Willkommen Welcome Bienvenue



Forum Vera

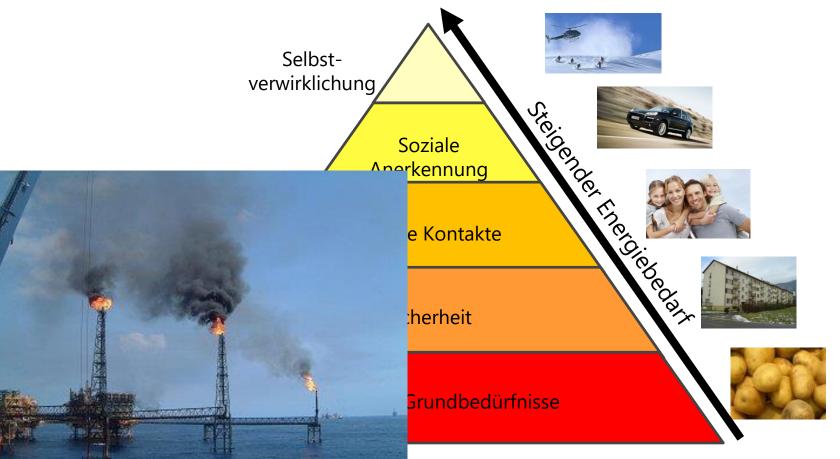
Prof. Gian-Luca Bona zum Thema:

«Welche Energieträger können den stark steigenden Bedarf weltweit decken»?

11. September 2020

Maslow'sche Pyramide

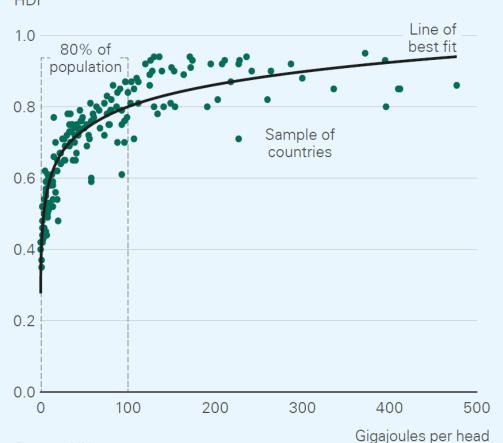




Human development index and energy consumption per head, 2017



Source: UN 2018





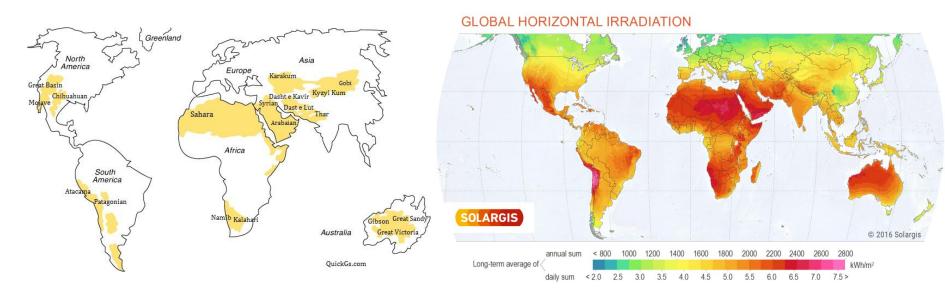
Mahatma Ghandi:

Die Welt hat genug für jedermanns Bedürfnisse, aber nicht für jedermanns Gier

Wir haben ein CO₂-Problem, kein Energieproblem



Ungenutzte Sonneneinstrahlung in Wüstenregionen



Um den nicht durch die Wasserkraft abgedeckten Energiebedarf der Schweiz im Winterhalbjahr sowie den Langstreckenverkehr ausschliesslich mit importierten synthetischen Energieträgern zu decken, wäre eine Photovoltaik-Fläche in einer Wüste von zirka 700 km² erforderlich; das sind 27 x 27 km oder 0,008 % der Fläche der Sahara.

World Energy Outlook 2019 (IEA)



Fazit 2018

- +2.3% Primärenergie, höchster Zuwachs seit 2010
- höchste Zunahme der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre seit 2010
- Energieeffizienzgewinne bei 1.2%, tiefster Wert sein 2010

Kaya Identität – der Link zwischen Energie und Klima



$$CO_2 = \frac{CO_2}{E}$$

Fossiler Anteil des Energiemix

Kaya Identität – der Link zwischen Energie und Klima



$$CO_2 = \frac{CO_2}{E} \quad x \quad \frac{E}{GDP}$$

Fossiler Anteil des Energiemix

Effizienz

Kaya Identität – der Link zwischen Energie und Klima



$$CO_2 = \frac{CO_2}{E} \quad x \quad \frac{E}{GDP} \quad x \quad \frac{GDP}{cap}$$

Fossiler Anteil des Energiemix

Effizienz

Wirtschaftswachstum

Kaya Identität – der Link zwischen Energie und Klima



$$CO_2 = \frac{CO_2}{E} x \frac{E}{GDP} x \frac{GDP}{cap} x cap$$

Fossiler Anteil effizienz Wirtschafts- Bevölkerungs- wachstum

Technologie Sozio-ökonomische Faktoren

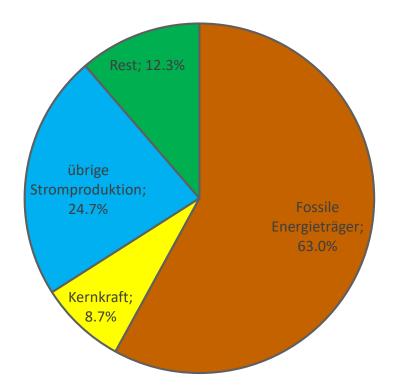
Herausforderungen



- Energieeffizienz muss verbessert werden
- Energiesystem muss decarbonisiert werden
- Entwicklung in Drittwelt- und Schwellenländern darf nicht behindert werden
- Suffizienz? Wohlstandseinbussen aus energetischen Gründen sind in den industrialisierten Ländern noch kaum akzeptabel

Herausforderung der schweizerischen Energieund Klimapolitik

Endenergienutzung in der Schweiz 2019



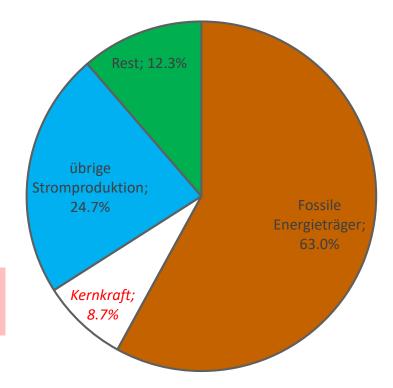
Auslandabhängigkeit: > 70%



Herausforderung der schweizerischen Energieund Klimapolitik

Endenergienutzung in der Schweiz 2019

Energiegesetz 2017

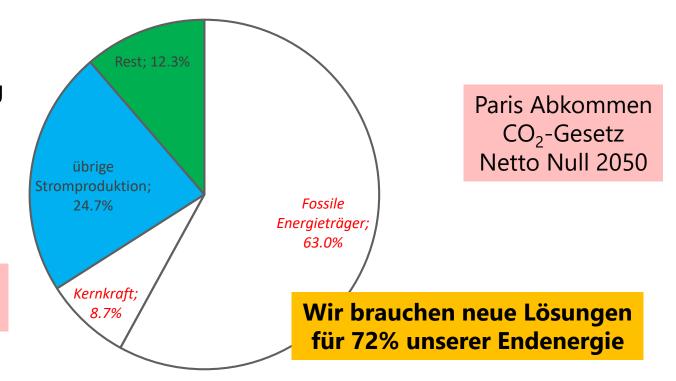




Herausforderung der schweizerischen Energieund Klimapolitik

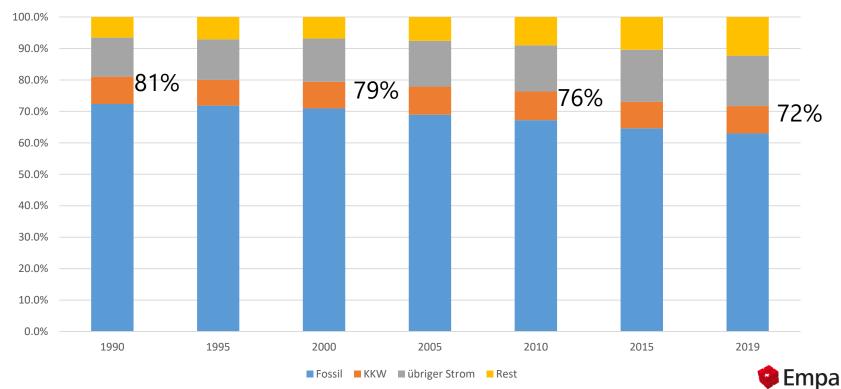
Endenergienutzung in der Schweiz 2019

Energiegesetz 2017

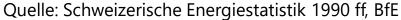




Entwicklung Endenergiemix seit 1990



Materials Science and Technology



Trends

Umstieg auf erneuerbare Energie (Anteil Endenergie 2019)

■ PV (0.94%)

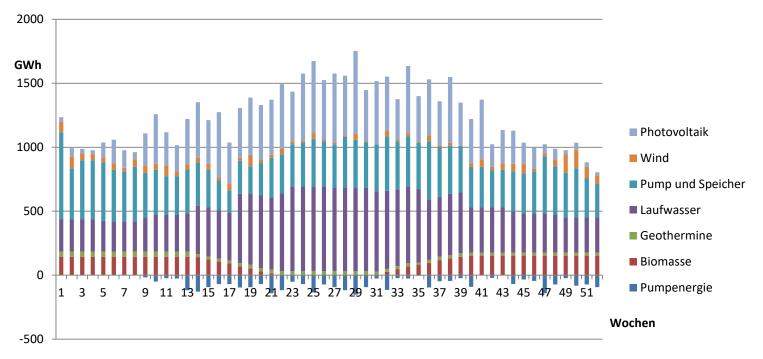
■ Wind (0.06%)

■ Wasser (15.7%)

■ Biomasse (5.2%)

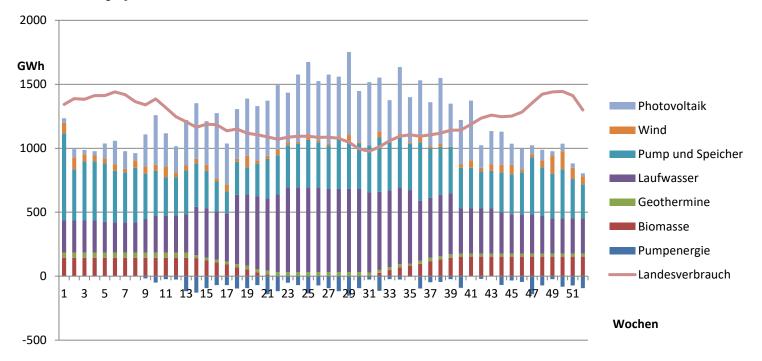


Ungleichgewicht Stromangebot und Nachfrage heute bei hypothetischem Ersatz Nuklear durch PV





Ungleichgewicht Stromangebot und Nachfrage heute bei hypothetischem Ersatz Nuklear durch PV





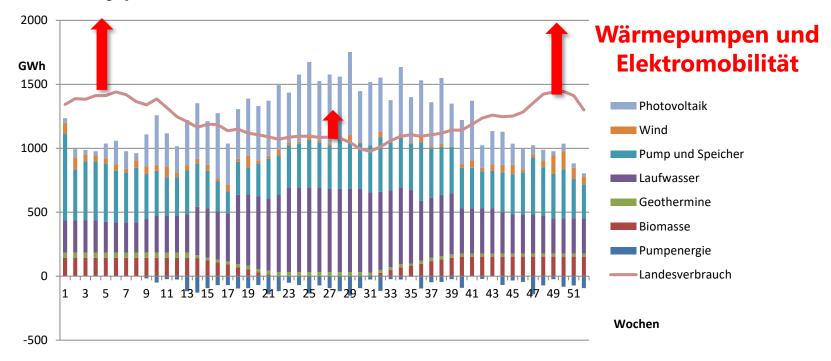
Trends

- Umstieg auf erneuerbare Energie
 - PV
 - Wind
 - Wasser
 - Biomasse

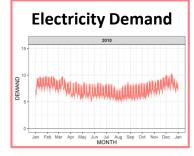
- Elektrifizierung
 - Wärme und Warmwasser in Gebäude
 - Mobilität



Ungleichgewicht Stromangebot und Nachfrage in heute bei hypothetischen Ersatz Nuklear durch PV









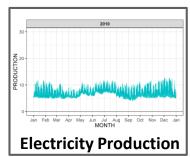
Fossil Mobility



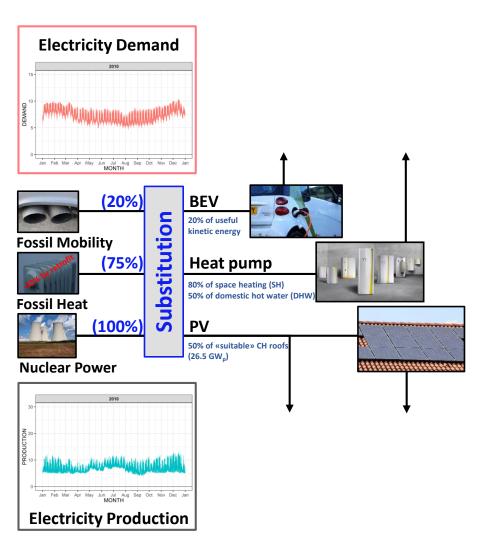
Fossil Heat



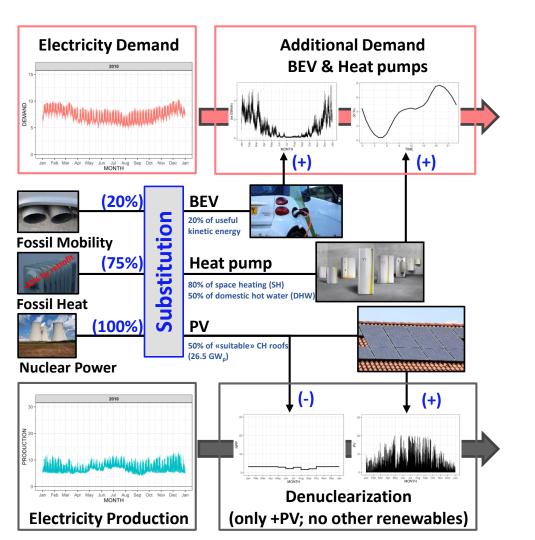
Nuclear Power



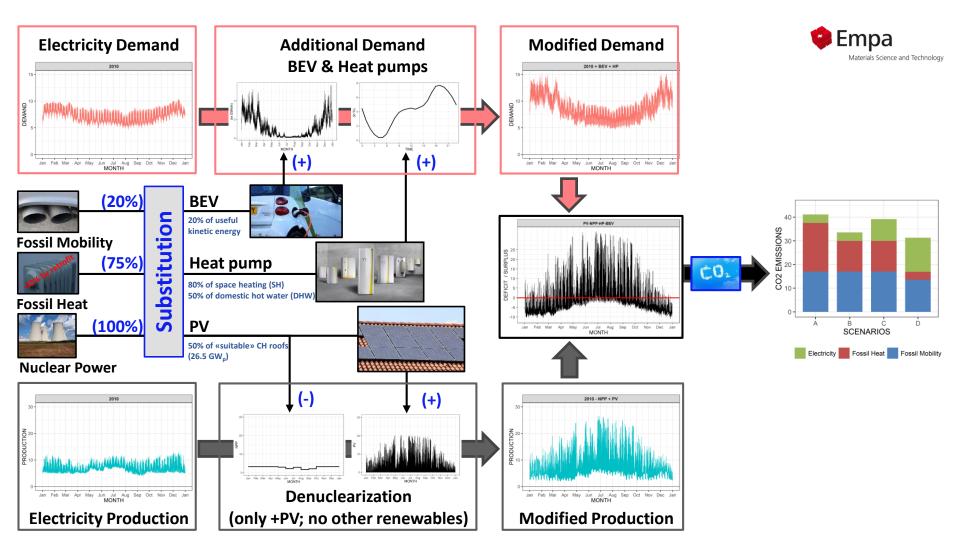






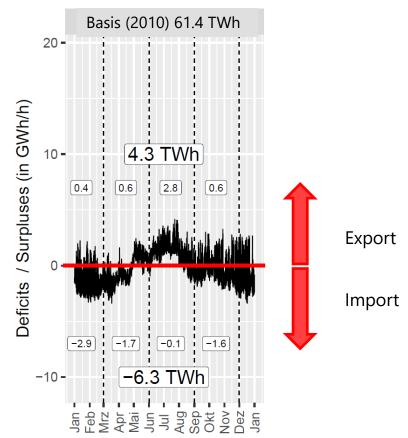






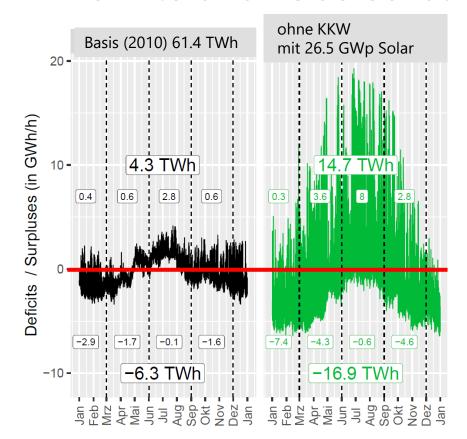
Strom -Defizite und -Überschüsse





Strom -Defizite und -Überschüsse





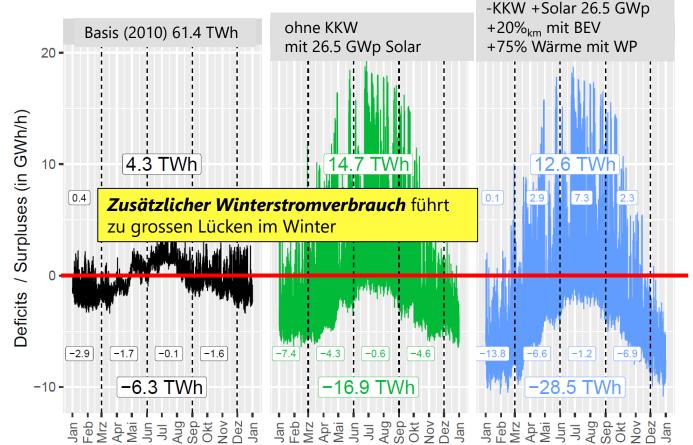
Konsequenzen:

 Gleiche Energiemenge wie mit KKW, aber sehr viele Mangel- und Überschuss – Situationen

(ohne weitere Massnahmen wie Speicher, Lastverschiebung, etc)

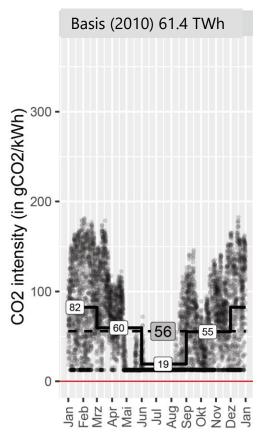
Strom -Defizite und -Überschüsse





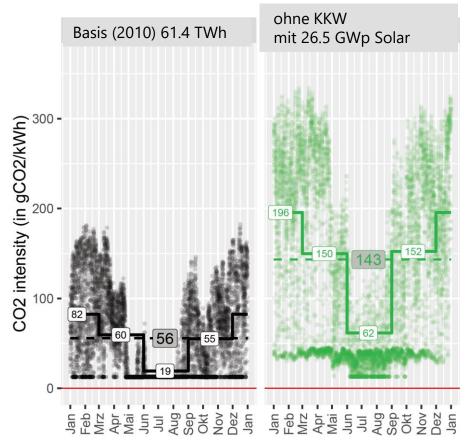
Dynamischer CO₂ - Gehalt im Strom





Dynamischer CO₂ - Gehalt im Strom

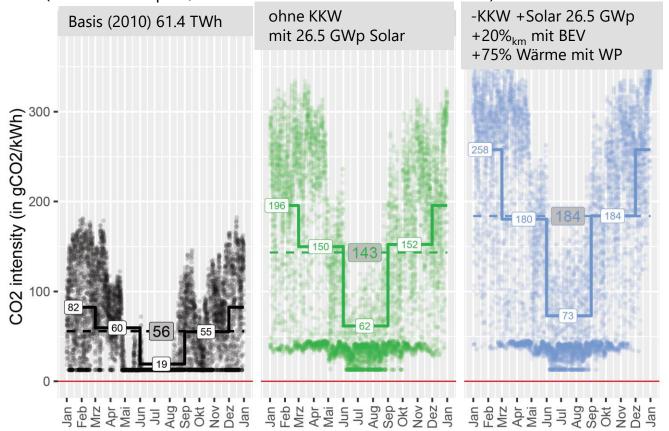




Dynamischer CO₂ - Gehalt im Strom



(Annahme: Import/Produktionsdefizit mit Gaskombi-KW)



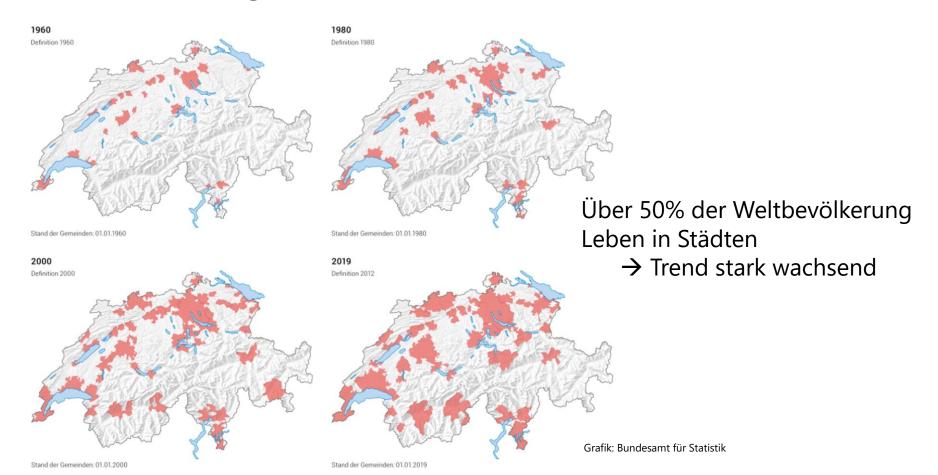
CO₂-Bilanz





Urbanisierung





Konsequenzen Dekarbonisierung und Elektrifizierung

- Effizienz steigern (Gebäude, Mobilität, Industrie)
- PV hat das grösste Potential in der Schweiz, Zubau muss massiv beschleunigt werden (Dächer, Fassaden, techn. Installationen, ...) aktuell trägt PV weniger als 4% zur Stromversorgung bei
- Speichermöglichkeiten ausbauen (Stunden, Tage, Wochen, Monate)
- Flexibilisierung Nachfrage (Stichwort Digitalisierung)
- Import erneuerbarer Energie
 - Strom im Winter wahrscheinlich schwierig
 - Synthetische Gase und Flüssigkeiten



Hauptreiber für gebäudebezogene CO₂-Emissionen

Modifizierte Kaya-Identität:

$$CO_2 = \frac{CO_2}{E} \quad x \quad \frac{E}{m^2 \, EBF} \quad x \, \frac{m^2 \, EBF}{cap} \quad x \quad cap$$

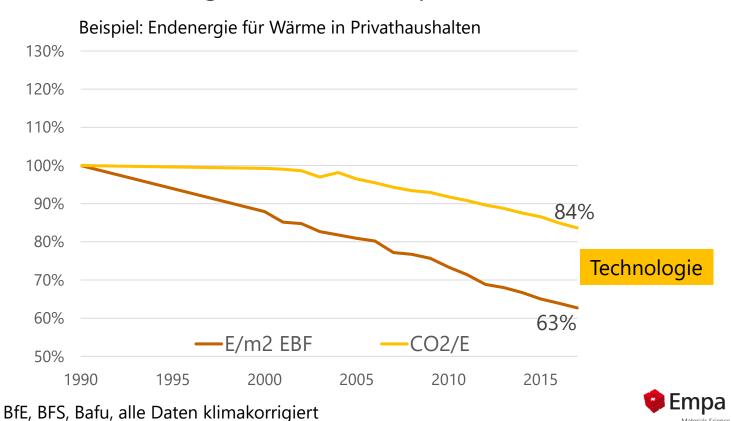
Fossiler Anteil des Energiemix

Technologie

Fossiler Anteil Sozio-ökonomische Faktoren

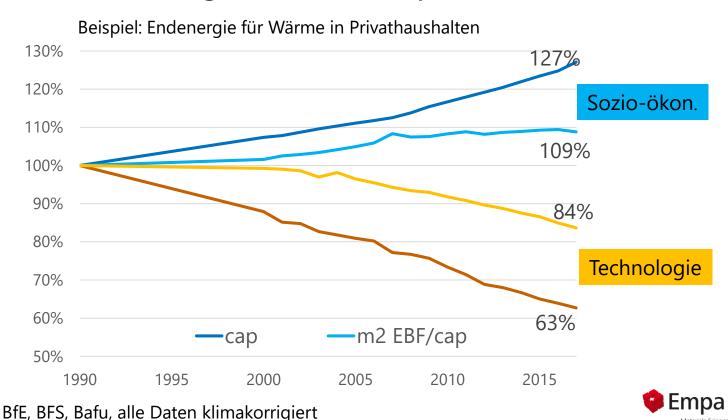


Beitrag des Gebäudesektors an die Ziele der Schweizerischen Energie- und Klimapolitik

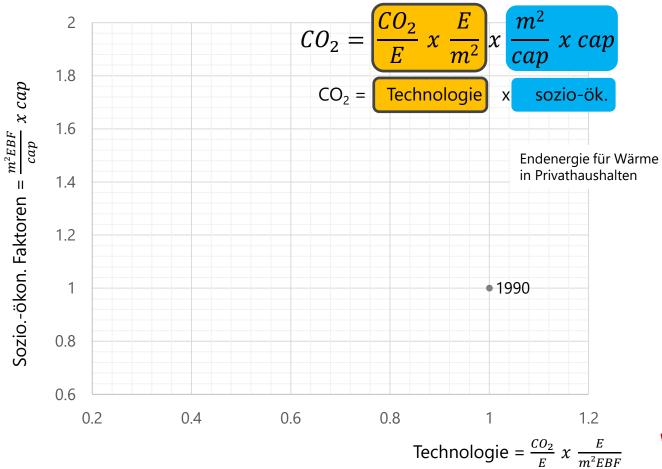


Materials Science and Technology

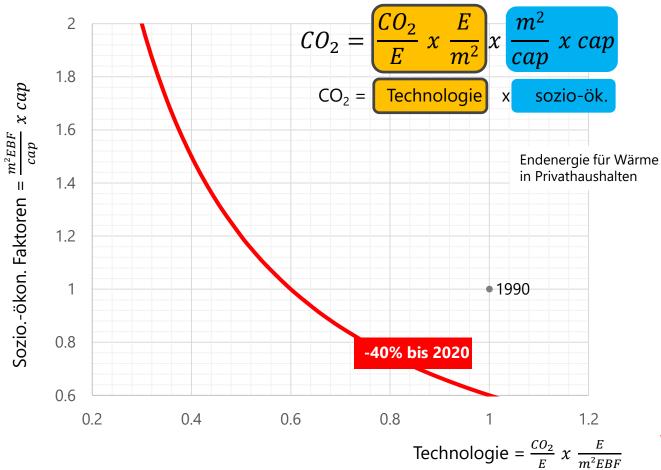
Beitrag des Gebäudesektors an die Ziele der Schweizerischen Energie- und Klimapolitik



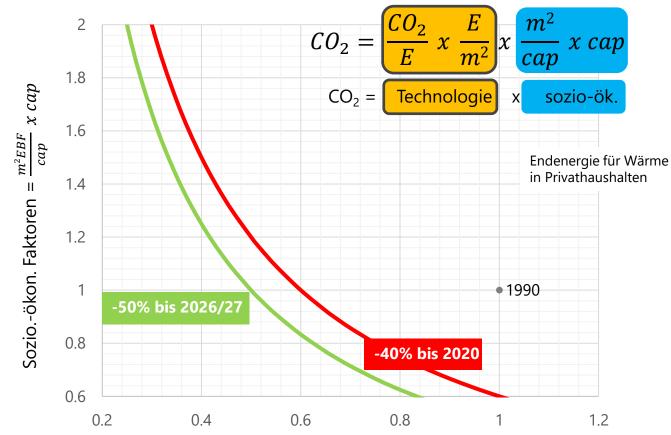
Materials Science and Technology



Empa
Materials Science and Technology

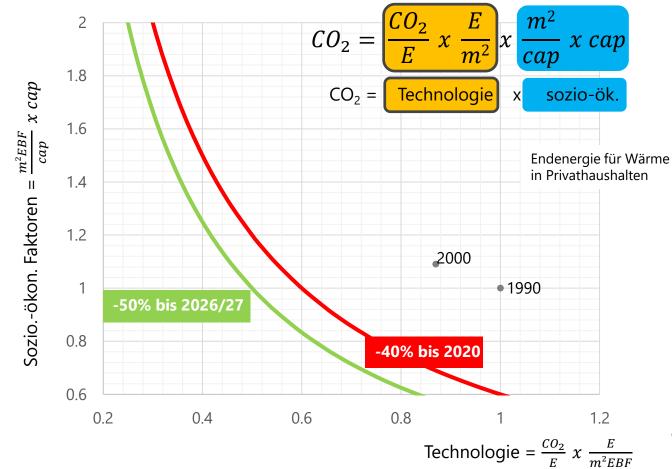




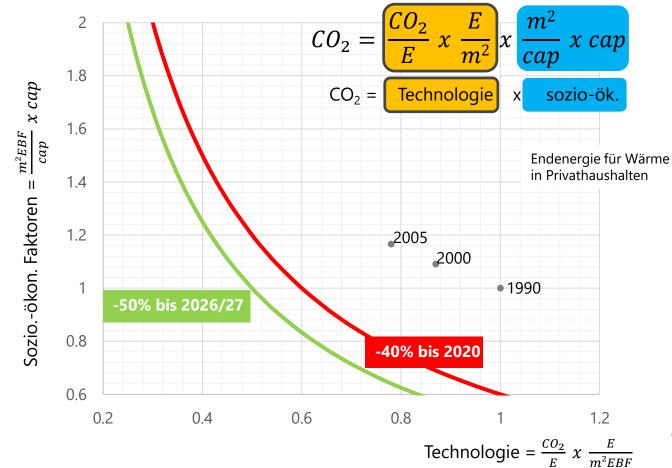




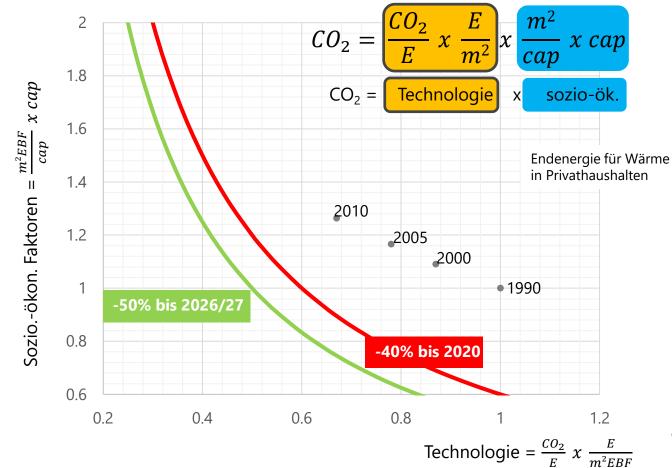
Technologie = $\frac{CO_2}{E} \times \frac{E}{m^2 EBF}$



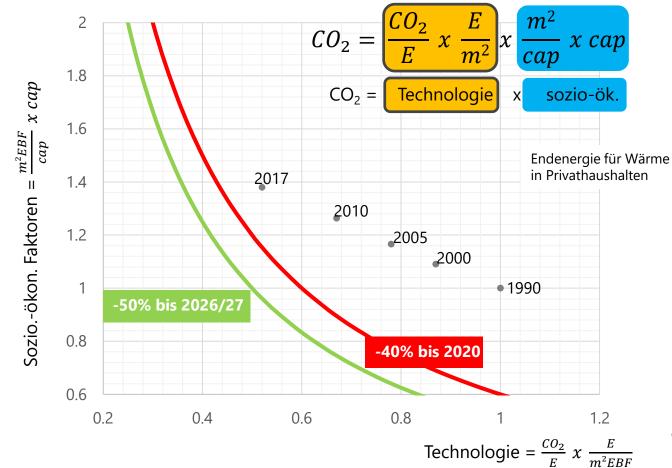




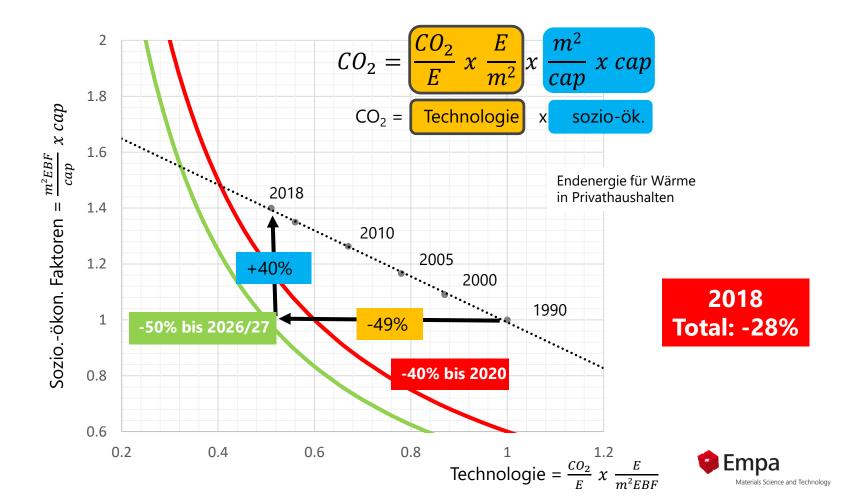












Zukünftige Rolle von Gebäuden

Integraler Teil des Energiesystems

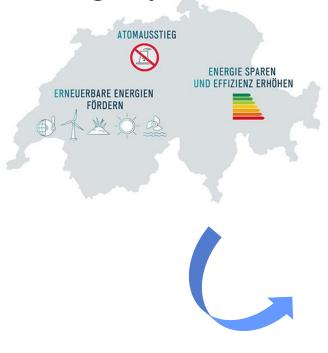
- Produzenten
 - PV

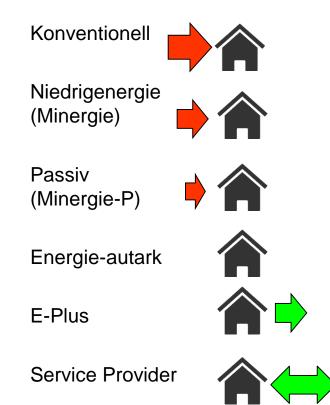
- Konsumenten
 - Strom
 - Wärme, Kälte
- Speicher



Ausgangslage und Zielsetzung des Energiesystems

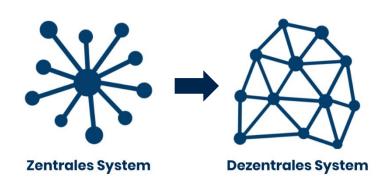




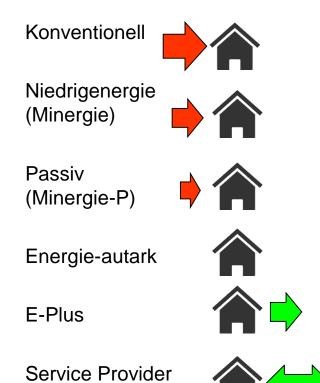


Ausgangslage und Zielsetzung des Energiesystems



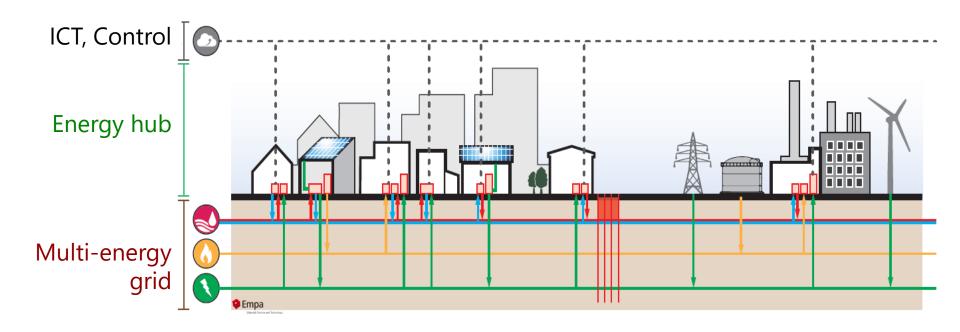






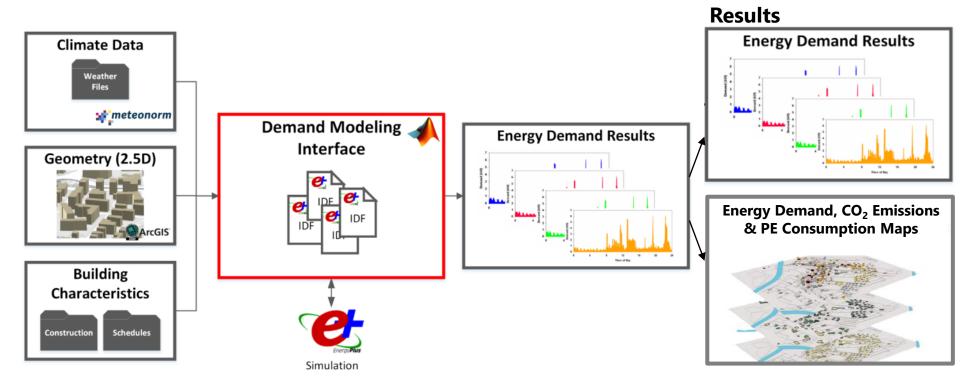
Multi-energy systems





Dynamic modelling of energy demand





Retrofit modelling – change in energy demand



Business as usual



Retrofit modelling – change in energy demand

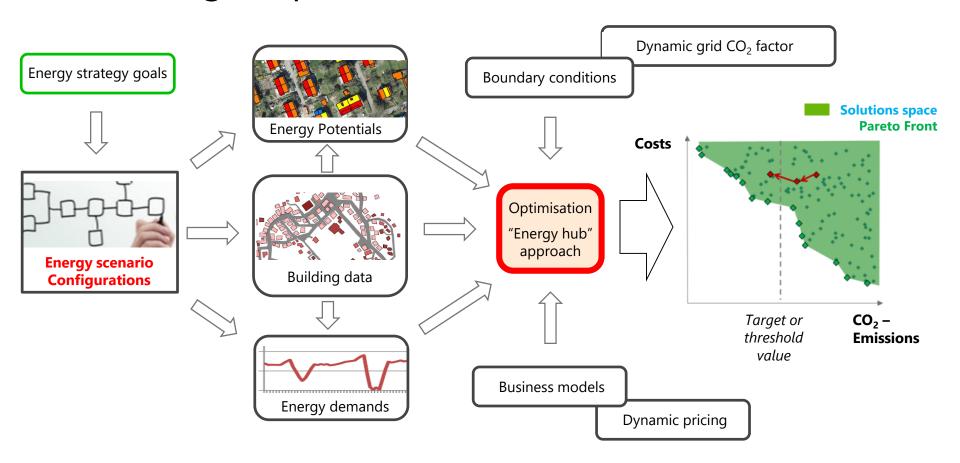


New Energy Policy



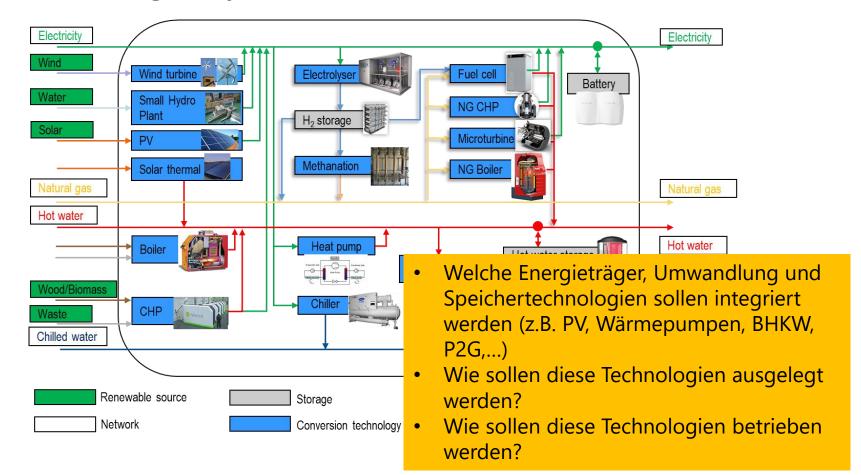
Modelling – Optimisation of MES





Multi-Energie Systeme





Modelling – Optimisation of MES



Production at district or building level?

Location of energy hub?

Structure & Dimensioning of networks?

Seasonal storage?

Which energy sources?

Potential contribution of renewable energies?

Optimisation "Energy hub" approach

Solar-PV? Roof? Facade?

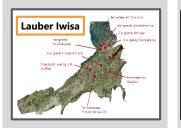
Batteries? How and Where?

Heating or gas network?

Application examples



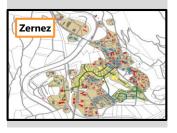




Zürich



Zernez



Zürich Lengg



Suurstoffi, Risch



Areal Sommerau Nord, Gossau



Baden Nord



Rheinfelden



Kt. Basel Stadt



Zürich Altstetten

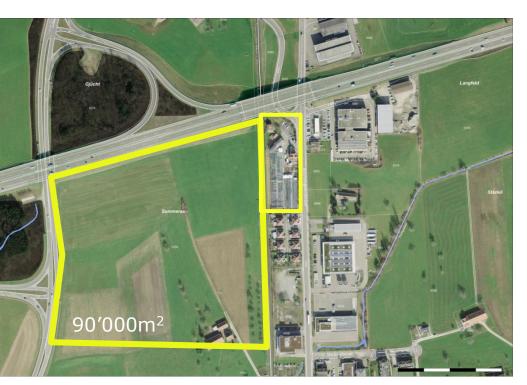




Anwendungsbeispiel Gossau



Entwicklung eines Energie-Konzepts für einen kommerziellen/industriellen Campus



Partner: SGSW, SWG, GMOS, HSLU

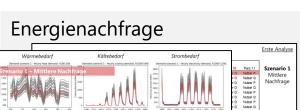


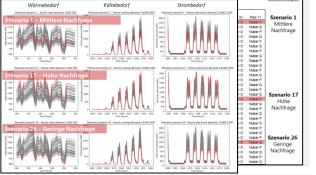
Hauptfragen:

- Optimaler Mix aus Produktions- und Speichertechnologien?
- Optimale Lage einer **Energiezentrale**?
- Optimale **Topologie und Temperaturniveau des Wärmenetzes**?
- Mögliche Installation von Dach-PV und Fassaden-PV und saisonalen Erdwärmespeichern?

Anwendungsbeispiel Gossau







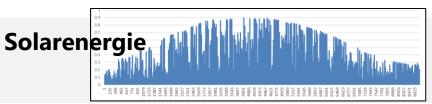


3 Netz-Szenarien:

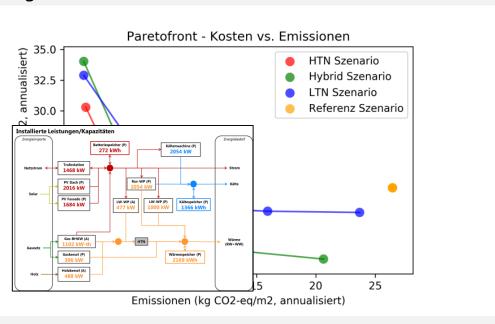
- Hochtemperaturnetz
- Niedertemperaturnetz
- 4-Leiter-Netz



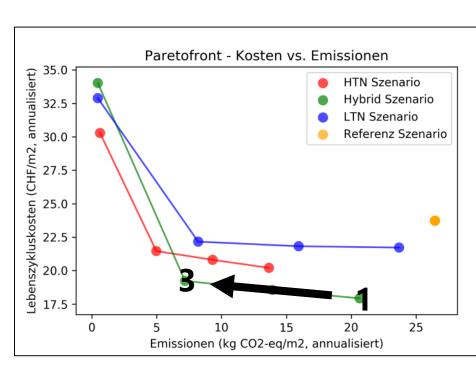
Verfügbare erneuerbare Energieresourcen



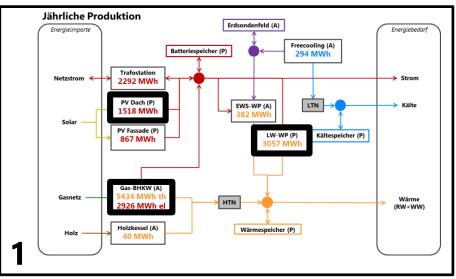
Optimierung

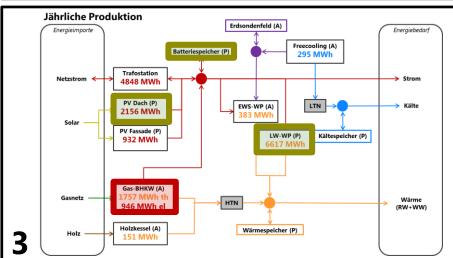


Application example Gossa



CO₂: -65% LCC: +7%



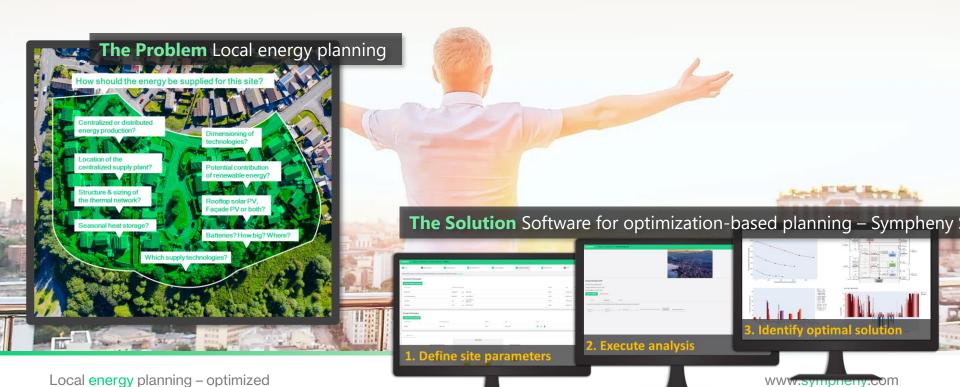


sympheny

Timeline Apr 2020 Founded

May 2020 SaaS v0 **Sep 2020** SaaS v1

Market entry



Energiespeicherung



Charakteristika

Zeitlich

■ Kurz: Stunden

Mittel: Tage und Wochen

Lang: Saisonal

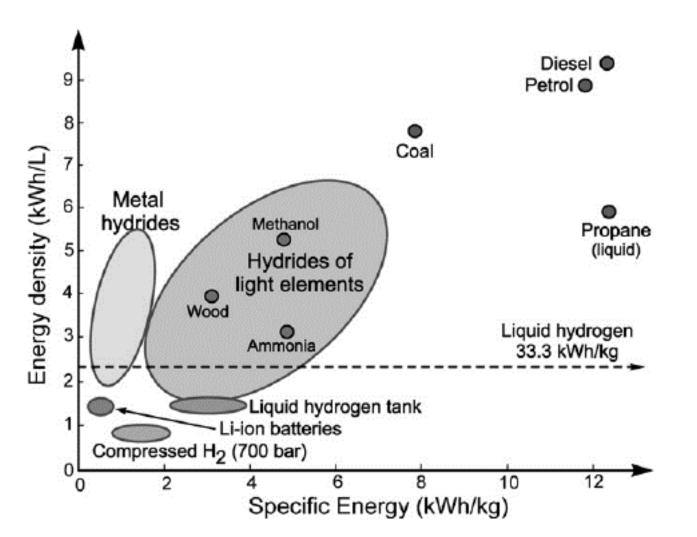
Art

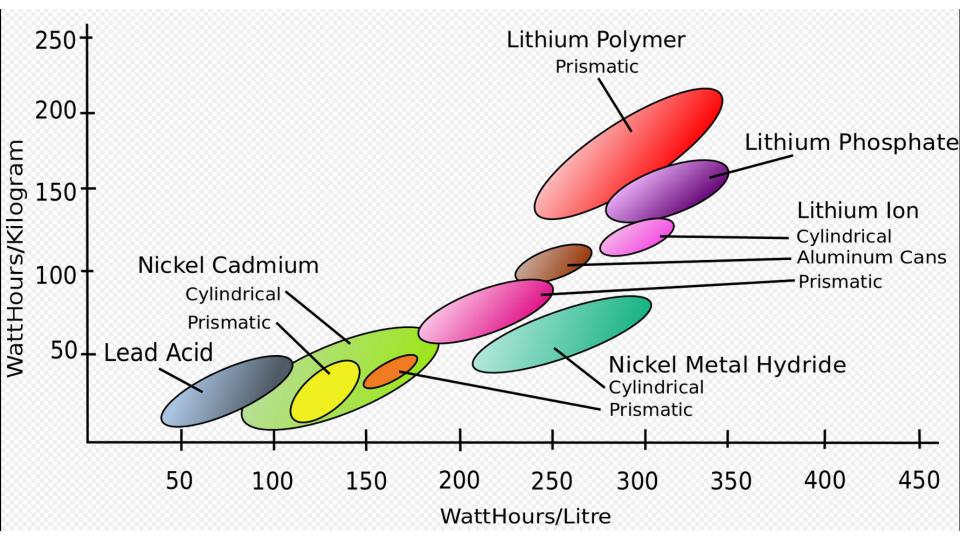
■ Chemisch: Batterien, Power to X

Gravimetrisch: Pumpspeicher

Wärme/Kälte: Wasser, Fels, Untergrund



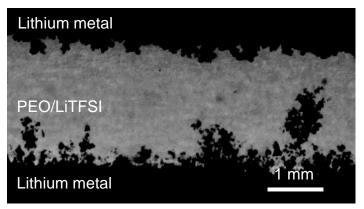


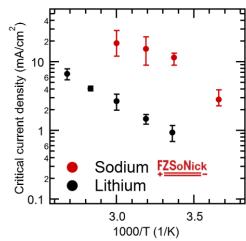


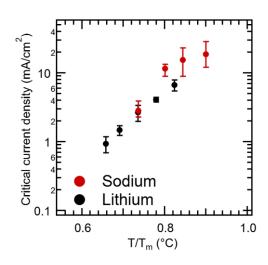


Forschungsschwerpunkt Energie der Empa

Eliminate dendrites in alkali metal anodes



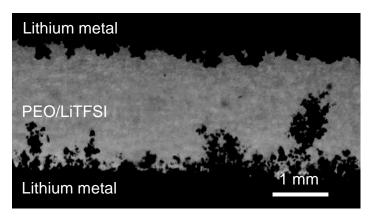




- Lowest potential, highest capacity
- Dendrites prevent fast charging

- 10x faster charging with sodium vs lithium
- Patented interface conditioning

Eliminate dendrites in alkali metal anodes

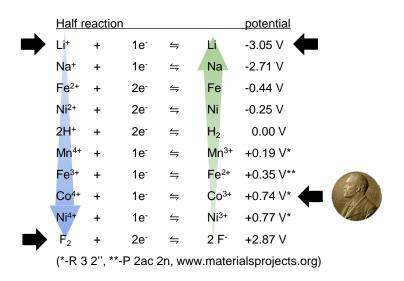




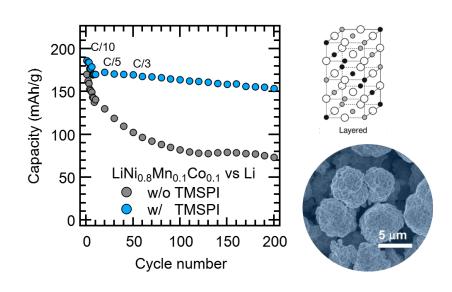
- Lowest potential, highest capacity
- Dendrites prevent fast charging

- 10x faster charging with sodium vs lithium
- Patented interface conditioning

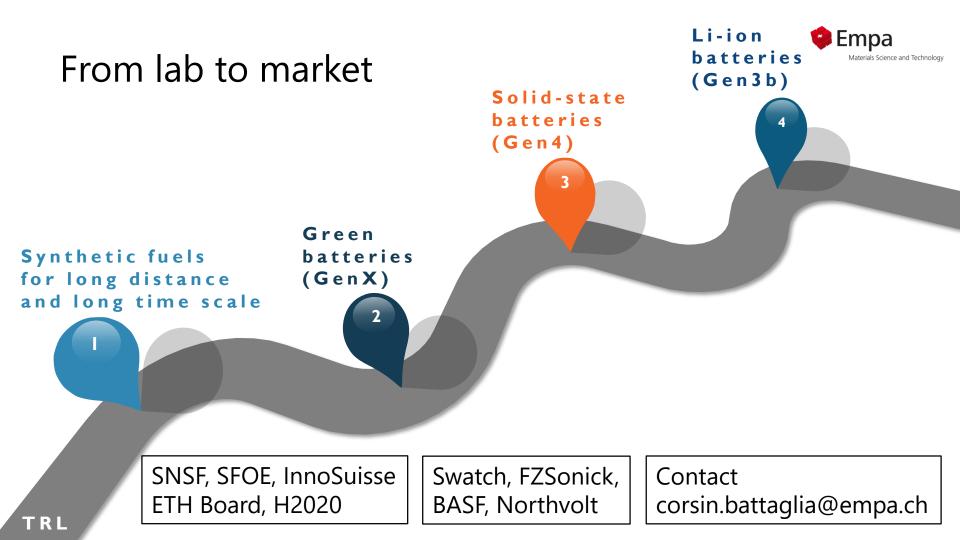
Reduce cobalt in cathode



- Fluorine is the most oxidizing element
- 6200 Wh/kg vs 250 Wh/kg



- Nickel less stable than cobalt
- Stabilization through electrolyte additives





Aerogel-Holz Elementbau



Building a sustainable future

- Aerogel-Holz Komposite für schlanke Modulbauweise
- Innosuisse Projekt:
 - Ziel U< 0.2 W/m² K
 - Gesamtdicke maximal 15cm
- Statische Auslegung f
 ür Stockwerkerweiterung «City lifting»
- Grundlage: P&D Projekt "Hohlstrasse 100", Zürich



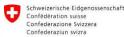


Entwicklung diverser Holzelement-Konfigurationen und Aerogel-Integrationskonzepte





Lighthouse Projekt «Hohlstrasse 100» Projektüberwachung



Bundesamt für Energie BFE

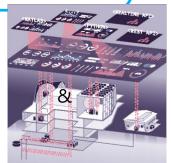








ehub



dhub



move

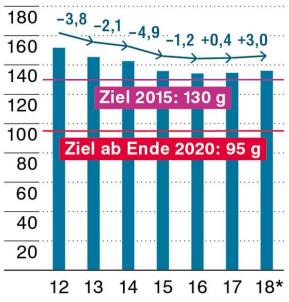
NEST

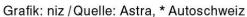


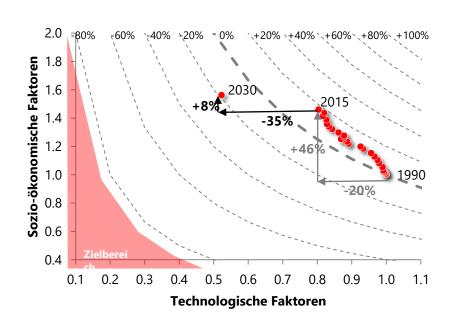
Neuwagen stossen seit 2017 wieder mehr CO₂ aus

Empa
Materials Science and Technology

CO₂-Emissionen in g/km und Fahrzeug – sowie Absenkraten in Prozent







Herausforderungen in der Strassenmobilität

Wie werden Fahrzeuge eingesetzt?



70% der «typischen» Tages-Fahrstrecken privater Personenwagen sind kürzer als 50 km.

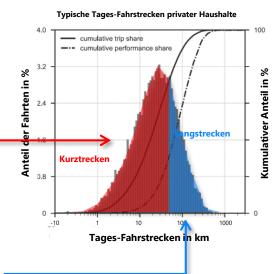
Diese machen nur 30% der gefahrenen Kilometer aus.

→ Kurz- und Mittelstreckenfahrten sollten von verbrennungsmotorischen Fahrzeugen auf **Elektrofahrzeuge** umgestellt werden.

Die 30% längsten Tages-Fahrstrecken machen insgesamt 70% der gefahrenen Kilometer aus.

→ Langstreckenfahrzeuge sollten von fossilen auf erneuerbare **synthetische Treibstoffe** umgestellt werden.

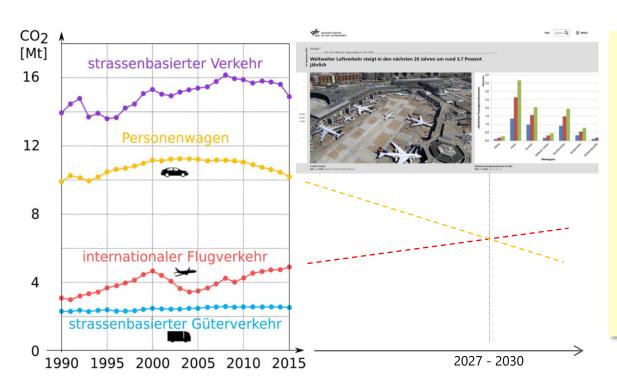
... die z.B. aus ungenutztem Sonnenstrom im Sommer hergestellt (z.B. Power-to-Gas) oder importiert (z.B. LNG, Flüssiggas) werden



CO₂-Emissionen der Mobilität

Hohe Relevanz des Flugverkehrs





Starker Zuwachs (vor Corona) im Flugreiseverkehr (ca. 5% p.a.).

Setzt sich dies (nach Corona) weiter fort, kompensiert der Flugverkehr die Minderungen bei den Personenwagen.

Ca. 2030 übersteigen die CO₂-Emissionen des schweizerischen Luftverkehrs diejenigen des Personenwagenverkehrs.

Synth. Treibstoffe sind für eine CO₂-Reduktion unumgänglich

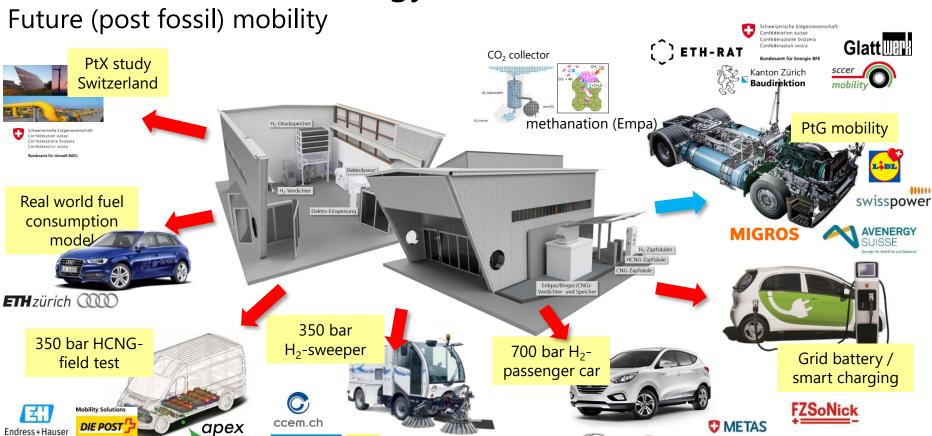
Research and Technology Transfer Platform

Endress+Hauser

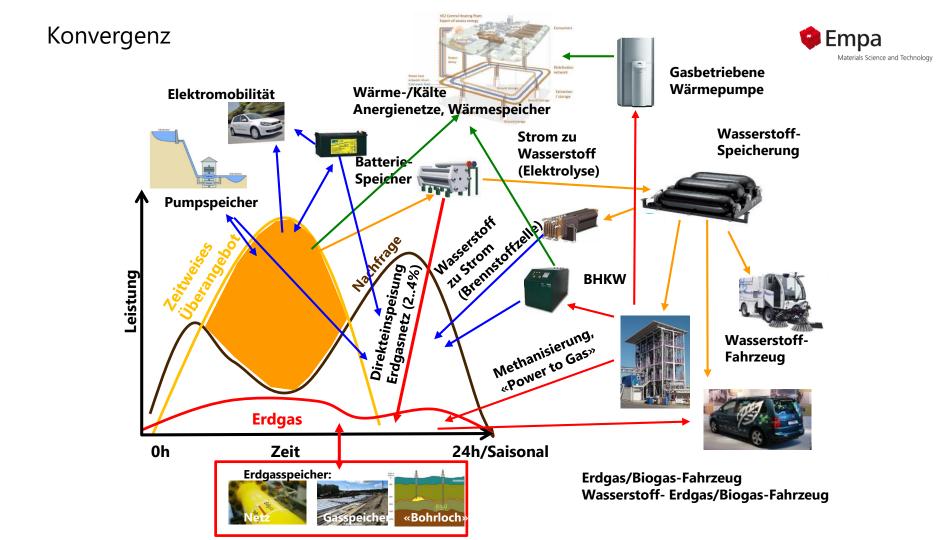
Swagelok



Henergy Stäubli



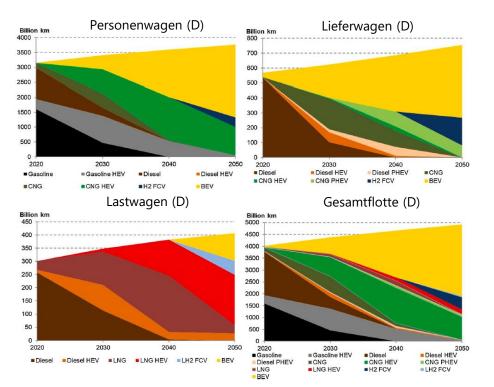
municipal



Veränderungen Fahrzeugantriebssysteme



Unterschiedliche Entwicklung in den Segmenten



B. Helgeson (Energieökonom) hat die Antriebskonzepte für eine CO₂-Reduktion um 90% nach ihrer Wirtschaftlichkeit analysiert (für D).

Dabei zeigt sich, dass:

- BEV im PW/LiW-Bereich und
- synth. Treibstoffe im LKW-Bereich sehr relevant werden könnten.

Die Laufleistung der LKW-Verkehrs ist insgesamt zwar 10 x geringer, aber die Verbräuche könnten 2050 10 x höher sein.

Im LKW-Bereich ist eine direkte Elektrifizierung deutlich schwieriger und teurer als im PW-Bereich.

Quelle: B. Helgeson et al; Applied Energy (2020)

Kaya Identität – der Link zwischen Energie und Klima



$$CO_2 = \frac{CO_2}{E} x \frac{E}{GDP} x \frac{GDP}{cap} x cap$$

Fossiler Anteil des Energiemix

Effizienz

Wirtschaftswachstum Bevölkerungswachstum

Kaya Identität – der Link zwischen Energie und Klima

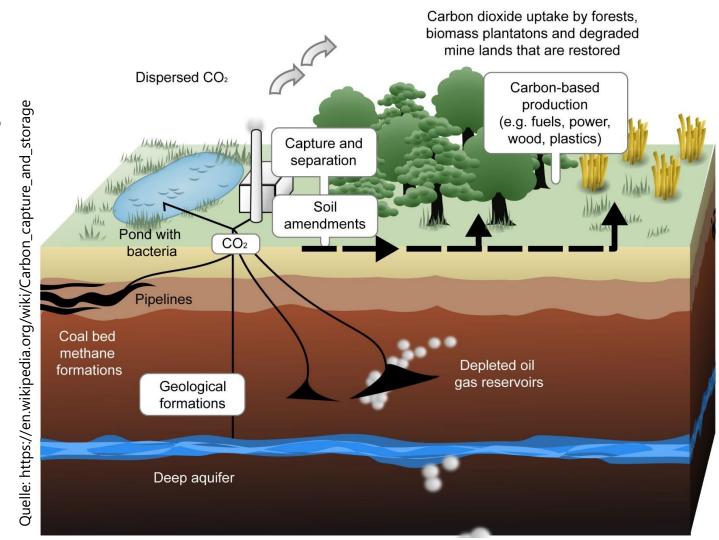


$$CO_2 = \frac{CO_2}{E} \times \frac{E}{GDP} \times \frac{GDP}{Cap} \times cap - \frac{CO_2}{CO_2}$$

Fossiler Anteil des Energiemix

Effizienz

Wirtschaftswachstum Bevölkerungswachstum CO₂ negative Technologien Carbon
Capture
and Storage
CCS



Capture Strategien



- Punktquellen
 - Zementwerke
 - Fossile Kraftwerke
 - Stahlwerke
 - Biomasse Kraftwerke
 - **..**
- Atmosphäre (z.B. Climeworks)

Bedeutung CCS



IPCC Okt. 2018: CCS Teil von 3 der 4 vorgestellten Szenarien

■ IEA: ≥ 7% der Reduktionen über CCS

Bedarf global: 2'000 Anlagen

Stand der Technik:

Knapp 20 Anlagen in Betrieb

■ 5 im Bau

20 im Planung

• Kosten: bis zu $100 \$ / t CO_2$

Holzbau

Temporäre Einlagerung von gebundenem Kohlenstoff in Gebäuden

Facts zum Projekt

Geschosse	10 (EG + 9 OG)
Geschossfläche	17 900 m²
Hauptnutzfläche	10 725 m²
Einstellplätze für PW	85
ERNE SupraFloor® ecoboost ²	10 000 m ²
Systemdecke	
Aussenwände inkl. Fenster	7 500 m²
Holzverbrauch	1 300 m³
Brettschichtholz,	
Fichte/Tanne	
Buchenholz (BauBuche)	200 m³
Gipsfaserplatten	17 500 m ²



Zusammenfassung



- Energiepolitik ist Klimapolitik und umgekehrt und auch Wirtschaftspolitik
- Decarbonisierung des Energiesystems ist zwingend
 - Effizienzsteigerung in allen Sektoren
 - Erschliessung erneuerbare Energiequellen
 - Speichertechnologien kurz/mittel/lang
 - Internalisierung externer Kosten
- CO₂-negative Technologien notwendig um 1.5°C Ziel zu erreichen

Collaboration for a sustainable future





Technology agnostic



technologies for a circular economy

Economy: Industry

Science: R&D

Backup



So What?

Gian Franco Kasper, Präsident des Internationalen Skiverbandes

Interview im Tages-Anzeiger, 4. Februar 2019

Kasper: "Und dann gibt es auch noch den sogenannten Klimawandel . . ."

TA: . . . sogenannt?

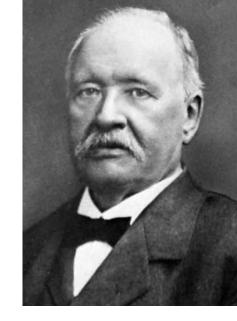
Kasper: "Es gibt keinen Beweis dafür. Wir haben Schnee, zum Teil sehr viel."



Svante August Arrhenius (1859-1927)

Philosophical Magazine and Journal of Science Series 5, Volume 41, April 1896, pages 237-276.

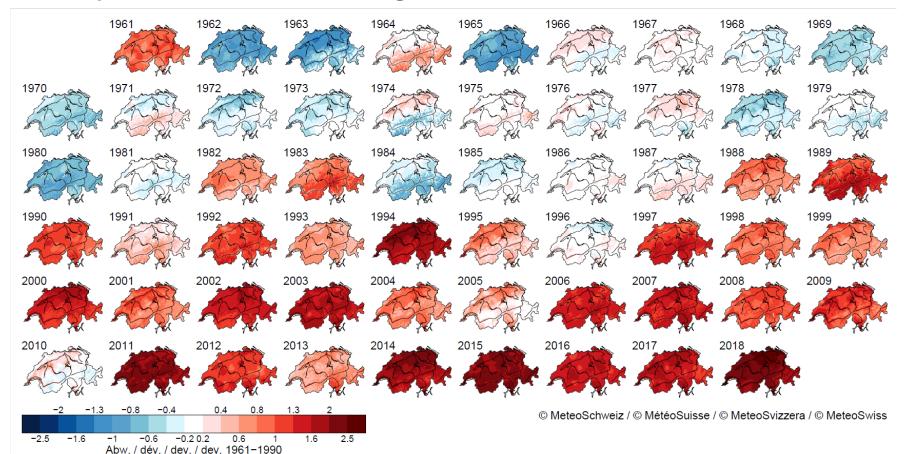
 On the Influence of Carbonic Acid in the Air upon the Temperature of the Ground



 Erste Überlegungen zum Einfluss von CO₂ aus der Verbrennung fossiler Energieträger auf das Klima durch den Anstieg der CO₂ – Konzentration in der Atmosphäre

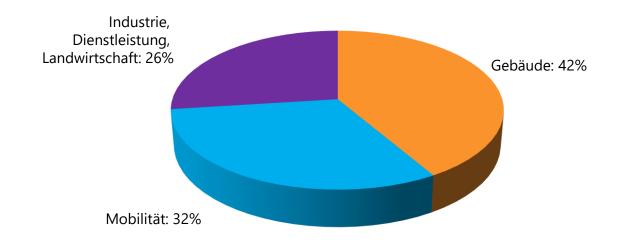
Temperaturentwicklung Schweiz





Endenergiebedarf Schweiz 2018: 734 PJ

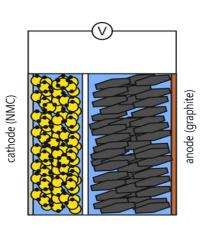




Mobilität der Zukunft











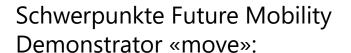
Erneuerbare Energie für eine CO₂-freie Mobilität Research and Technology Transfer Platform «move»







first 700 bar fast fuelling site in Switzerland



- Fokussierung auf mit erneuerbarer Energie betriebene Fahrzeuge (E, H_2 , e-Fuels)
- b) Mobilität muss einen «Systemnutzen» leisten (Speicher, Flexibilität, Nutz. Überschüsse)

Closed carbon cycles for a sustainable mobility





Glatt IIII





























Atlas Copco











apex



Future Mobility – alle Antriebe nötig

Empa
Materials Science and Technolog

move @ Empa: enabler, WTT - Plattform

100% fossil today



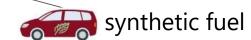
100% renewable tomorrow



e-mobility



hydrogen



Kurze und mittlere Distanzen wie Stadt- und Pendlerfahrten Autos mit **Elektroantrieb** Längere Distanzen
Wasserstoff
(und synthetische) Kraftstoffe.

Für Langstreckenfrachtfahrten eignen sich synthetische Kraftstoffe

- + Effizienz
- Langstreckenmobilität
- Flexibilität beim Strombezug
- Infrastrukturaufbau

- + Transportfähigkeit
- Kosten

Die Strassenmobilität der Zukunft



CO₂-Lebenszyklusemissionen für Stadt- und Autobahnfahrt

	CO ₂ in Stadtfahrt	
	Fossil	Erneuerbar
	g/km	g/km
Benzin / Gas	2 40 / 180	<u>"</u> (>60) / 60
Elektro (25 kWh)*)	<u>"</u> 130	<u> </u>

^{*)} Batteriekapazität

	CO₂ in Autobahnfahrt		
	Fossil g/km	Erneuerbar g/km	
Diesel / Gas	9 190 / 140	<u> </u>	
Elektro (50 kWh)*)	<u>"</u> 160	<u>"</u> 70	

^{*)} Batteriekapazität

Quelle:

Zapf M., Pengg H., Bütler T., Bach C., Weindl C.; Kosteneffiziente und nachhaltige Automobile; Springer Vieweg (2019; *in press*)

Für die CO₂-Reduktion entscheidend ist der **Wechsel von fossiler auf erneuerbare Energie**.

Das Antriebskonzept spielt eine untergeordnete Rolle und sollte entsprechend dem hauptsächlichen Einsatz gewählt werden:

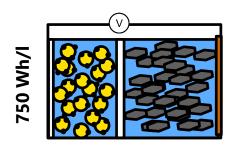
- Im städtischen Einsatz (Kurzstrecken) sind Elektrofahrzeuge verbrennungsmotorischen Fahrzeugen überlegen.
 Zusatznutzen: Stadtluft-qualität wird verbessert.
- Bei Autobahnfahrten (Langstrecken)
 weisen verbrennungsmotorische Fahrzeuge mit
 erneuerbaren Treibstoffen die niedrigsten CO₂Emissionen auf.

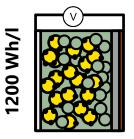
Zusatznutzen: Reduzierter Bedarf an Schnelladesystemen.

Angegebene Daten basieren auf Verbrauchsmessungen an Kompaktfahrzeugen im realen Betrieb. Annahme der CO₂-Emission bei der Batterie-Herstellung: 145 kg/kWh

European battery projects at Empa







- Cathode particle
- Anode particle
- Lithium metal
- Liquid electrolyte
- Solid electrolyte



SENSE Sustainable next-generation lithium-ion battery technology (Gen 3b) with scalability to gigafactories



11 partners, 7 countries, coordinated by





10.3 m EUR # 02/2020 - 01/2024



Upscale materials, processes and architectures for liquidprocessed solid-state Li-metal batteries (Gen 4)



14 partners, 9 countries, research partner



7.8 m EUR



mm 01/2020 - 12/2023



Sodium-zinc molten-salt battery







Coordination of large-scale European research initiative to invent the batteries of the future



23 partners, 14 countries, Swiss contact

2.1 m EUR

109/2020 - 08/2023



S € 3.5 m EUR for Empa Materials for Energy Conversion

ETH Domain

present in 13 of 26 cantons





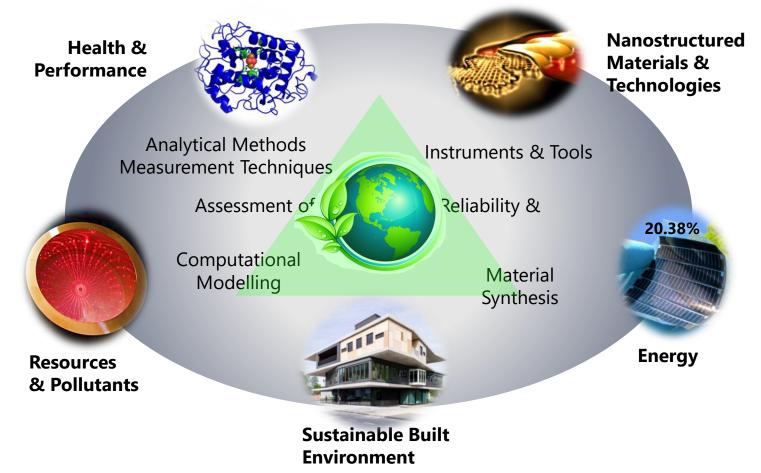






Empa's Research Focus Areas



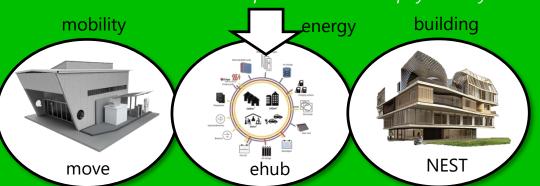


Digital Layer



Through focused innovation in the digital layer





Empa's Demonstrator Park





Empa



Materials Science and Technology









































r suissetec







Zürcher Kantonalbank

EPFL

eawag

PAUL SCHERRER INSTITUT

HOCHSCHULE LUZERN

HARVARD UNIVERSITY

:: csem

BERKELEY LAB

idgenössische Technische Hachschule Zü<mark>rich</mark>