



Technische
Hochschule
Wildau [FH]
*Technical University
of Applied Sciences*

Wildauer Wissenschaftswoche 2023 – 12. Energiesymposium
Wildau 03.03.2023

Nutzung von fossilen Energien vs. Regenerative Energiesysteme & Wasserstoff

• Wasserstoff – Energieträger der Zukunft? •

Prof. Dr. rer. nat. Lutz B. Giese

Physikalische Technologien / Energiesysteme

- FG Regenerative Energiesysteme / Energiemanagement -
TH Wildau, FB Ingenieur- und Naturwissenschaften

Themenübersicht

Prolog – Energie vs. Klimawandel & Import

Endenergieverbrauch & Kohlendioxidemission D

Endenergieverbrauch nach Sektoren D 2019 (in PJ)

Fossile Energien – Verwendung in der Industrie

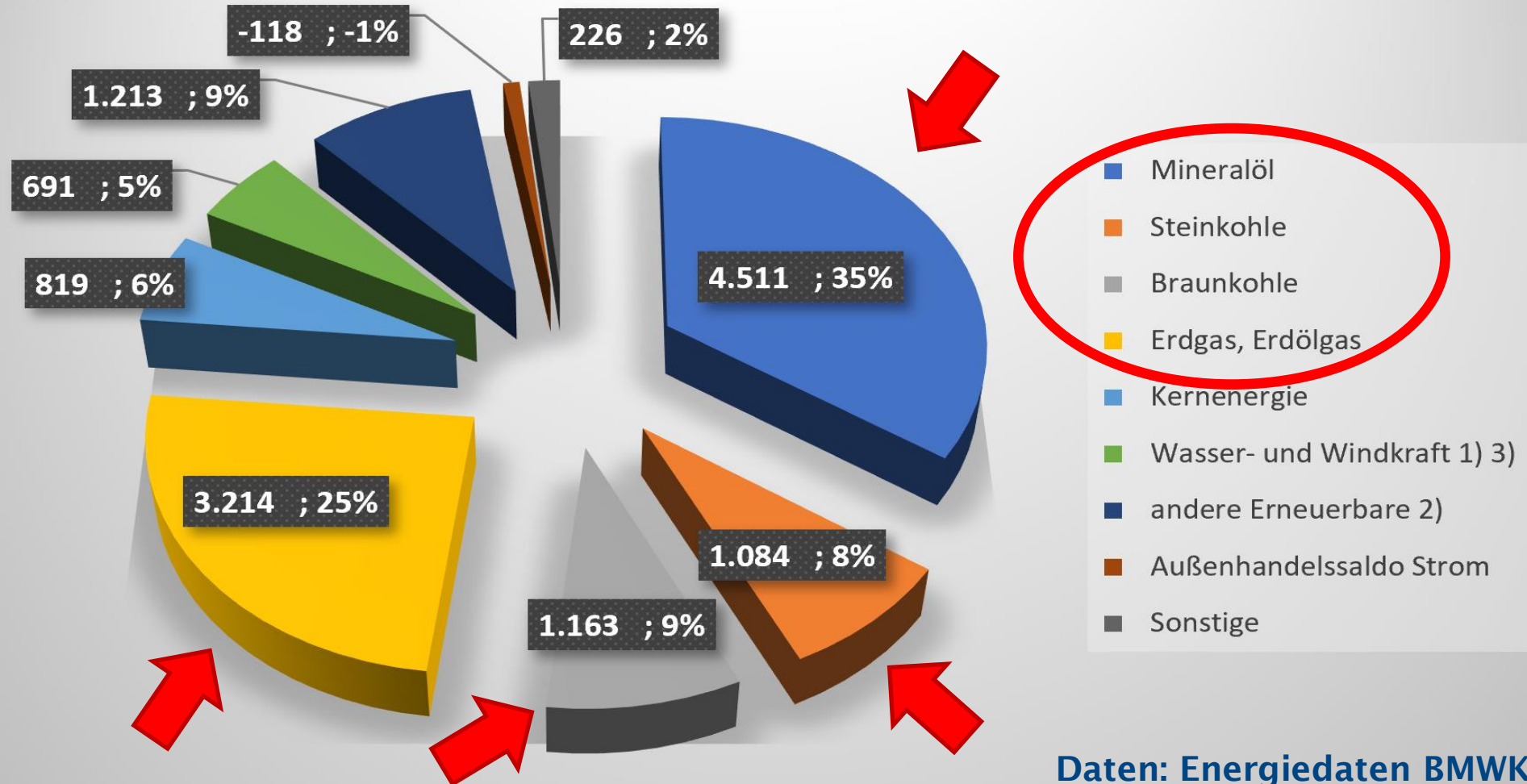
Volatile Regenerative Energien vs. Energiespeicher

Wasserstoff – Eigenschaften & Produktion

Power-to-X (P2X) – Wandlungsmöglichkeiten

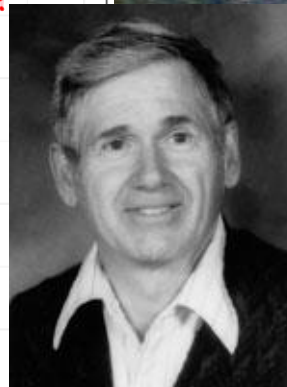
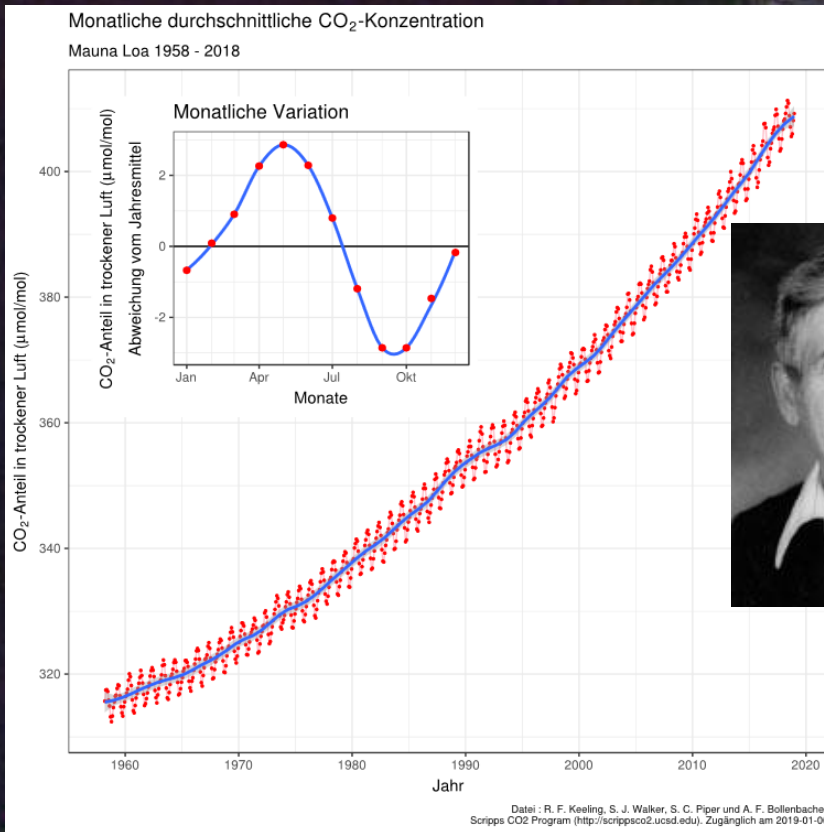
Wasserstoff – Speichertechnologien

Primärenergieaufkommen D 2019 (in PJ)



Daten: Energiedaten BMWK

Prolog – Energiebezug vs. Klimawandel & Import



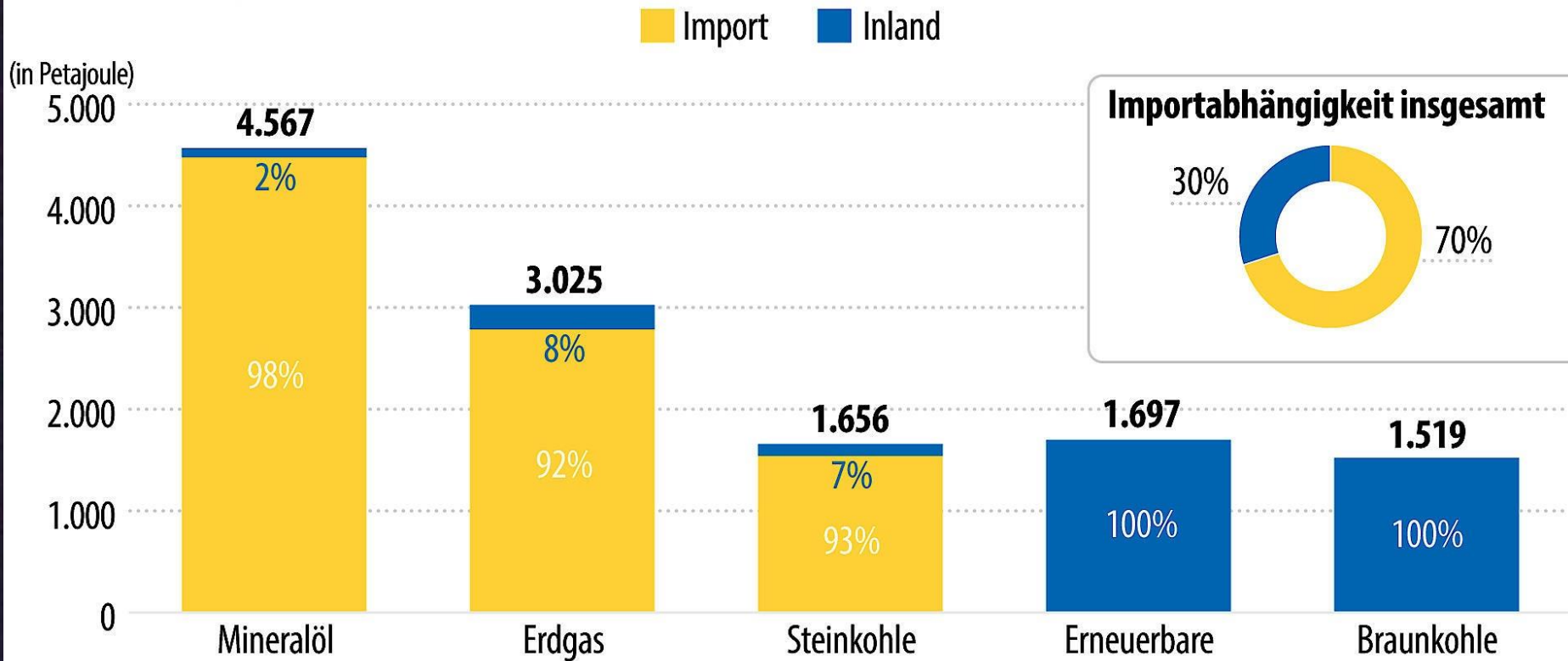
1750: 270-280 ppm CO₂
2021: ca. 415 ppm CO₂

Q: <https://www.noaa.gov>

**Keeling-Kurve (Charles Keeling, 1953 ff.):
Messwerte des Gehalts an Kohlendioxid in der
Atmosphäre, gemessen am Mauna Loa**

Deutschlands Importabhängigkeit im Energiesektor

Importanteil des deutschen Energieverbrauchs nach Energieträgern 2016



Quelle: AGEB

Frankfurter Allgemeine **statista**

Q: <https://www.faz.net>

Energiewende,
Sektoren

Strom

Verkehr*

*o. Strom

2015

NSV: 531 TWh_e / a
CO₂: 330 Mio. t / a

Wärme

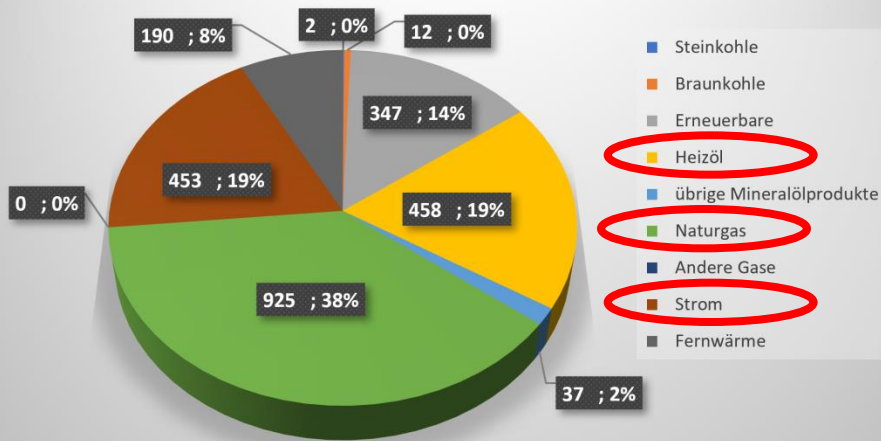
EEV*: 716 TWh_{EE} / a
CO₂*: 159 Mio. t / a

EEV: 1.219 TWh_{EE} / a
CO₂: 253 Mio. t / a

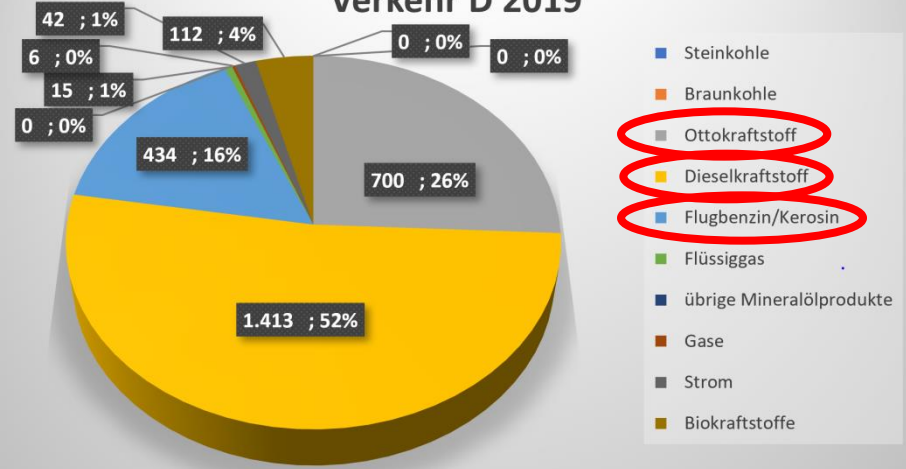
Daten: berechnet nach Energiedaten BMWK

Endenergieverbrauch nach Sektoren D 2019 (in PJ)

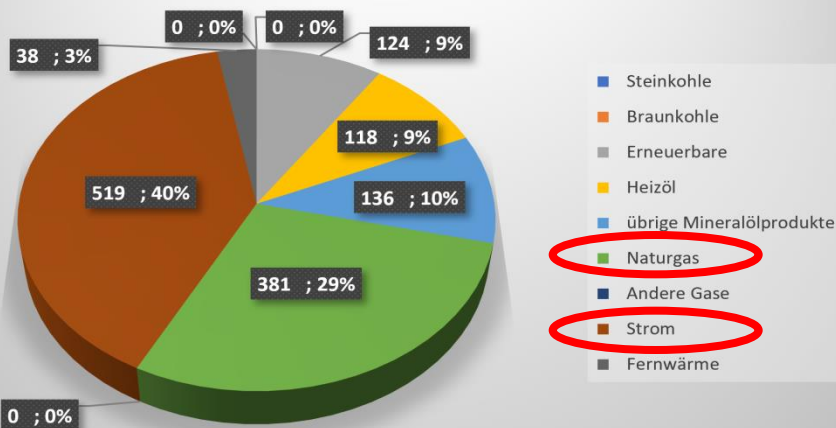
Endenergieverbrauch nach Energieträgern Haushalt D 2019



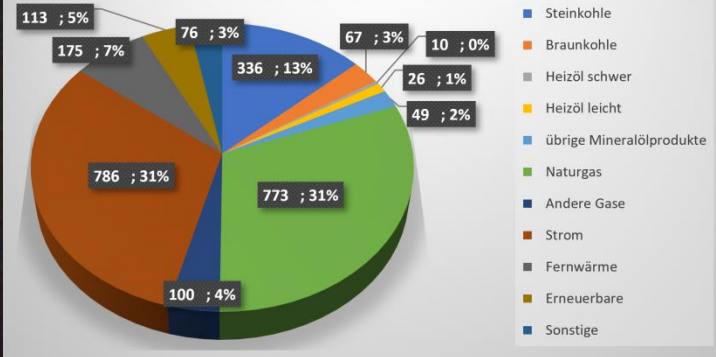
Endenergieverbrauch nach Energieträgern Verkehr D 2019



Endenergieverbrauch nach Energieträgern Gewerbe, Handel, Dienste D 2019

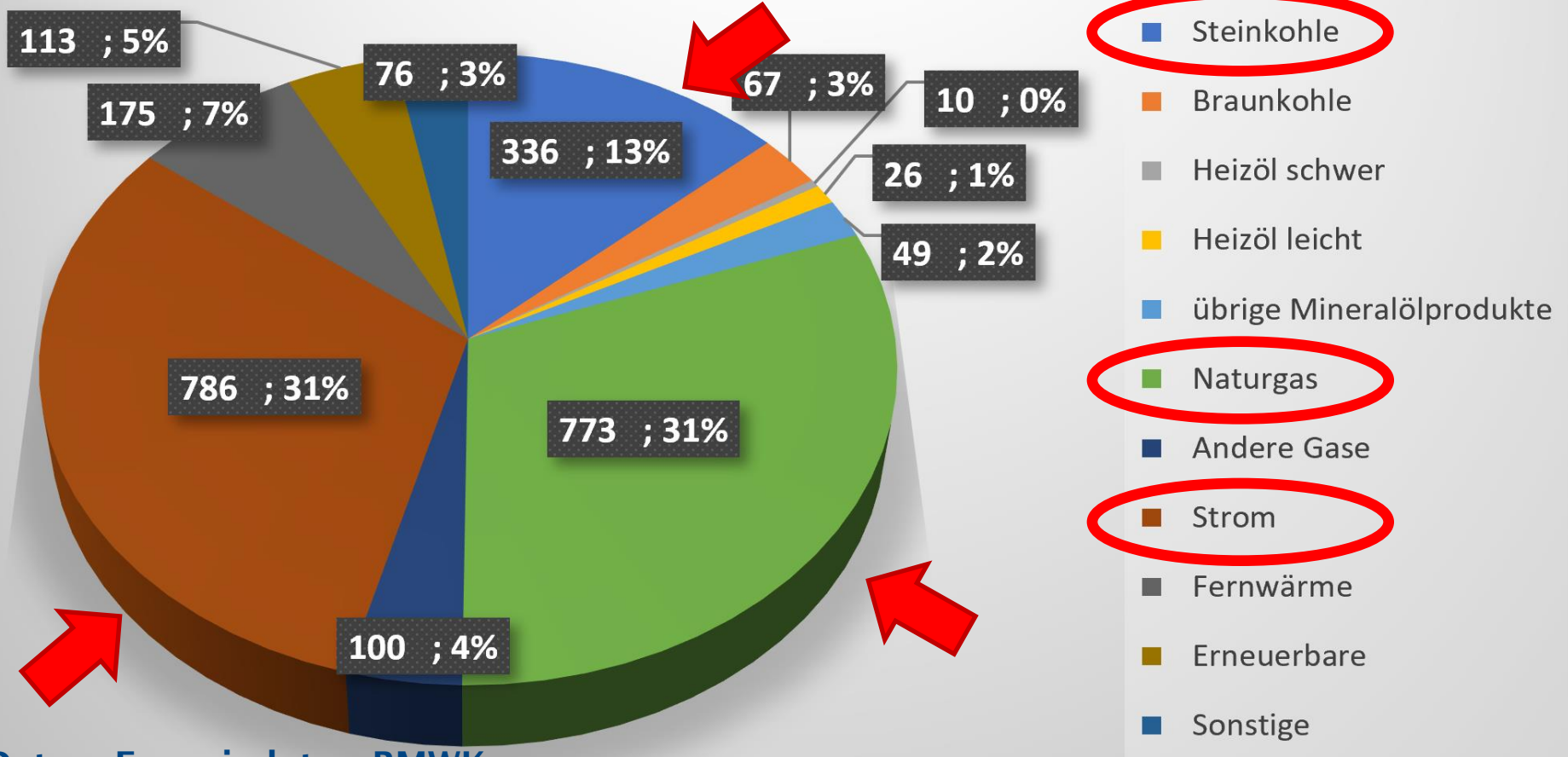


Endenergieverbrauch nach Energieträgern Industrie D 2019



Daten: Energiedaten BMWK

Endenergieverbrauch nach Energieträgern Industrie D 2019



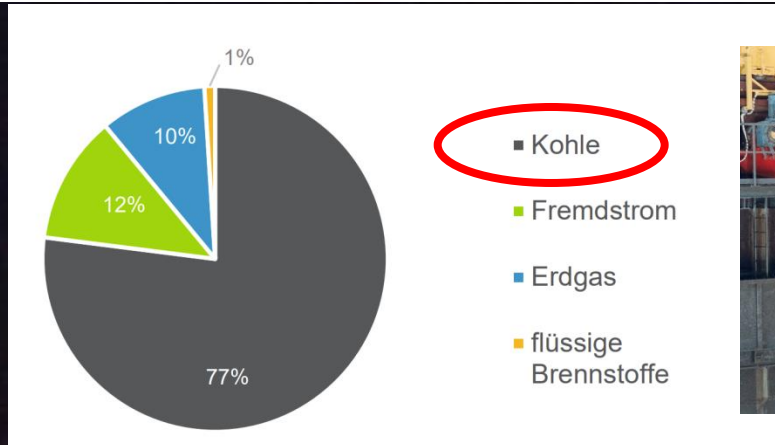
Daten: Energiedaten BMWK

- Deutschland produzierte 2021 etwa **3,2 Mio. t/a Rohstahl**:
 - rund 2,55 Mio. t/a Oxygenstahl
 - rund 0,60 Mio t/a Elektrostahl



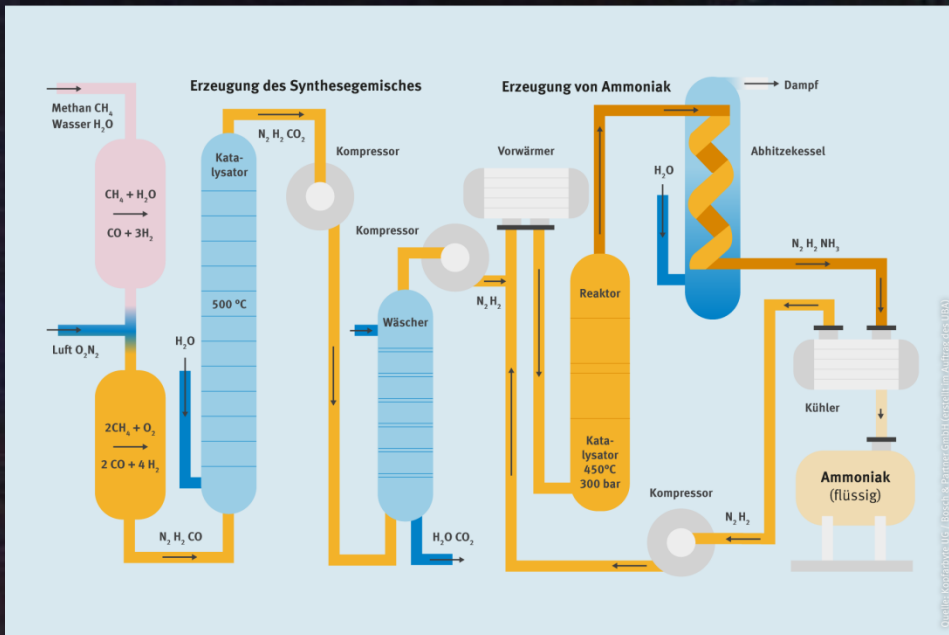
<https://www.stahl-online.de/medieninformationen/rohstahlproduktion-in-deutschland-jahresbilanz-2021/>

Energieverbrauch der Stahlindustrie D 2015 (ca. 170 TWh)



https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/E/energiewende-in-der-industrie-ap2a-branchensteckbrief-stahl.pdf?__blob=publicationFile&v=4

- Deutschland produzierte 2019 etwa 2,5 Mio. t/a Ammoniak als N:
 - rund 2,4 Mio. t/a trocken als N
 - rund 0,1 Mio t/a in wässr. Lösung als N



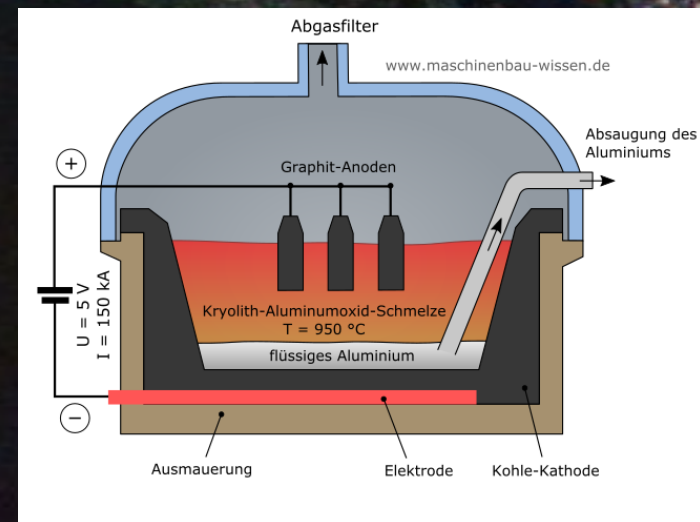
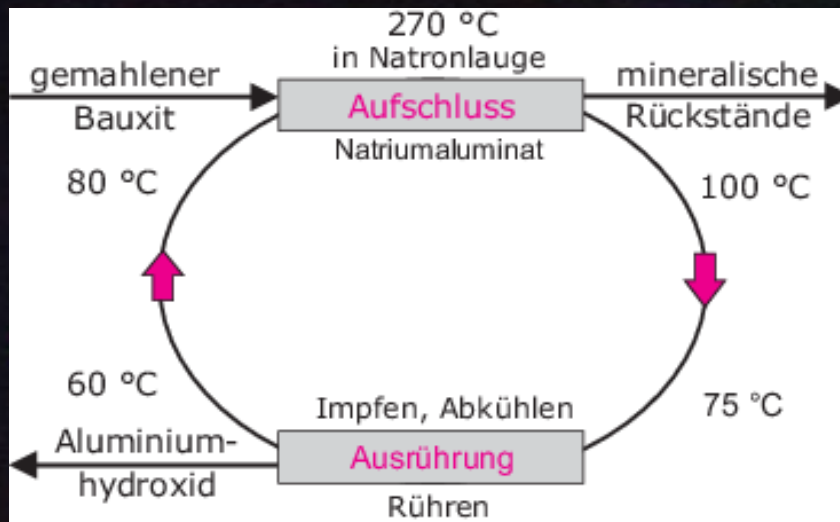
<https://www.umweltbundesamt.de/umweltatlas/reaktiver-stickstoff/verursacher/energiewirtschaft-industrie/welche-rolle-spielt-reaktiver-stickstoff-fuer-die/>

<https://www.umweltbundesamt.de/umweltatlas/reaktiver-stickstoff/verursacher/energiewirtschaft-industrie/was-ist-das-haber-bosch-verfahren>

- Deutschland produzierte 2019 etwa **1,2 Mio. t/a Aluminium**:
 - rund 508.000 t/a Primäraluminium
 - rund 548.400 t/a Sekundäraluminium



<http://www.aluinfo.de/produktion-und-bedarf.html>



https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-662-56027-3_20

<https://www.maschinenbau-wissen.de/skript3/werkstofftechnik/aluminium/77-alu-herstellung>

Regenerative Energie Ressourcen



Fluktuation

Energiespeicher/ Energiemanagement

Kompensation



Q: Hansen, VioNet,
Vattenfal, Peters,
Planet Wissen

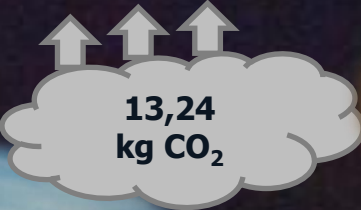
Wasserstoff – Eigenschaften & Produktion

Eigenschaften	Wert	Einheit
Dichte (als Gas)	0,0899	kg/Nm ³ (pro Norm-Kubikmeter)
Dichte (als Flüssigkeit)	70,79	kg/m ³ (pro Kubikmeter Flüssigkeit)
Schmelzpunkt	14,01	K (1,013 bar)
Siedepunkt	21,15	K (1,013 bar)
Kritischer Punkt	33,18	K (13,0 bar)
Heizwert	3,0	kWh/Nm ³ (pro Norm-Kubikmeter)
	33,33	kWh/kg (pro Masse)
Brennwert	3,5	kWh/Nm ³ (pro Norm-Kubikmeter)
	39,41	kWh/kg (pro Masse)

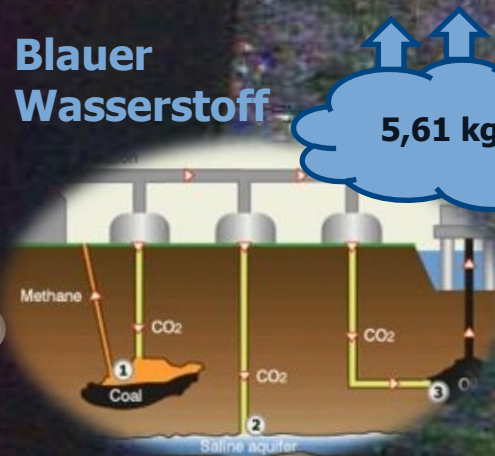
Q: Daten aus <https://www.energie-lexikon.info/wasserstoff.html>

Wasserstoff-Farbenlehre*

Grauer Wasserstoff



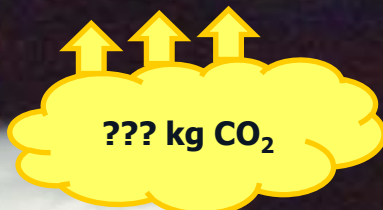
Blauer Wasserstoff



Türkiser Wasserstoff



Gelber Wasserstoff



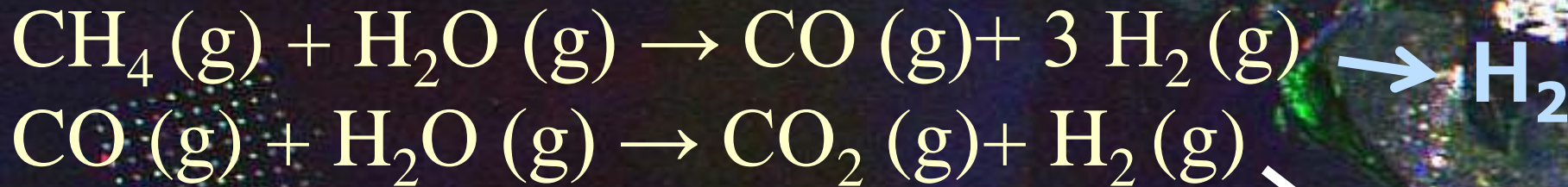
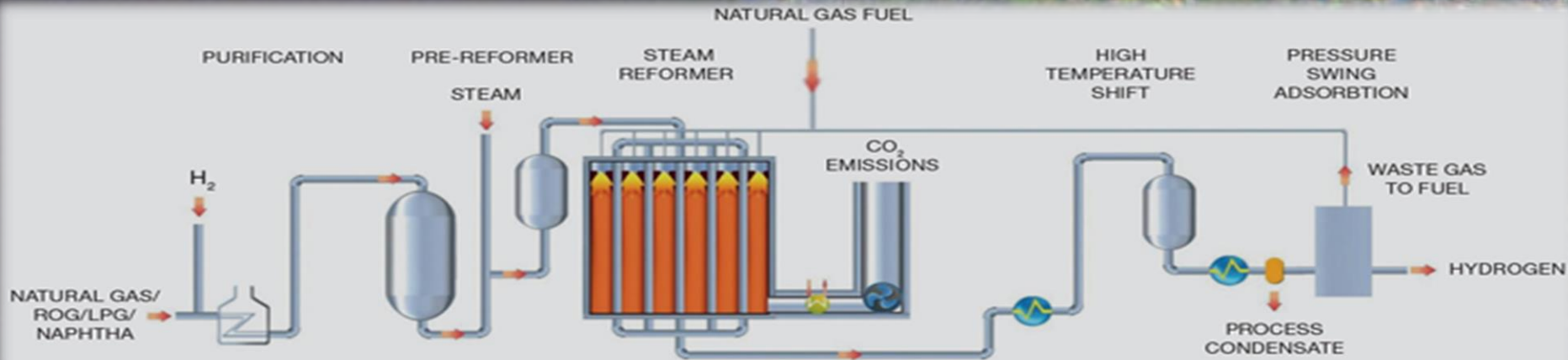
Grüner Wasserstoff



Q: M. Gribova
<https://www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/kurzmeldungen/de/wissenswertes-zu-gruenem-wasserstoff.html>

*: Spezif. Emission in kg CO₂ / kg H₂

Steam Reforming

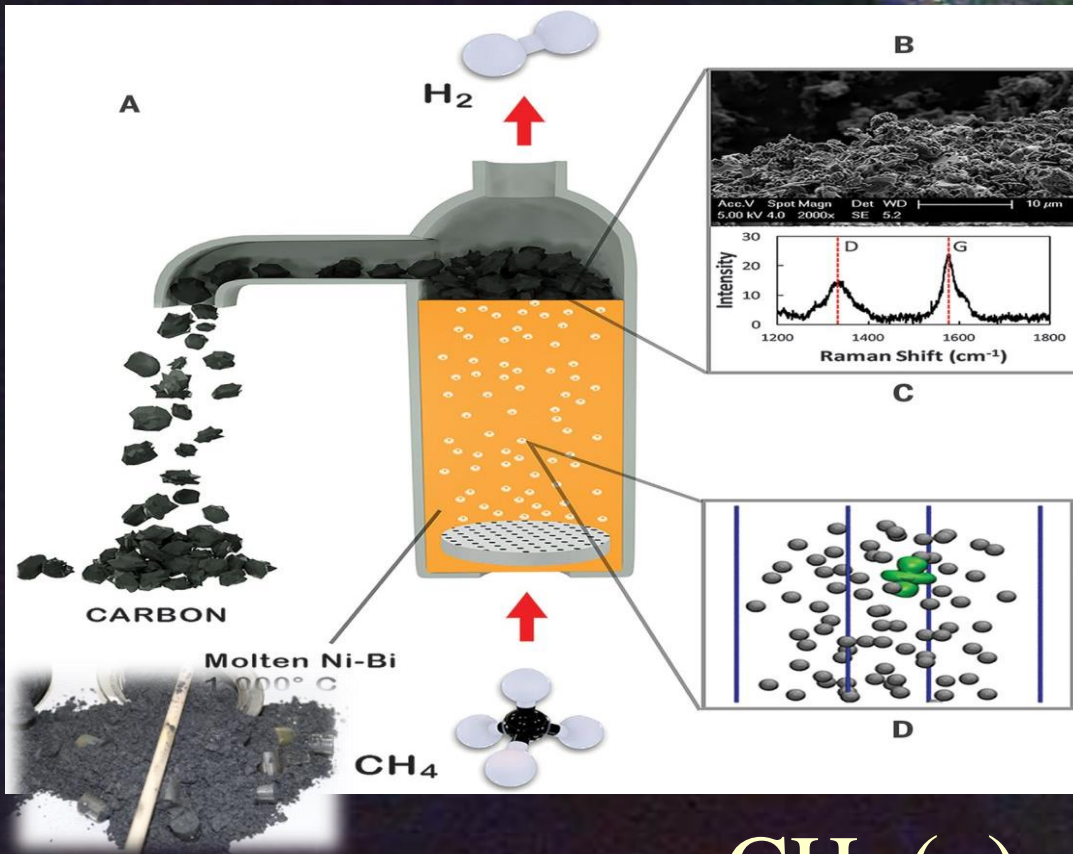


**SMR & ATR
Prozess**

$\text{CO}_2 \uparrow$ → $\text{CCS} \downarrow$

Q: Anonymus

Catalytic Methane Cracking



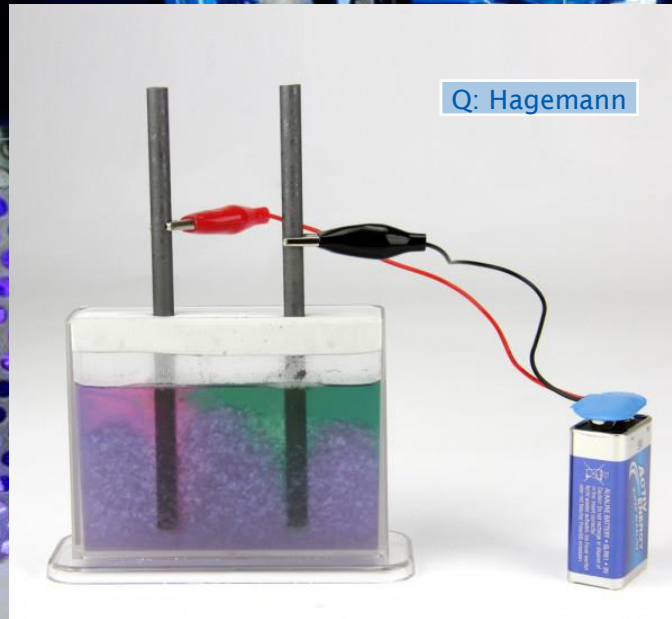
H₂

C ↓

Deponierung,
Nutzung ↓

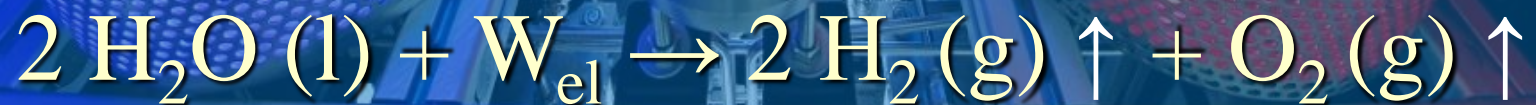


<https://www.sciencelink.net/verdieping/gesmolten-metaal-kraakt-methaan/833.article>



Wasserstoff durch Elektrolyse

- PEMEL, AEL, SOEC

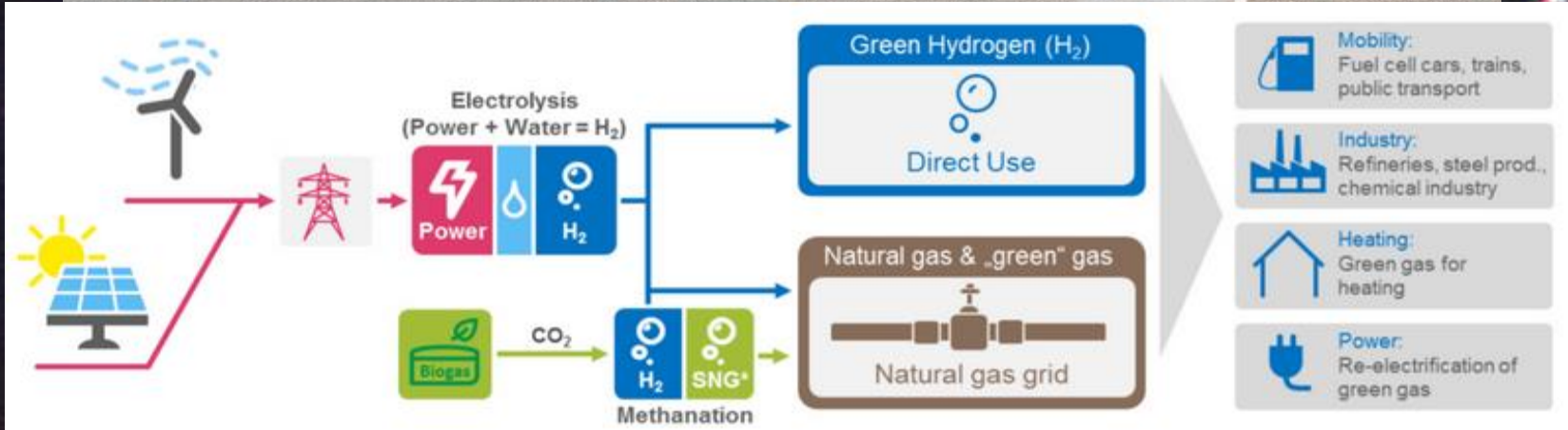


Q: DLR

Power-to-X (P2X) – Wandlungsmöglichkeiten



- ## Power-to-X
- PtG
 - PtH
 - PtV / VtG



Q: M. Gribova

Wasserstoffspeicher



Wasserstoff

- druckverdichtet
- verflüssigt (+Druck)
- kryo-adsorptiv



Q: Adobe, Linde, Lucas-Nülle, Hydrogenious LOHC Technologies

Wasserstoffspeicher



Salzartige Hydride

- Alkalimetalle
- Erdalkalimetalle

Q: Adobe, Linde, Lucas-Nülle, Hydrogenious LOHC Technologies

Wasserstoffspeicher

LOHC

- Borane
- Aromaten
- Methanol
- Ameisensäure



Q: Adobe, Linde, Lucas-Nülle, Hydrogenious LOHC Technologies



Technische
Hochschule
Wildau [FH]
Technical University
of Applied Sciences

L.B. Giese



**VIELEN DANK
FÜR
IHRE AUFMERKSAMKEIT**

Lutz B. GIESE

lutz.giese@th-wildau.de