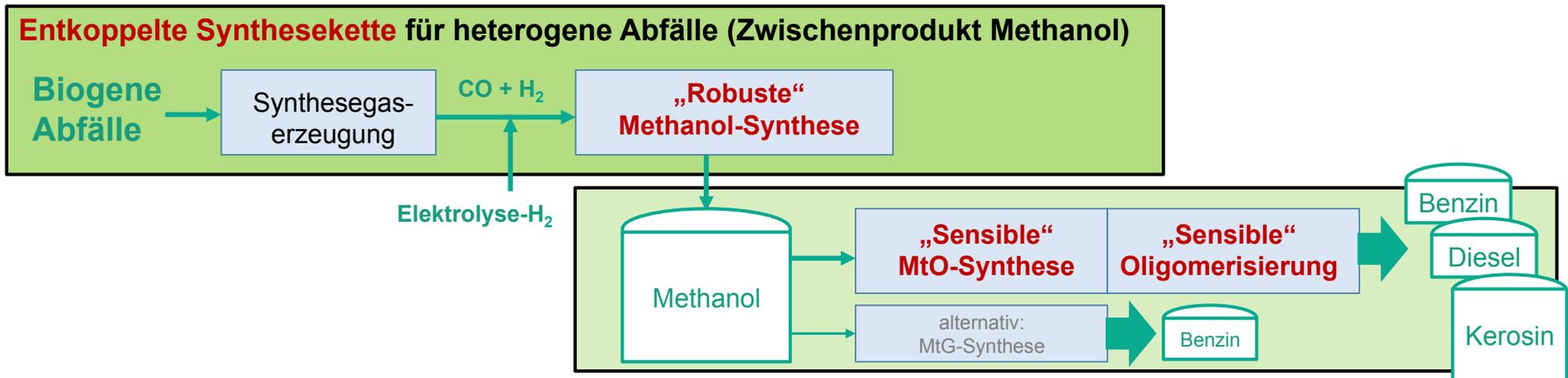
# Welche Technologierouten für CO<sub>2</sub>-neutrale Flüssigkraftstoffe gibt es ?

## Power-to-X (PtX-Fuels) & Waste-to-Synfuels (GreenFuels)



# Welche Syntheseketten für CO<sub>2</sub>-neutrale Flüssigkraftstoffe gibt es ?

## Durchgängige und Entkoppelte Syntheseketten



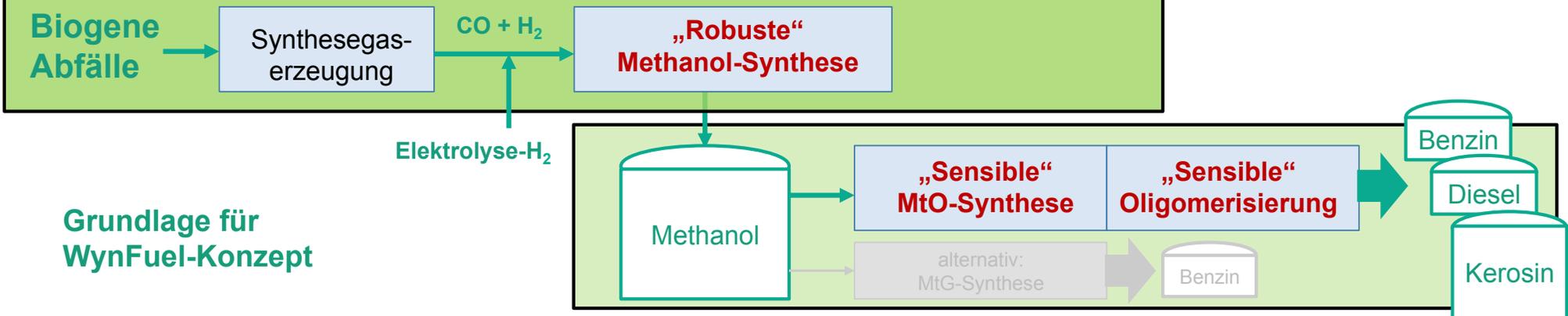
# Welche Synthesekette ist für Bio-Abfälle geeignet ?

## Entkoppelte Synthesekette

**Durchgängige Synthesekette** für „homogene“ fossile Rohstoffe, z.B. Kohle



**Entkoppelte Synthesekette** für heterogene Abfälle (Zwischenprodukt Methanol)



Grundlage für WynFuel-Konzept

# Welches Rohstoffpotenzial für GreenFuels gibt es ?

## Bio-basierte Abfälle, die bisher verbrannt werden

### Abfallpotenzial in Deutschland (bisher verbrannt, nicht recycelbar)

Abfallfraktion	Gesamt-aufkommen Mio. t / a	davon Kohlenstoff Mio. t C / a	davon biogener C Mio. t C / a	CO <sub>2</sub> -Reduzierung des Kraftstoffes	weitere CO <sub>2</sub> -Reduzierung
Sortierreste Schwarze Tonne (EBS)	2,07	0,82	0,53 (65 %)	CO <sub>2</sub> -arm	
Sortierreste aus Leichtverpackungen	6,03	2,70	0,73 (27 %)	CO <sub>2</sub> -arm	
<b>Holzabfälle</b>	7,83	3,52	<b>3,48 (99%)</b>	<b>CO<sub>2</sub>-neutral</b>	
<i>Trockenklärslamm (scheidet aus, da Phosphor-Rückgewinnung)</i>	1,90	0,77	0,77 (100 %)	<i>CO<sub>2</sub>-neutral</i>	
<b>Summe</b>	<b>17,83</b>	<b>7,81</b>	<b>5,52 (71 %)</b>	CO <sub>2</sub> -arm	

- für CO<sub>2</sub>-arme/freie Kraftstoffe kommen die Abfallfraktionen in Frage, die **nicht recycelt werden können** (u.a. EBS, Sortierrückstände, Altholz)
- aus dem heimischen Rohstoffpotenzial (8 Mio. t C) ließen sich **theoretisch ca. 9 Mio. t GreenFuels** herstellen

# Welches Rohstoffpotenzial für GreenFuels gibt es ?

## Bio-basierte Abfälle, die bisher verbrannt werden

### Abfallpotenzial in Deutschland (bisher verbrannt, nicht recycelbar)

Abfallfraktion	Gesamt-aufkommen Mio. t / a	davon Kohlenstoff Mio. t C / a	davon biogener C Mio. t C / a	CO <sub>2</sub> -Reduzierung des Kraftstoffes	weitere CO <sub>2</sub> -Reduzierung
Sortierreste Schwarze Tonne (EBS)	2,07	0,82	0,53 (65 %)	CO <sub>2</sub> -arm	
Sortierreste aus Leichtverpackungen	6,03	2,70	0,73 (27 %)	CO <sub>2</sub> -arm	
<b>Holzabfälle</b>	7,83	3,52	<b>3,48 (99%)</b>	<b>CO<sub>2</sub>-neutral</b>	
<i>Trockenklärslamm (scheidet aus, da Phosphor-Rückgewinnung)</i>	1,90	0,77	0,77 (100 %)	CO <sub>2</sub> -neutral	
<b>Summe</b>	<b>17,83</b>	<b>7,81</b>	<b>5,52 (71 %)</b>	CO <sub>2</sub> -arm	

H<sub>2</sub> aus BIOGAS-Pyrolyse

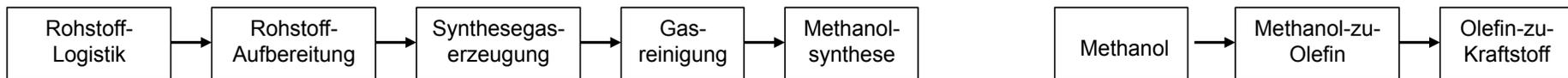
**MINUS  
3,6 kg CO<sub>2</sub>  
pro kg  
GreenFuel**

**CO<sub>2</sub>-negativ**

- für CO<sub>2</sub>-arme/freie Kraftstoffe kommen die Abfallfraktionen in Frage, die **nicht recycelt werden können** (u.a. EBS, Sortierrückstände, Altholz)
- aus dem heimischen Rohstoffpotenzial (8 Mio. t C) ließen sich **theoretisch ca. 9 Mio. t GreenFuels** herstellen

# Besteht noch FuE-Bedarf für die Realisierung des WynFuels Konzepts ?

## Innovationen entlang der Prozesskette



Prozess	TRL	Entwicklungsbedarf
Rohstofflogistik	-	Rohstoffmanagement, neue Lieferketten für Abfallströme
<b>Rohstoffaufbereitung</b>	<b>6</b>	<b>Biomasse-Kompaktierung für Eintragungssysteme der Syngaserzeugung</b>
<b>Synthesegas-erzeugung</b>	<b>7</b>	<b>Hocheffiziente Vergasung für ein breites Spektrum an Abfallströmen</b>
Gasreinigung	7	CO <sub>2</sub> -variable Gaswäschen
Methanolsynthese	7	CO <sub>2</sub> -tolerante Synthese
Methanol-zu-Olefin-Synthese	8	Weiterentwicklung MtO-Synthese für Anpassung an die Kraftstoffsynthese
Olefin-zu-Kraftstoff-Synthese	6	Weiterentwicklung Olefin-Oligomerisierung für Kerosin als Hauptprodukt
KI	-	Durchgehend Informations-geführte Prozesskette

Technology Readiness Level (TRL)

TRL 4: Versuchsaufbau im Labor

TRL 5: Versuchsaufbau in Einsatzumgebung

TRL 6: Prototyp in Einsatzumgebung

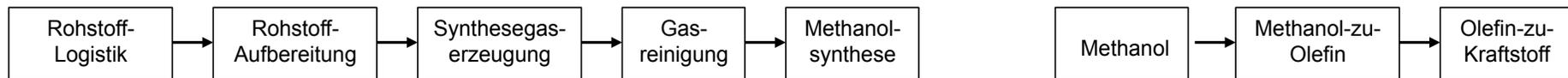
TRL 7: Prototyp im Einsatz

TRL 8: Nachweis der Funktionstüchtigkeit im Einsatzbereich

TRL 9: Nachweis des erfolgreichen Einsatzes

# Besteht noch FuE-Bedarf für die Realisierung des WynFuels Konzepts ?

## Innovationen entlang der Prozesskette



Prozess	TRL	Entwicklungsbedarf
Rohstofflogistik	-	Rohstoffmanagement, neue Lieferketten für Abfallströme
<b>Rohstoffaufbereitung</b>	<b>6</b>	<b>Biomasse-Kompaktierung für Eintragungssysteme der Syngaserzeugung</b>
<b>Synthesegas-erzeugung</b>	<b>7</b>	<b>Hocheffiziente Vergasung für ein breites Spektrum an Abfallströmen</b>
Gasreinigung	7	CO <sub>2</sub> -variable Gaswäschen
Methanolsynthese	7	CO <sub>2</sub> -tolerante Synthese
Methanol-zu-Olefin-Synthese	8	Weiterentwicklung MtO-Synthese für Anpassung an die Kraftstoffsynthese
Olefin-zu-Kraftstoff-Synthese	6	Weiterentwicklung Olefin-Oligomerisierung für Kerosin als Hauptprodukt
KI	-	Durchgehend Informations-geführte Prozesskette

Technology Readiness Level (TRL)

TRL 4: Versuchsaufbau im Labor

TRL 5: Versuchsaufbau in Einsatzumgebung

TRL 6: Prototyp in Einsatzumgebung

TRL 7: Prototyp im Einsatz

TRL 8: Nachweis der Funktionstüchtigkeit im Einsatzbereich

TRL 9: Nachweis des erfolgreichen Einsatzes

# Wie ist der Entwicklungsstand der Syngaserzeugung aus Abfällen ?

## Bisherige Entwicklungsschritte zu TRL7

### SVZ Schwarze Pumpe



größtechnisch

- **Schlackebadvergasung BGL**
- Betrieb 2001 – 2007
- Kapazität 30 t/h  
(22 t/h Abfälle, 8 t/h Kohle)

**Weltweit erstes Zentrum für chemisches Recycling**

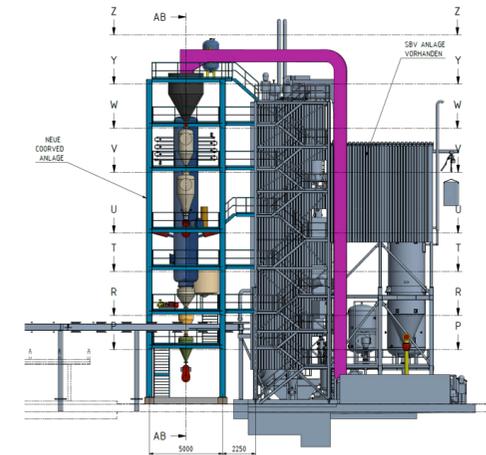
### Pilotanlage FlexiSlag in Freiberg



Pilotmaßstab

- Weiterentwicklung der Schlackebadvergasung im Pilotmaßstab
- Betrieb seit 2014  
(40 bar, ca. 1 t/h Abfälle)

### Überführung in Demomaßstab



Demomaßstab

# Wie ist der Entwicklungsstand der Syngaserzeugung aus Abfällen ?

## Erfolgreiche Verfahrenserprobung von FlexiSlag für Abfälle

### Ergebnisse der Verfahrenserprobung von FlexiSlag für Abfälle

- stabiler Vergaser-Betrieb
- stabile Einsatzstoff-Zufuhr
- Betrieb mit und ohne Flussmittel
- Produkt: teerfreies, staubarmes Synthesegas
- Einsatz Ersatzbrennstoffe (EBS)    bis 100 % EBS            0 % Kohle
- Einsatz Biomasse                    bis 75 % Biomasse 25 % Kohle  
    **Ziel: 100 % Biomasse**
- vollständige Kohlenstoff-Umwandlung



# Ist die Erzeugung von GreenFuel-Kerosin wirtschaftlich?

## Erzeugungskosten von 1 EUR/l für 100.000 t -Maßstab

### ■ **Forschungsfabrik WynFuel-Demo 10.000 t/a**

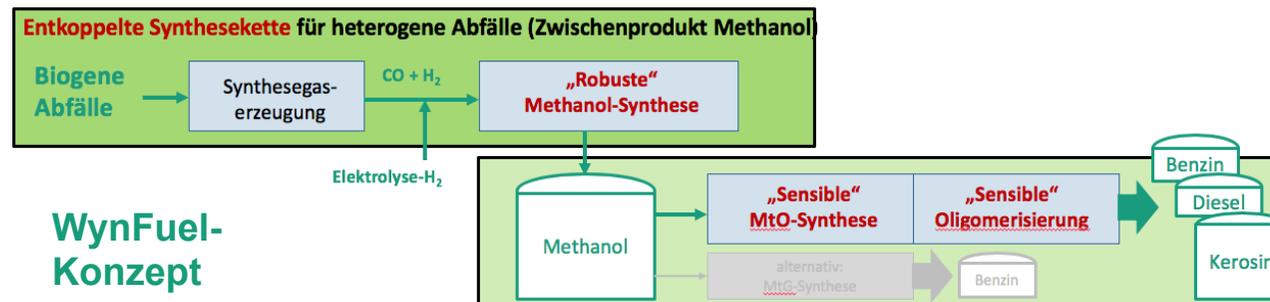
- Errichtung
- Betrieb
- Erzeugungskosten

100 % Förderung der Investkosten  
 selbsttragend (ohne Abschreibungen)  
 1 €/l synthetisches Kerosin (ohne Abschreibungen)

### ■ **Grüne Raffinerie WynFuel 0,1 – 0,25 Mio. t/a**

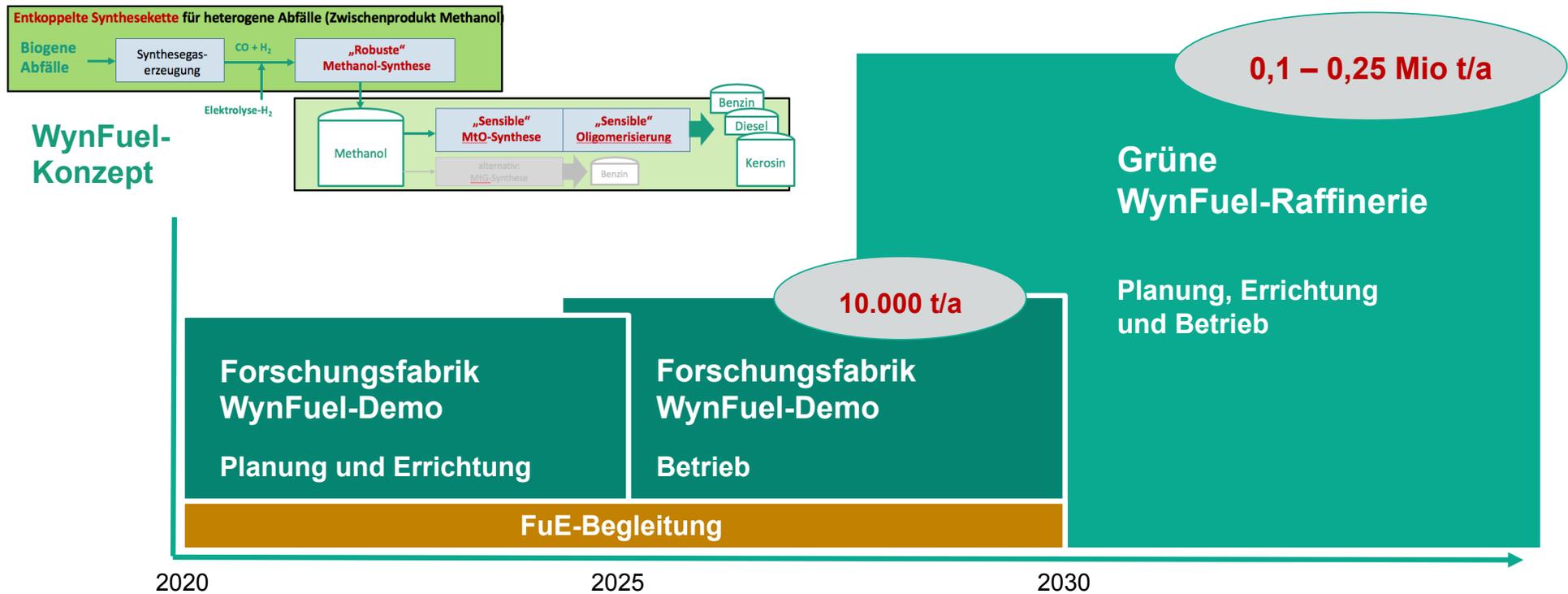
- Errichtung und Betrieb
- Erzeugungskosten

Anschub-Förderung für die ersten 5 Jahre  
 1 €/l synthetisches Kerosin (mit Abschreibungen)



# Wann könnte die Grüne WynFuel-Raffinerie in Betrieb gehen?

## Forschungsfabrik WynFuel-Demo ab 2025 / Grüne WynFuel-Raffinerie ab 2030



# Gibt es Fördermöglichkeiten für eine Forschungsfabrik WynFuel-Demo?

## Förderinstrumente sind vorhanden

### ■ vorhandene Fördermöglichkeiten, z.B.

- Fördermittel aus Strukturstärkungsgesetz für die Lausitz
- Sondervermögen „Energie- und Klimafonds“ (EKF)
  - bis 2023 sollen **54 Mrd. €** an Bundesmitteln in neue Technologien und Infrastruktur investiert werden, um die Klimaziele zu erreichen
- „Klimaschutzprogramm 2030 zur Umsetzung des Klimaschutzplans 2050“
  - beschlossen von der Bundesregierung am 25. September 2019
  - Aufstockung in Höhe von **> 1 Mrd. €** allein im Budget des BMVI für 2020
- „Nationale Klimaschutzinitiative“
  - Ergänzungshaushalt in Höhe von **2,3 Mrd. €** bis 2023 von der Bundesregierung am 2. Oktober 2019 beschlossen

# Was sind die zentralen Anforderungen an eine Grüne WynFuel-Raffinerie?

## Standort, Rohstoffbasis und wirtschaftliche Größe

- **Wichtigste Voraussetzung für den Standort:** Logistik-Anbindung für **Schiff oder Schiene**
- **Verfügbarkeit der Bio-Abfall-Mengen:** Inland & Erweiterung durch Importe  
Abfall-Vielfalt für CO<sub>2</sub>-arme und CO<sub>2</sub>-neutrale GreenFuels
- **Wirtschaftliche Größe:** 0,1 – 0,25 Mio. t/a GreenFuels  
entsprechend 0,25 – 0,65 Mio. t/a Altholz (trocken)
- **Integration in einen Chemie-Standort:** nicht zwingend erforderlich

### Standortvorteile der Lausitz

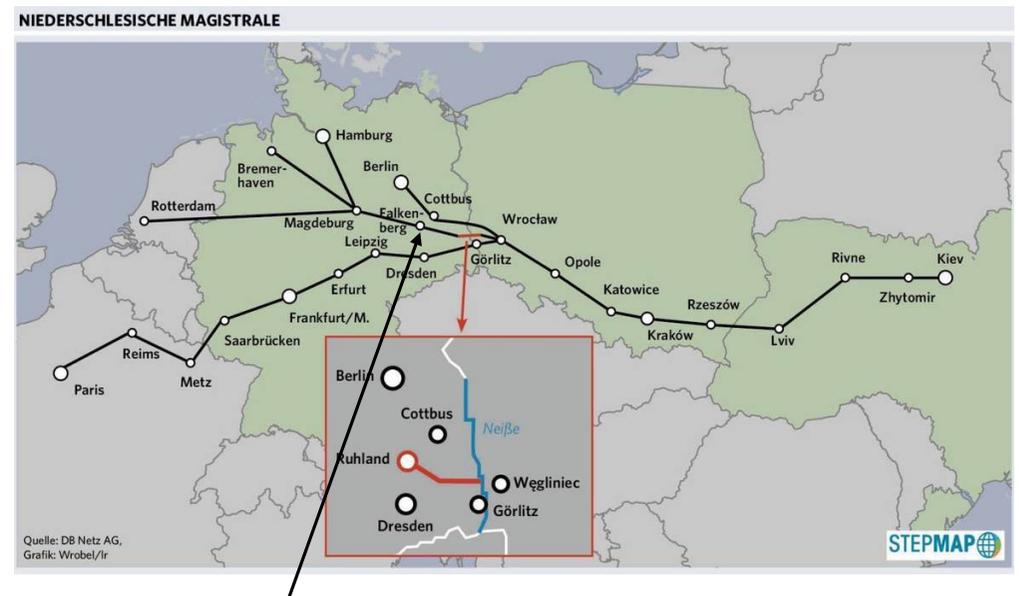
- **Niederschlesische Verkehrsmagistrale**
- **breiter Einzugsbereich für Bio-Abfälle**
- **vorhandene Flächen für Grüne Raffinerie**

# Wo könnten die Forschungsfabrik und die Grüne WynFuel-Raffinerie entstehen? Gute Standort-Voraussetzungen in der Lausitz

## Großes Plus:

- Anbindung an **Niederschlesische Verkehrsmagistrale**
- Breiter Einzugsbereich Bahn (Schiff) für Bio-Abfälle
  - Deutschland
  - Osteuropa

## Mögliches Gemeinschaftsprojekt Strukturwandel Brandenburg - Sachsen



Niederschlesische  
Verkehrsmagistrale



## Kontakt

**Prof. Dr.-Ing. Bernd Meyer**

Institutsdirektor IEC

Geschäftsfeldleiter

Chemische Umwandlungsprozesse

Fraunhofer IMWS

Tel.: +49 3731 39-4510

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !