
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

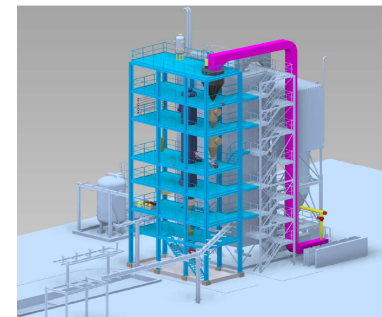
- integrierte Technologien für den nachhaltigen Einsatz heimischer Kohlenstoffquellen und Wasserstoff
- Pilotanlagen zur Erprobung neuer Konversionsverfahren
- verbesserte Materialien für die Wasserelektrolyse
- Elektrolyseplattform Leuna und Planung HydrogenLab Görlitz
- „Reallabor der Energiewende“: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



Fraunhofer-Vorhaben in Leuna **GreenCarbonChem** Planung einer Demoanlage für das chemische Recycling von Kunststoffabfällen



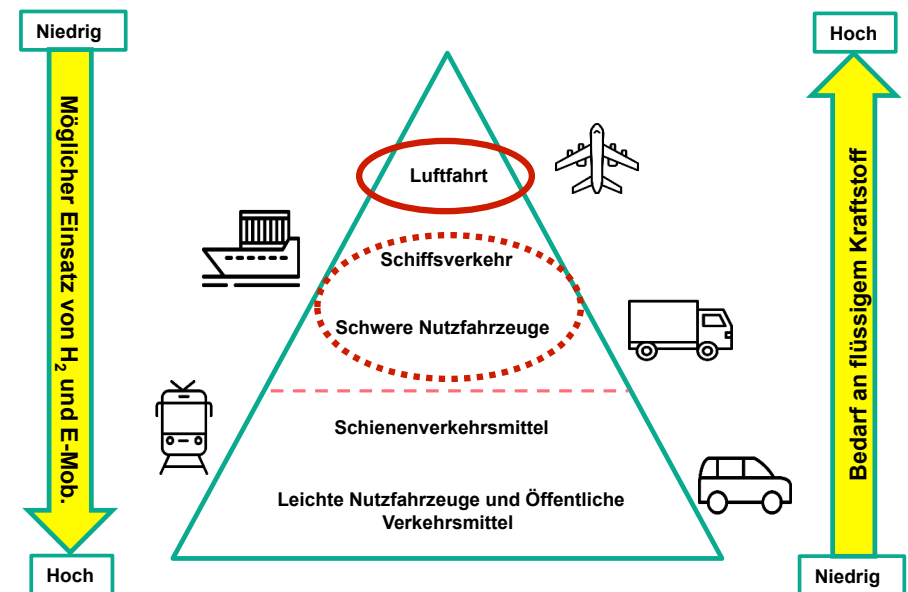
- großskalige Technologiedemonstration im Chemiepark Leuna
- 25.000 t/a Abfälle (vorwiegend Kunststoffabfälle)
- Produkte: Methanol (und Folgeprodukte)
- stufenweise Integration von „grünem“ H₂



Warum CO₂-neutraler Flüssigkraftstoff Kerosin ?

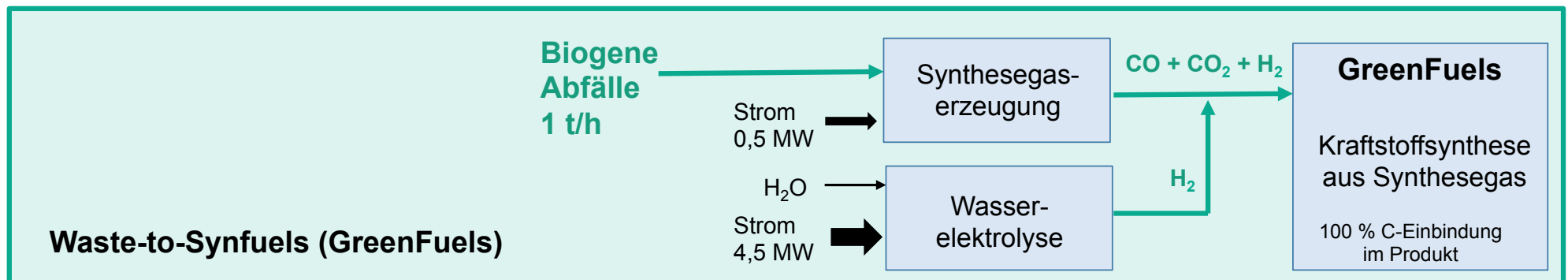
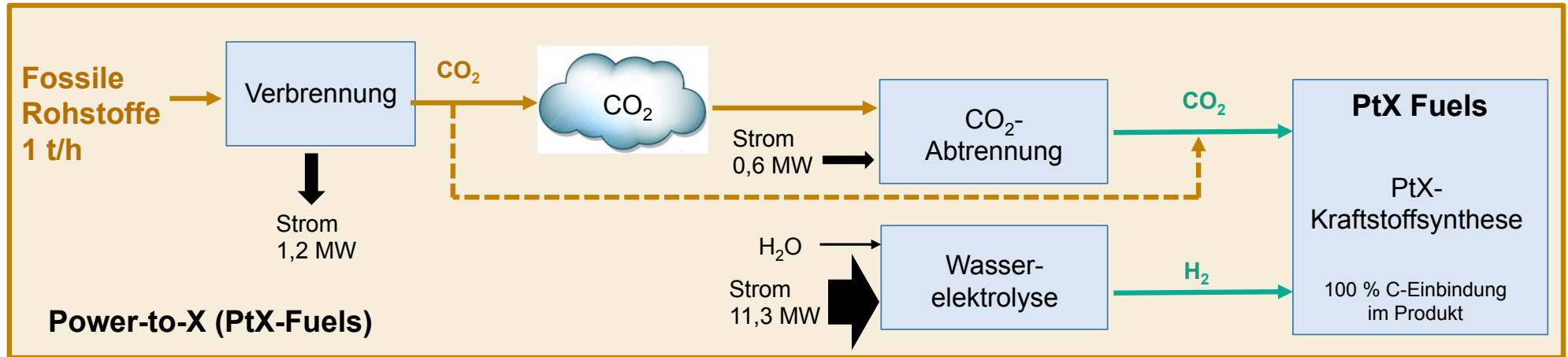
Hoher Druck zur CO₂-Emissionsminderung im Flugverkehr

- alternativlos für den **Flugverkehr**
- dringend gebraucht:
die wirtschaftlich tragfähige
Großproduktion von CO₂-neutralem Kerosin



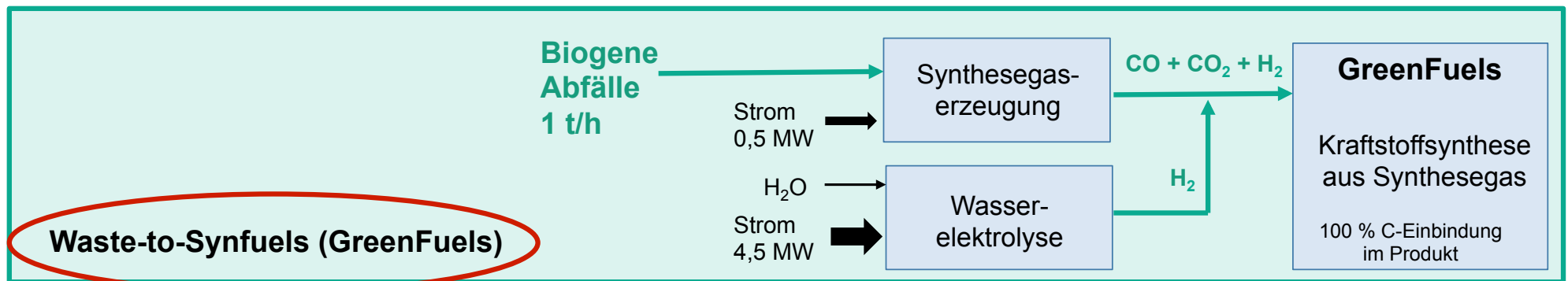
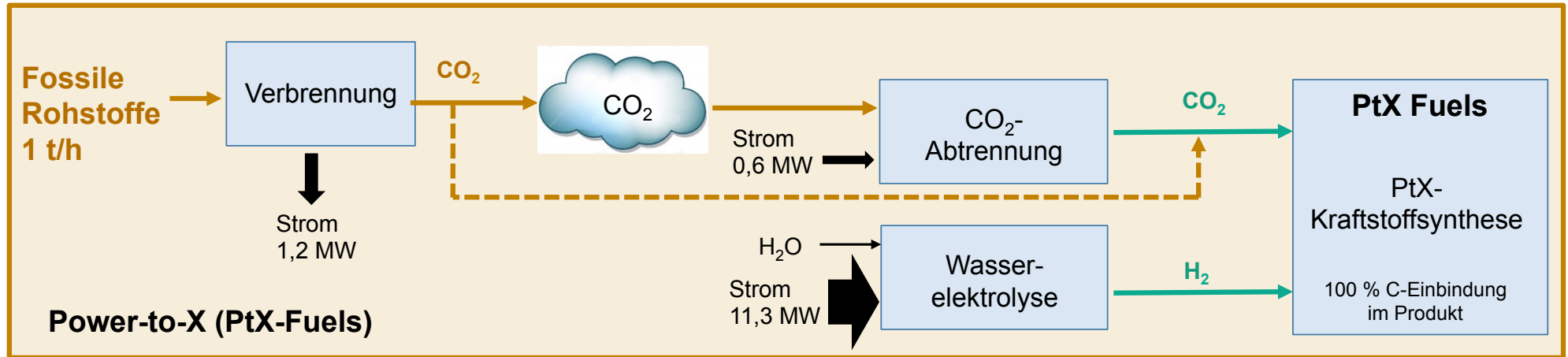
Welche Technologierouten für CO₂-neutrale Flüssigkraftstoffe gibt es ?

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



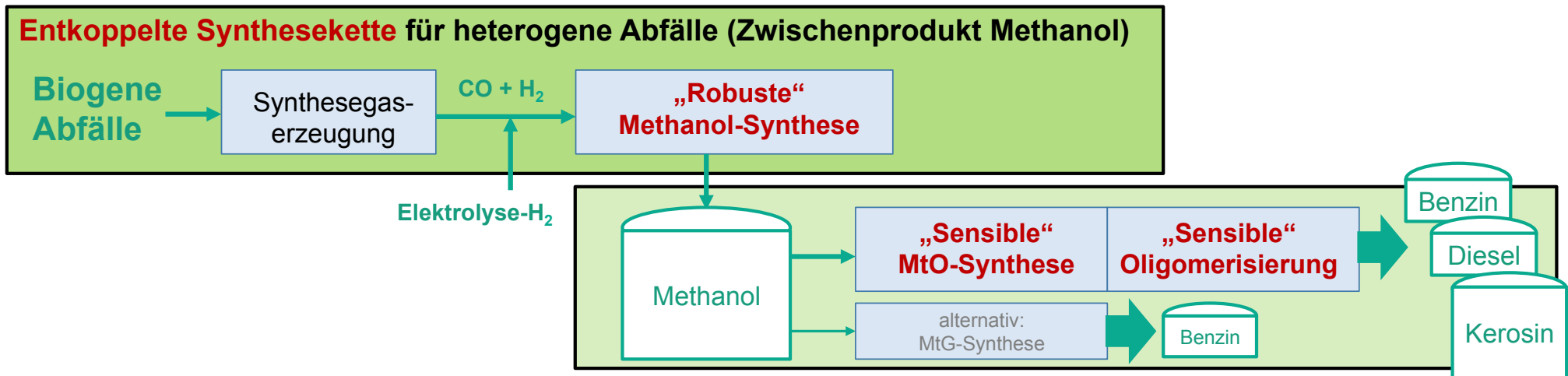
Welche Technologierouten für CO₂-neutrale Flüssigkraftstoffe gibt es ?

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



Welche Syntheseketten für CO₂-neutrale Flüssigkraftstoffe gibt es ?

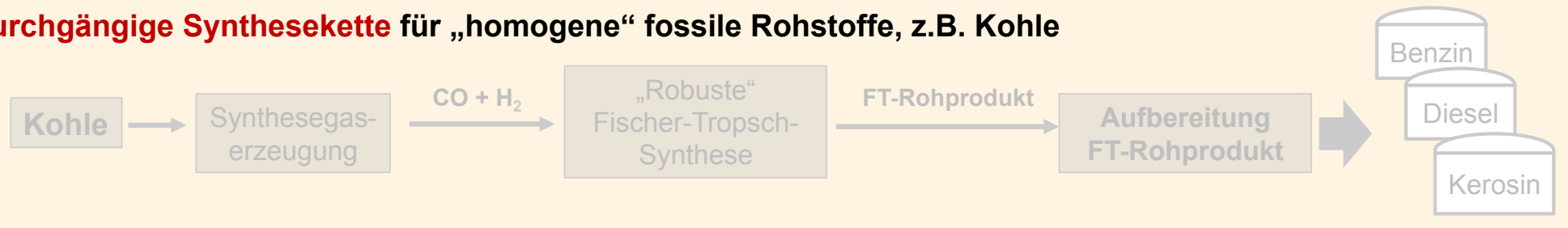
Durchgängige und Entkoppelte Syntheseketten



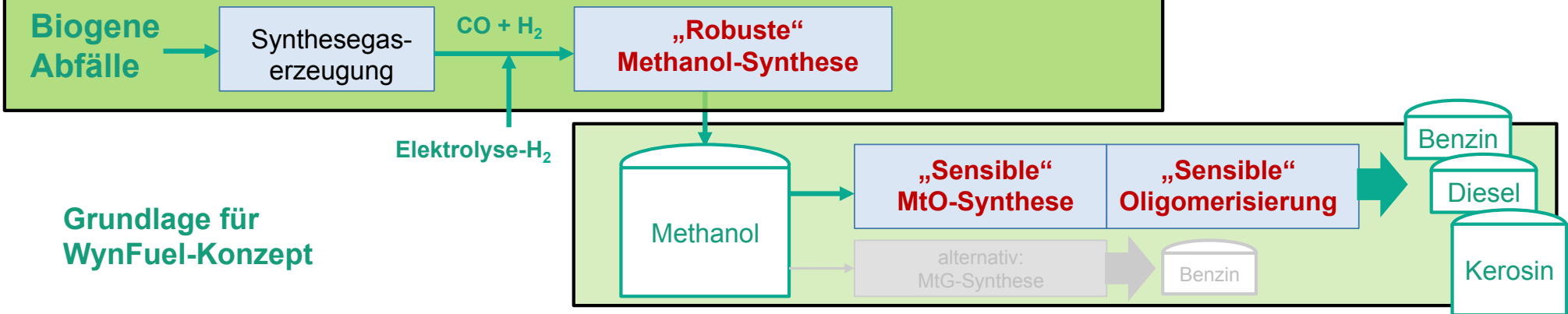
Welche Synthesekette ist für Bio-Abfälle geeignet ?

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 ₂ -Reduzierung des Kraftstoffes	weitere CO ₂ -Reduzierung
Sortierreste Schwarze Tonne (EBS)	2,07	0,82	0,53 (65 %)	CO ₂ -arm	
Sortierreste aus Leichtverpackungen	6,03	2,70	0,73 (27 %)	CO ₂ -arm	
Holzabfälle	7,83	3,52	3,48 (99%)	CO₂-neutral	
<i>Trockenklärslamm (scheidet aus, da Phosphor-Rückgewinnung)</i>	1,90	0,77	0,77 (100 %)	<i>CO₂-neutral</i>	
Summe	17,83	7,81	5,52 (71 %)	CO ₂ -arm	

- für CO₂-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

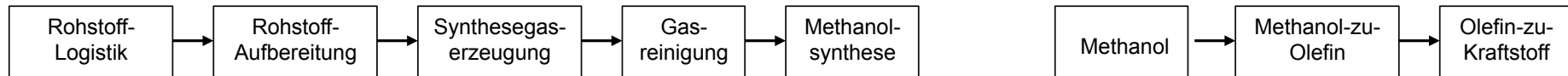
Abfallpotenzial in Deutschland (bisher verbrannt, nicht recycelbar)

Abfallfraktion	Gesamt-aufkommen Mio. t / a	davon Kohlenstoff Mio. t C / a	davon biogener C Mio. t C / a	CO ₂ -Reduzierung des Kraftstoffes	weitere CO ₂ -Reduzierung
Sortierreste Schwarze Tonne (EBS)	2,07	0,82	0,53 (65 %)	CO ₂ -arm	
Sortierreste aus Leichtverpackungen	6,03	2,70	0,73 (27 %)	CO ₂ -arm	
Holzabfälle	7,83	3,52	3,48 (99%)	CO₂-neutral	
<i>Trockenklärslamm (scheidet aus, da Phosphor-Rückgewinnung)</i>	1,90	0,77	0,77 (100 %)	CO ₂ -neutral	
Summe	17,83	7,81	5,52 (71 %)	CO ₂ -arm	

- für CO₂-arme/freie Kraftstoffe kommen die Abfallfraktionen in Frage, die **nicht recycelt werden können** (u.a. EBS, Sortierückstände, 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
Rohstoffaufbereitung	6	Biomasse-Kompaktierung für Eintragungssysteme der Syngaserzeugung
Synthesegas-erzeugung	7	Hocheffiziente Vergasung für ein breites Spektrum an Abfallströmen
Gasreinigung	7	CO ₂ -variable Gaswäschen
Methanolsynthese	7	CO ₂ -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

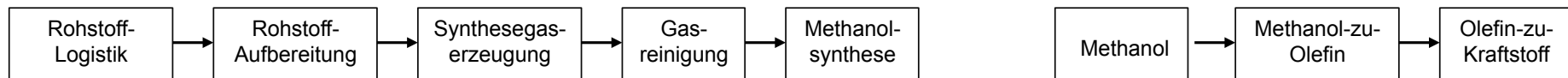
TRL 7: Prototyp im Einsatz

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
Rohstoffaufbereitung	6	Biomasse-Kompaktierung für Eintragungssysteme der Syngaserzeugung
Synthesegas-erzeugung	7	Hocheffiziente Vergasung für ein breites Spektrum an Abfallströmen
Gasreinigung	7	CO ₂ -variable Gaswäschen
Methanolsynthese	7	CO ₂ -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

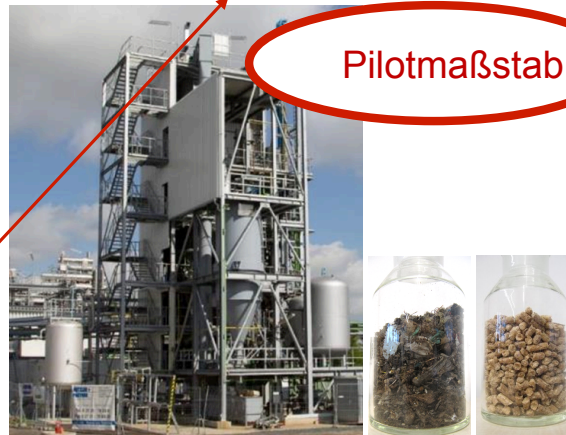


größtechnisch

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

Weltweit erstes Zentrum für chemisches Recycling

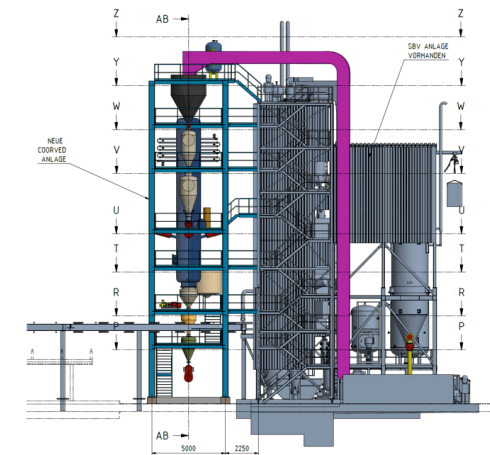
Pilotanlage FlexiSlag in Freiberg



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**

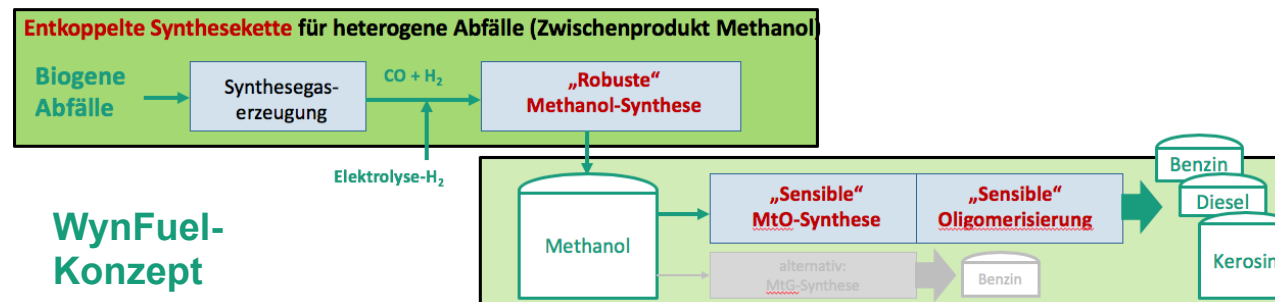
- Errichtung
- Betrieb
- Erzeugungskosten

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

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

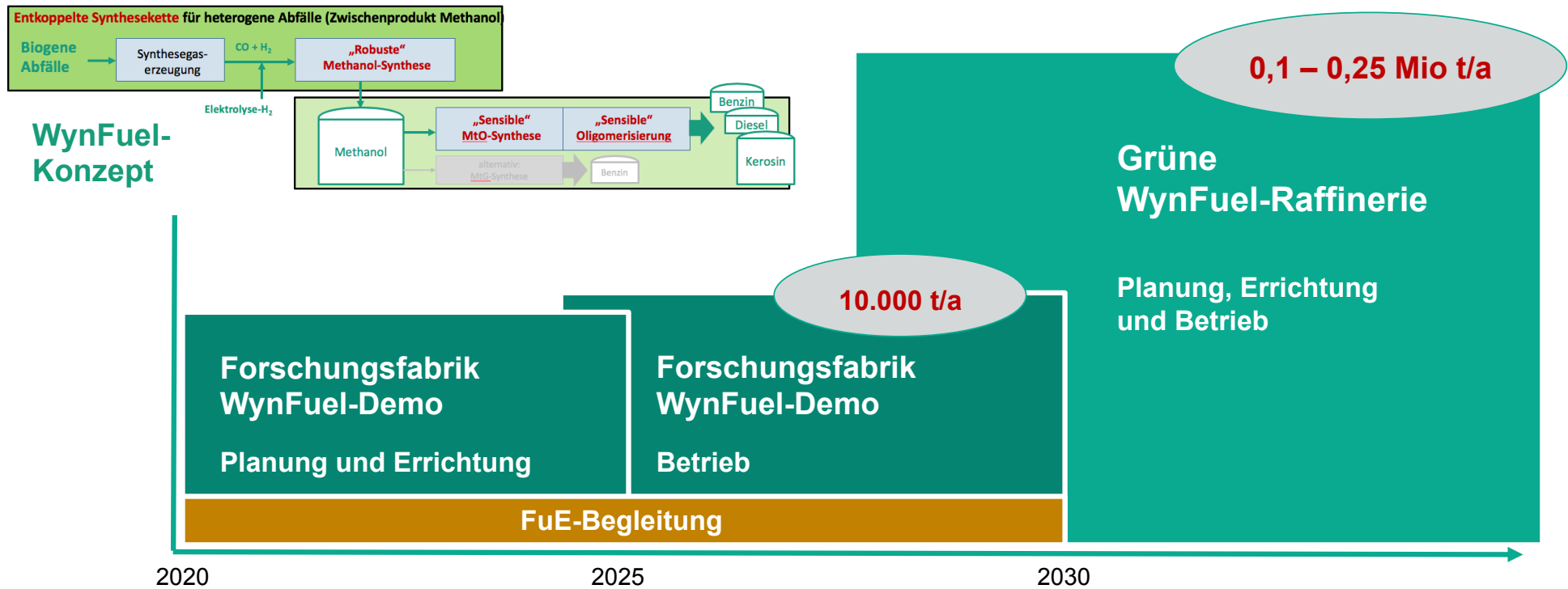
- Errichtung und Betrieb
- Erzeugungskosten

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 CO₂-arme und CO₂-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

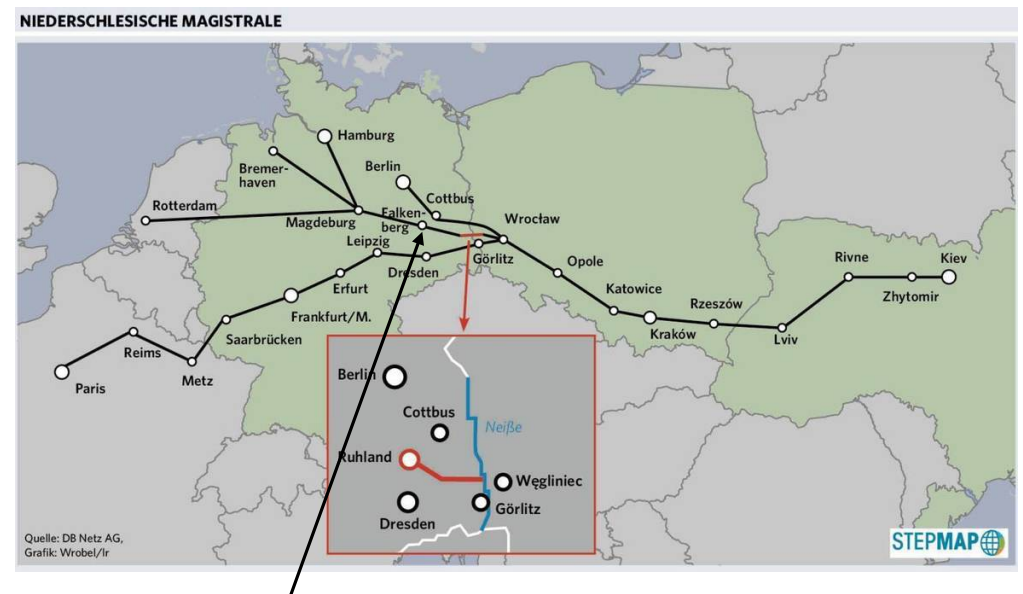
- **Niederschlesische Verkehrsmagistrale**
- **breiter Einzugsbereich für Bio-Abfälle**
- **vorhandene Flächen für Grüne Raffinerie**

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 !