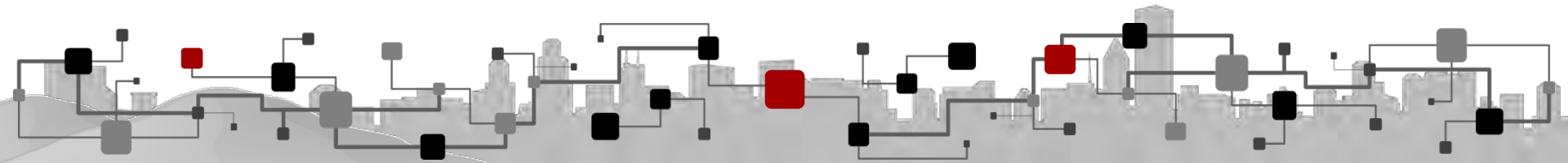


Energiesysteme für die Stadt der Zukunft

Dr. Kristina Orehounig
Empa, Urban Energy Systems Laboratory



Herausforderung für die Stadt der Zukunft



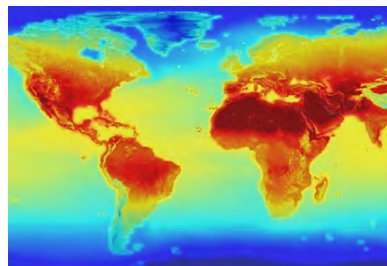
Städtisches Wachstum



Smart cities



Anpassung der Gebäude



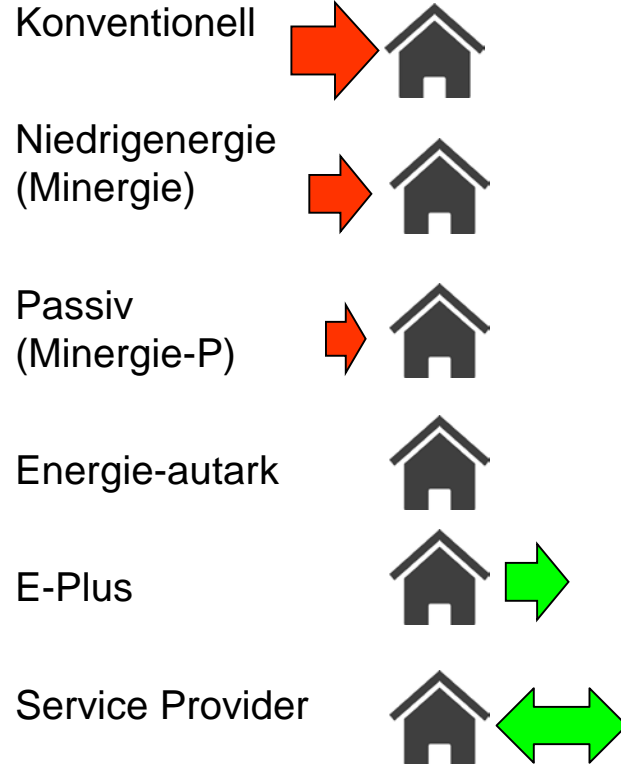
Climate change

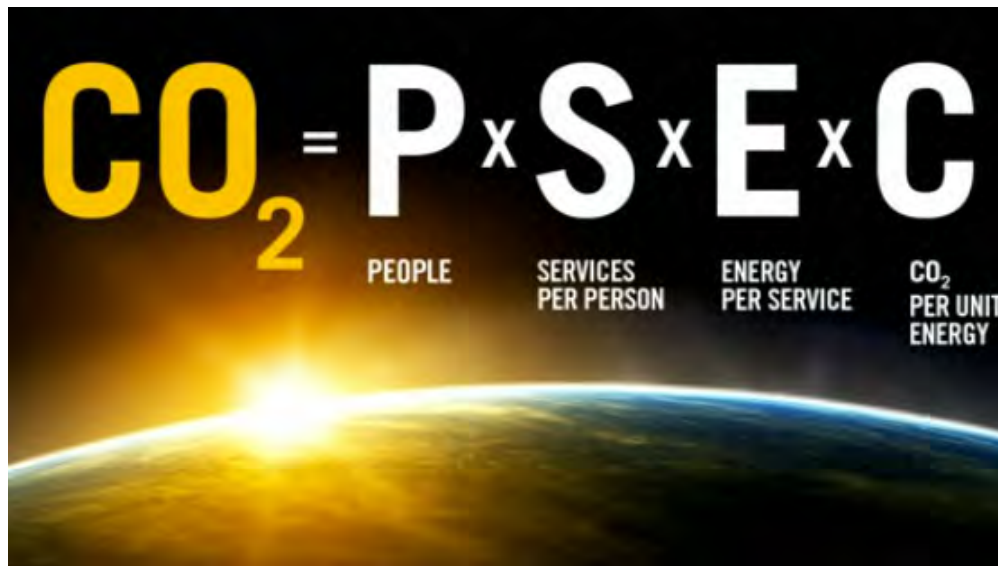


Lebensqualität und Komfort

Die Rolle unserer Gebäude

Ausgangslage und Zielsetzung für Gebäude





The image shows the Kaya Identity equation, $CO_2 = P \times S \times E \times C$, set against a background of a sunrise over the Earth's horizon. The equation is written in large, bold letters. The CO_2 is in yellow, while the other terms are in white. Below each variable is a descriptive label: 'PEOPLE' under P, 'SERVICES PER PERSON' under S, 'ENERGY PER SERVICE' under E, and 'CO₂ PER UNIT ENERGY' under C.

$$CO_2 = P \times S \times E \times C$$

PEOPLE SERVICES PER PERSON ENERGY PER SERVICE CO₂ PER UNIT ENERGY

Distribution of CO₂ emissions into influencing factors to enable reduction strategies



$$CO_2 = P \times S \times E \times C$$

PEOPLE SERVICES PER PERSON ENERGY PER SERVICE CO₂ PER UNIT ENERGY

↓ ↓ ↓ ↓

P $\frac{GDP}{P}$ $\frac{E}{GDP}$ $\frac{CO_2}{E}$

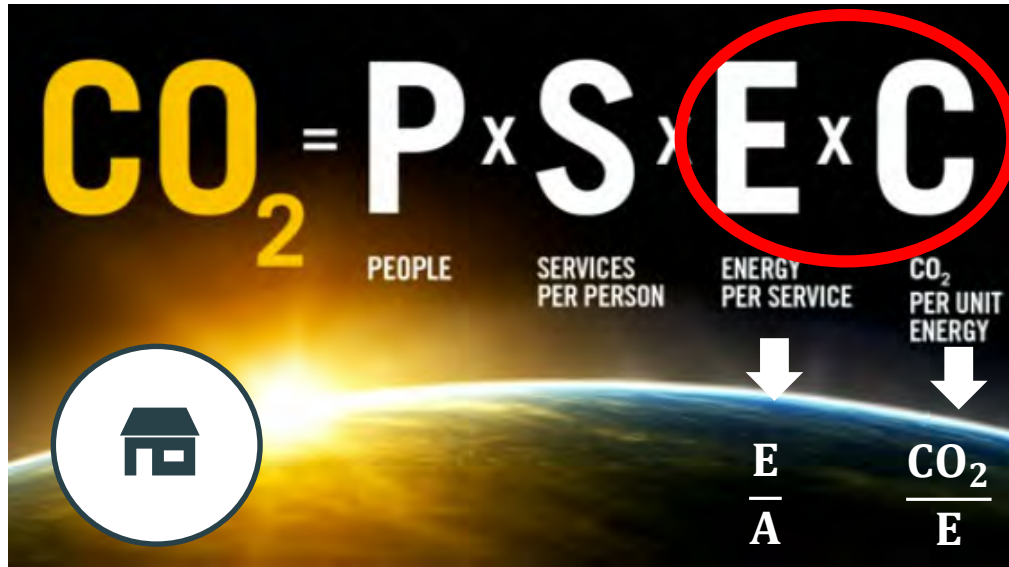
CO_2/E CO_2 Intensity of the energy system [kgCO₂/kWh]

E/GDP *energy intensity of the economy* [J/CHF]

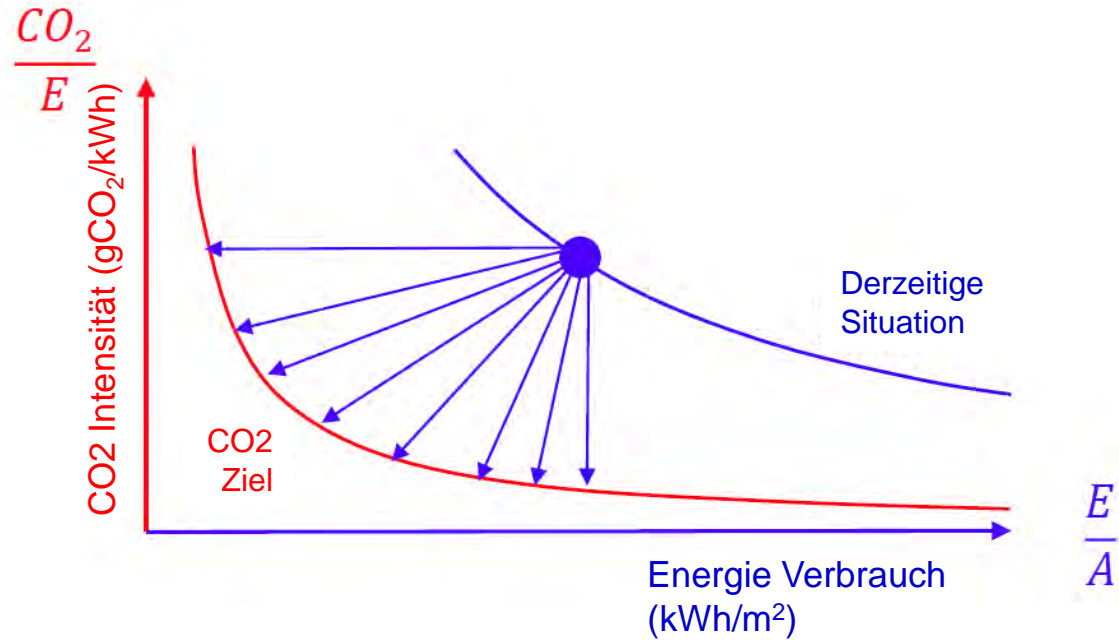
GDP/P *Standard of living* [CHF/Person]

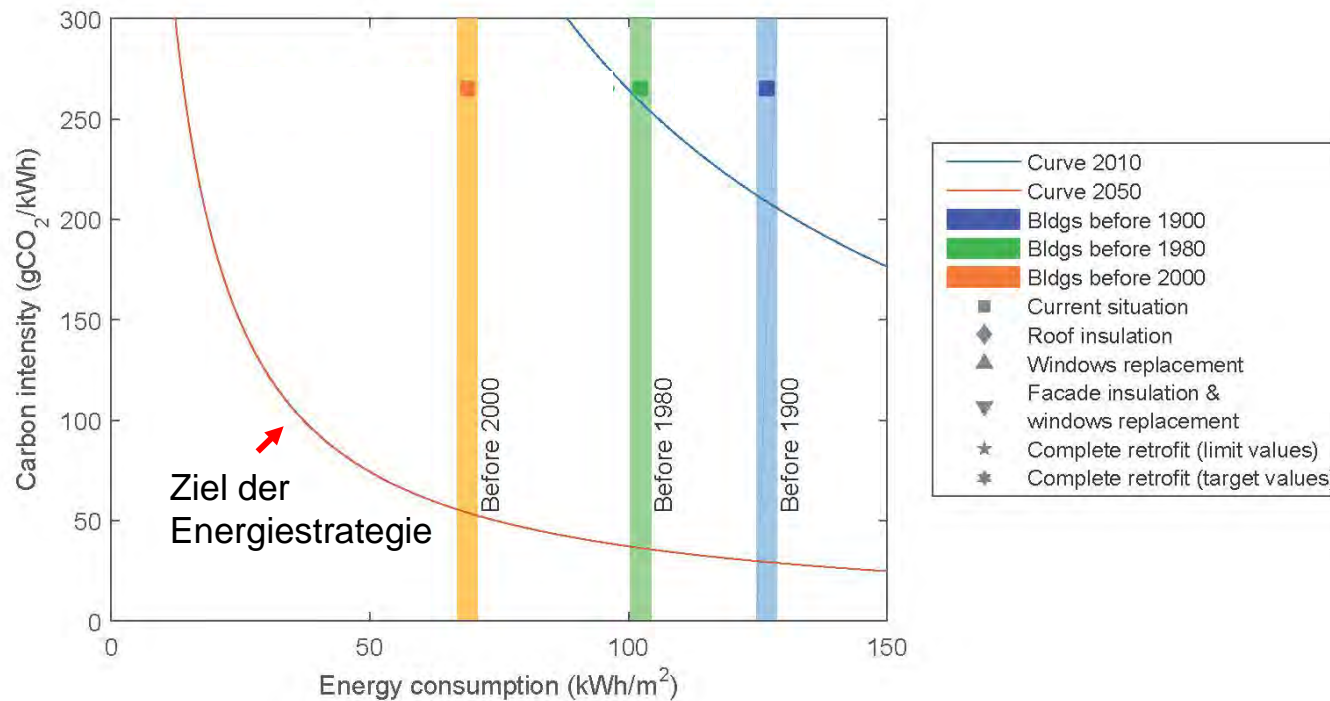


Kaya Identität für Gebäude

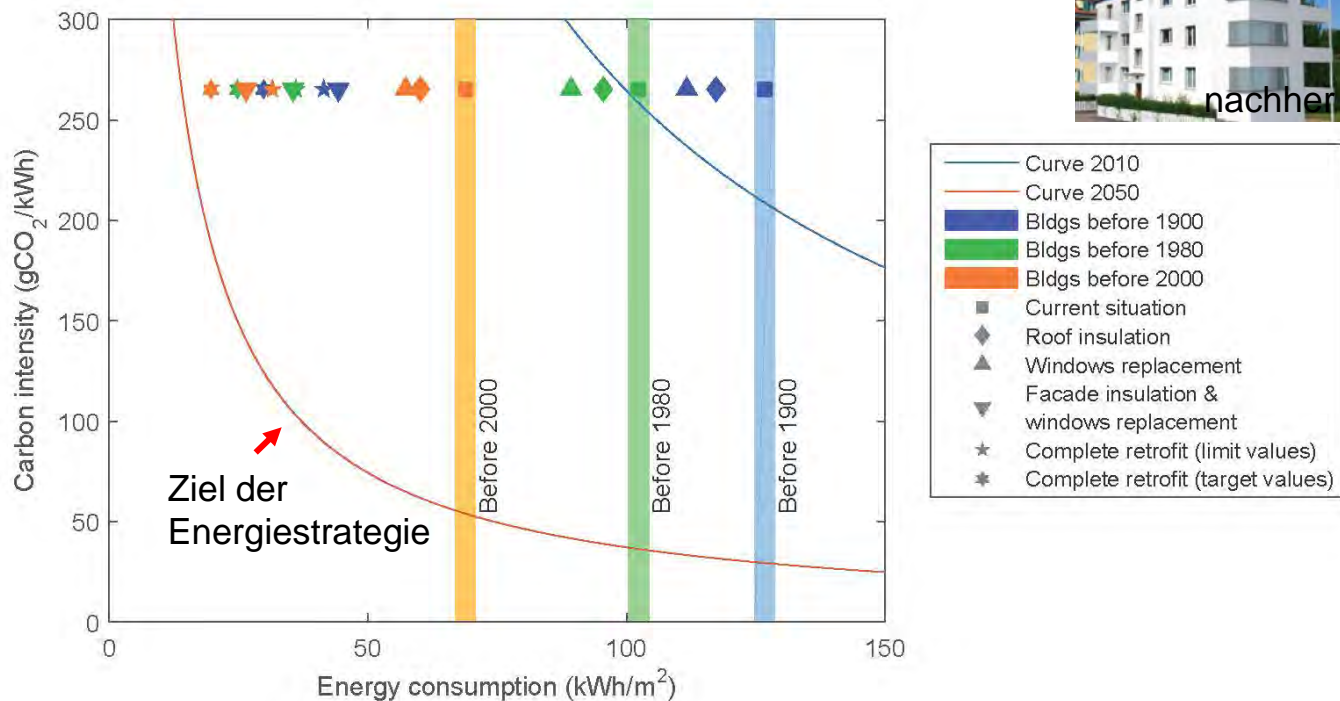


CO_2/E CO_2 Intensity of the energy system [kgCO₂/kWh]
 E/A energy intensity of buildings [kWh/m²]



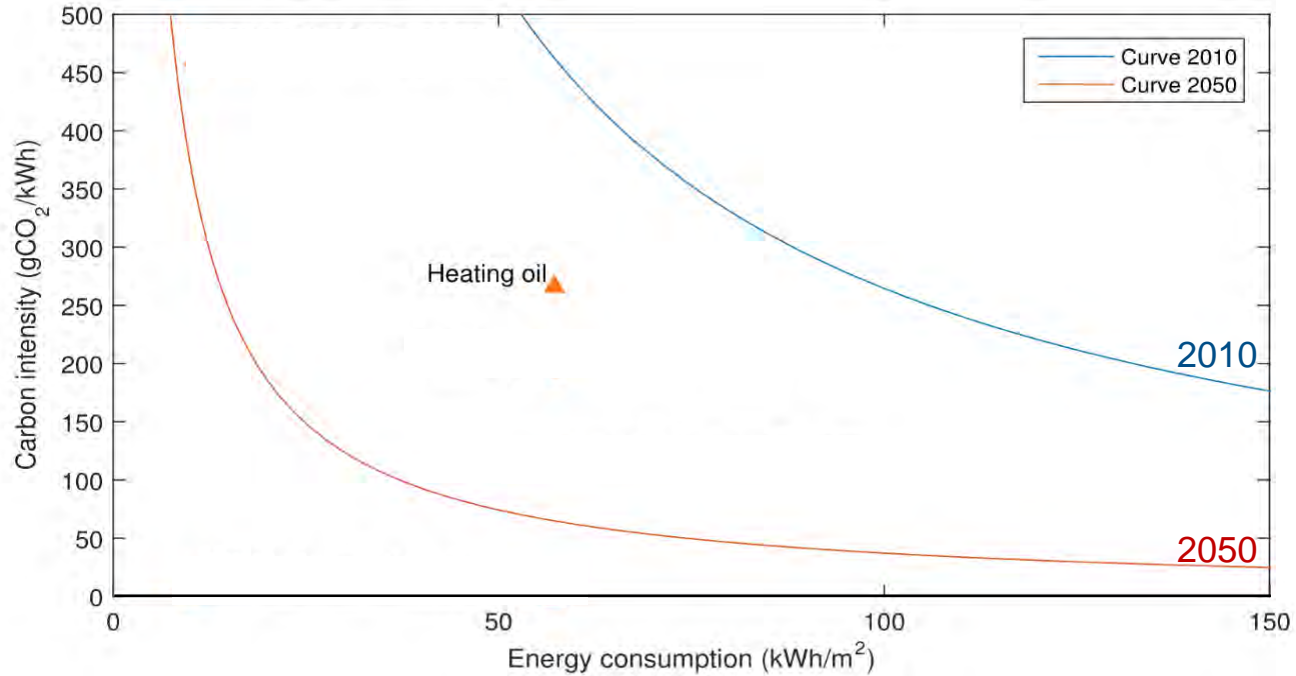


Energetische Hüllensanierung

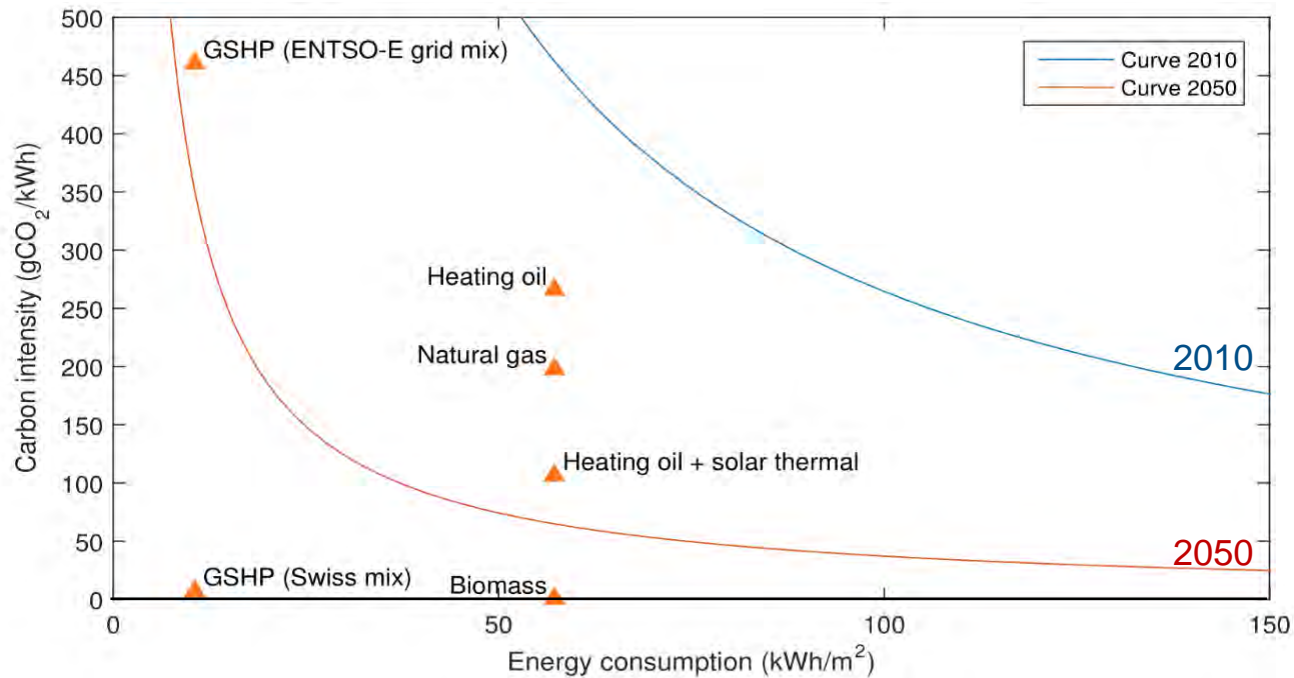




Erneuerung des Heizsystems



Jetzige Situation: Gebäude Baujahr 1995 mit neuen Fenstern



Ausgangslage und Zielsetzung für Gebäude



Konventionell → 

Niedrigenergie

- Effizient (Reduktion des Energieverbrauchs)
- Integration (Dezentrale Energiesysteme, Netzwerke)
- Intelligent (Digitalisation, Internet of things)

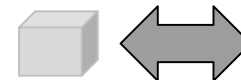


Gebäude spielen eine wichtige Rolle

Energie-autark 



Service Provider



Dezentrale Energieträger im Energiesystem

Welcher Verbrauch?
Welches Potenzial?

*PV, Solarthermie, Erdwärme,
Abwärme, Umgebungswärme*

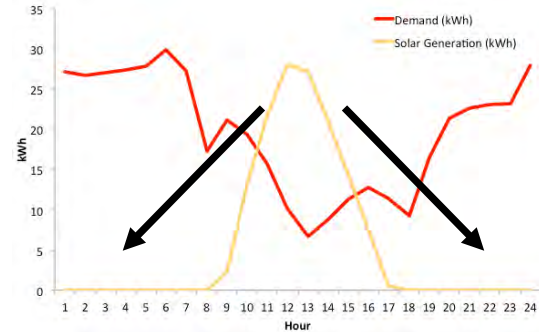
Wie zu designen und dimensionieren?

*Energie und Emissionen,
technisch, wirtschaftlich, soziale Aspekte,
Vergleich mit anderen Lösungen*

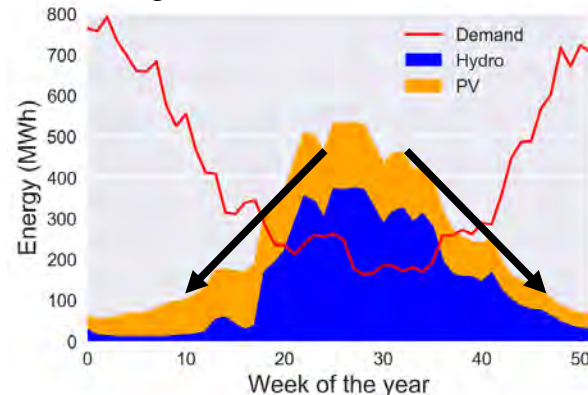
Wie ist der optimale Betrieb?

*Energiemanagement
Link zu Netzen, Speichern*

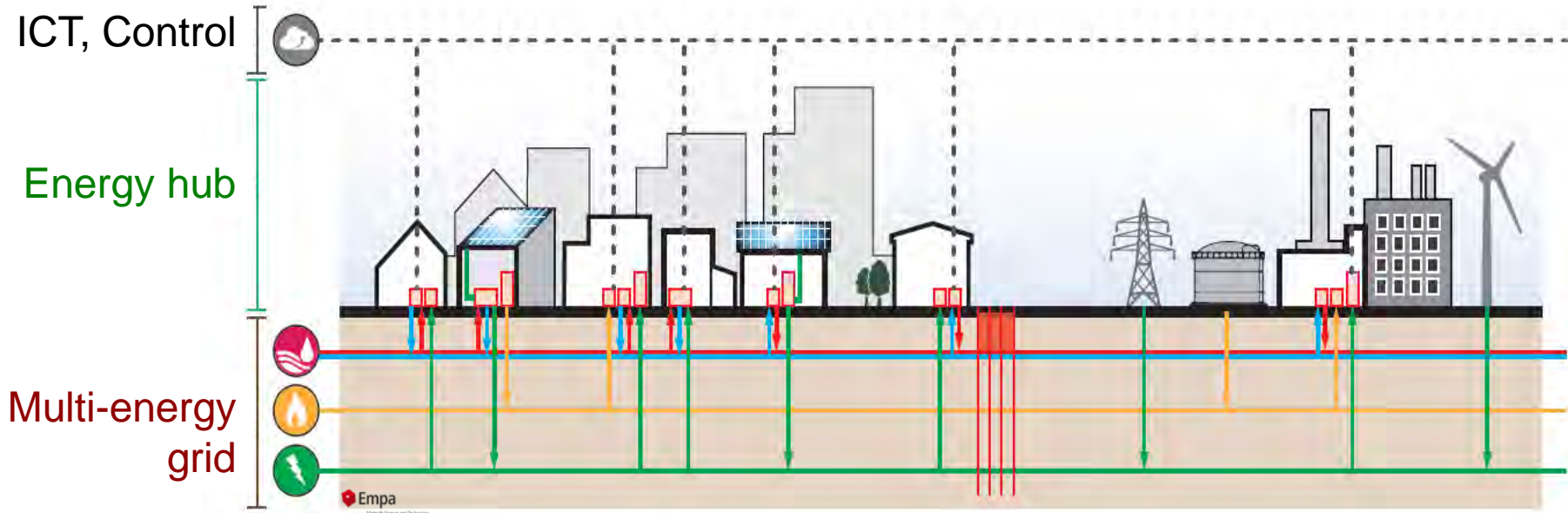
Kurz-Zeit

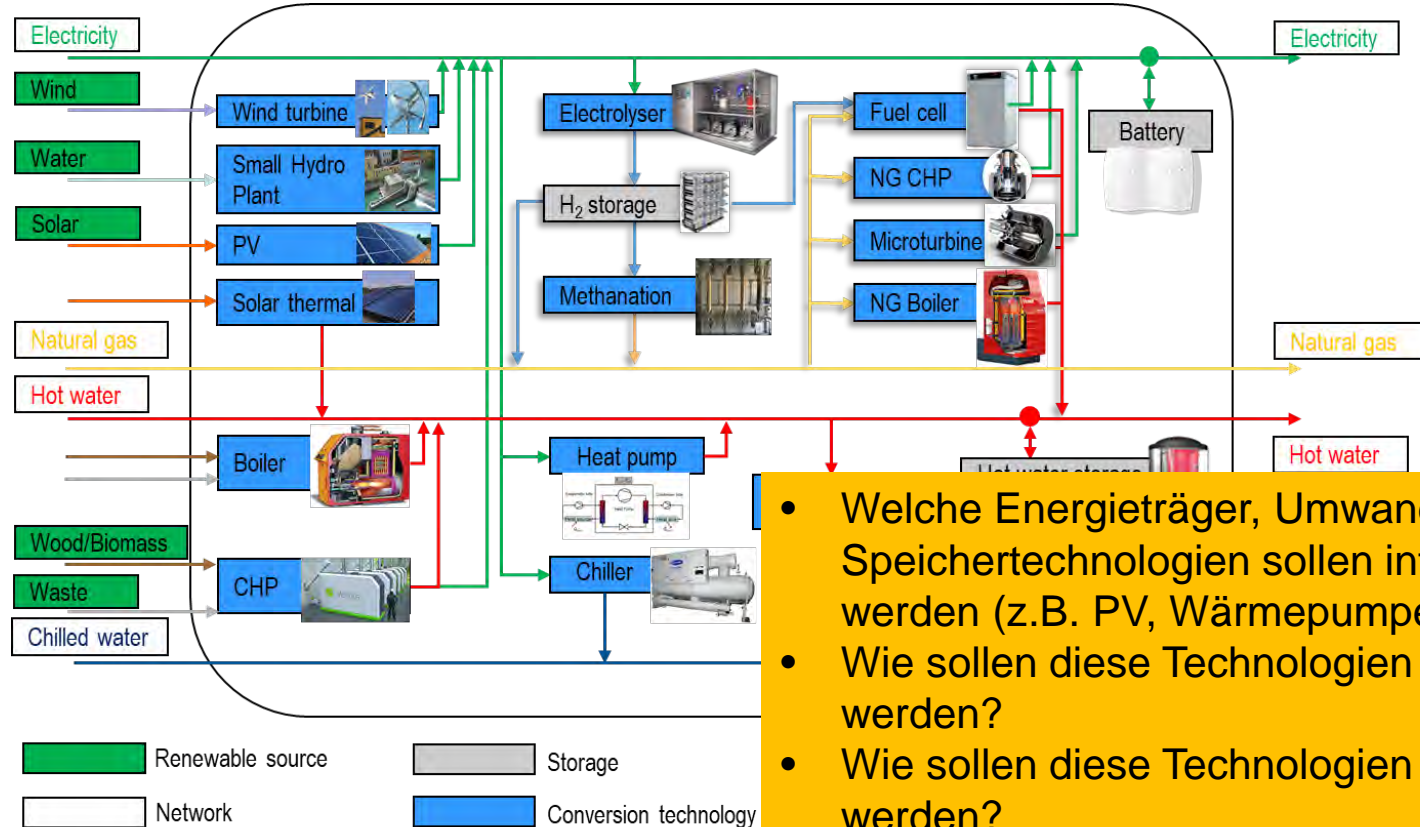


Lang-Zeit/Saisonal



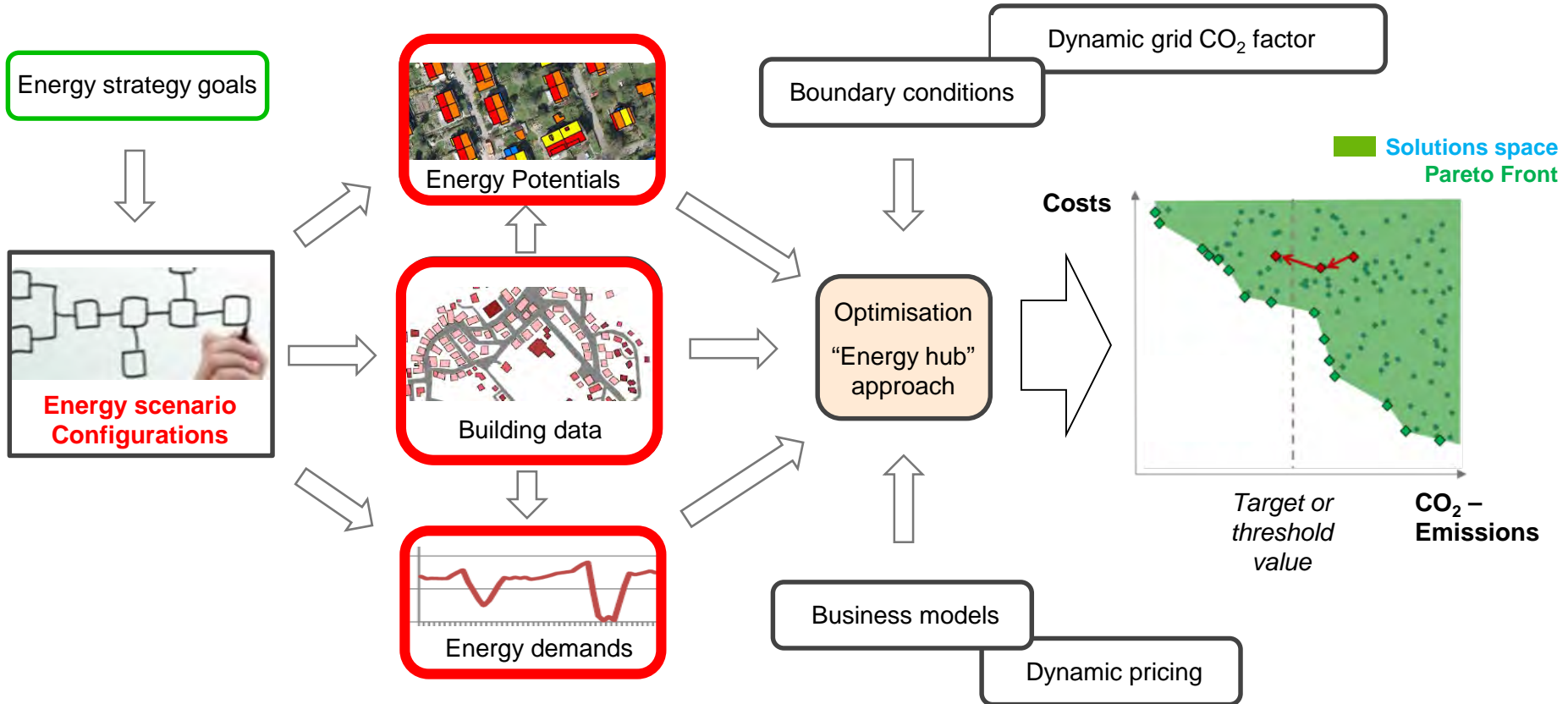
Multi-Energie Systeme

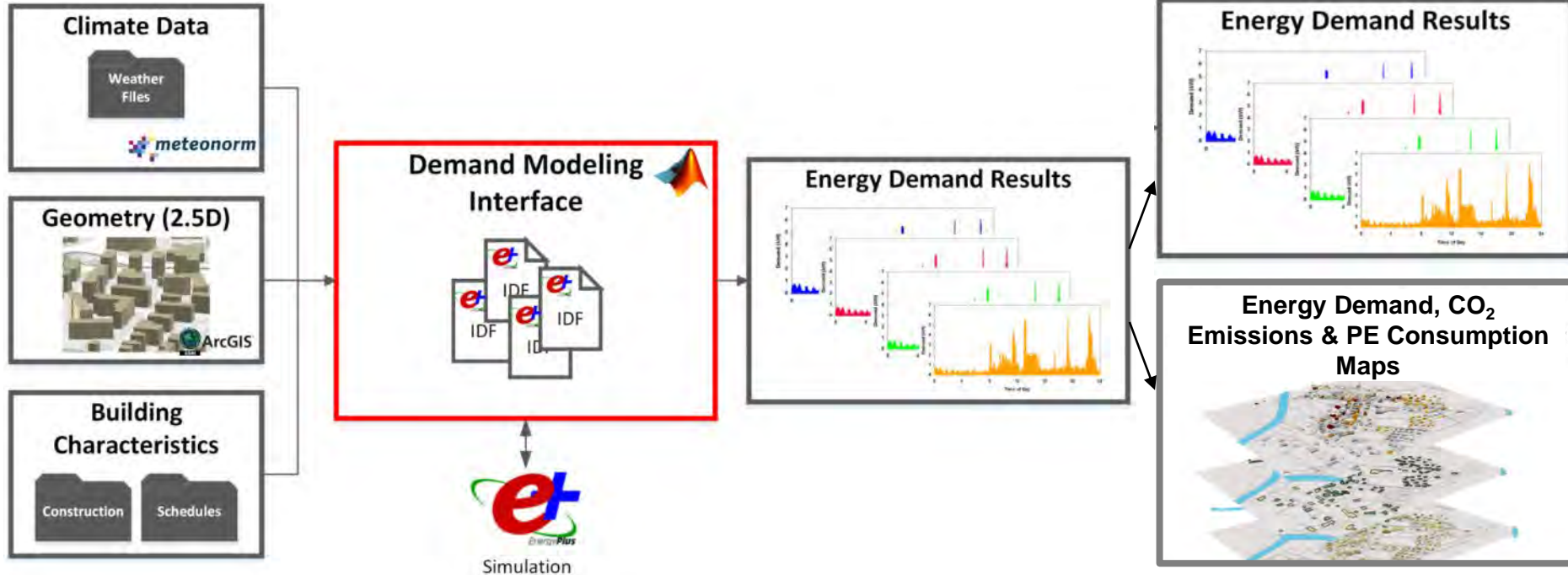




- Welche Energieträger, Umwandlung und Speichertechnologien sollen integriert werden (z.B. PV, Wärmepumpen,...)
- Wie sollen diese Technologien ausgelegt werden?
- Wie sollen diese Technologien betrieben werden?

Modellierung von Multi-Energiesystemen in der Stadt der Zukunft





Business as usual

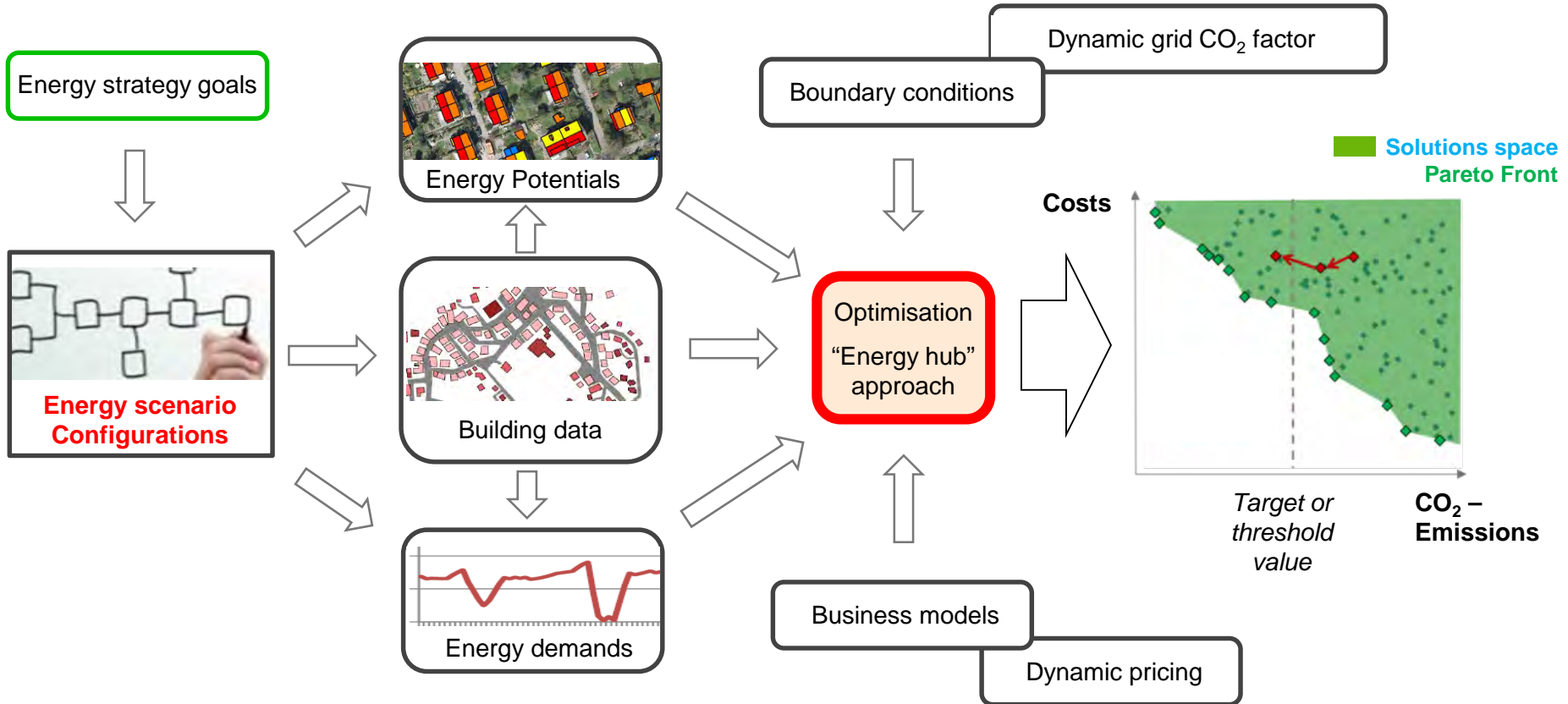


Business as usual

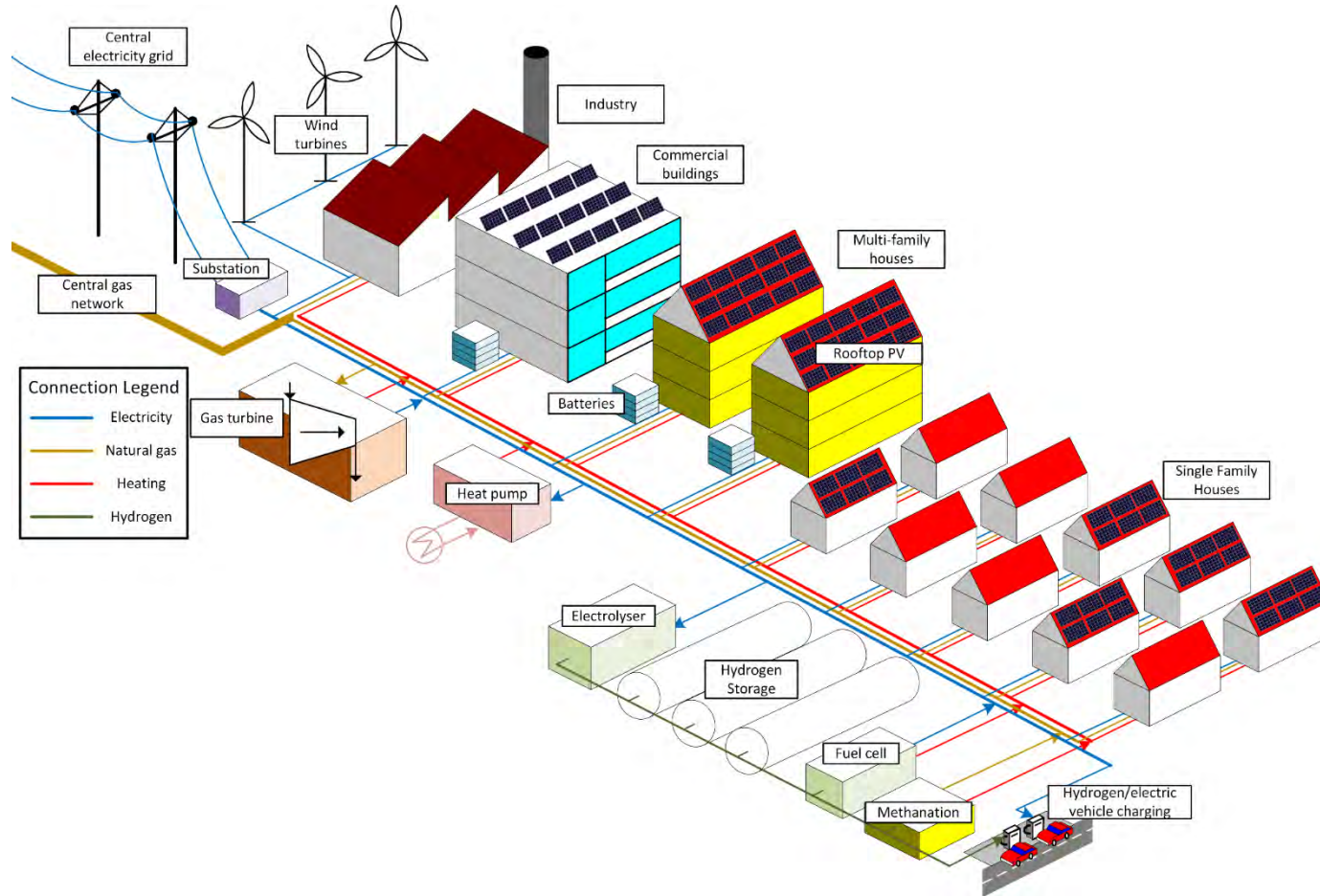


New Energy Policy





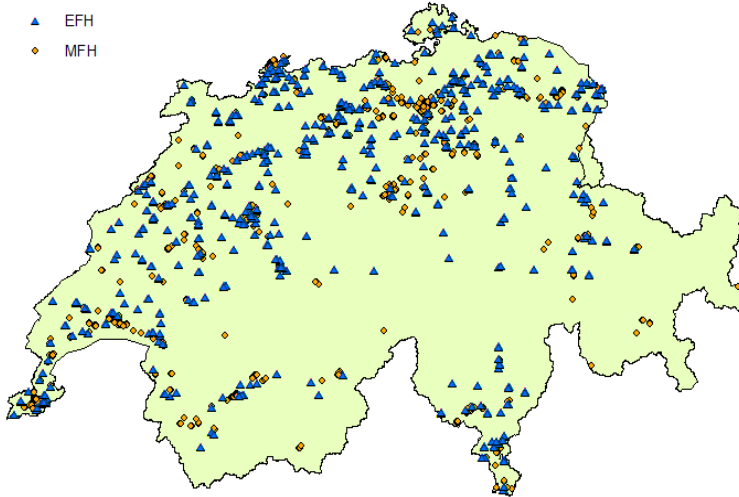
Multi-energie Systeme Technologien



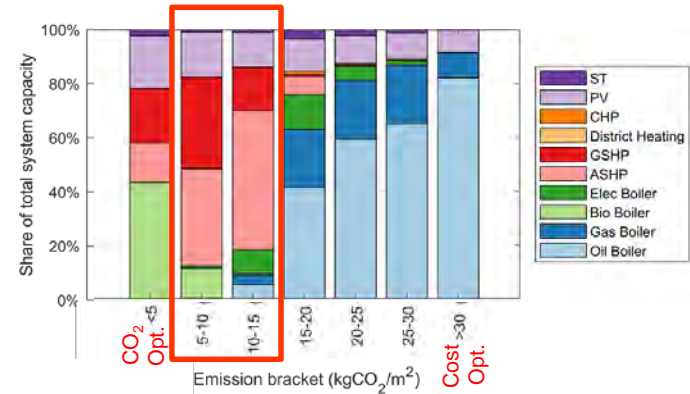
Typische Gebäude der Schweiz

Building Type

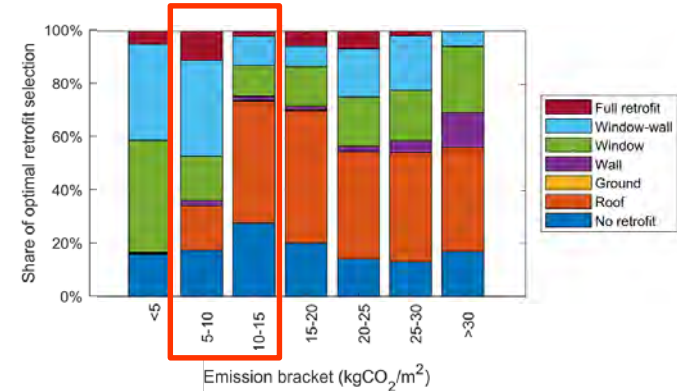
- ▲ EFH
- ◆ MFH



Typische Lösungen: Gebäudesysteme



Typische Lösungen: Gebäudehülle



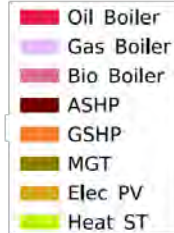
Lösungen für typische Quartiere



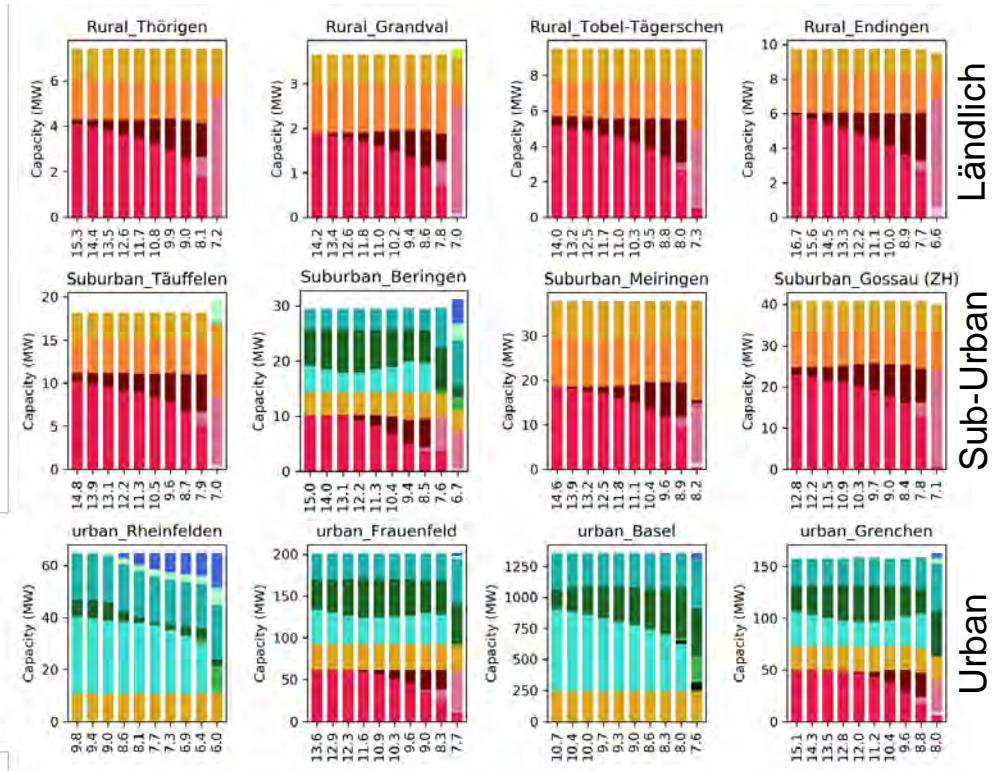
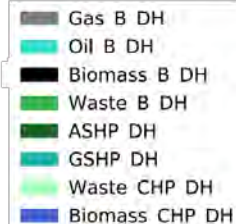
District Clusters



Building scale technologies



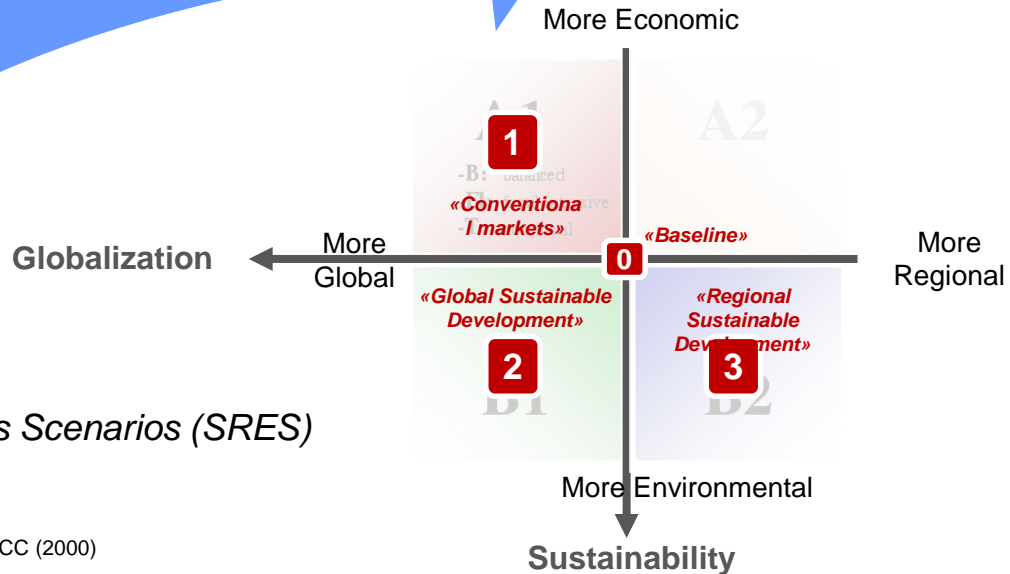
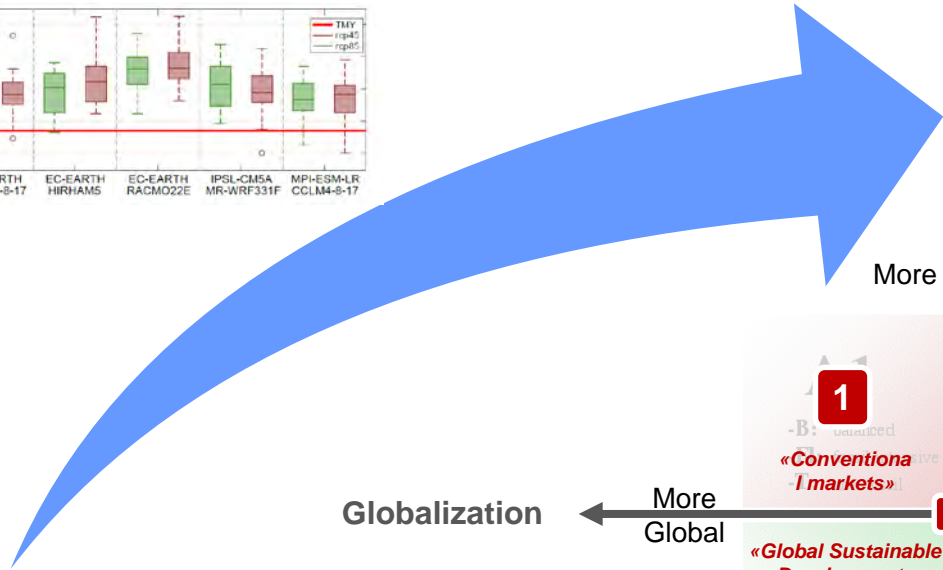
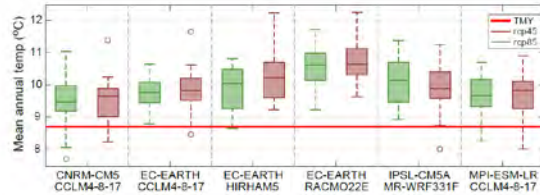
District scale technologies



CO₂-minimierende Lösung (kgCO₂/m²)

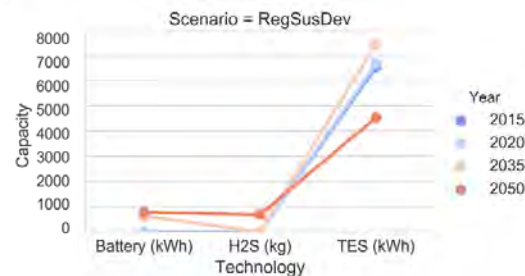
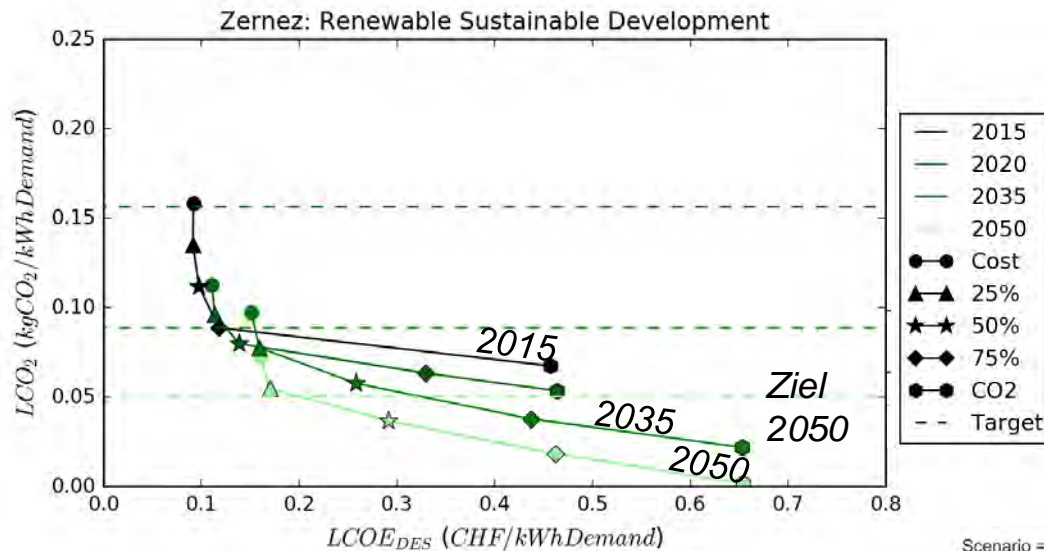


Temperatur Zürich 2021-2040



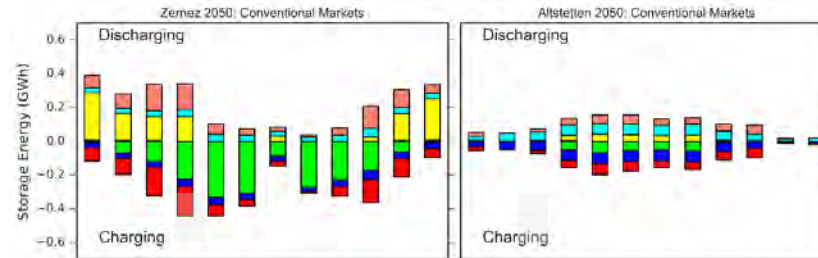
IPCC's *Special Report on Emissions Scenarios (SRES)*

Source: Takle (2006) adapted from IPCC (2000)

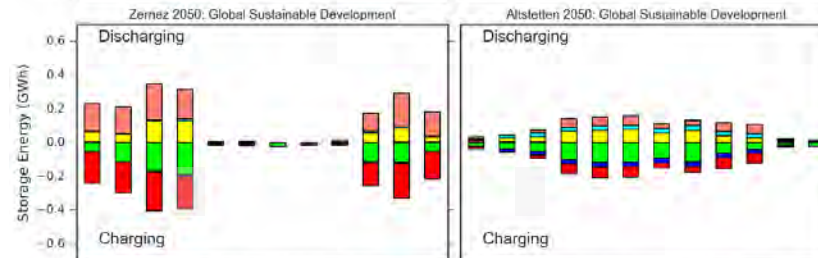


Speichertechnologien

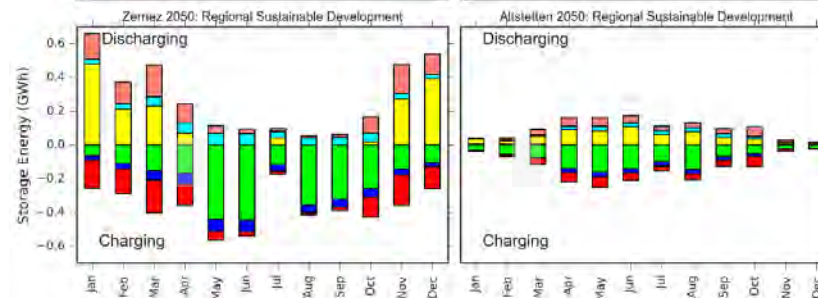
Einspeiservergütung
bis 2035



Mit
Einspeiservergütung



Einspeiservergütung
bis 2035



- P2H charging
- Direct injection/
H2 discharging P2G
- Fuel cell/
H2 discharging
- Battery
charging Batterie
- Battery
discharging
- TES charging Therm.
- TES
discharging Speicher

- Die Minimierung des Ressourcenverbrauchs erfordert sowohl eine **Reduzierung des Energieverbrauchs** als auch die **Integration erneuerbarer Energiequellen**.
- **Erneuerbare Systeme** (vorallem Biomasse und Wärmepumpen) sind **stabile Verbraucher**
- **Speichertechnologien** werden wahrscheinlich in 2035 ökonomisch relevant, und ermöglichen es die Flexibilität im Betrieb zu steigern.
- Die **optimale Lösung** ist stark von Gebäuden und Quartieren abhängig und sollte auf höherer Ebene entwickelt werden.

Energiesysteme für die Stadt der Zukunft

Dr. Kristina Orehounig
Empa, Urban Energy Systems Laboratory

