

Chemische Industrie

Transformation der Petrochemie hin zu erneuerbaren Ressourcen

Energiewende und Widerstände

Interessen, Aufgaben, Sektoren

Prof. Dr.-Ing. Mathias Seitz Hochschule Merseburg | Berlin 09.10.2024



AGENDA

Einleitung

- Wofür braucht man die chemische Industrie?
- Ein Einblick in den Bedarf
- Erneuerbare Ressourcen – fossile Rohstoffe
- Wie arbeitet die chemische Industrie?

Power-to-Chemicals und die Kohlenstoffquelle

- Der Herstellungsaufwand
- Die Frage nach den Ressourcen (EE, Wasser, ...)
- Eine Frage der Zeit

Ein möglicher Weg

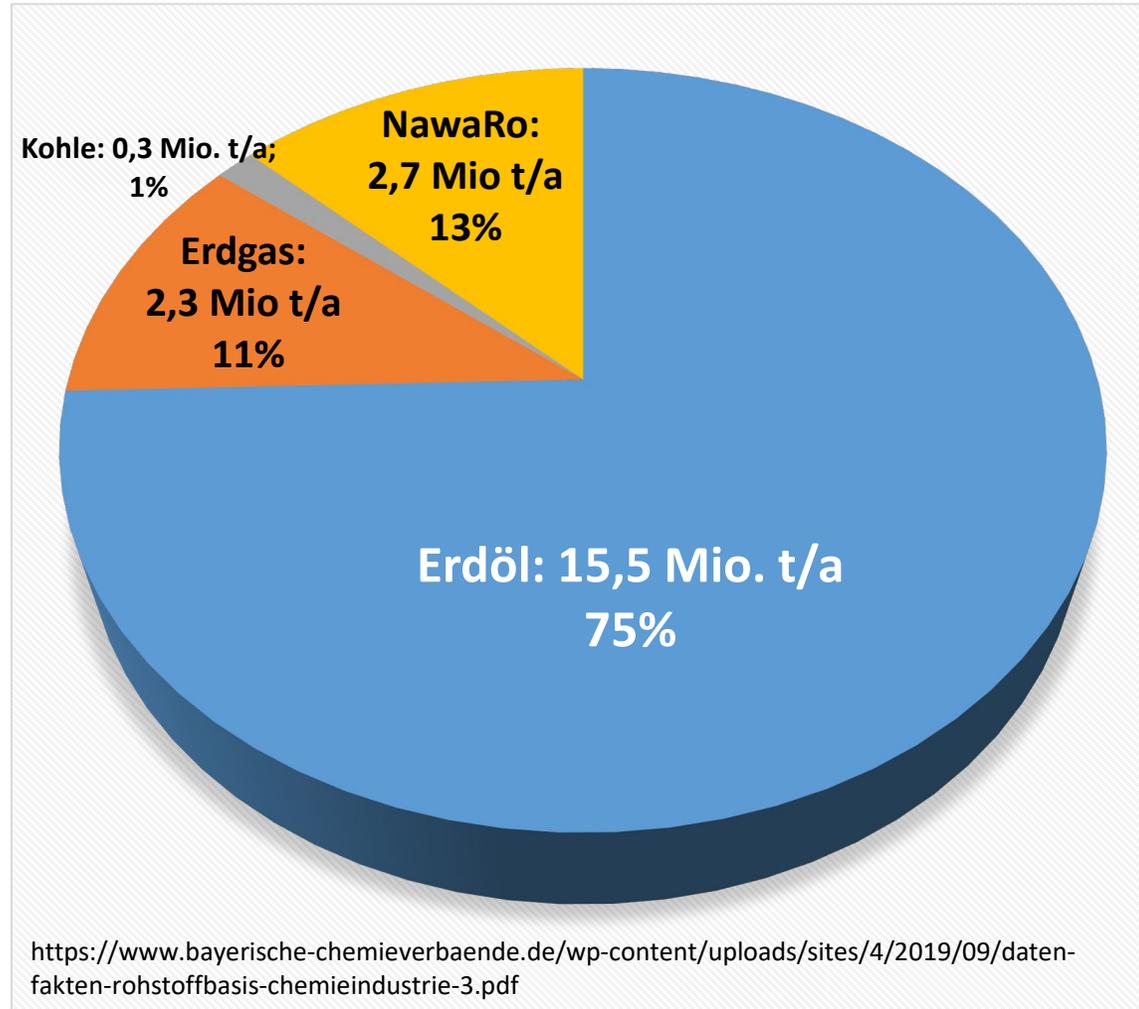
Die Chemische Industrie

Modernes Leben ist ohne chemische Industrie in einer modernen Gesellschaft nicht denkbar.

- **Kunststoffe für Verpackungen, Textilien, Werkstoffe**
(Dämmstoffe, Rohre, Farben/Lacke, Kabelisolierungen, Windräder, Leichtbau, ...)
- **Düngemittel/Pflanzenschutz**
- **Tenside (Waschmittel)**
- **Medikamente**
- **usw.**

Bedarf an Rohstoffen und Energie (heute)

Rohstoffbedarf



+

Energiebedarf

	450	TWh/a Energie (20% D)
davon	54	TWh/a Strom (9% D)

THG-Emissionen

Scope 1: 32,9 Mio. t/a CO₂-Äquiv.
Scope 2: 23,4 Mio. t/a CO₂-Äquiv. (Energie)
Scope 3: 56,5 Mio. t/a CO₂-Äquiv. (extern)
Summe: 112,8 Mio. t/a CO₂-Äquiv.

Roadmap Chemie 2050 - Auf dem Weg zu einer treibhausgasneutralen chemischen Industrie in Deutschland
Eine Studie von DECHEMA und FutureCamp für den VCI; 2019

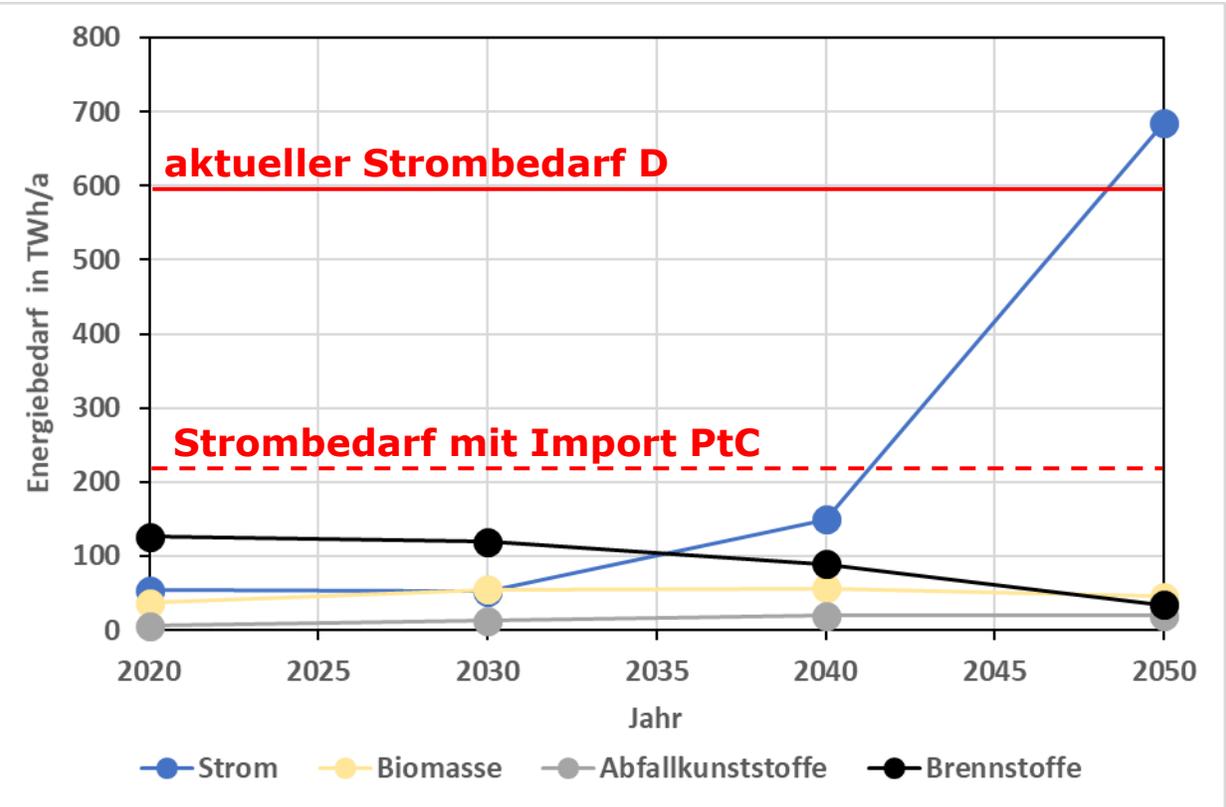
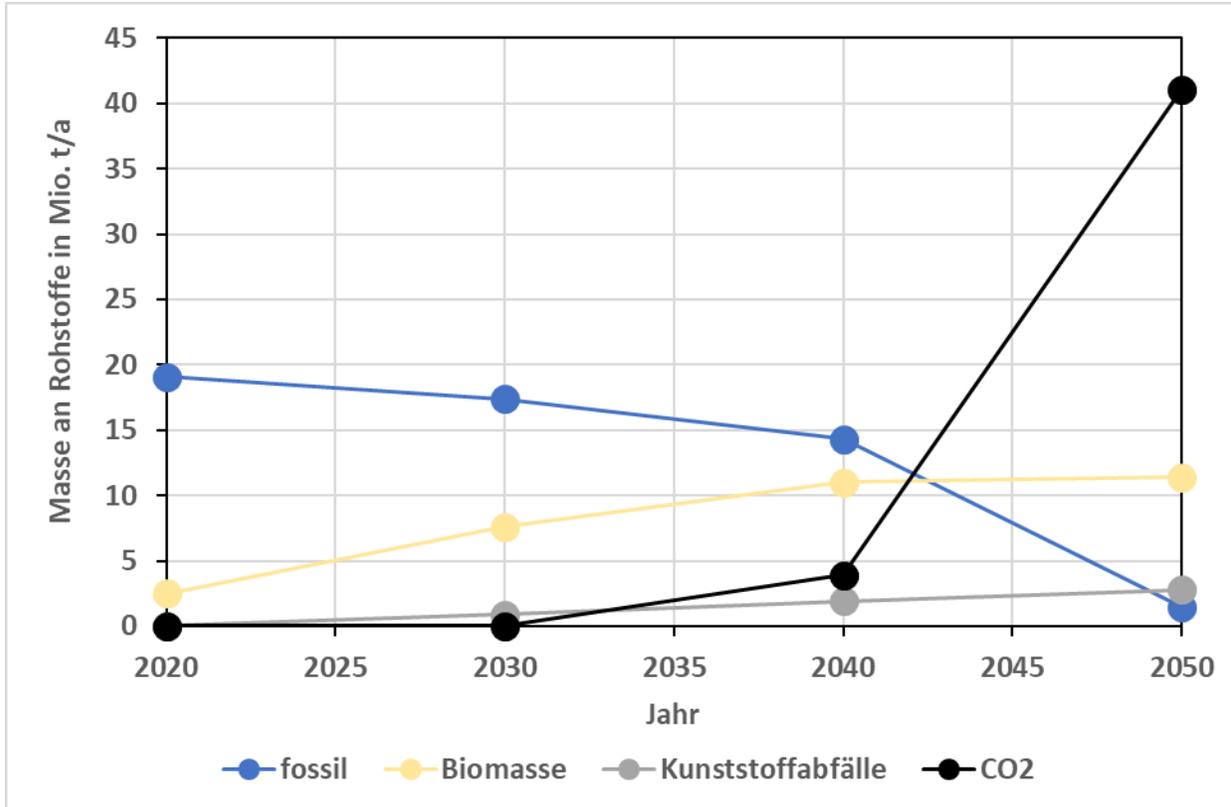
5,2 % der fossilen Rohstoffe bzw. ca. 15% des Erdöls
werden in D stofflich genutzt
Abfälle werden auch thermisch genutzt

Wie soll der Transformationspfad aussehen?

Rohstoffbedarf

+

Energiebedarf

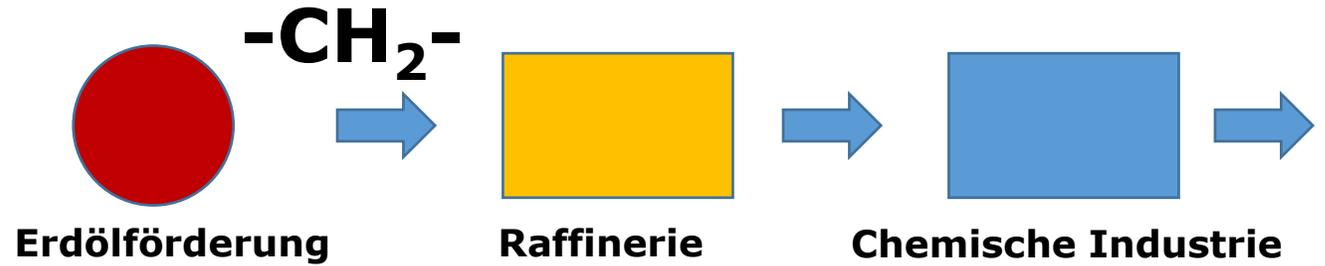


Nach: Roadmap Chemie 2050 - Auf dem Weg zu einer treibhausgasneutralen chemischen Industrie in Deutschland
Eine Studie von DECHEMA und FutureCamp für den VCI; 2019

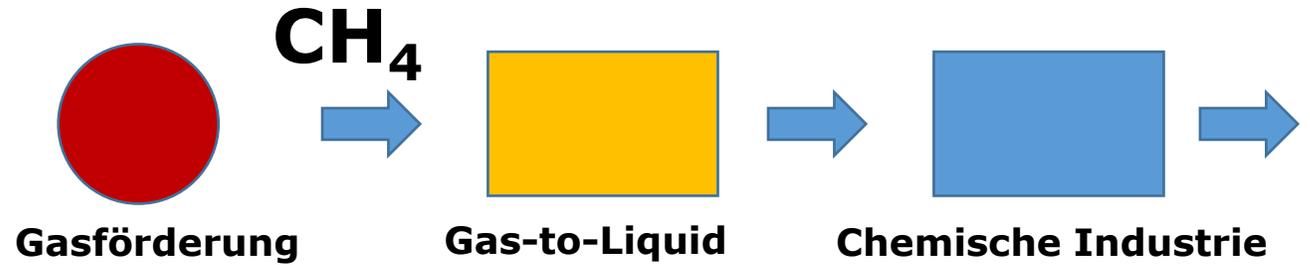
Wasserelektrolyse!
Power-to-Chemicals mit CO₂ und H₂ als Bausteine

Wie soll der Transformationspfad aussehen?

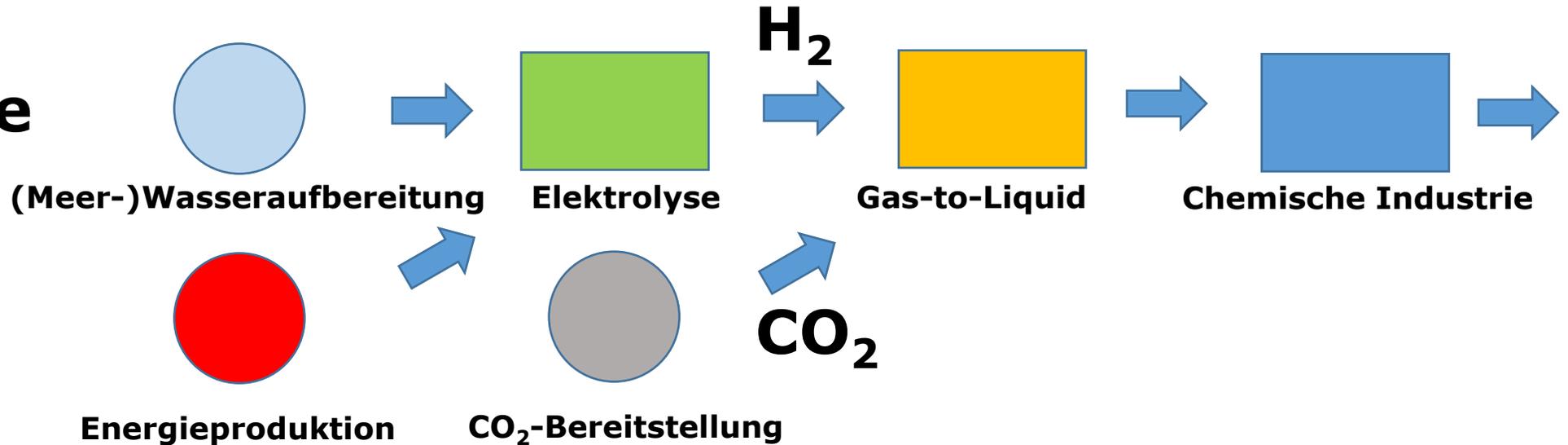
Erdölroute



GtL-Route



PtC-Route



Randbedingungen für die chemische Industrie

Verfügbarkeit

- Rohstoffe/Energie
- Flächen/Infrastruktur
- Fachpersonal

Effizienz

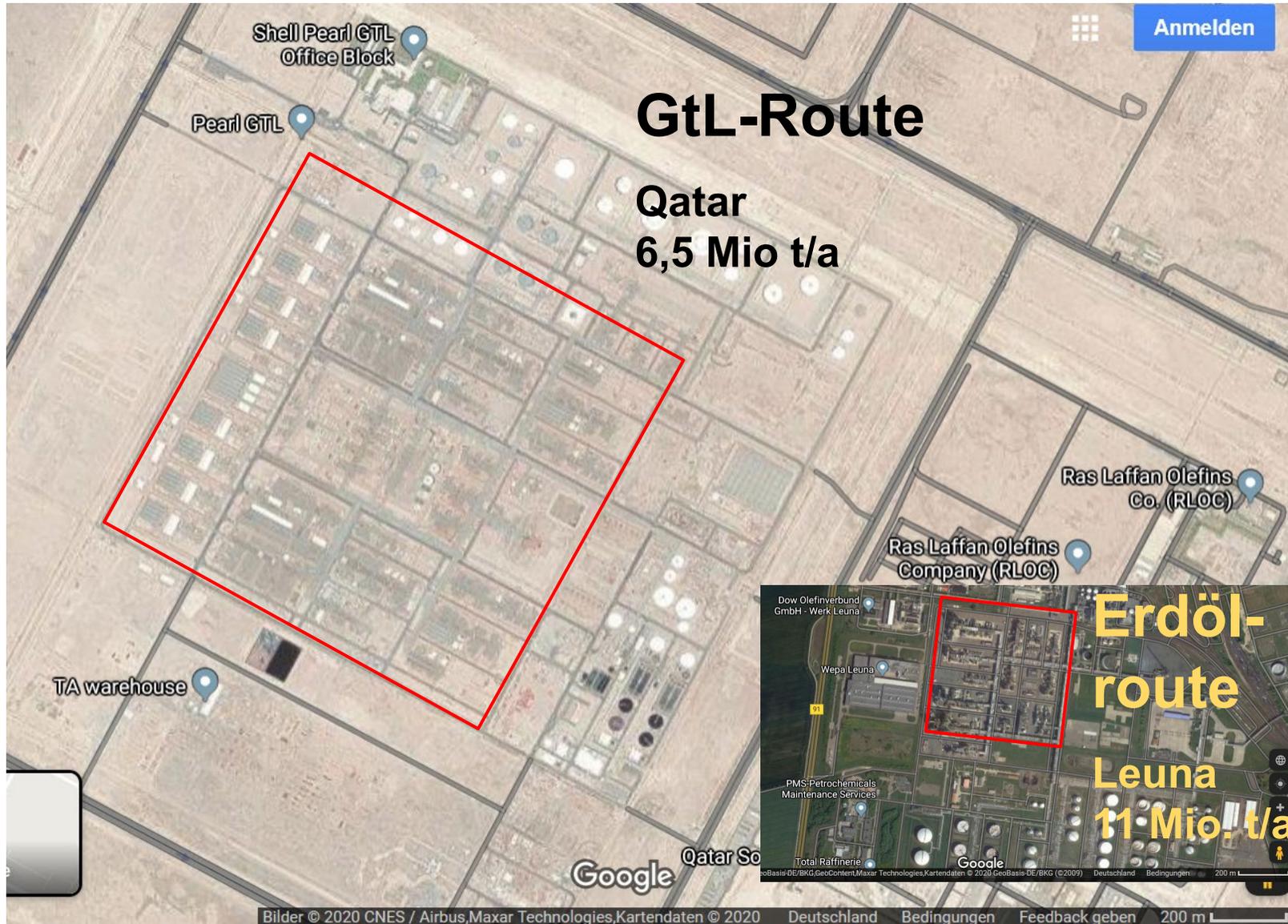
- Chemiepark/Synergien (Energie/Stoffe)
- Anlagennutzung (Auslastung: kontinuierlich, stationärer Betrieb)
- Economy of Scale
- Transportwege

Industrie	Nebenprodukt zu Produkt	Fahrweise
Erdölverarbeitung	ca. 0,1 kg/kg	kontinuierlich
Basischemikalien	1-5 kg/kg	kontinuierlich
Feinchemikalien	5-30 kg/kg	batch/kontinuierlich
Pharmazeutika	50-100 kg/kg	batch



<http://www.ngcb.org/index.asp?sid=62>

Aufwand Power-to-Chemicals (Schätzung)



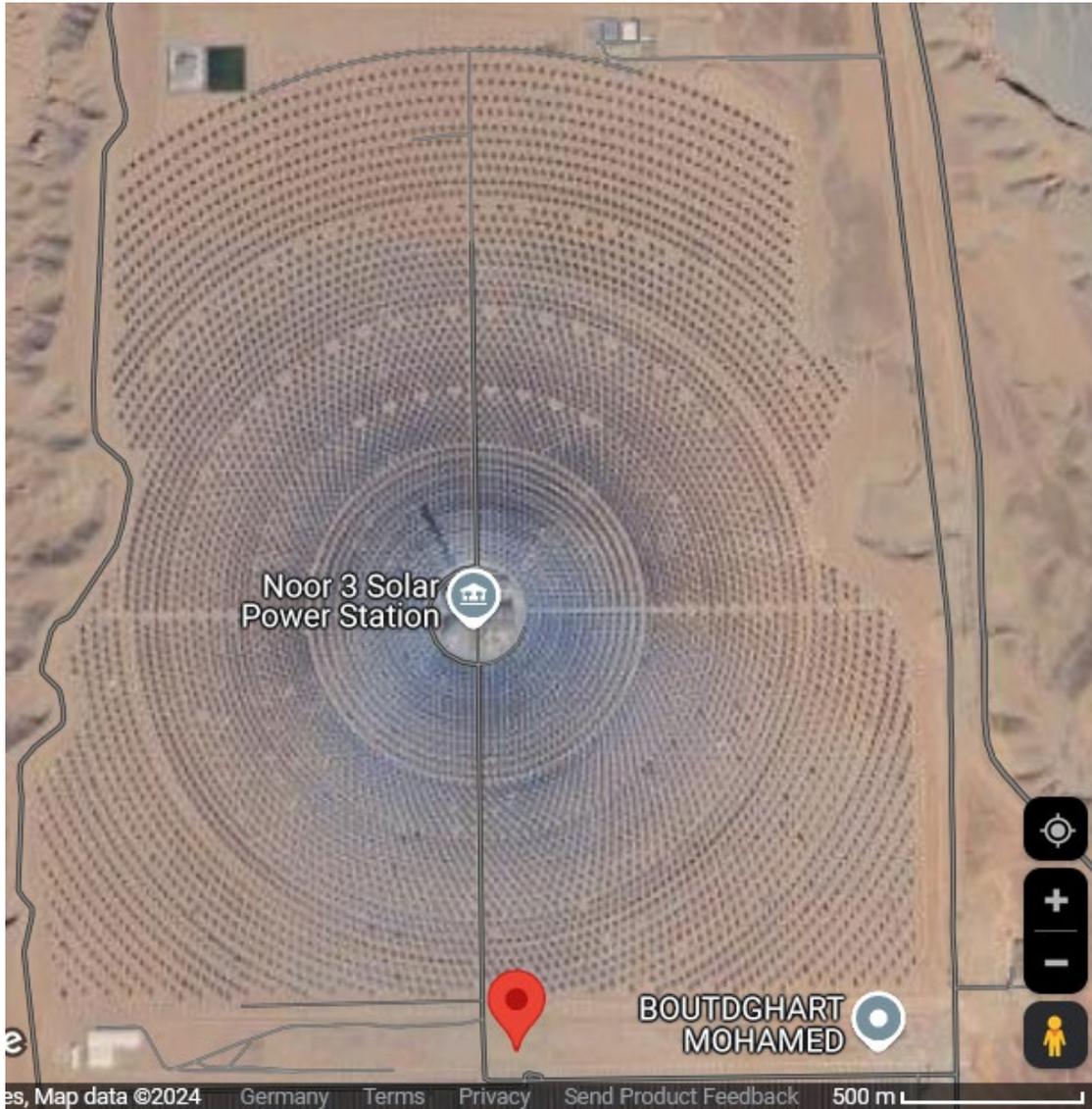
- **Erdölroute**
11 Mio.t/a Produkt auf 0,14 km²
- **GtL-Route (Erdgas zu „Naphtha“)**
6,5 Mio. t/a Produkt auf 1 km²
(ca. 16 x größere Anlage pro t KW als einfache Raffinerie) **2,4 km²**
- **PtC-Route analog GtL-Route** doch
bei PtC muss das Synthesegas erst aus CO₂ und Wasserstoff hergestellt werden. **2 km²**



Dazu braucht man:

- Strom
- Wasser für H₂ und Kühlung
- Elektrolyseure
- CO₂-Quelle

Aufwand Strom für Power-to-Chemicals (Schätzung)



- Flächen-/Materialverbrauch (geschätzt):

3.330 h/a Vollaststunden
57 MW mittl. Leistung
90,9 GWh/(km² a)

Für 630 TWh/a in D
1.260 Anlagen
ca. 7.000 km²

➔ **ca. 7.000 km² Fläche**

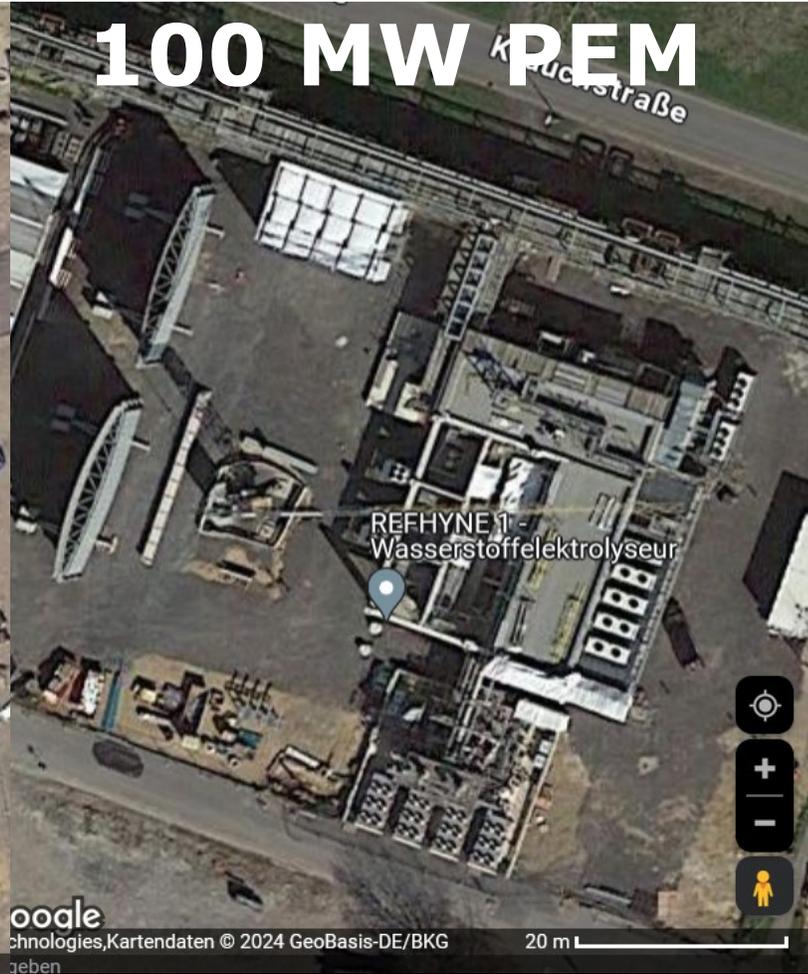
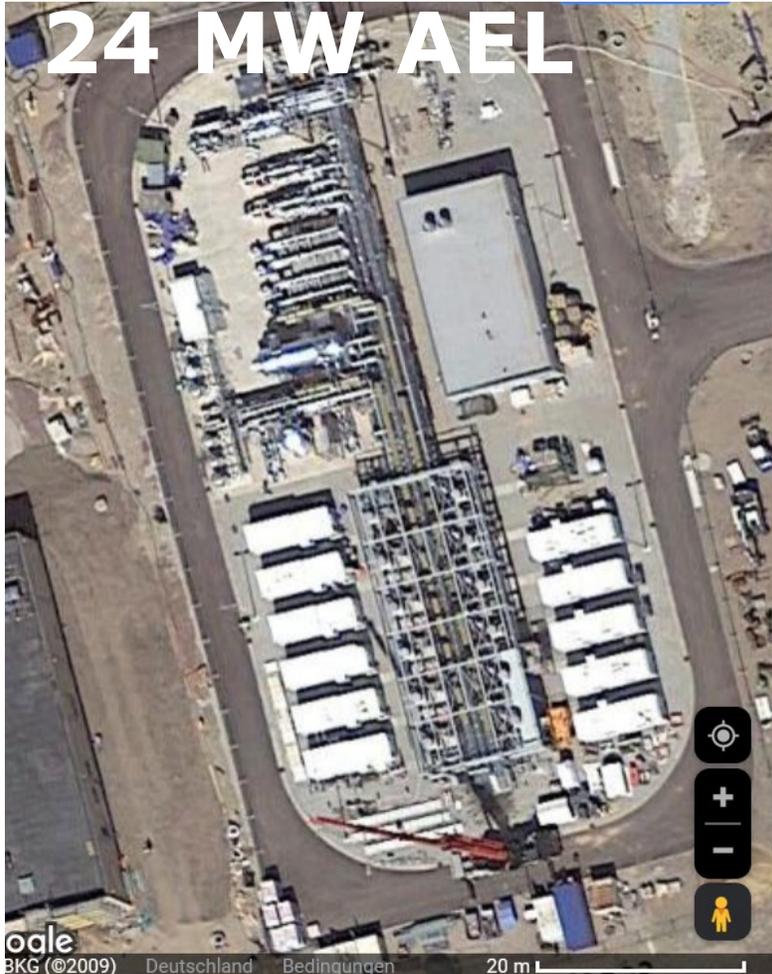
*“NOOR III: It is a 150 MW gross CSP solar project using a solar power tower with 7 hours energy storage.[26] It covers an area of **550 hectares** (1,359 acres) and it is expected to supply **500 GW·h per year.**”*

https://en.wikipedia.org/wiki/Ouarzazate_Solar_Power_Station

Aufwand Elektrolyse für Power-to-Chemicals (Schätzung)

24 MW AEL

100 MW PEM



- **Flächen-/Materialverbrauch (nur Kern geschätzt):**

60 GW Elektrolyseleistung
(dt. Leistung ca. 60 – 80 GW)

→ 2.400 - 600 Anlagen

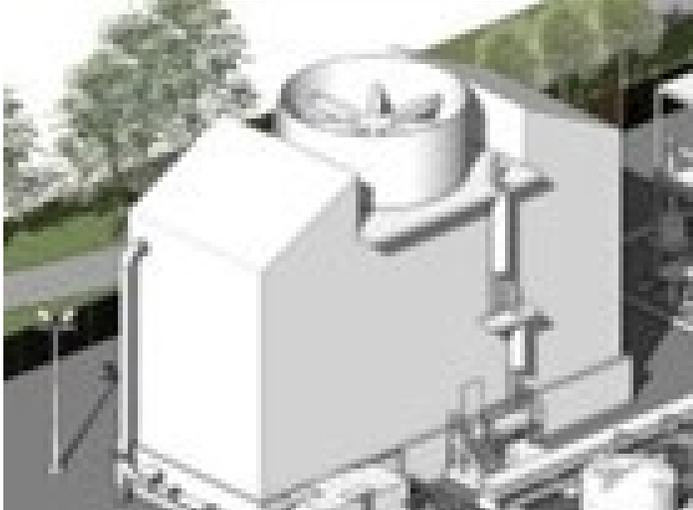
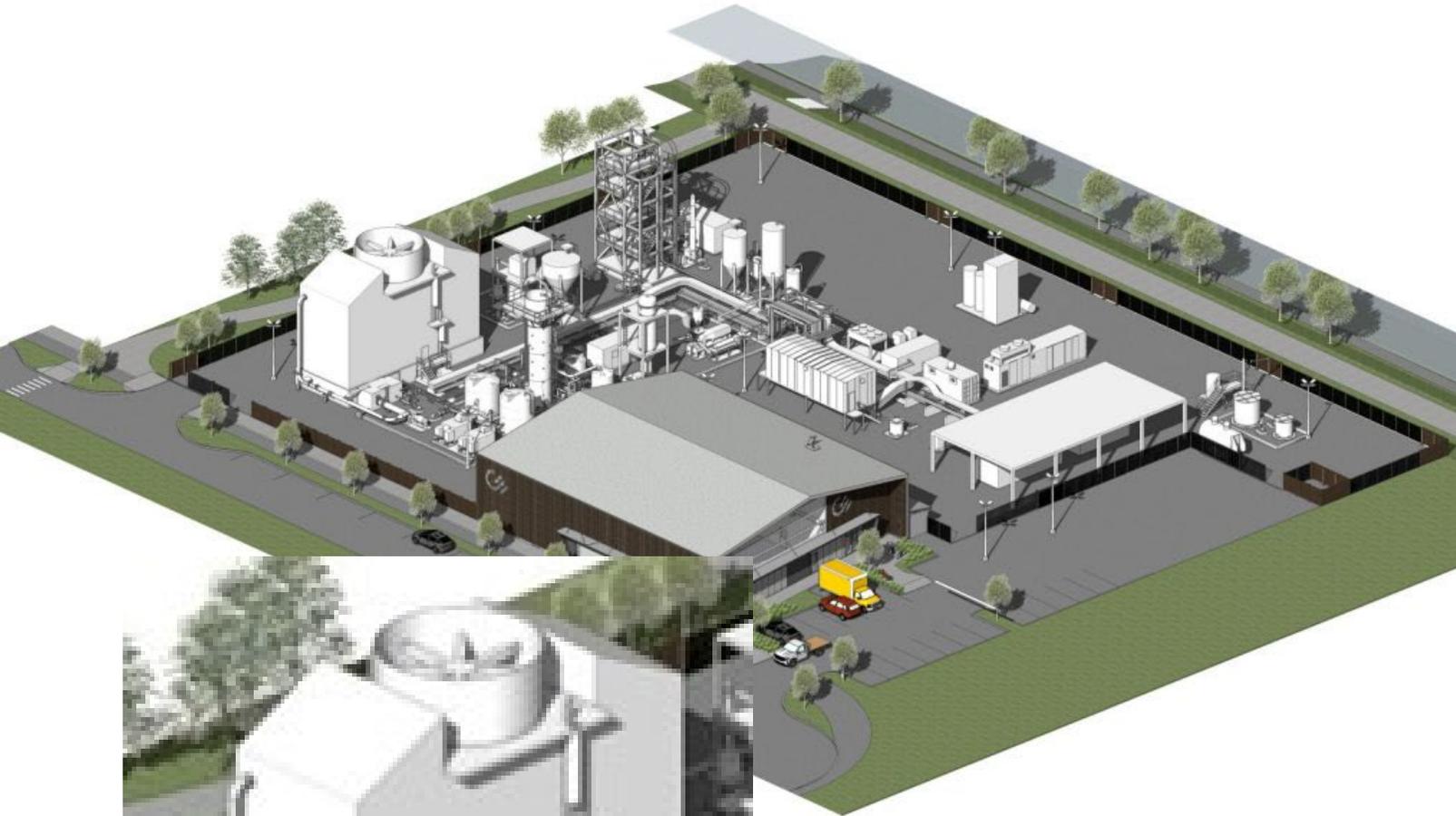
→ 1,5 - 0,5 km² Fläche

- **Wasserverbrauch:**
→ 180 Mio. m³/a
(Kühlung + stoffliche Nutzung)

- **Energieverbrauch:**
in Gesamtenergiebedarf enthalten
(grob 250 TWh/a)

<https://www.internationales-verkehrswesen.de/wesseling-kuenftiger-shell-produktionsort-fuer-synthetisches-kerosin/>

Aufwand CO₂ aus der Luft (Schätzung)



- **Flächen-/Materialverbrauch:**
ca. 1 t CO₂ am Tag
Absorbervolumen geschätzt:
5 m x 15 m x 8 m = 600 m³
Fläche: 75 m²

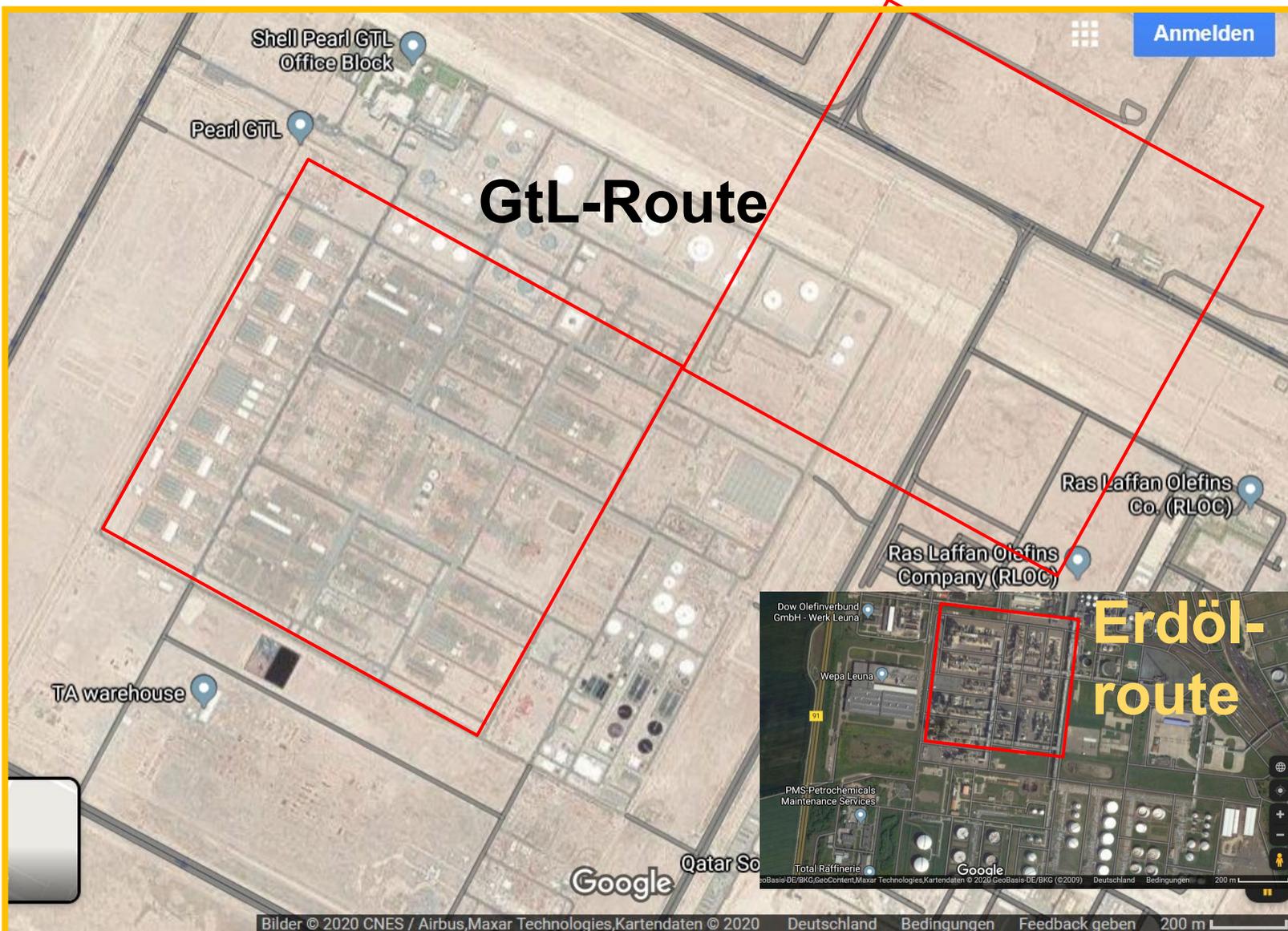
➔ 4,9 t/(m² a)
➔ 112.000 Absorber
➔ 8 km² Fläche
- **Energieverbrauch:**
1,97 MWh/t CO₂

➔ 80 TWh/a

Wuppertaler Institut für Klima, Energie gGmbH
Institut für ZukunftsEnergie- und Stoffstromsysteme gGmbH
Technologiebericht/Verfahren der CO₂-Abtrennung ...
29.03.2018

<https://www.bctechnology.com/news/2020/6/15/Squamish-based-CleanTech-Company-Carbon-Engineering-Breaks-Ground-at-new-Direct-Air-Capture-Innovation-Centre.cfm>

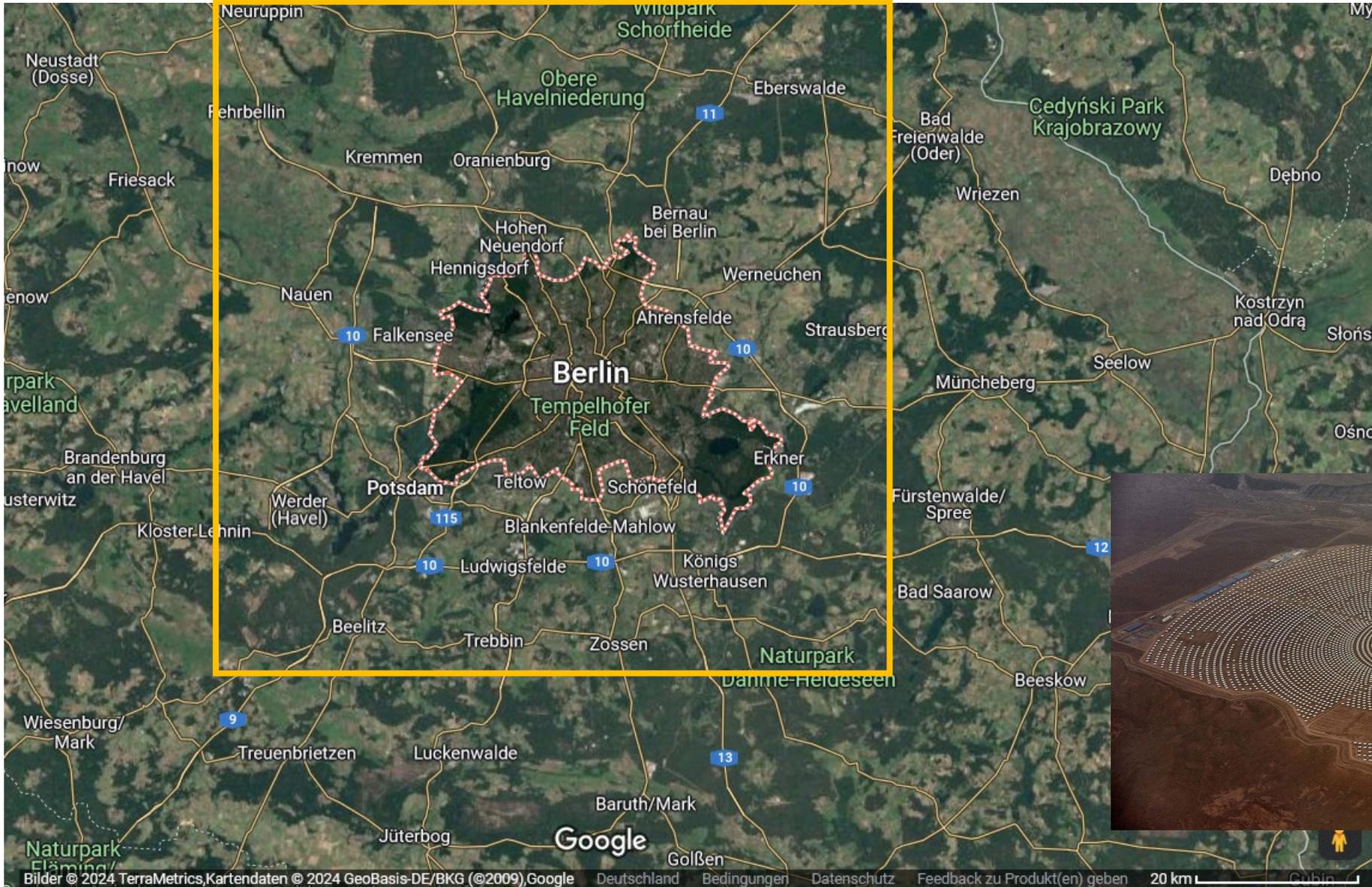
Aufwand Power-to-Chemicals (Schätzung)



- **Erdölroute**
0,2 km²
- **GtL-Route (Erdgas zu „Naphtha“)**
6,5 Mio. t/a Produkt auf 1,2 km²
(ca. 16 x größere Anlage pro t KW
als einfache Raffinerie) **2,4 km²**
- **PtC-Route analog GtL-Route** doch
bei PtC muss das Synthesegas
erst aus CO₂ und Wasserstoff
hergestellt werden. **11,7 km²**

PtC-Route

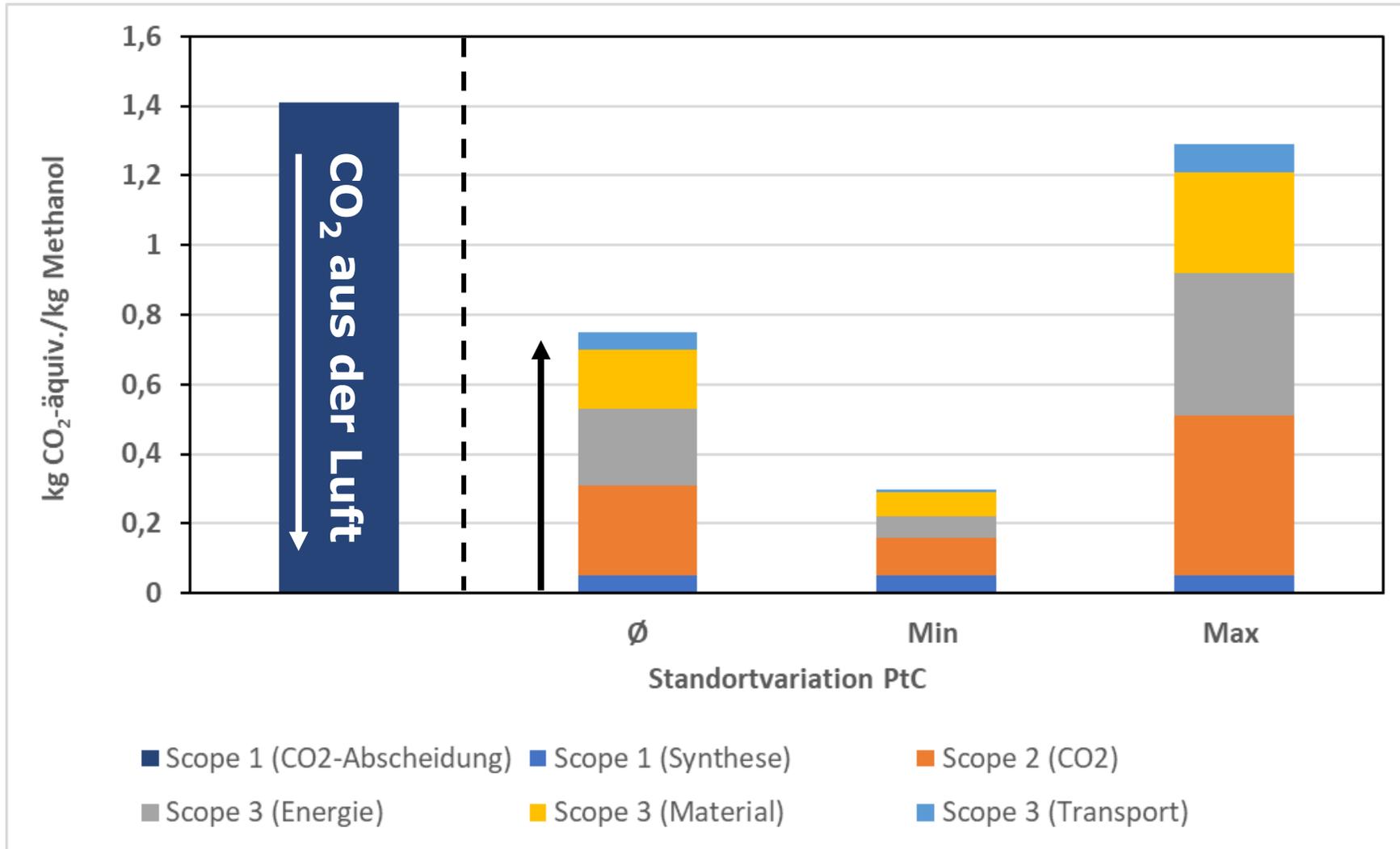
Aufwand Power-to-Chemicals (Schätzung)



ca. 7.000 km² Fläche
CSP-Fläche

<https://www.dw.com/de/gr%C3%BCner-wasserstoff-dringend-gesucht/a-51124354>

Aufwand Power-to-Chemicals (nach Standort)



CO₂-Abtrennung (36 %)
 Energie (27 %)
 Material (23 %) sind die wichtigsten Faktoren

- ➔ Punkt-CO₂-Quelle
- ➔ Wasserverfügbarkeit
- ➔ Transportwege

D ist günstiger Standort

(allerdings ohne Lastflexibilität, Pipeline, H₂-Speicherung und ohne H₂ als indirektes Treibhausgas*)

*GWP: 1,9 - 16
 Stand des Wissens in Bezug auf diffuse Wasserstoffemissionen und ihre Treibhauswirkung; UBA; 30. November 2022

Daten: Simon Kaiser; CO₂ as Carbon Source – System analysis of the usage potential of CO₂ in the German chemical and polymer industries and the competitiveness of the production of CO₂-based base chemicals and polymer products in Germany: 2022

Zusammenfassung (Schätzung)

Für chemische Industrie werden benötigt:

- 11,4 Mio. t/a Biomasse (+ 8,9 Mio. t/a)
- 2,8 Mio. t/a Kunststoffabfälle
- 630 TWh/a Strom (+ 576 TWh/a) möglichst mit konstanter Last (Rückverstromung? ⚡)
- 180 Mio. m³/a Wasser
- 2,5 – 11,5 km² (+7.000 km² CSP) Fläche (zusätzlich)

- Massiver Aufbau von neuen Kapazitäten mit hohem Stahl-/Metall-/Betonaufwand
- Besonderer Bedarf an Metallen (z.B. PEM 40 t Iridium bei 9 t/a Weltförderung, Platin, Kupfer, ... , Bergbau + Raffinerien)
- Technologien sind mit Scope 3 Emissionen bis 2050 nicht klimaneutral* (Klimaneutraler Beton, Stahl, Metalle, Treibstoffe, ... dazu nötig)

Sinnvoller Umbau unter Nutzung bestehender Anlagen zwingend nötig!

* Auch Biomasse: DUH/ifeu; Ökologische Auswirkungen von Agrokraftstoffen 2024 (Primärenergieeinsatz: 0,402 – 1,168 MJ/MJ Agrokraftstoff ohne Scope 3)

Ein möglicher Weg

- Für den Umbau der chemischen Industrie sind enorme Anstrengungen nötig.
- Die Verfügbarkeit von Metallen, Beton, Arbeitskräften ist limitiert.
- Viele Technologien stecken noch in den Kinderschuhen.
- Beton und Stahl sind die größten Emittenten an CO₂.
- Neben der Chemieprodukten sind eine Verkehrswende (11 Mio. t/a Kerosin, Schiffsdiesel), Wärmewende und Energiewende zu schaffen.
- Doch wofür brauchen wir all die Produkte wirklich?
- Viele dieser Produkte sind zu kurzlebig, overengineered, nicht wiederverwend-/recyclbar und unterstützen eine Wegwerfkultur (Verpackung, Kleidung, Geräte, Mobilität, ...).
- Vieles ließe sich mit einer Reduktion der Sekundärfunktionen oder der Minderung von Obsoleszenz sparen.
- Qualität statt Masse, Verkaufszahlen und kurzlebigen Konsum.
- Können wir mit weniger auch zufriedener leben?

Ein möglicher Weg

James Gustave Speth, der Chefberater der Nationalen Umweltkommission unter den US-Präsidenten Jimmy Carter und Bill Clinton, merkt an:

„Früher dachte ich, dass die größten Umweltprobleme der Verlust der Arten, der Kollaps der Ökosysteme und der Klimawandel wären. Ich dachte, 30 Jahre gute Wissenschaft könnten diese Probleme angehen. Ich habe mich geirrt. Die größten Umweltprobleme sind Egoismus, Gier und Gleichgültigkeit und um mit ihnen fertig zu werden, brauchen wir einen kulturellen und spirituellen Wandel. Und wir Wissenschaftler wissen nicht, wie man das macht.“

BBC Radio 4, Shared Planet: Religion and Nature, 1 October 2013.

Biblich bedeutet *akatharsia* (Unreinheit) im moralischen Sinn: lüsternes, luxuriöses und verschwenderisches Leben, was als Zielverfehlung für unser Leben angesehen wird (1. Thess. 4,7). Stattdessen sollten wir einen sinnerfüllten Lebensstil in guten Beziehungen (Liebe) leben.

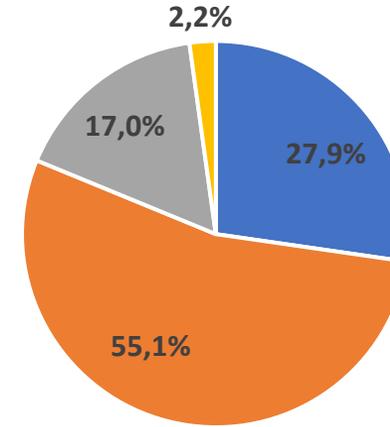
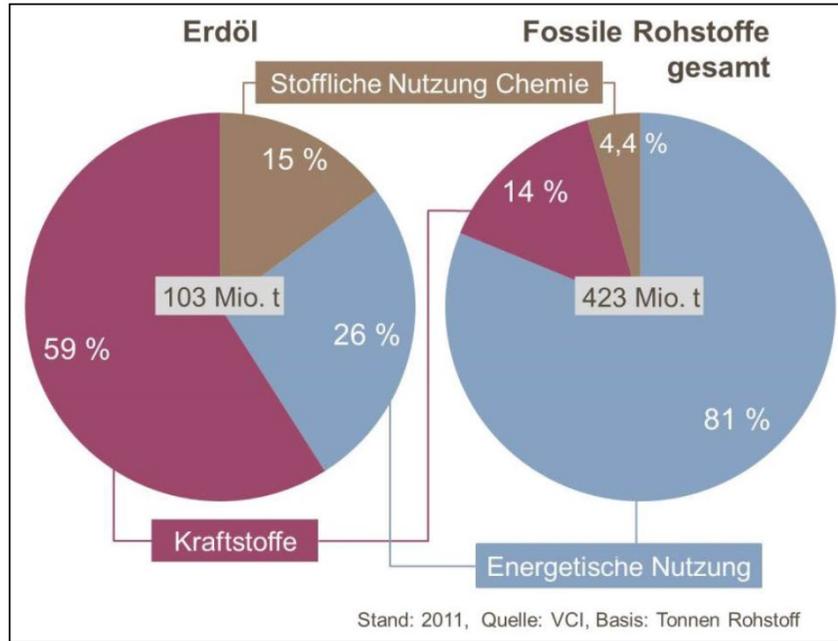
Sollten wir uns deshalb gesellschaftlich und persönlich die Frage nach dem WOZU stellen?

**DANKE FÜR IHRE
AUFMERKSAMKEIT!**

**DANKE FÜR IHRE
AUFMERKSAMKEIT!**

Zusatzfolie

Anteil der Chemie am Rohstoffverbrauch (Deutschland, 2011)



Verkehr in Zahlen
2021/2022

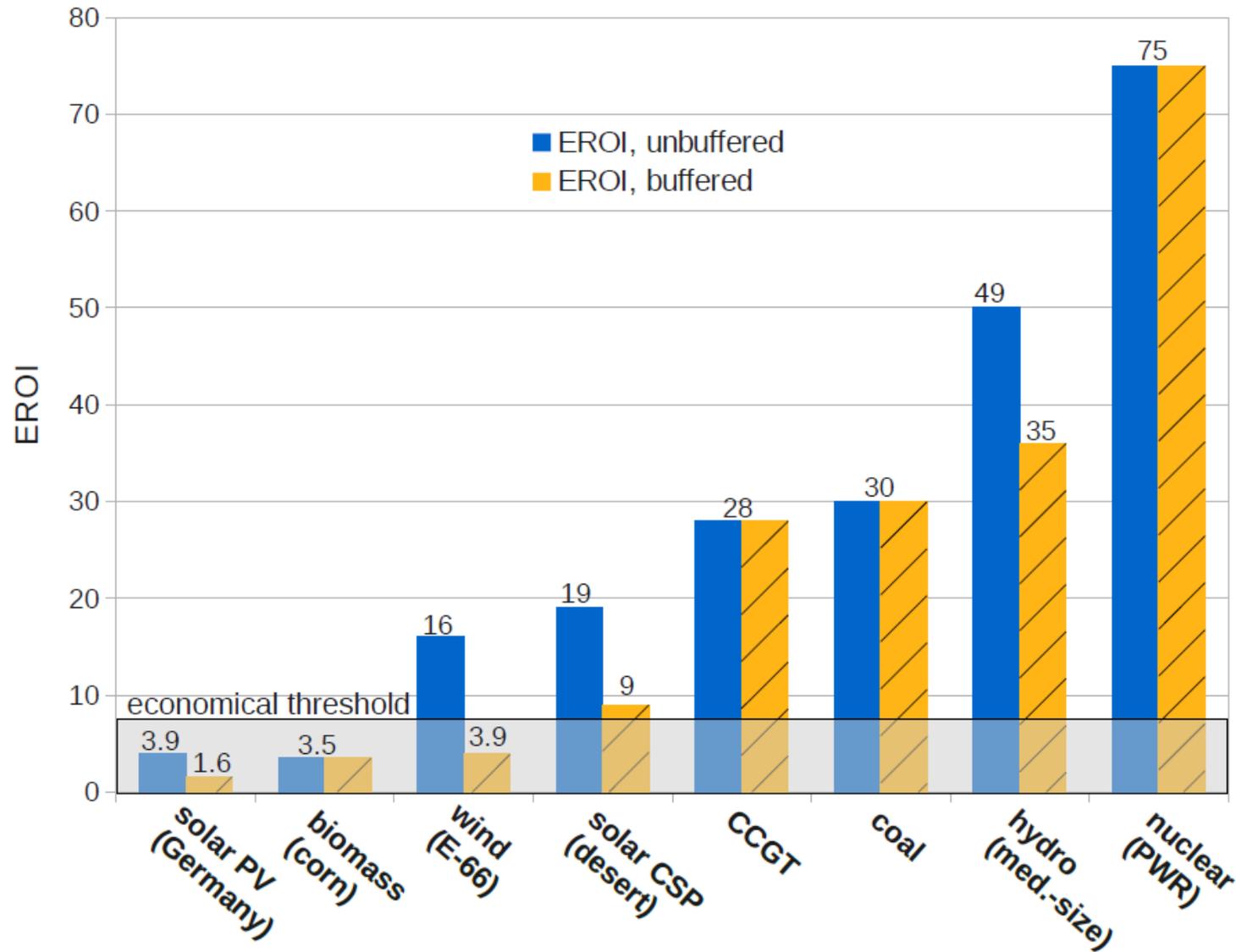
50. Jahrgang

- Vergaserkraftstoff
- Dieselmotor
- Flugkraftstoffe
- Schi

Produktion: Kraftfahrt-Bundesamt
Umschlagentwurf: Walter Niemann
Druck: Druckereiverbund BMVI

in Deutschland
ca. 10 Mio. t/a Kerosin

Zusatzfolie



Energy intensities, EROIs, and energy payback times of electricity generating power plants

D. Weißbach^{a,b}, G. Ruprecht^a, A. Huke^{a,c}, K. Czerni^{a,b}, S. Gottlieb^a, A. Hussein^{a,d}

Zusatzfolie

- *Ist es nicht viel besser unsere heimischen Quellen zu nutzen anstatt die Wüste voll zu pflastern?*

Pro Quadratkilometer Landfläche lässt sich pro Jahr die folgende Strommenge produzieren:

Biomassekraftwerk	1-2	GWh/km ² /a	(Mitteleuropa)
Geothermiekraftwerk	1-2	GWh/km ² /a	(Türkei, Italien, Elsas)
Windpark	5-50	GWh/km ² /a	(Küste und Offshore)
Wasserkraftwerk	5-50	GWh/km ² /a	(Norwegen, Alpen)
Photovoltaik	10-100	GWh/km ² /a	(Südeuropa)
Solarthermisches Kraftwerk	100-250	GWh/km ² /a	(Nordafrika)

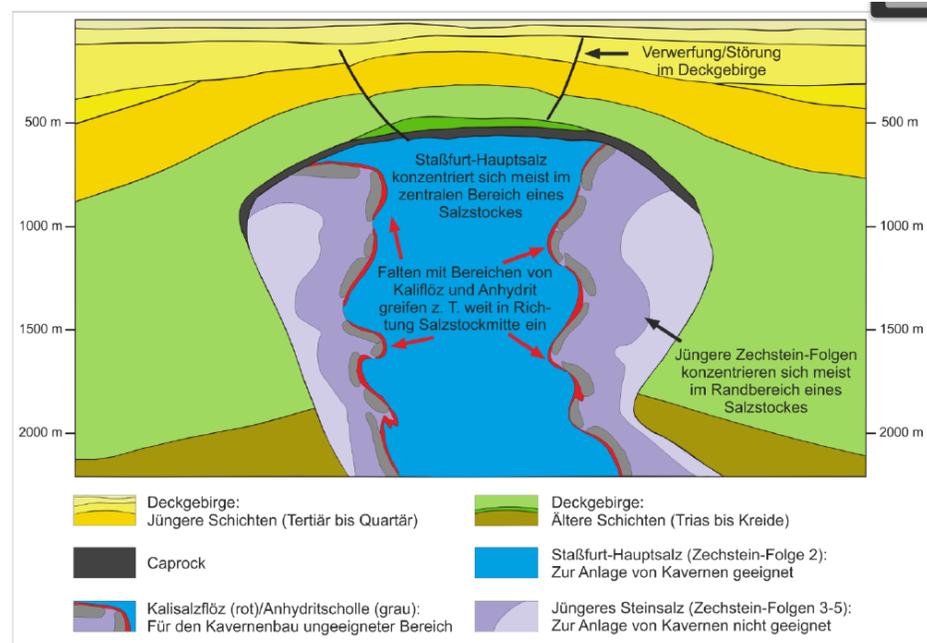
https://www.dlr.de/dlr/Portaldata/1/Resources/documents/Fragen_zum_Solarstromimport.pdf

Region Mitteldeutschland hat:

- Viel regenerative Energie (Wind & Biomasse)
- Chemische Industrie (H_2 -Bedarf, Speichermöglichkeit, ...)
- H_2 -Speicher (Salzstöcke)
- H_2 -Pipelinennetz

und braucht:

- Demoanlagen zur Machbarkeit
- Bündelung der Wissensträger (inkl. Industrie)
- Änderung der Gesetzeslage (z.B. Erweiterung der Stromnetzentgeltverordnung §19/2 auf lastflexible Betriebe)
- Chemie als Energiedienstleister (Entgelt)



Kontakt

→ **Prof. Dr. Mathias Seitz**

**Professur für Verfahrenstechnik/Technische Reaktionsführung
Fachbereich Ingenieur- und Naturwissenschaften**

Tel.: +49 3461 46-2104

E-Mail: mathias.seitz@hs-merseburg.de

