
Smart Energy Cities



Prof. Dr. Eicke R. Weber

Leiter, Fraunhofer ISE
und
Albert Ludwigs Universität, Freiburg

Smart Grids-Plattform
Baden-Württemberg
Freiburg, 27. September 2013

Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme ISE



Geschäftsbereiche:

- Energieeffiziente Gebäude
- Silicium-Photovoltaik (PV)
- III/V & Konzentrator-PV
- Farbstoff-, OPV, neuartige PV
- PV Module & Kraftwerke
- Solarthermie
- Wasserstofftechnologie & BZ
- Systemintegration & Netze
- Effiziente Leistungselektronik
- Emissionsfreie Mobilität
- Speicher
- Energiesystemanalyse

Größtes europäisches Solarforschungsinstitut

Thema: Technologien der Energiewende

mit ca. 1300 Mitarbeitern (incl. Studenten)



- ISE Freiburg
- CSP Halle (mit Fh-IWM)
- THM Freiberg (mit Fh-IISB)
- LSC Gelsenkirchen
- CSE Boston (Fh-USA)

10% Grundfinanzierung
90% Projektforschung,
40% Industrie, 50% öffentl.
€ 70 M Budget ('12)
> 10% Wachstumsrate



Städte weltweit - Fakten

1% der Erdoberfläche

werden von Städten (urban areas) bedeckt

53% der Erdbevölkerung

leben in Städten, 2050 sollen es 70% sein

75% des Energieverbrauchs

entsteht in Städten

80% der Klimagasemissionen

entsteht in Städten

**→ Städte sind zentrale Akteure
bei der Entwicklung einer
nachhaltigen Lebensweise**



»Smart Cities« - Herausforderungen und Chancen

Energieversorgung

fossil-nuklear, zentral

→ **dezentral, lokal, erneuerbar**



Gebäude

hoher Energie- und Ressourcenverbrauch

→ **effizient, nachhaltig, flexibel, hoher Komfort**



Verkehr

Stau, steigender Platzverbrauch, Lärm und Abgase

→ **effizient, ÖPNV, keine lokalen Emissionen, multimodal**



Bild: MIT stackable car

Informations- und Kommunikation (IKT)

einfache, nicht vernetzte Systeme,...

→ **mehr Service, intelligente Steuerungen, Komfort,...**



Demographie, Wirtschaft, Bildung, Gesundheit, ...

Veränderungen der Gesellschaft fordern die Stadt heraus

→ **sozialer Ausgleich, Aufrechterhaltung der Lebensqualität,...**



Zielvorgabe Energiewende für Städte & Kommunen

■ Soll: Deutsche Zielsetzung für 2050

- 50% Reduktion des Primärenergieverbrauchs
- 60% Primärenergie aus EE
- 80% Strom aus EE (erneuerbare Energien)

■ Ist: Deutsches Energiesystem 2012

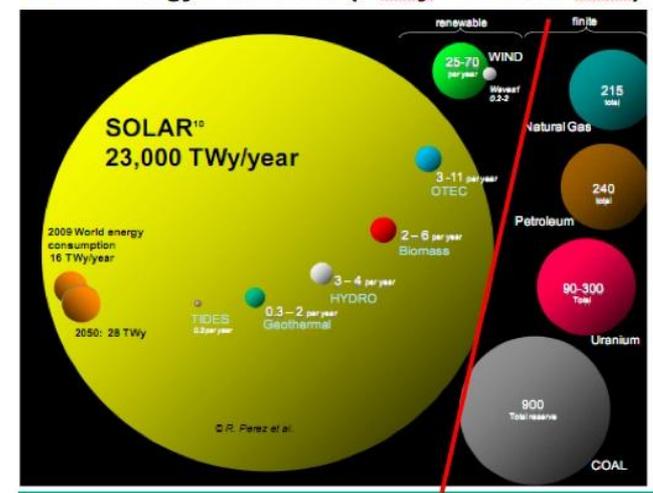
- 12,6% Primärenergie aus EE
- 22,9% Strom aus EE

⇒ **Grundsätzlicher Umbau des Energiesystems erforderlich**

■ Die größten Potenziale der EE liegen in der Windkraft und der Solarenergie

⇒ Die Energiewende erfordert ein **dezentrales intelligentes Energiesystem mit Speichern, um Fluktuationen auszugleichen**

World Energy Resources (1 TWy = ca. 8800 TWh)



Quelle: M. Plass, CFV

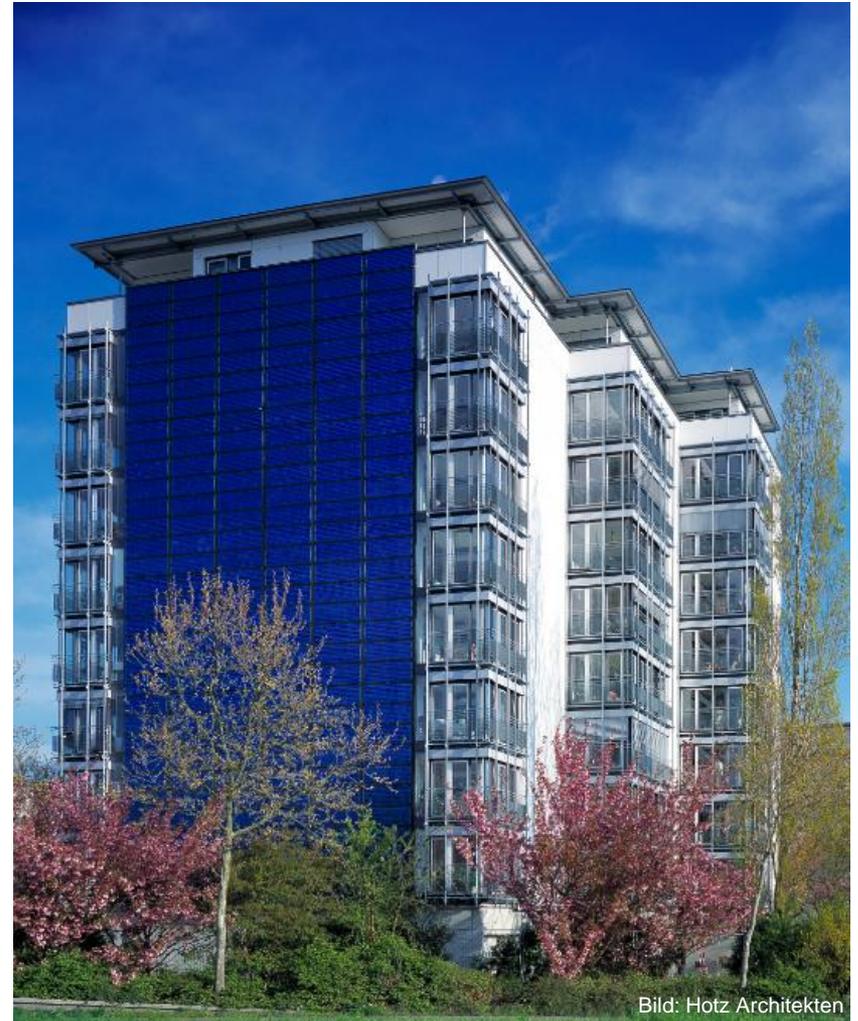


© Solarsiedlung

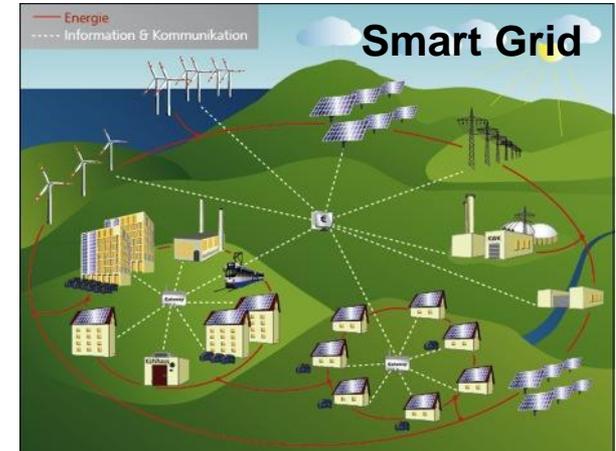
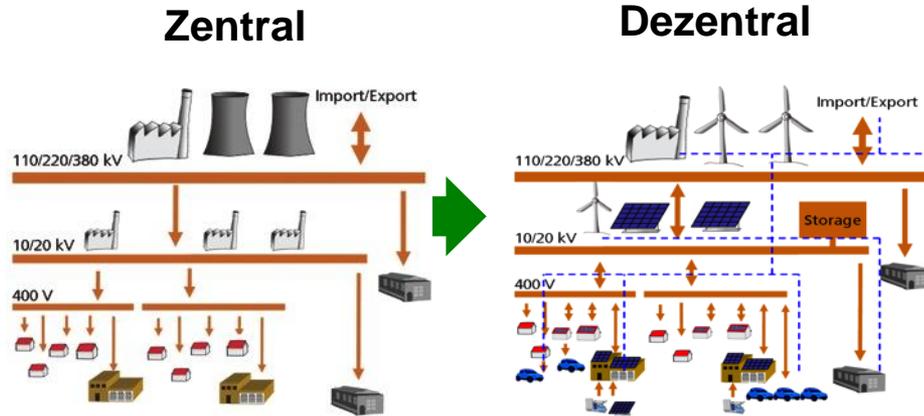
Gebäude werden zu Energieerzeugern

**Gebäude nutzen Dächer & Fassaden,
um Strom & Wärme zu erzeugen**

Europäische Gebäude-Richtlinie:
Ab 2020 müssen alle neuen Gebäude
Niedrigstenergiehäuser («nearly zero-
energy buildings») sein



Elemente des künftigen Stromsystems



Netzausbau national + international

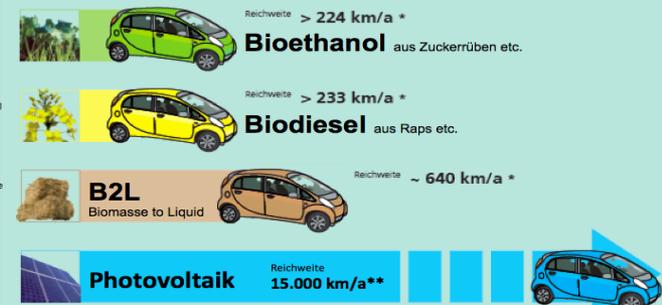


Vorteil Elektromobilität

10 m
x 10 m

Wie weit kann ich fahren...?

Energieertrag bei unterschiedlicher Nutzung von 100 Quadratmetern Bodenfläche. PV und Elektroauto sind die klaren Sieger.



Quelle: *Fachagentur nachwachsende Rohstoffe **Fraunhofer ISE Verbrauch pro 100 km: E-Mobil 20 kWh / Ottomotor: 7,4 | Dieselmotor: 6,1

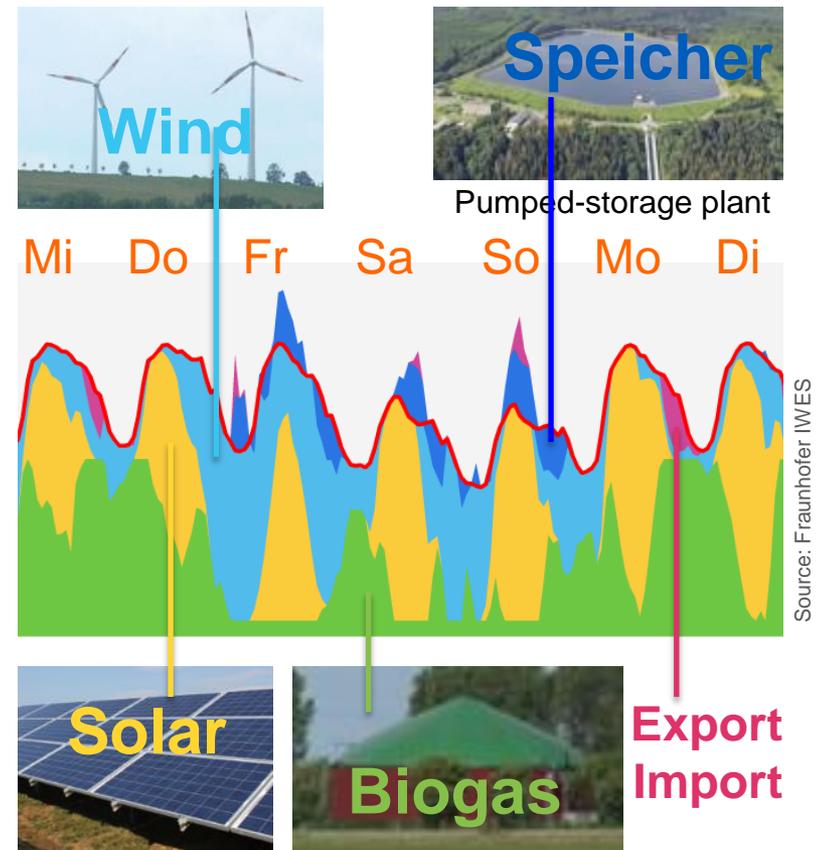
© Fraunhofer ISE (alle Grafiken)

Sichere 100% EE-Stromversorgung durch Kombination unterschiedlicher Erneuerbarer Energien-Quellen

Ziel: Deckung des Lastbedarfs einer typischen Woche durch erneuerbare Energien

Maßnahmen für eine sichere Stromversorgung mit ern. Energien:

- »Richtiger« Mix aus allen EE
- Ausbau Verteilnetze für die dezentrale Erzeugung
- Ausbau Übertragungsnetze für Offshore-Windkraft und räumlichen Ausgleich
- Smart Grids
- Lastmanagement
- Integration von Kurzzeitspeichern (langsam beginnend) und von saisonalen Speichern (langfristig)

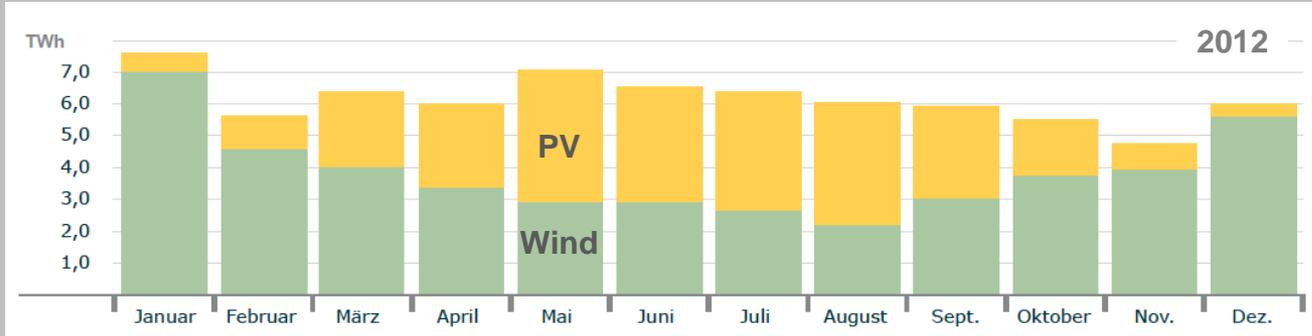


Stromerzeugung aus PV und Wind in Deutschland

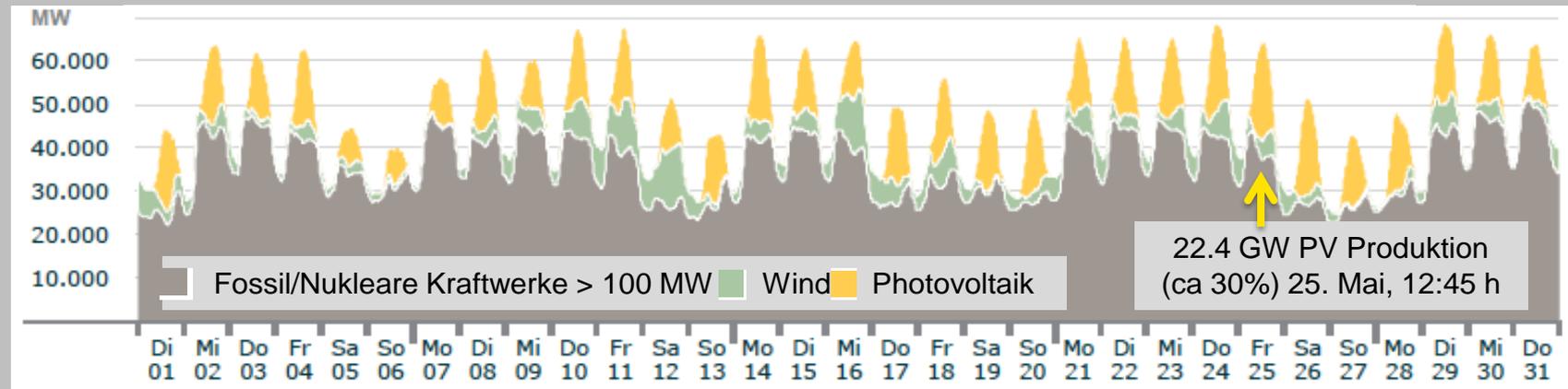
Wind und Sonne ergänzen sich gut im richtigen Mix

Monatliche Stromproduktion Wind und Photovoltaik im Jahr 2012

Monatsproduktion
Wind + Photovoltaik:
Minimal: 4,7 TWh
Maximal: 7,6 TWh
Jahreserzeugung:
PV: 27,9 TWh
Wind: 45,9 TWh



Stromproduktion Mai 2012: Wind, Photovoltaik und fossil/nukleare Kraftwerke > 100 MW



Zentrale Rolle der Städte & Kommunen bei der Energiewende

Der Umbau beginnt lokal

- 75% des Energieverbrauchs erfolgt in Städten und Kommunen
- Viele Transformationsmaßnahmen des Energiesystems werden auf **lokaler Ebene** umgesetzt werden

Gebäudedämmung, Smart Grid, Solarenergie, Elektromobilität, öffentlicher Nahverkehr, Information und Motivation der Bürger,...

- Städte und Kommunen setzen sich sich Ziele und beginnen den Umbau
- Bundesforschungsministerium will CO₂-neutrale Kommunen fördern



Bild: GreenCityCluster Freiburg

Zukunftsprojekt „CO₂-neutrale, energieeffiziente und klimaangepasste Stadt“ als Teil der Hightech-Strategie

März 2012: Bundeskabinett beschließt den Aktionsplan Hightech-Strategie mit dem Zukunftsprojekt »CO₂-neutrale ... Stadt«

- **Vision:** Städte werden Energie und Ressourcen künftig effizienter nutzen und aus erneuerbaren Energien dezentral versorgt.
- „Mit Unterstützung der Bundesregierung könnten schon 2020 die ersten Städte und Regionen CO₂ - reduziert sein. Die verschiedenen Konzepte auf dem Weg zur CO₂-Neutralität sollen in mehreren **Modellstädten** überprüft werden...“
- **Budget:** bis zu 560 Mio. Euro
- »**Nationale Plattform Zukunftstadt**« wurde im Mai 2013 gegründet und erarbeitet ein Konzept



**Nationale
Plattform
Zukunftstadt**

Download: www.hightech-strategie.de

»Smart Energy Cities«

Die Größe der Kommunen bestimmt die Strategie

Bioenergiedörfer: Selbstversorgung mit 100% EE

Meist großes Potenzial an Biomasse, Windkraft und Solarenergie im ländlichen Raum
Land Ba-Wü fördert 100 Bioenergiedörfer

Bioenergiedorf Mauenheim



Bild: Solar Complex

Mittelgroße Kommunen: mit der Region

100% EE sind möglich, wenn Stadt und Region zusammenarbeiten. Beispiel: Studie belegt Vollversorgung von Freiburg mit Landkreisen Emmendingen und Breisgau-Hochschwarzwald

Freiburg im Breisgau



Bild: FWTM

Große Städte: Energieimporte

München will bis 2025 seinen gesamten Strombedarf mit EE decken durch lokale Ressourcen (Solarenergie) und Beteiligung an Offshore-Windparks und Solarkraftwerken in Spanien

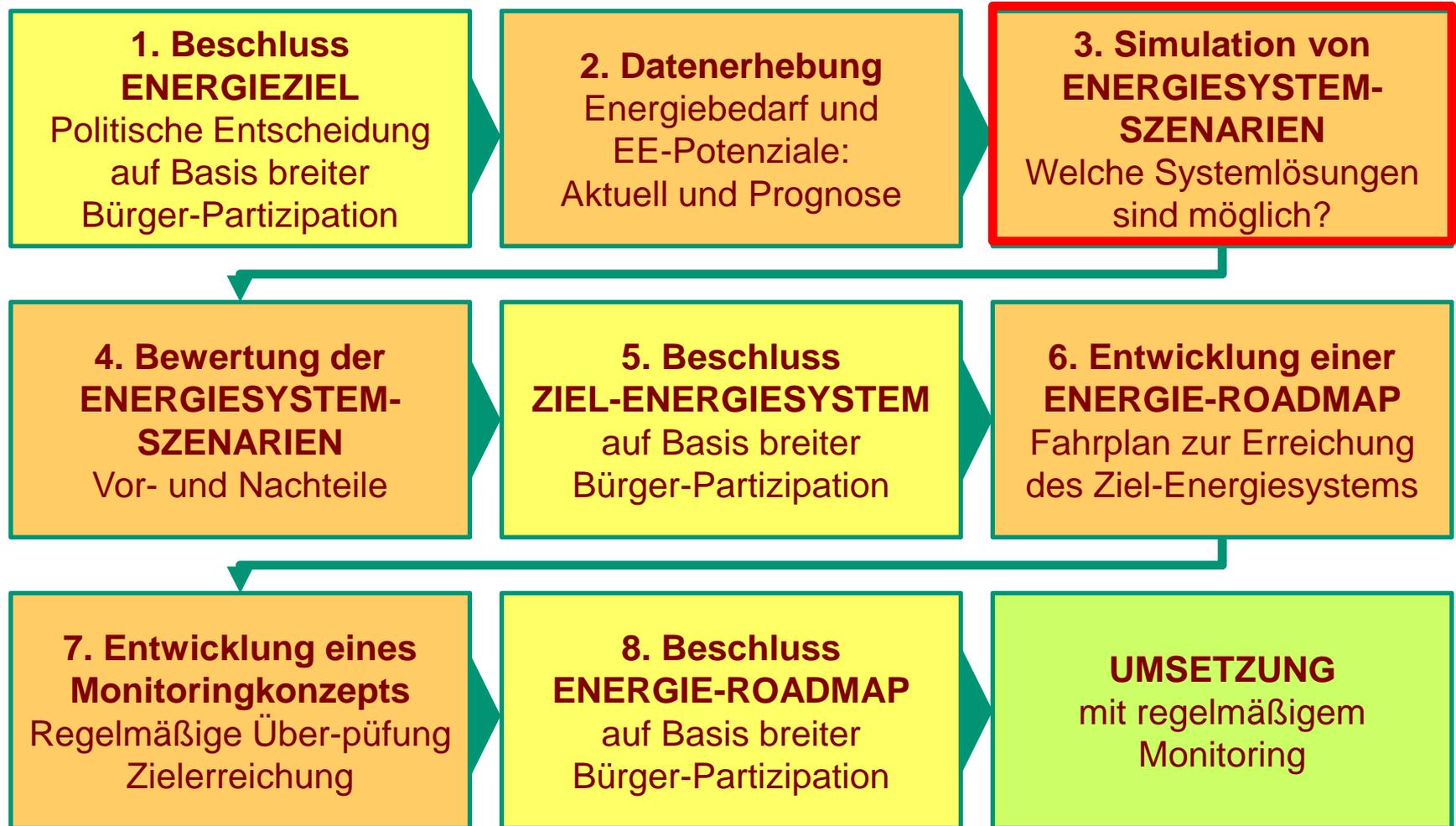
München



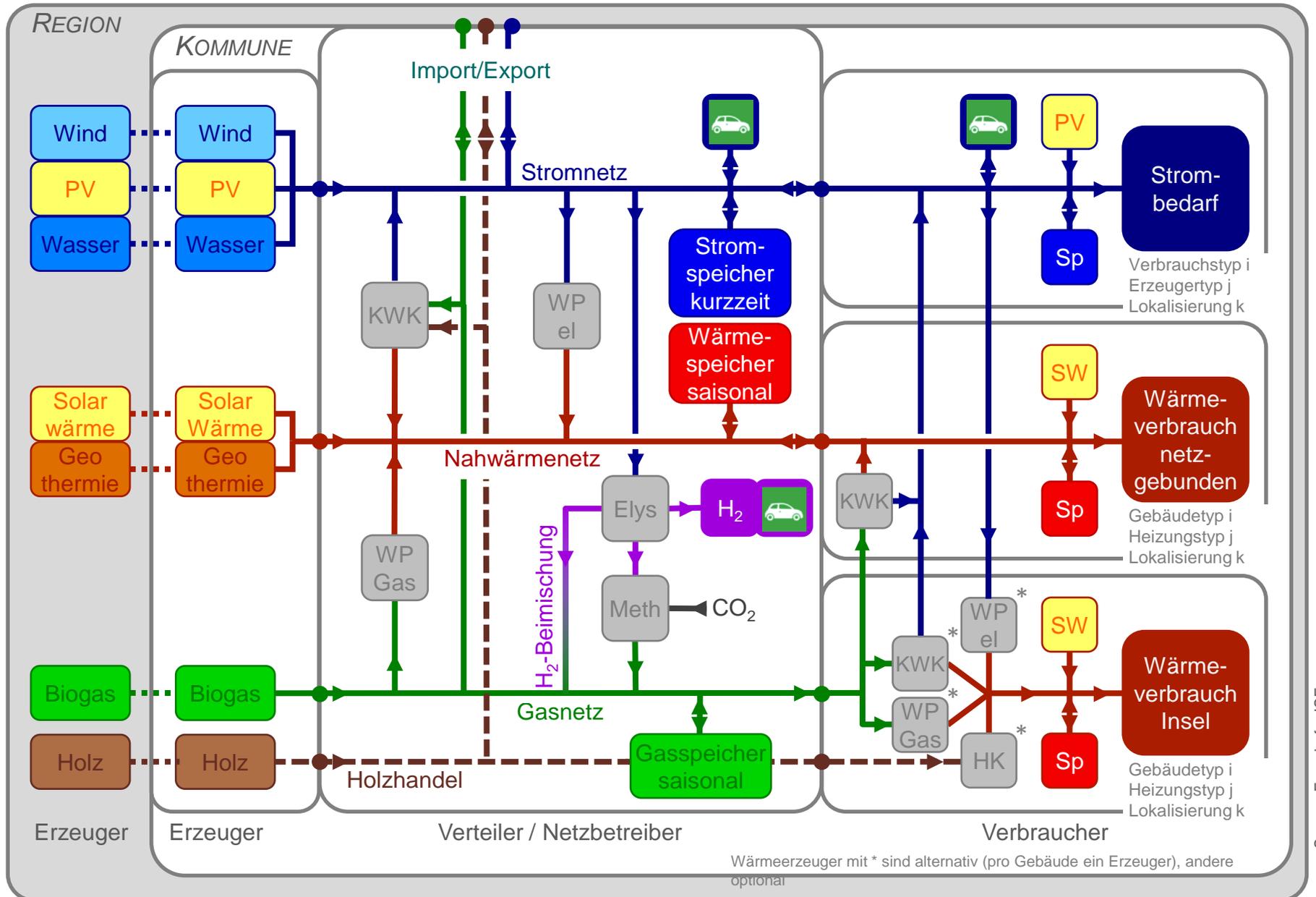
Bild: augustium.de

Schritte auf dem Weg zur ENERGIE-ROADMAP

standardisiertes Vorgehen ist für alle Kommunen sinnvoll



Kommunales Energiesystem auf Basis Erneuerbarer Energien



Energiesystemmodellierung zur Identifizierung des optimalen Energiesystems notwendig

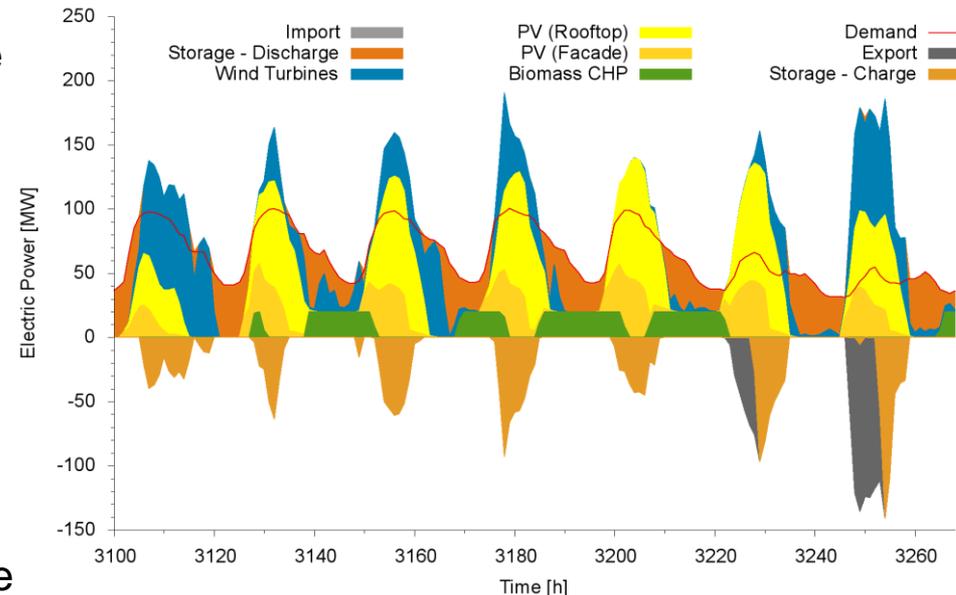
Fraunhofer ISE entwickelt KomMod (Kommunales Energiesystemmodell)

- Zeitlich und räumlich aufgelöste Simulation von Strom, Wärme, Kälte und lokalem Verkehr

KomMod beantwortet folgende Fragen:

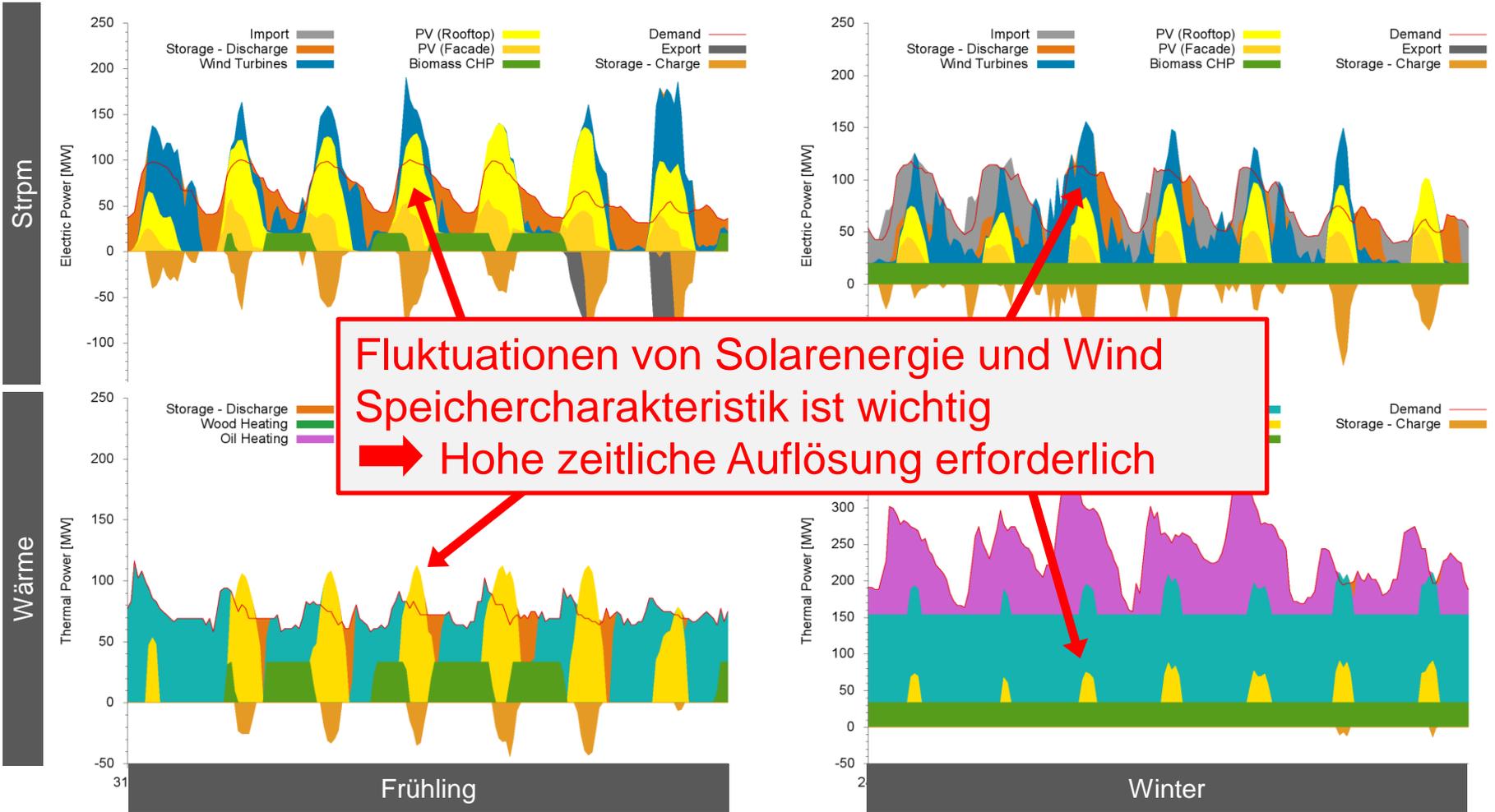
- Wie muss das Energiesystem aussehen, um eine x% EE-Versorgung zu erreichen?
- Welche Energiesystem-Varianten sind möglich, welche nicht?
- Welche Erzeugungs- und Speicherkapazitäten und welche Wärmenetze sind notwendig?
- Wieviel Import/Export ist notwendig?
- Welche Kosten entstehen?

Beispiel: Stromerzeugung/-bedarf in einer Frühlingswoche

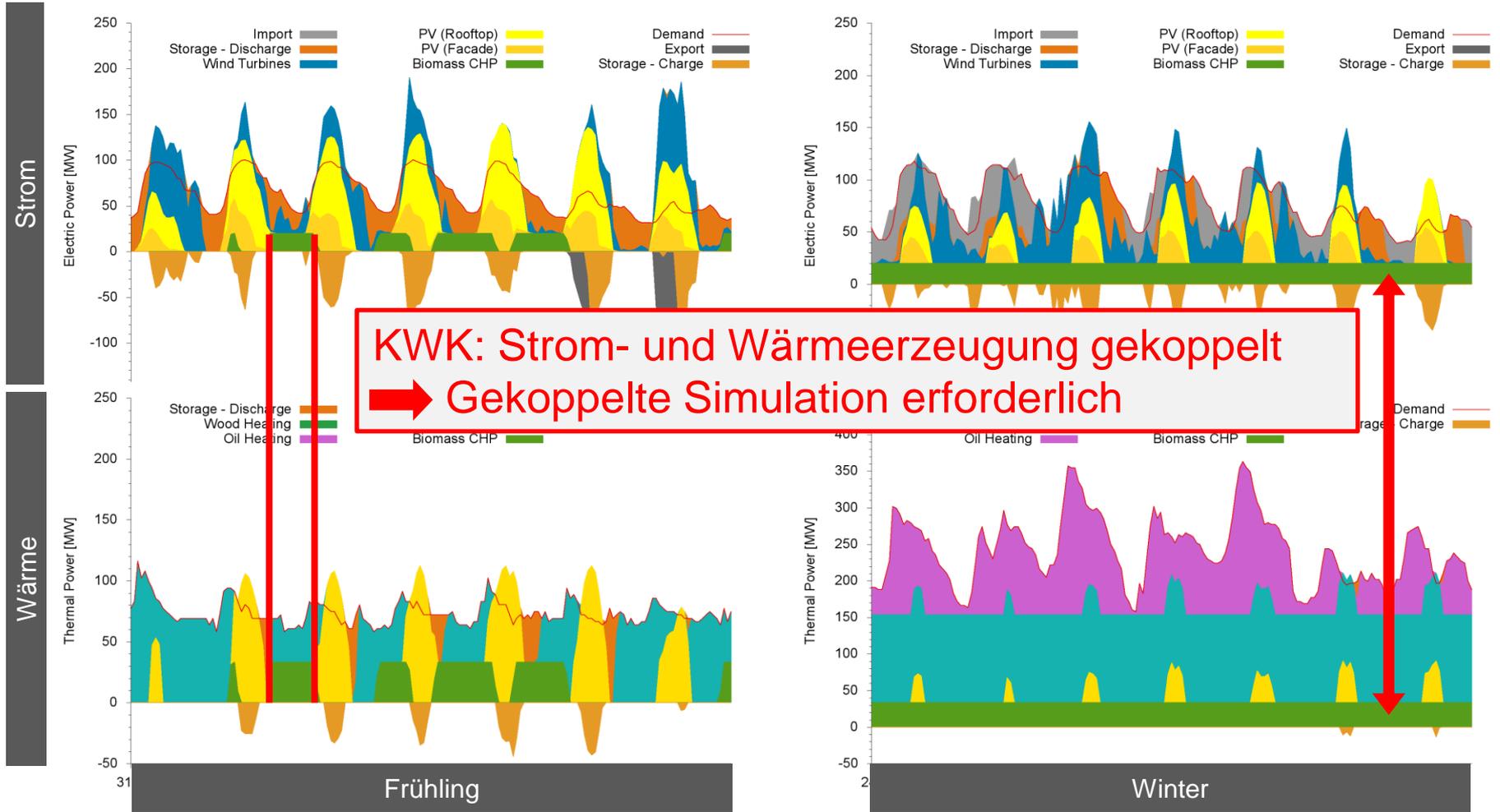


KomMod wird von Fraunhofer ISE entwickelt in der Modellierungsumgebung AMPL auf Basis von simultan gelösten Gleichungssystemen

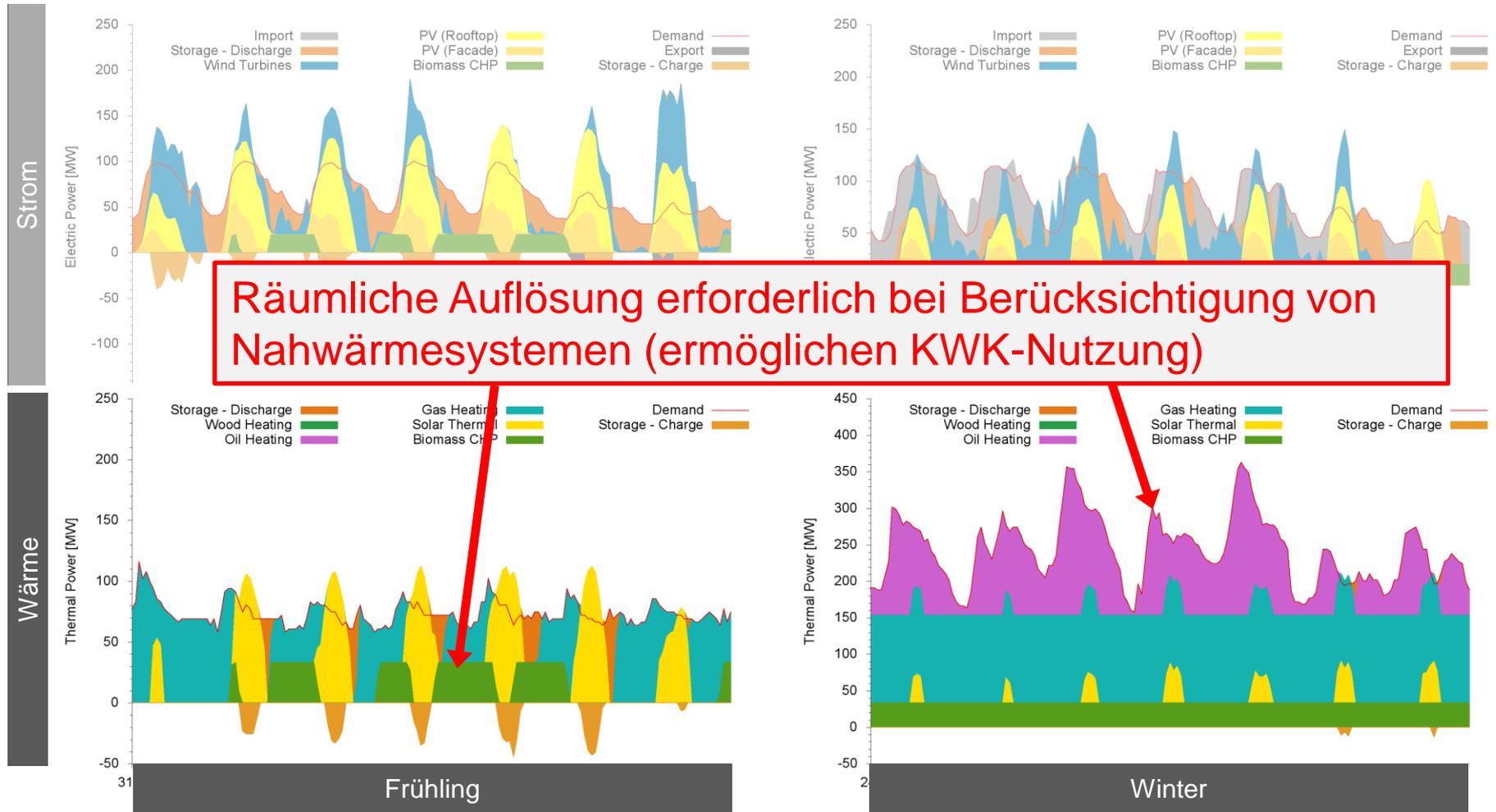
Beispiele für KomMod-Simulationsergebnisse für eine Woche Frühling und Winter sowie Strom und Wärme



Beispiele für KomMod-Simulationsergebnisse für eine Woche Frühling und Winter sowie Strom und Wärme

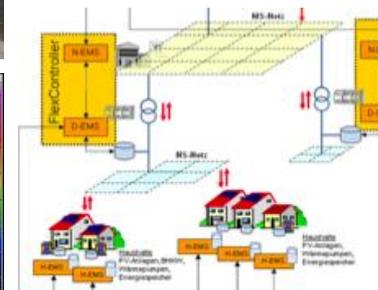
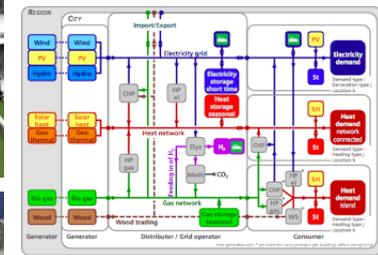
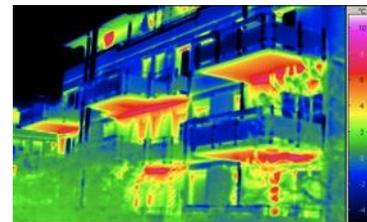


Beispiele für KomMod-Simulationsergebnisse für eine Woche Frühling und Winter sowie Strom und Wärme

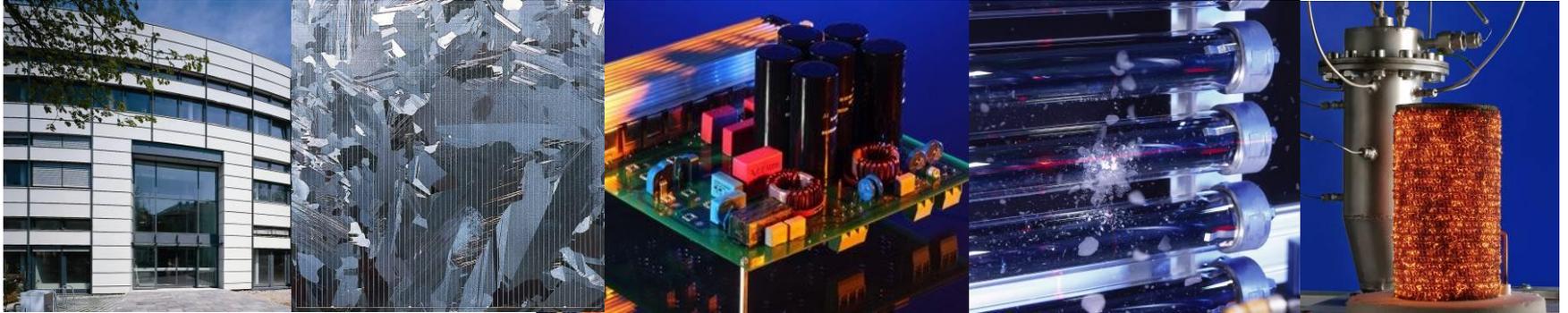


Zusammenfassung

- Städte & Kommunen spielen eine zentrale Rolle bei der Umsetzung der Energiewende
- Fraunhofer ISE forscht an »Smart Energy Cities«, die ihr Energiesystem auf erneuerbare Energien umstellen
- Wichtige Schritte einer Kommune sind: Beschluss Zielsetzung, Entwicklung eines Ziel-Energieszenarios und Entwicklung einer Energie-Roadmap
- Die zeitlich aufgelöste Simulation von Ziel-Energieszenarien für Strom-Wärme-Kälte-Verkehr hilft bei der Identifikation des Ziel-Energiesystems



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme ISE

Eicke R. Weber mit Gerhard Stryi-Hipp

eicke.weber@ise.fraunhofer.de, gerhard.stryi-hipp@ise.fraunhofer.de

www.ise.fraunhofer.de