



Empa

Materials Science and Technology



Materialien & Technologien für eine nachhaltige Zukunft

**Resilientes Energiesystem
mit nachhaltigem Wasserstoff**

Prof. Dr. Tanja Zimmermann, Direktorin Empa, 20. April 2023



Innovationsmotor für die Schweiz



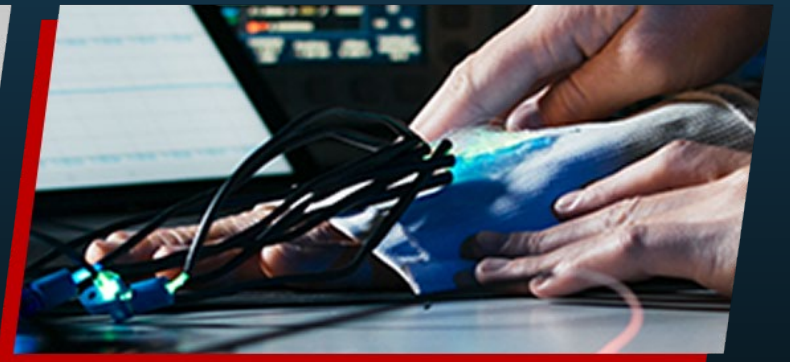
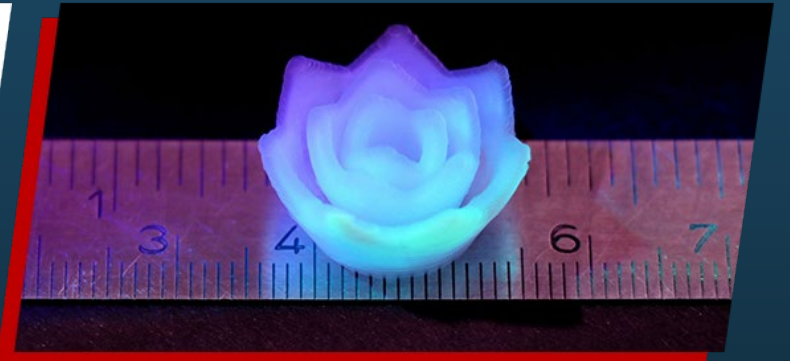
Neuartige Materialien, nachhaltiges Bauen, Energie und Gesundheit:
Unsere Forschungsschwerpunkte stehen für knapp 50% des Schweizer BIP.



Eine nachhaltige Zukunft dank neuer Materialien



Rund 70% aller Innovationen weltweit basieren auf neuen Materialien.



Effizienz

Produktivität

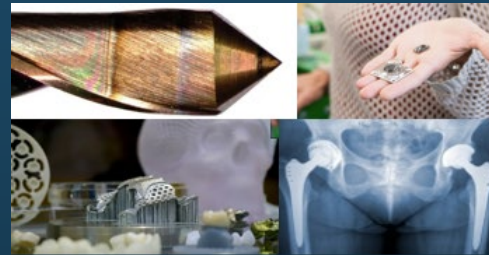
Neuartige Anwendungen

Von der Idee zur Innovation



Wissenschaftliche
Projekte

Gesundheit



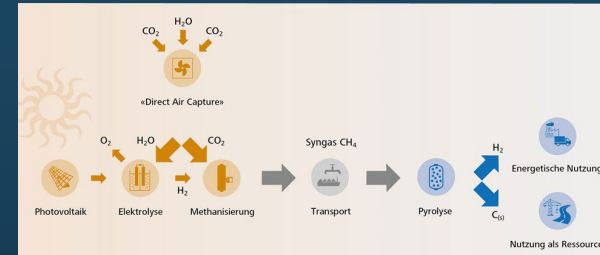
Transfer-
plattformen



Industrie

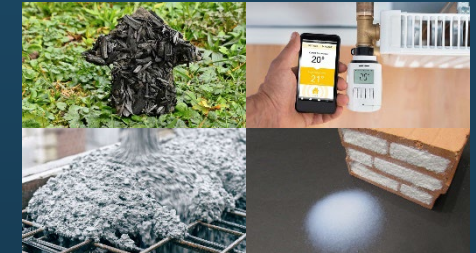


Net Zero

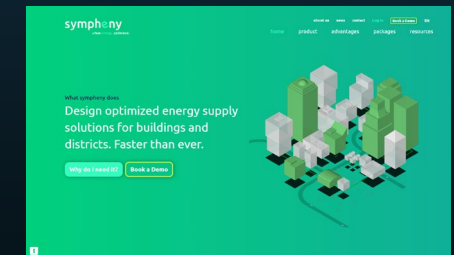


Association for the Decarbonisation of Industry

Gebaute Umwelt



NEST



Spin-off symphony

Energiestrategie Zukunft?



Erneuerbar

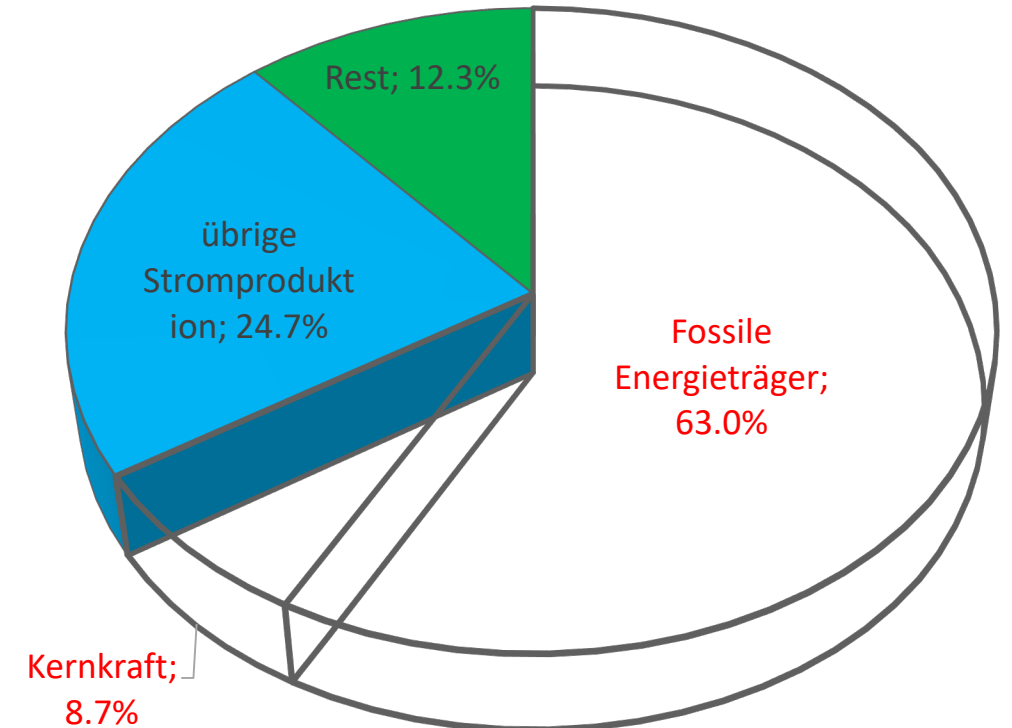
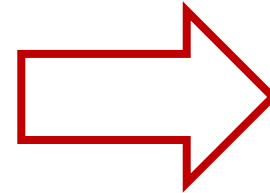
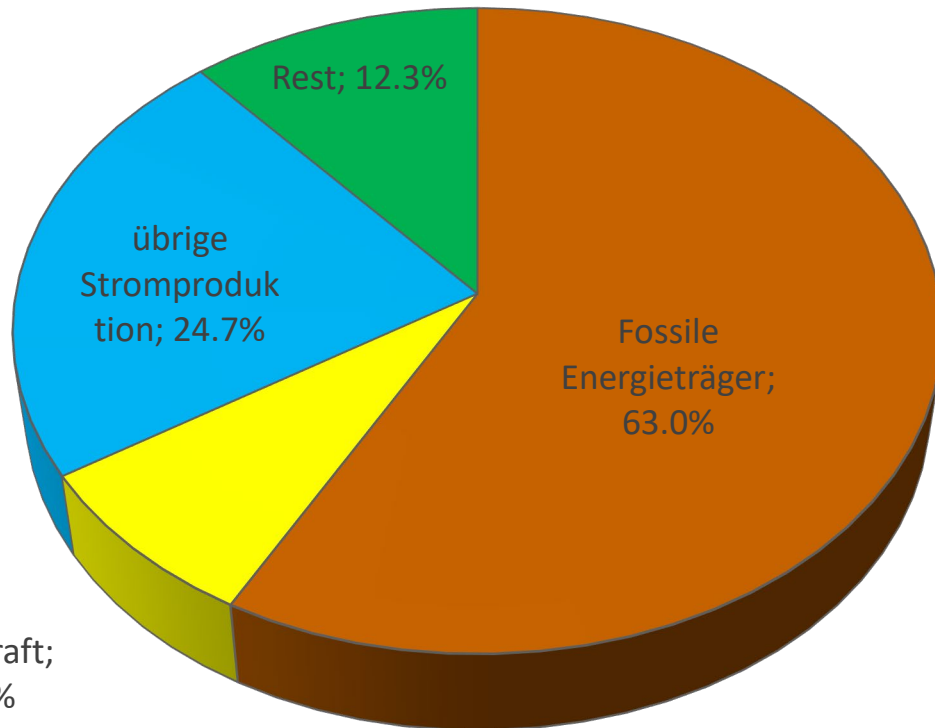


Elektrizität wird die Schlüsseltechnologie

inkl. Power-to-Gas

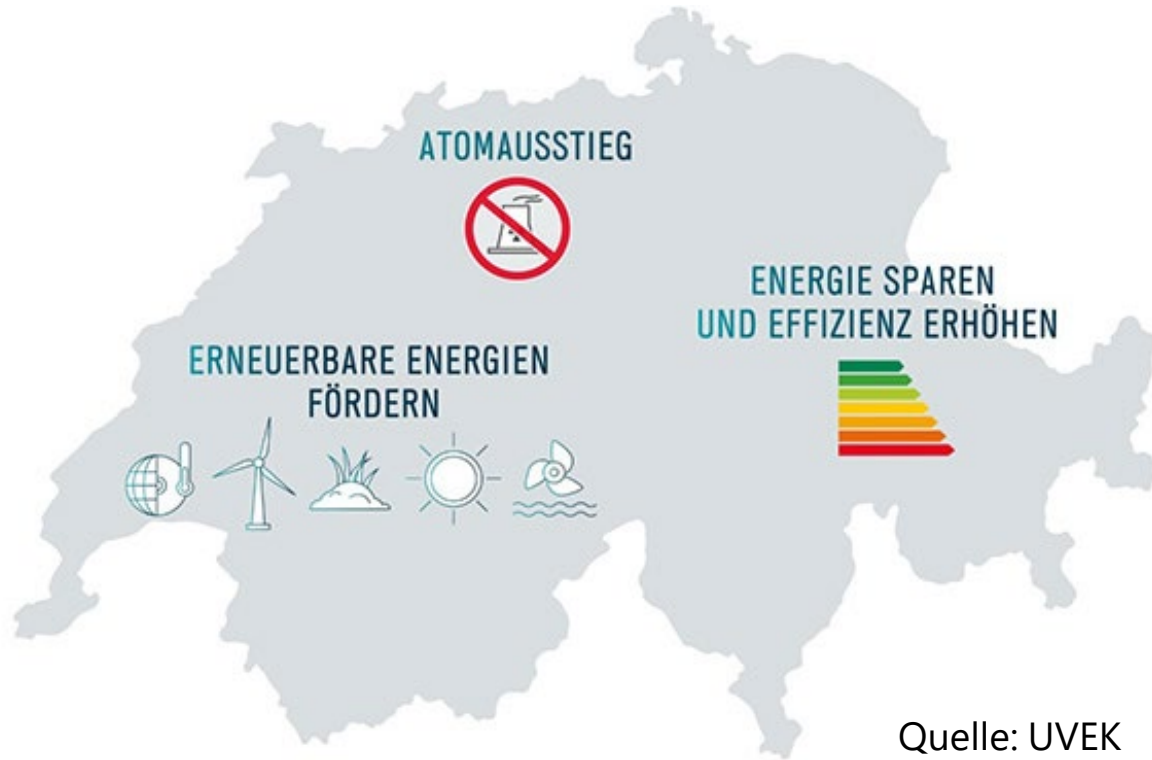
Dezentral

Energiestrategie 2050 & Netto-Null Ziel

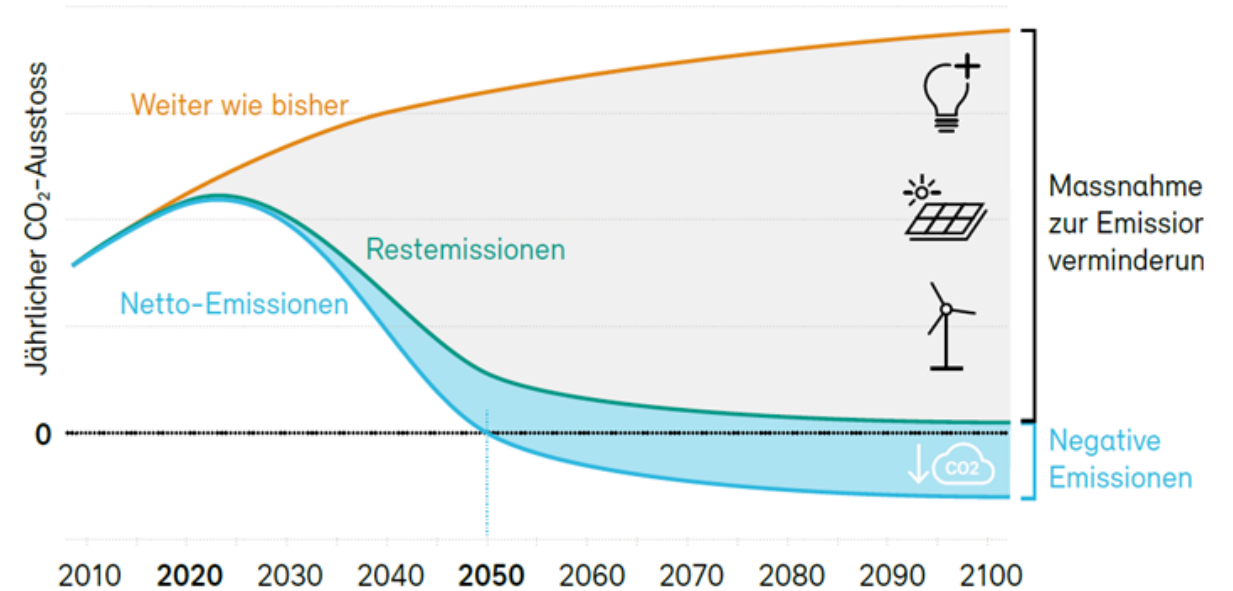


- 1) Heute wird ein Grossteil unseres Endenergiebedarfs durch fossile Energieträger und Kernkraftwerke gedeckt
- 2) Davon werden etwa 70% importiert
- 3) Beide Energiequellen fallen gemäss Energiestrategie 2050 und Netto-Null Ziel des Bundesrates bis spätestens 2050 weg (KKW früher)

Herausforderungen national

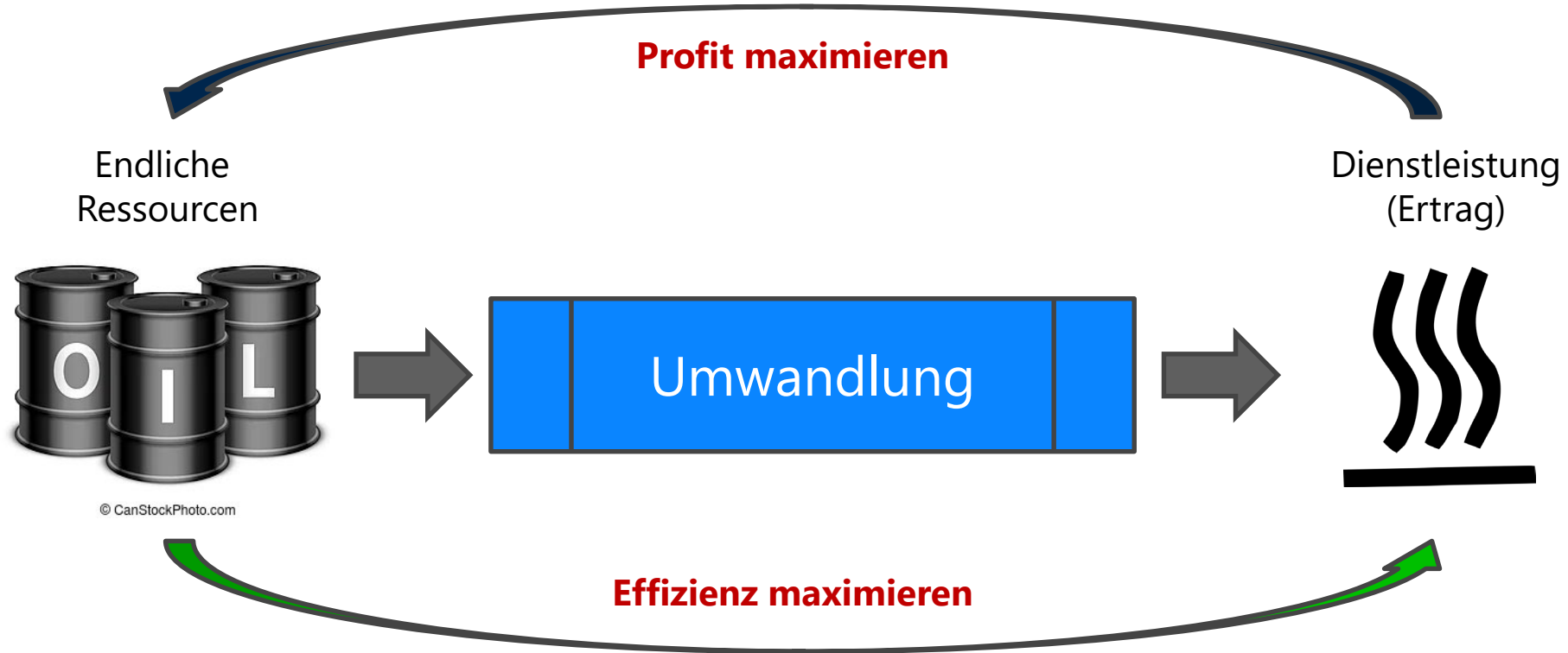


Energiestrategie 2050

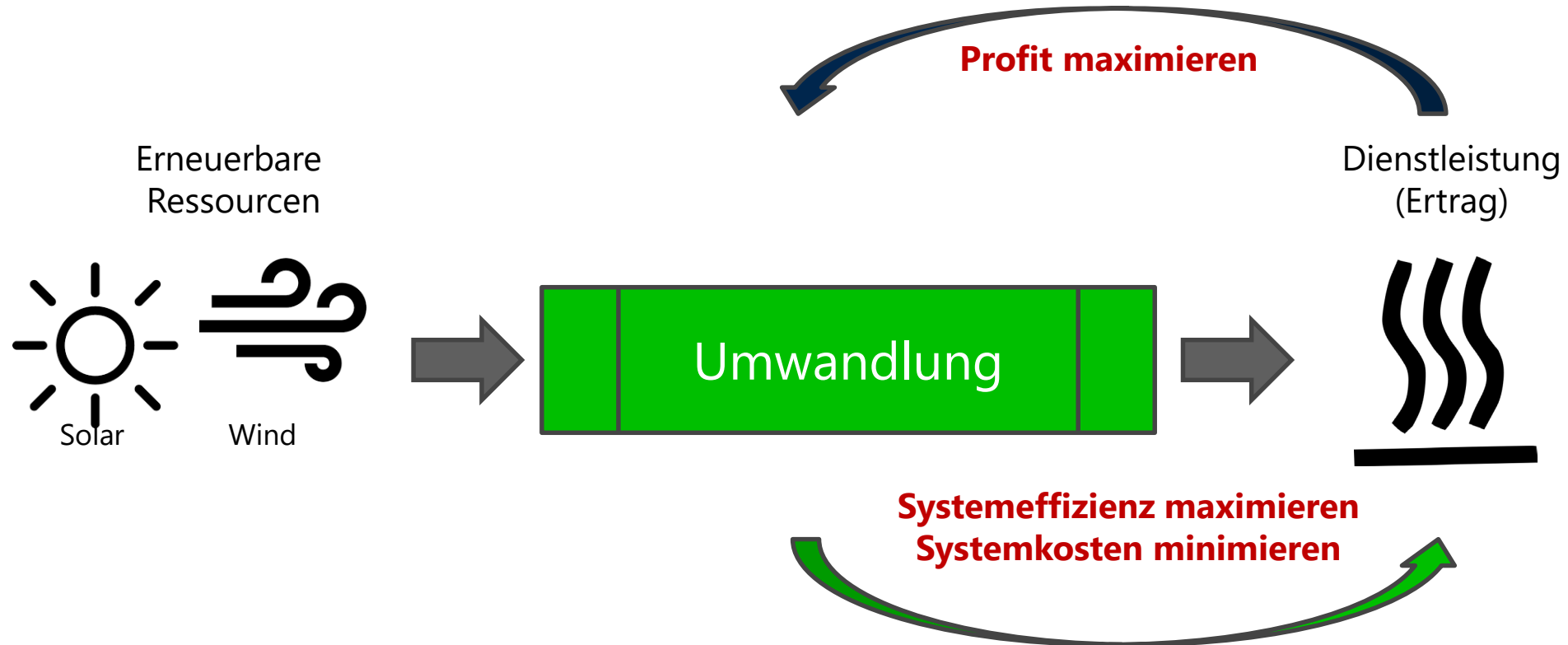


Netto-Null Ziel 2050

Lineare fossile Energiewirtschaft



Erneuerbare Energieversorgung



Systemkosten f (Investition; Amortisation; Ressourcenbedarf; ...)

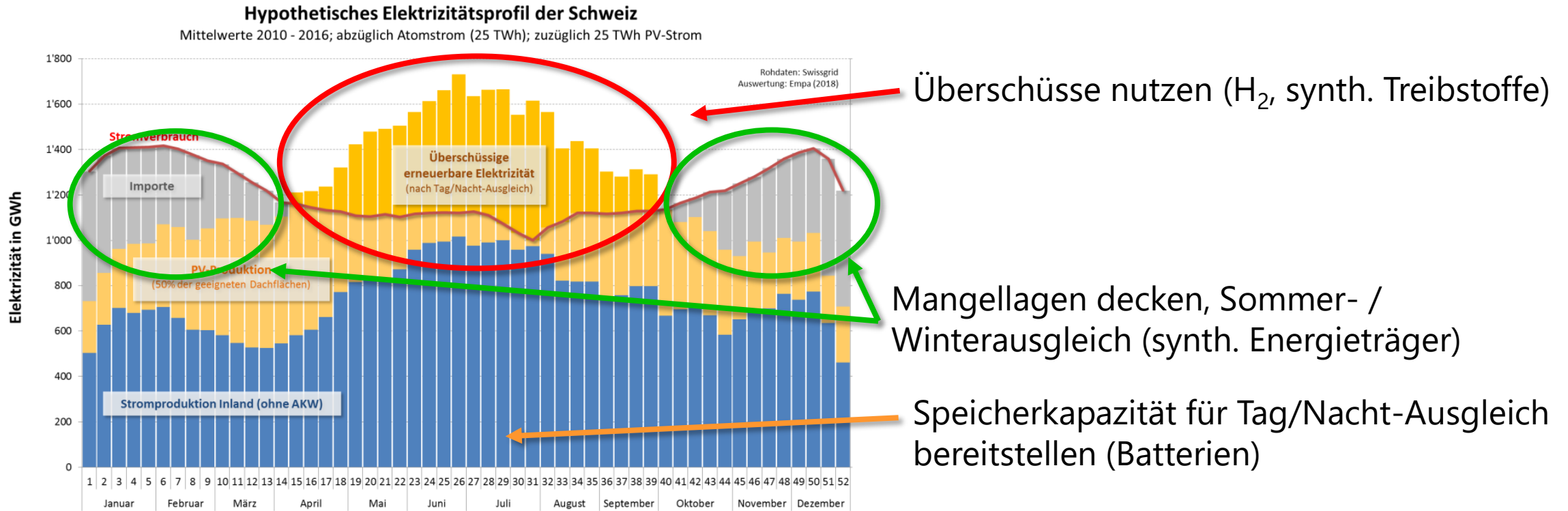
gesellschaftliche
Leistungsfähigkeit

Langlebigkeit,
Verwendbarkeit

Kreislauf-
wirtschaft



Die Schweiz ist keine autarke Insel



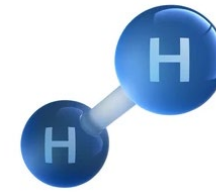
Quelle: (2019, M. Rüdüsüli, S. Teske, U. Elber – «Energies»)

Es braucht eine Vielfalt von Modellen und Lösungsansätzen

Energiestrategie Zukunft: Ernten und Speichern



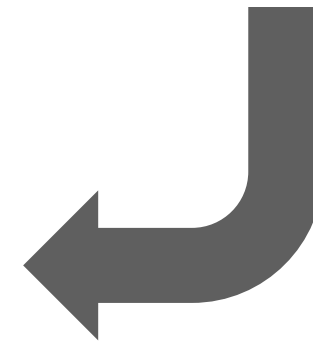
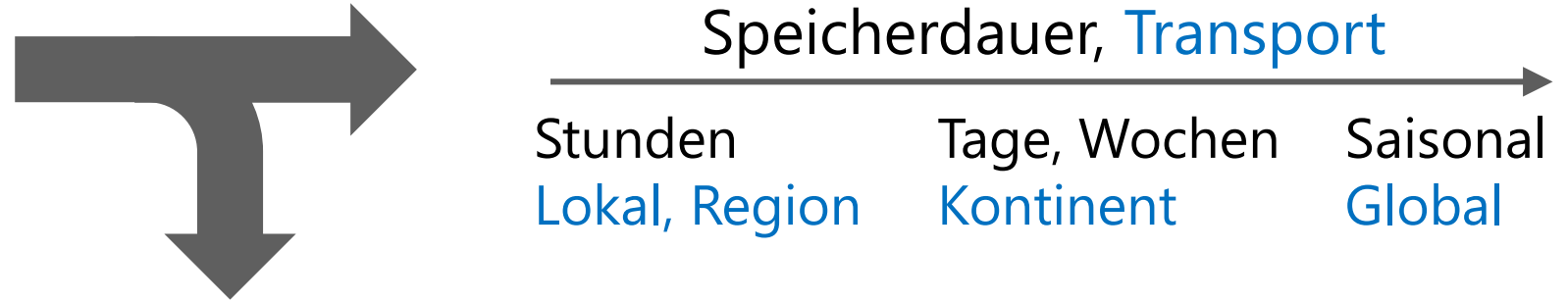
Batterie



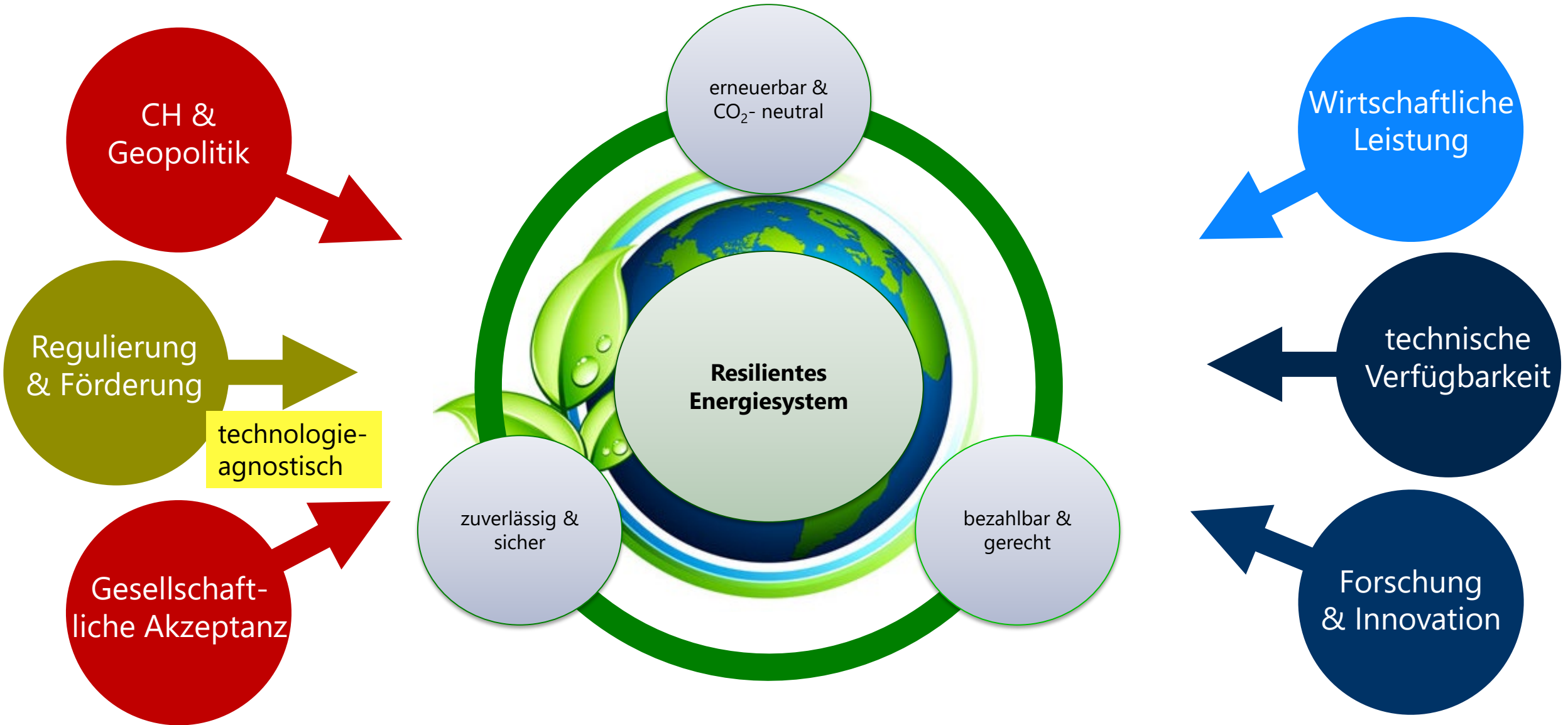
Wasserstoff



Syn. Treibstoffe



Trilemma beim Umbau des Energiesystems (Einflüsse)



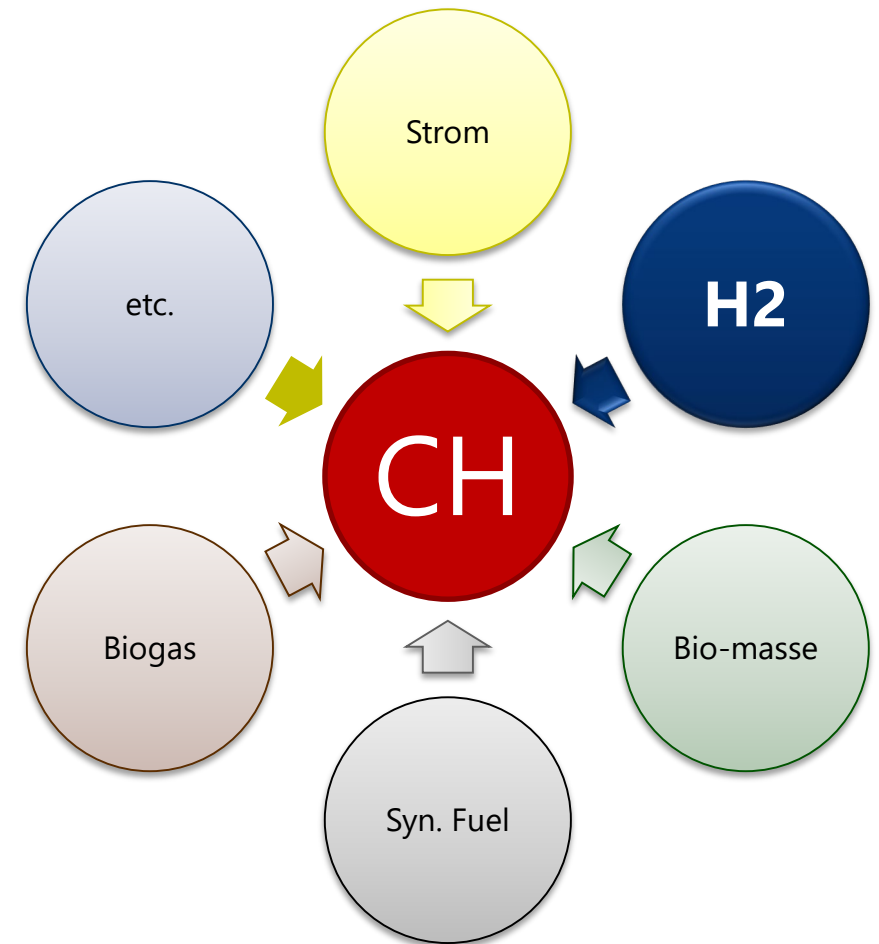
Diversifizierung erhöht Resilienz



Technische Diversifizierung



Import Diversifizierung



Technische Diversifizierung mit H2



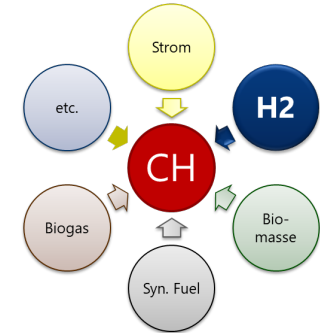
- H₂ lässt sich in verschiedenen Sektoren einsetzen: Prozesswärme, Schwerverkehr, WKK mit Fernwärme, etc.
- H₂ ist die Grundlage für weitere gasförmige (Methan) und flüssige (Kerosin) synthetische Energieträger
- H₂ kann zur saisonalen Speicherung verwendet werden
- H₂ Technologien können systemdienlich in die Energieversorgung integriert werden



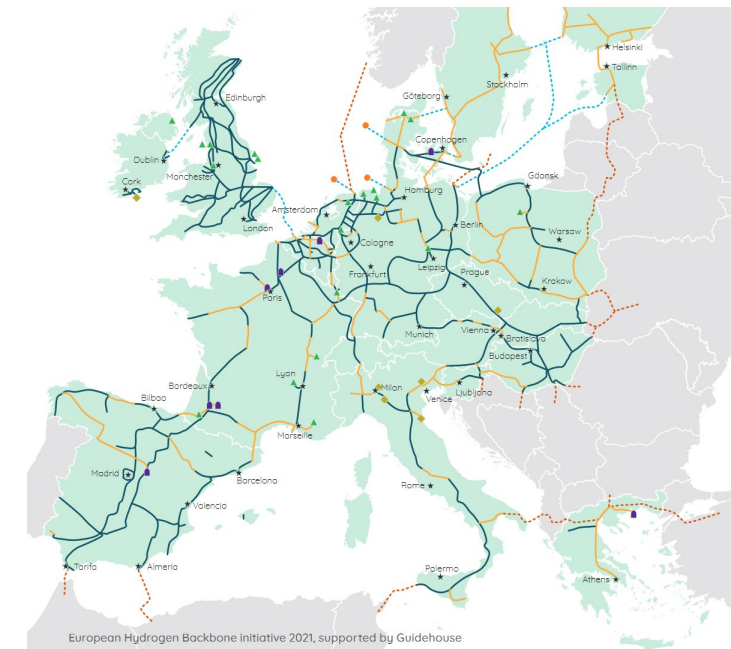
Import Diversifizierung mit H₂



- Abhängigkeit von Stromimporten, vor allem im Winter, mittels H₂ Importen reduzieren
- Globaler Bezug von flüssigem H₂ aus Regionen mit guten erneuerbaren Ressourcen möglich
- Beimischung ins bestehende Erdgasnetz
- Ab ca. 2045: H₂ -Pipelines & Anschluss an *European Hydrogen Backbone*



→ **Die Schweiz wird weiterhin von Energieimporten abhängig bleiben**



Power-to-X: Saisonal unabhängige Importe



Kriterien

- PV- und Windpotential
- Am Wasser (Meer, Binnengewässer)
- Ausschluss sensibler Ökosysteme
- Transport
- Investitionssicherheit

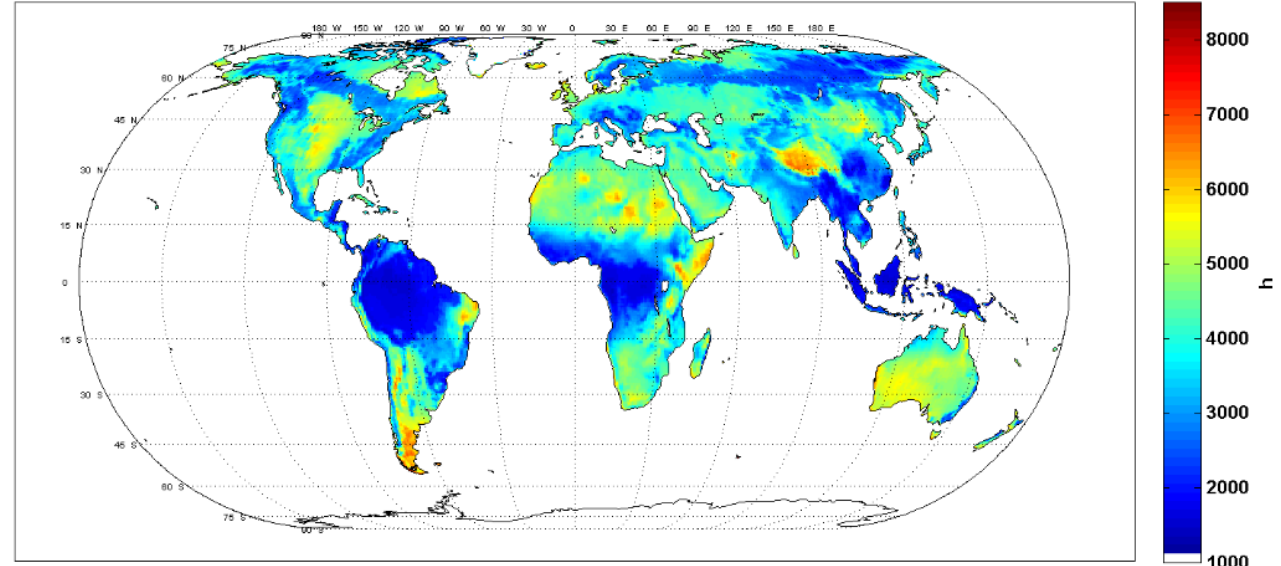
Potential ausserhalb Europas:

- 69'000 – 109'000 TWh H₂ [1]
- Entspricht etwa dem heutigen globalen Erdöl- und Erdgasverbrauch

Distanz bestimmt Energieträger

- Wasserstoff eher aus nahen Quellen (Nord-Europa/-Afrika)
- Andere Energieträger global

Hybrid solar and wind full load hours adjusted for overlap



Source: Fasihi & Breyer, 2017

Regionen mit viel Sonneneinstrahlung *und* Wind zeigen während fast des ganzen Jahres Potential zur Energielieferung

Quellen:
[1] Fraunhofer IEE, PtX-Atlas 2021



Kommerzielle Umsetzung: Schwerverkehr mit Brennstoffzellen LKW



Hyundai H2 Energy

H2-Truck-Fleet

- Range 400 km
- Total weight 34 t
- 'Pay-per-use' Model

**Petrol Station owners –
H2 Mobility Association**
Avia, Agrola, Coop/CMA,
Migrol, Shell, Socar, Tamoil

H2 Refueling Station
50 – 100 HRS by 2023



Alpiq H2 Energy Linde

Renewable Energy

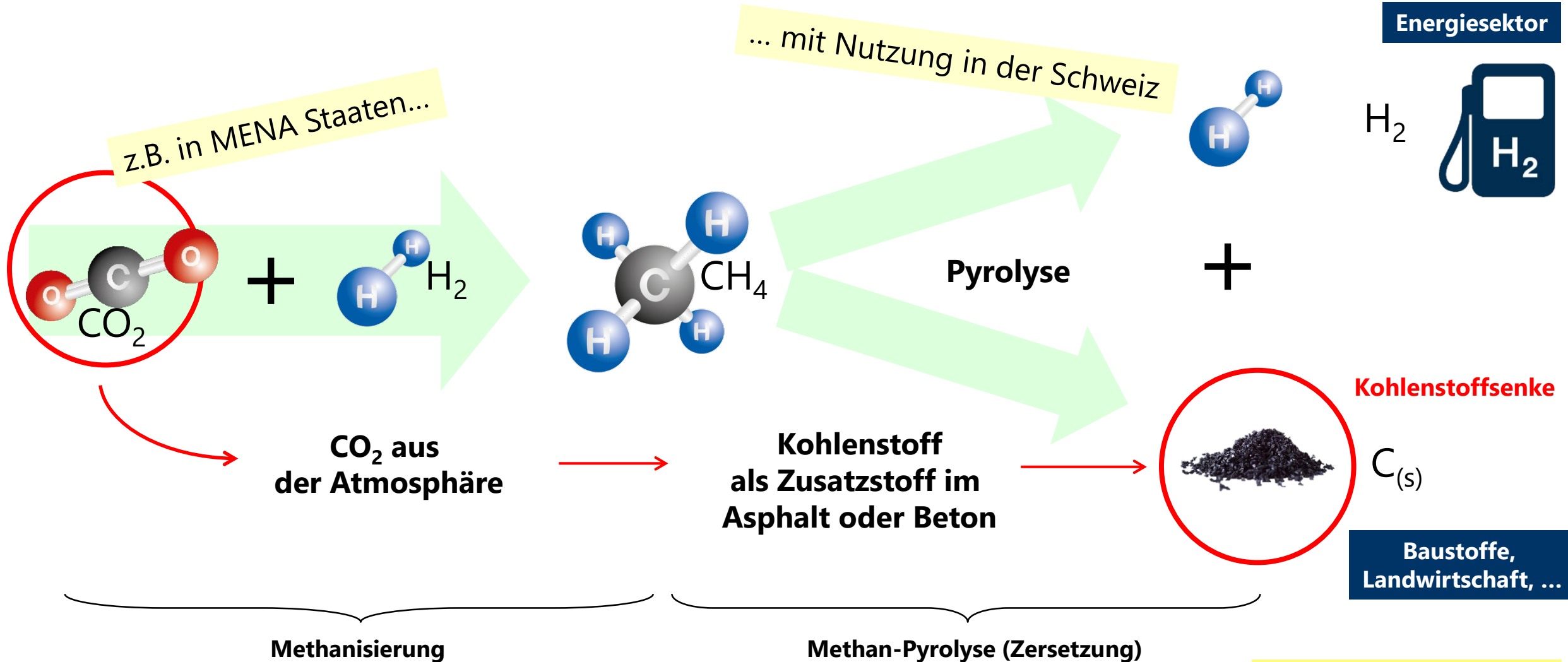
H2-Production

- 100 MW by 2023
- Decentralized locations

H2-Logistics

Negative Emissionen (CO₂ «Ressource»)

Zersetzung von synthetischem Methan



z.B. in MENA Staaten...

... mit Nutzung in der Schweiz

Energiesektor



Kohlenstoffsенke

Baustoffe, Landwirtschaft, ...

CO₂ aus der Atmosphäre

Kohlenstoff als Zusatzstoff im Asphalt oder Beton



Methanisierung

Methan-Pyrolyse (Zersetzung)

→ Zuger Initiative



«Negativ CO₂ – Anlage»

Ökonomisch realisierbar?

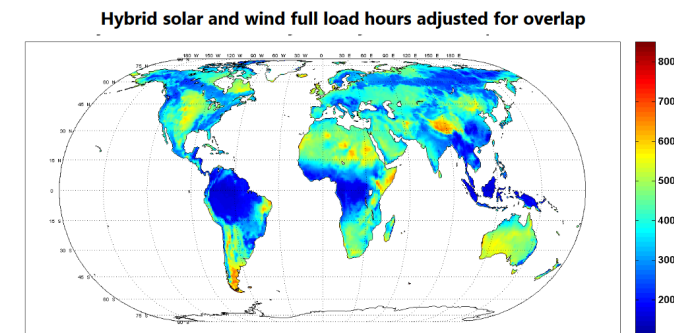
Woher kommt die erneuerbare Energie?



Woher kommt das CO₂?



Woher kommt das erneuerbare Methan?



Source: Fashi & Breyer, 2017

Enormes energetisches Potential in Wüstenregionen zu niedrigsten Kosten (0.01CHF / kWh)

CO₂-Versorgung aus der Atmosphäre
Mit 22'000 t CO₂ könnten 8'200 t Methan erzeugt werden (100 MW-PtG-Anlage)

z.B.: Oman weist ein energetisches Produktionspotential von 600 TWh an synthetischen Energieträgern auf

Forschungs- und Technologie **Transfer** Plattform



move @ Empa
enabler future mobility



Kurze und mittlere Strecken
wie Stadt- und Pendlerfahrten
Autos mit **Elektroantrieb**



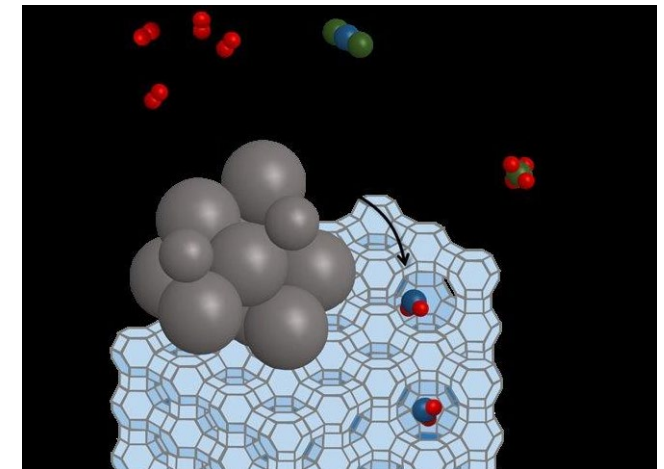
Längere Strecken Wasserstoff
und **synthetische Kraftstoffe**
geeignet



Warentransporte auf
Langstrecken & Flugv.
erfordern **synthetische
Treibstoffe**



**Herstellung von
synthetischem Methan
@ move Empa**



FAZIT – Resilientes Energiesystem



- Die Schweiz braucht **erneuerbare Energieträger**, die speicherbar (Jahreszeiten) sind. H₂ spielt eine wichtige Rolle.
- Eine **ganzheitliche, systemische Bewertung** ist unerlässlich, um die Herausforderungen des Schweizer Energiesystem erfolgreich umzubauen.
- Global ist genügend erneuerbare Energie verfügbar, die **Speicherung und Verteilung** der erneuerbaren Energie ist die Herausforderung.
- Das Energiesystem der Zukunft braucht eine **Vielzahl von Lösungen** (inkl. «Negativ Emissions Technologien»).

Empa – The Place where Innovation Starts

+41 58 765 11 11
portal@empa.ch

empa.ch

