

---

# Die wichtigsten Bausteine zur Umsetzung der Energiewende

---



Gerhard Stryi-Hipp

*Leiter Energiepolitik*  
*Koordinator »Smart Energy Cities«*  
Fraunhofer Institut für  
Solare Energiesysteme ISE

SIMLA-Forum  
Landratsamt München  
7. November 2013

# Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme ISE



## Geschäftsbereiche

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

## Größtes Solarforschungsinstitut in Europa

Angewandte Forschung an Technologien der Energiewende

ca. 1300 Mitarbeitern (incl. Studenten)



## Außenstellen/Kooperationen

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

## Finanzierung

10% Grundfinanzierung  
90% Projektforschung  
40% Industrie / 50% öffentl.  
70 Mio Euro Budget (2012)  
> 10% Wachstumsrate







## Agenda

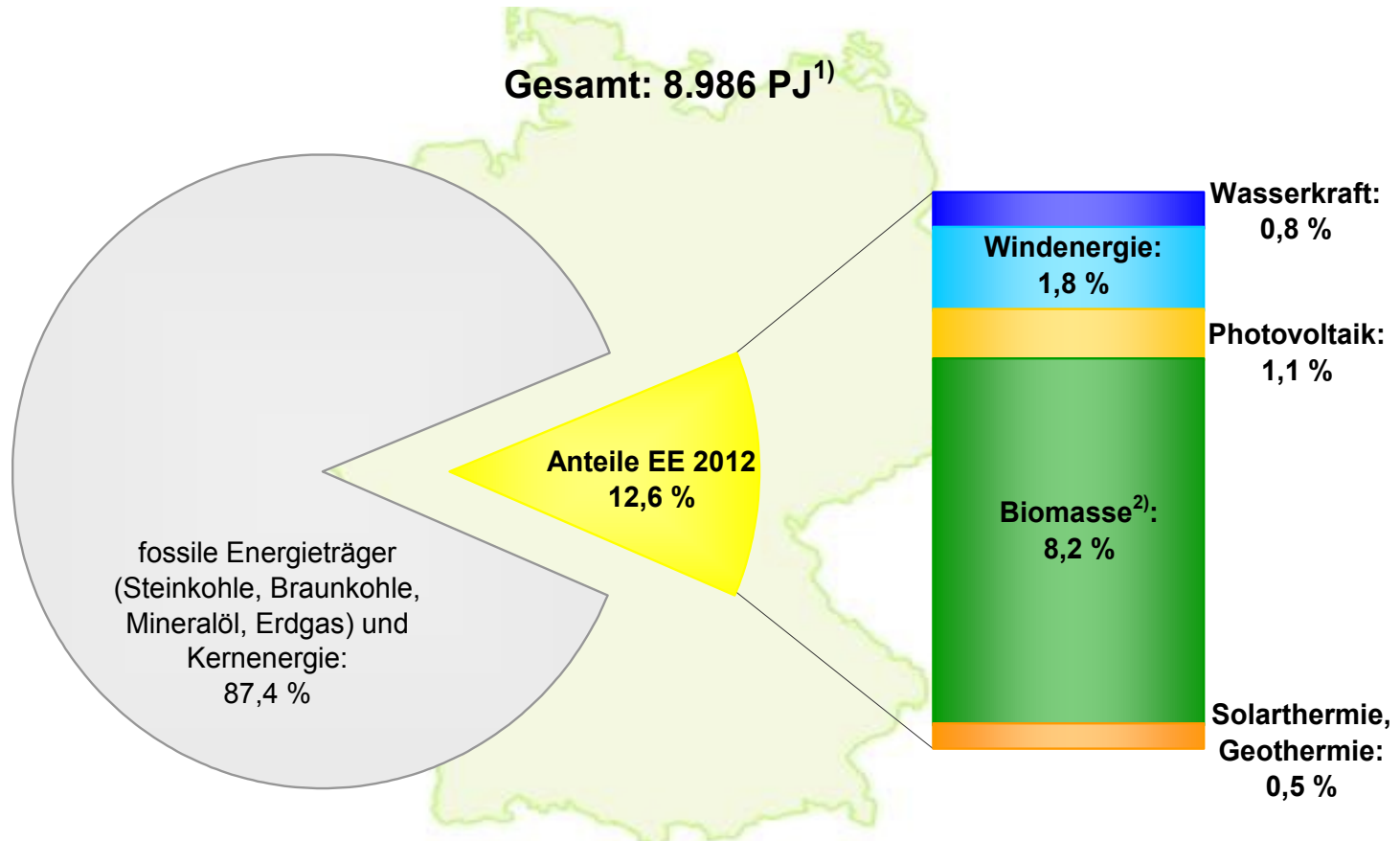
- Zielsetzung der Energiewende
- Komponenten eines nachhaltigen Energiesystems
- Rolle der Städte und Kommunen bei der Energiewende
- Konsens, Herausforderungen und Chancen der Energiewende

# Europäische und deutsche Ziele der Energiepolitik

	Basisjahr	2020	2050
 EU			
Reduktion Klimagase	1990	20%	mind. 80%
Steigerung Energieeffizienz	1990	20%	
Anteil Erneuerbare Energien	2009: 11,6%	20%	
 Deutschland			
Reduktion Klimagase	1990	40%	80-95%
Steigerung Energieeffizienz	2008	20%	50%
Erneuerbare Energien gesamt	2011: 12,2%	18%	60%
Strom aus erneuerbaren Energien	2011: 20,0%	35%	80%

=> Grundsätzlicher Umbau des Energiesystems ist erforderlich

# Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch in Deutschland im Jahr 2012

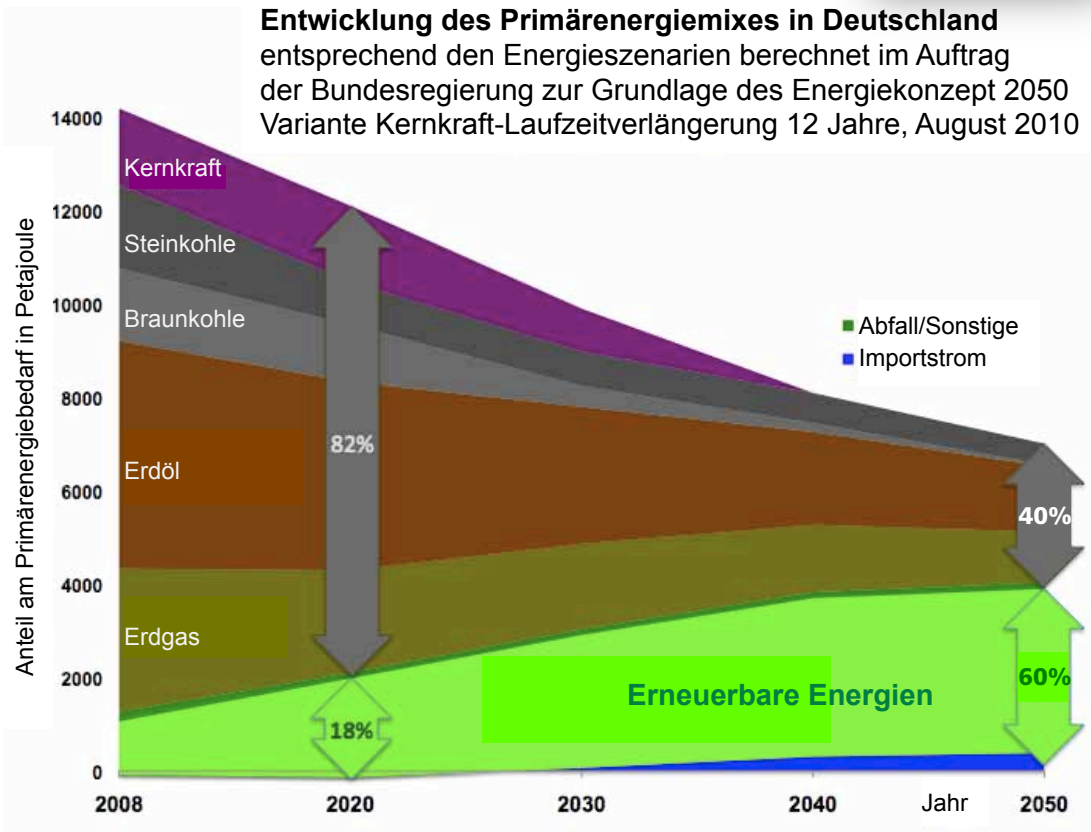


1) Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V. (AGEB); 2) Feste und flüssige Biomasse, Biogas, Klär- Deponiegas, biogener Anteil des Abfalls, Biokraftstoffe;  
Quelle: BMU - E I 1 nach Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat) und ZSW, unter Verwendung von Angaben der AGEB;  
EE: Erneuerbare Energien; 1 PJ = 10<sup>15</sup> Joule; Abweichungen in den Summen durch Rundungen; Stand: Februar 2013; Angaben vorläufig

# Basis: Energiekonzept der Bundesregierung vom September 2010



- Berechnetes Szenario für das Energiekonzept 2050 der Bundesregierung
- Wichtige Eckdaten 2050:
  - **60% EE an am Gesamtendenergieverbrauch**
  - **80% EE am Stromverbrauch**
- Nach Fukushima: Bundesregierung beschließt schnelleren Ausstieg aus der Kernkraft



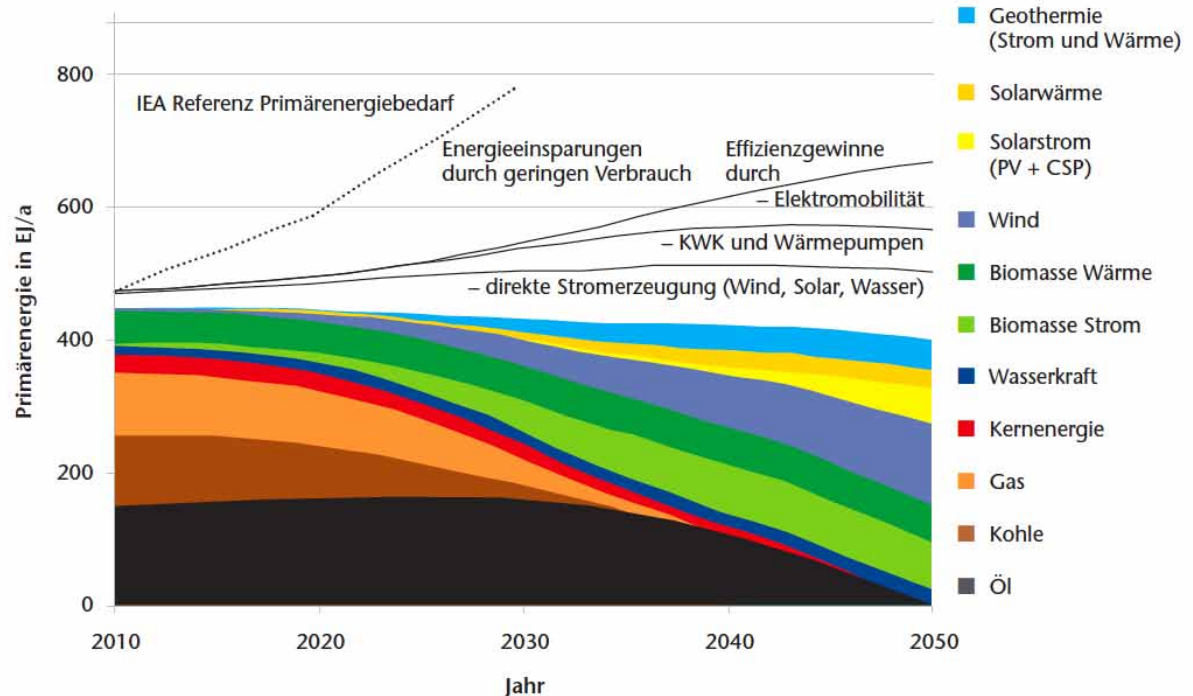
# Auch ein Energiesystem mit 100% Erneuerbaren Energien ist möglich

## Studie von 7 Forschungsinstitute im Jahr 2010



- **100% ern. Energien-Versorgung** ist möglich
- ⇒ **Wind und Sonne** werden wichtigste Energiequellen
- ⇒ Solarenergie wird im Winter knapp, deshalb sind **saisonale Speicher** notwendig

### Globales Energieszenario mit 100% Erneuerbare Energien



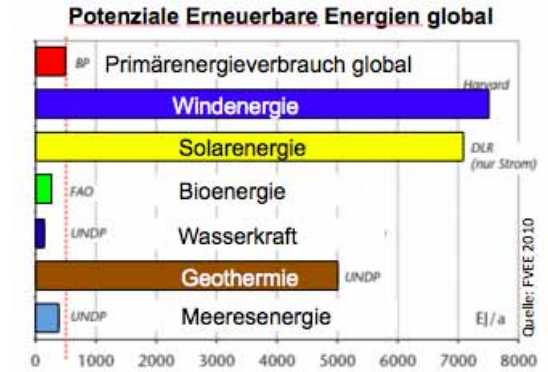
aus: Energiekonzept 2050 des FVEE, [www.fvee.de](http://www.fvee.de) Quelle: Fraunhofer IWES (Schmid, Sterner, 2010).

# Perspektive erneuerbare Energien

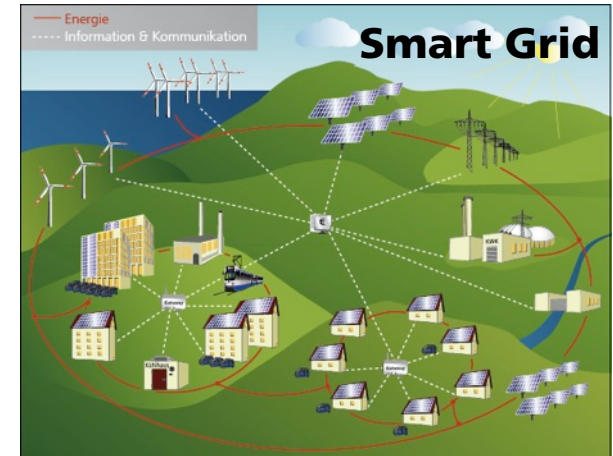
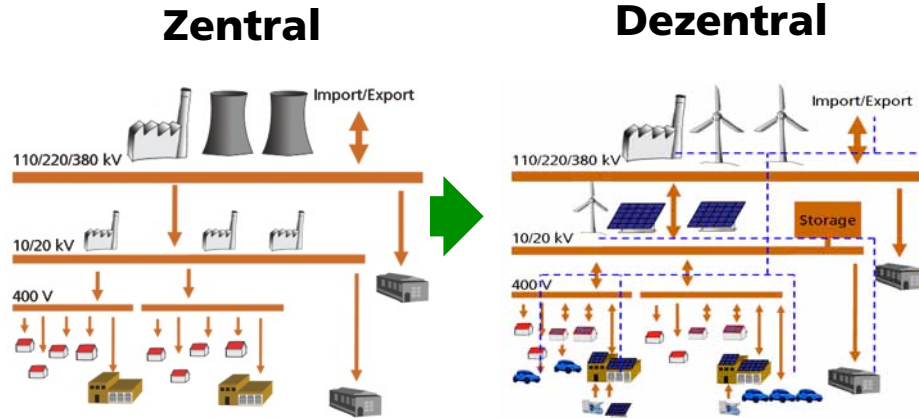
- **Deutschland hat ein ausreichendes Potenzial, sich mit Erneuerbare Energien zu versorgen**
  - Auf Deutschland fällt pro Jahr 80 mal mehr Solarenergie als jährlich an Energie verbraucht wird
- EE vermeiden **Importabhängigkeit**
- EE stabilisieren die **Energiepreise**
- EE: **Wertschöpfung statt Mittelabfluss**
- EE schaffen **Arbeitsplätze**
- EE: Schützen das **Klima**

## Herausforderungen

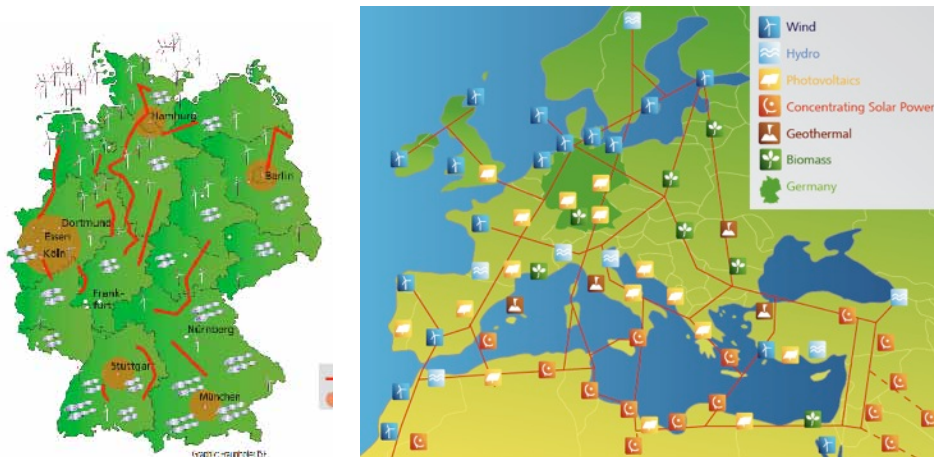
- EE sind **meist noch teurer**, werden aber billiger
- EE erfordern ein **intelligentes Energiesystem und Speicher**, um **Fluktuationen auszugleichen**



# Elemente des künftigen Stromsystems



## Netzausbau national + international

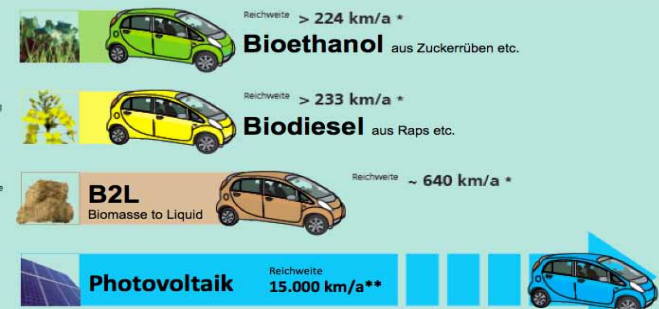


## Vorteil Elektromobilität

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: 8,1

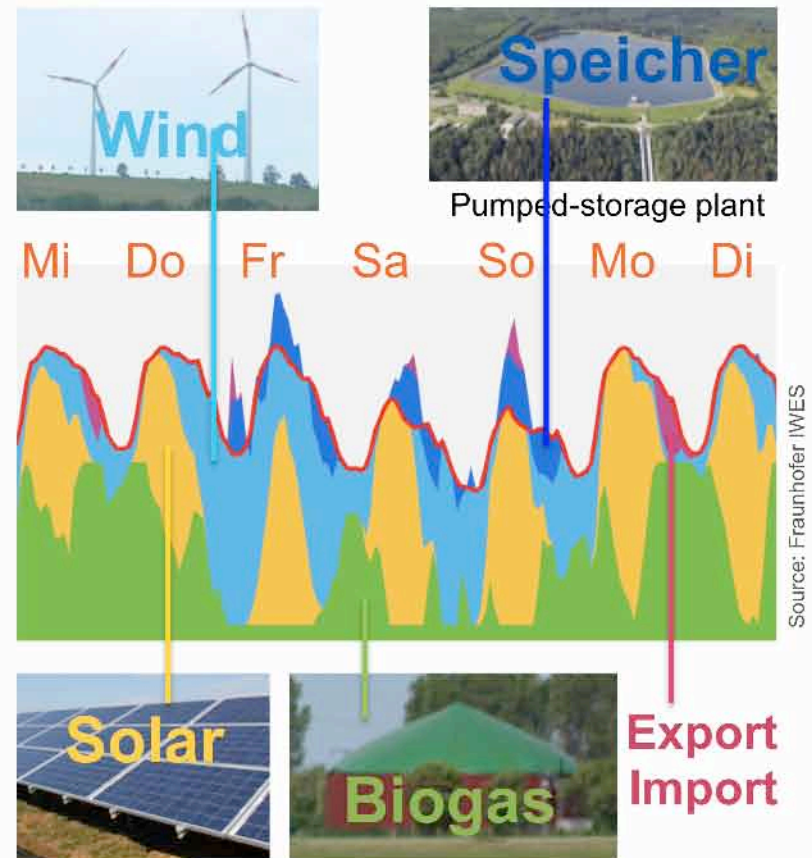
© Fraunhofer ISE (alle Grafiken)

# Sichere 100% EE-Stromversorgung durch Kombination unterschiedlicher erneuerbarer Energien

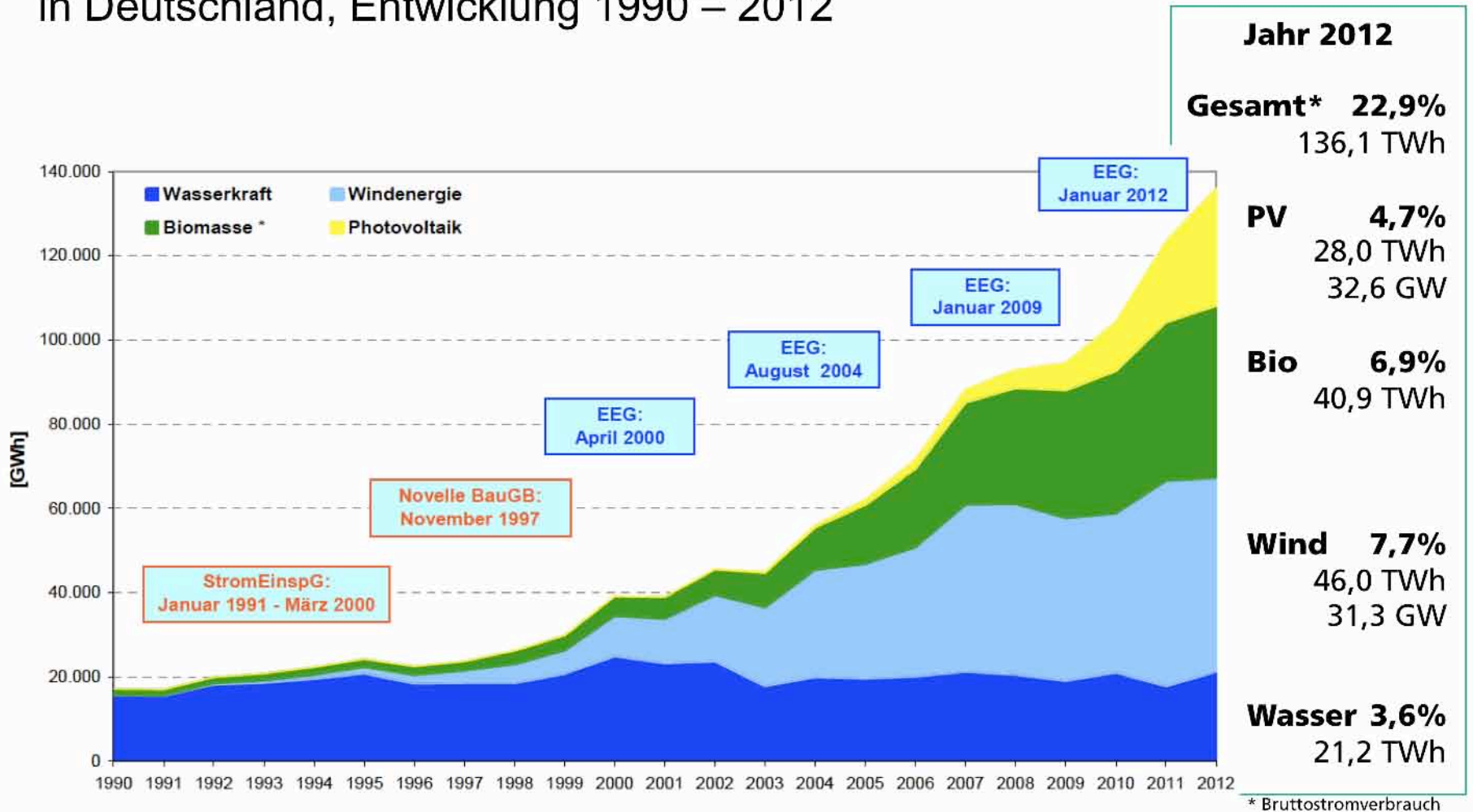
## Maßnahmen für eine sichere Stromversorgung mit ern. Energien:

- »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)

Ziel: Deckung des Lastbedarfs einer typischen Woche durch erneuerbare Energien



# Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien in Deutschland, Entwicklung 1990 – 2012



\* Feste und flüssige Biomasse, Biogas, Klär- und Deponiegas, biogener Anteil des Abfalls; 1 GWh = 1 Mio. kWh;

Aufgrund geringer Strommengen ist die Tiefengeothermie nicht dargestellt; StromEinspG: Stromeinspeisungsgesetz; BauGB: Baugesetzbuch; EEG: Erneuerbare-Energien-Gesetz;

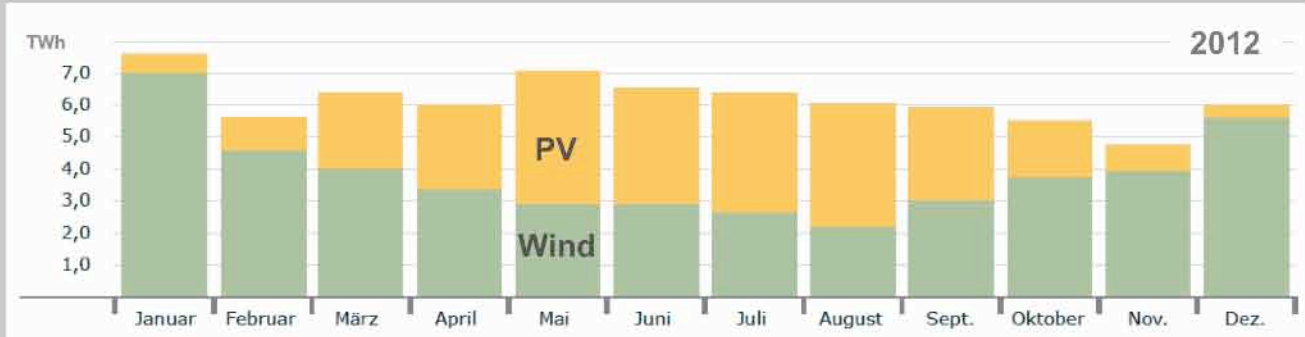
Quelle: BMU - E I 1 nach Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat); Stand: Februar 2013; Angaben vorläufig

# Stromerzeugung aus PV und Wind in Deutschland

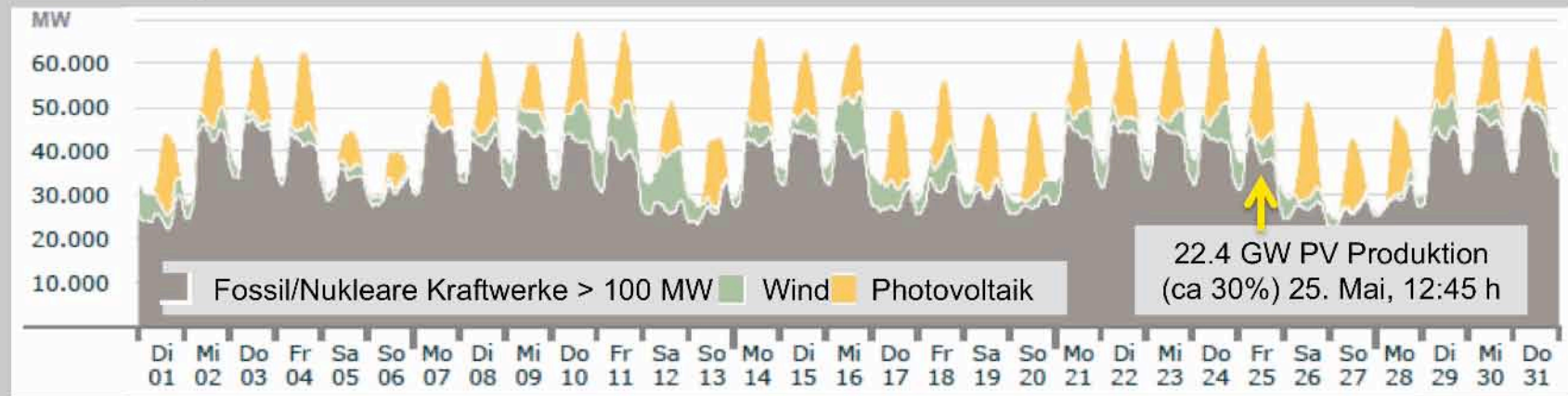
## Wind und Sonne ergänzen sich gut im richtigen Mix

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



# Gebäude werden zu Energieerzeugern

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

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



Bild: Schüco

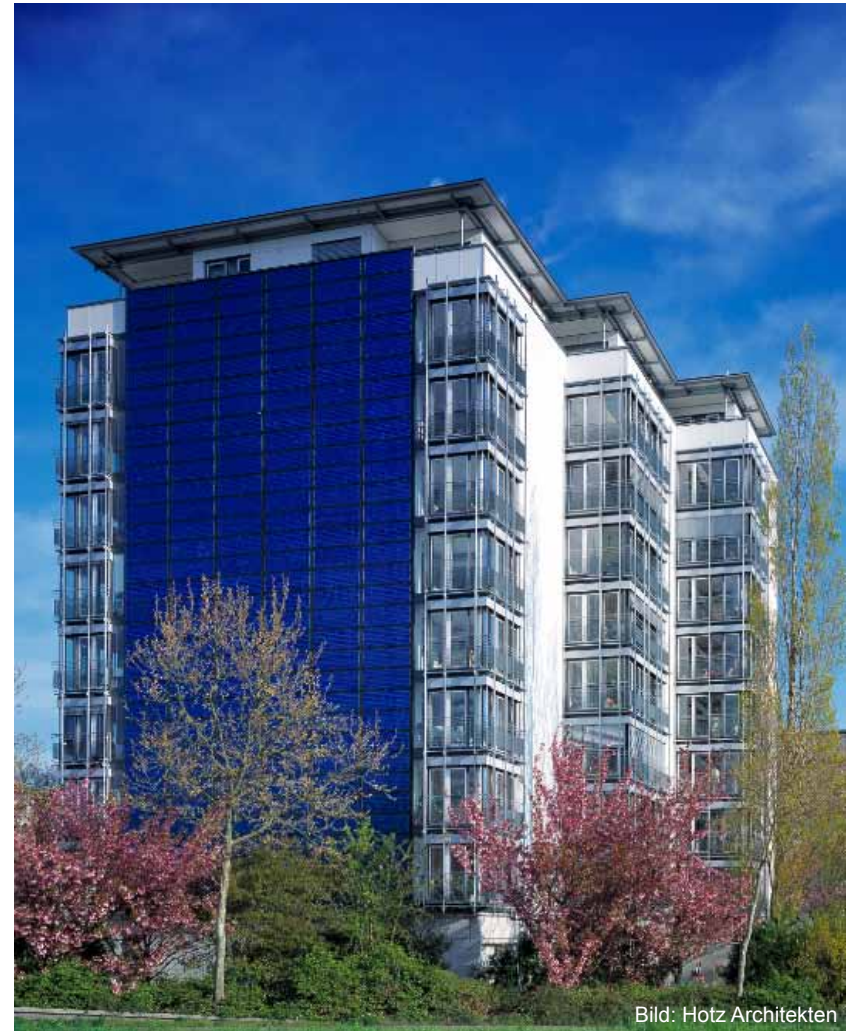


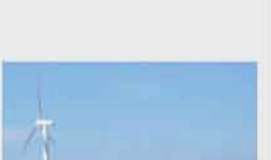





Bild: Hotz Architekten

# Energiewende muss auf allen Ebenen umgesetzt werden

Ebene	Maßnahmen	
<b>Verbraucher</b>	Effiziente Geräte, Gebäudedämmung, effiziente Mobilität, Elektro-Auto, energiebewußtes Verhalten, erneuerbare Energien, Mikro-KWK,...	
<b>Kommune</b>	Intelligente Energiesysteme/-netze (Smart Grids für Wärme, Kälte, Strom), effiziente öffentliche Gebäude, erneuerbare Energien, KWK, Mobilitätskonzepte, Energiekonzepte, Aufklärung, Bebauungspläne,...	
<b>Region</b>	Energiekonzepte, erneuerbare Energien (Wind, Biomasse, Geothermie), Regionalpläne, Vernetzung von Kommunen,...	
<b>Bundesland</b>	Regulatorische Rahmenbedingungen, Pilotprojekte, Netzausbau/Infrastruktur, Energieaufsicht,...	
<b>National</b>	Energiepolitische Zielsetzung, Gesetzliche Rahmenbedingungen für das Energiesystem inkl. Netzausbau, Förderung EE und Effizienz, ...	
<b>Europa</b>	Übergeordnete Vorgaben, Sicherung der Energieimporte, internationaler Netzausbau,...	



# Rolle der Städte und Kommunen bei der Energiewende

# »Smart Cities« umfassen mehr als Energie

## 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**



## 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,...**



# 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, dezentrale Speicher, Information und Motivation der Bürger,...

- Städte und Kommunen setzen sich Ziele und beginnen den Umbau
- Bundesforschungsministerium fördert CO<sub>2</sub>-neutrale Kommunen



Bild: GreenCityCluster Freiburg

# Zukunftsprojekt „CO<sub>2</sub>-neutrale, energieeffiziente und klimaangepasste Stadt“ als Teil der Hightech-Strategie

März 2012: Bundeskabinett beschließt den Aktionsplan Hightech-Strategie mit dem **Zukunftsprojekt »CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub> - reduziert sein. Die verschiedenen Konzepte auf dem Weg zur CO<sub>2</sub>-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](http://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



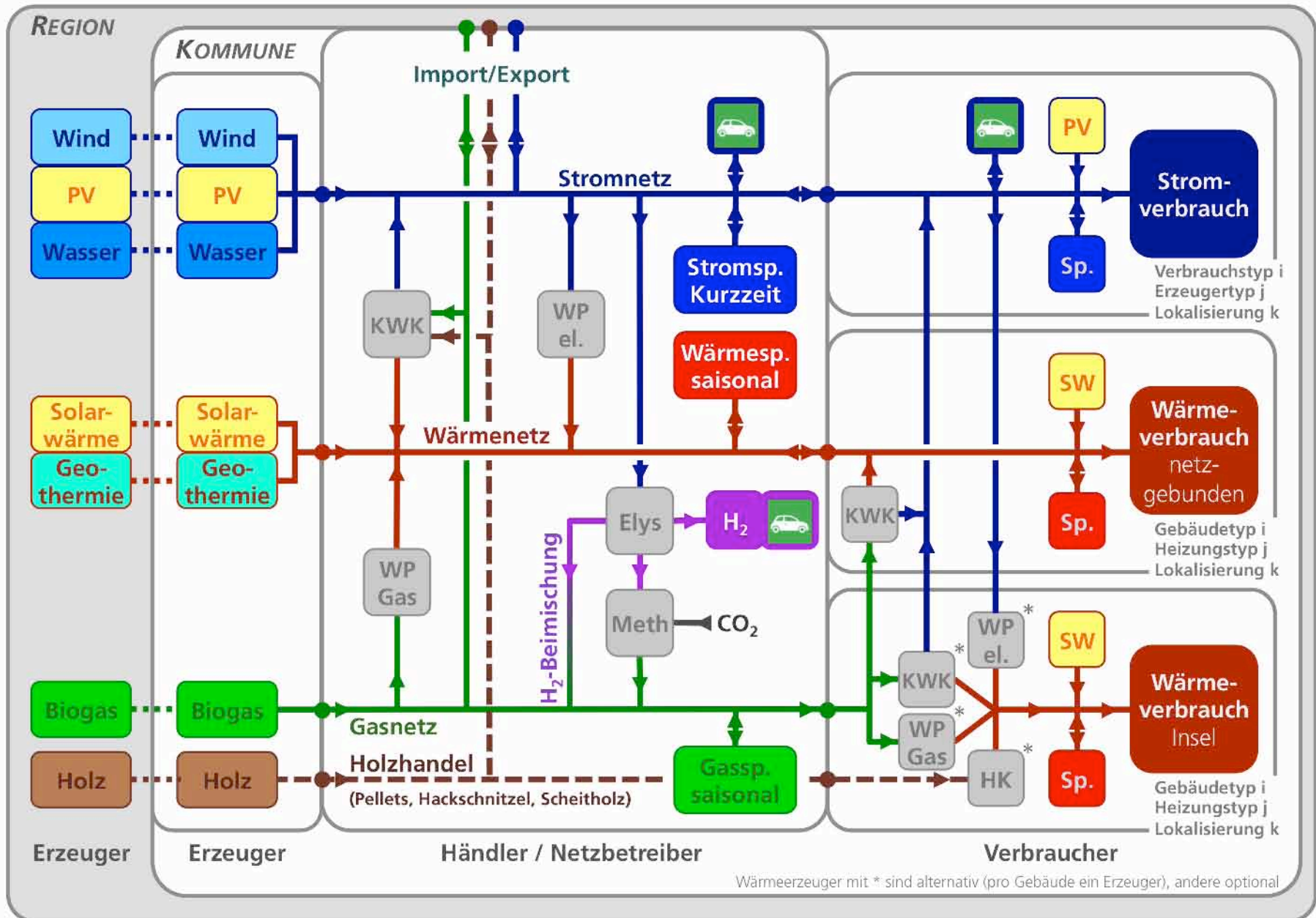
Bild: augustium.de

# Schritte zur kommunalen ENERGIE-ROADMAP

standardisiertes Vorgehen ist für alle Kommunen sinnvoll



# Kommunales Energiesystem auf Basis erneuerbarer Energien



# Energiesystem-Modellierung ist zur Identifizierung des optimalen kommunalen Energiesystems notwendig

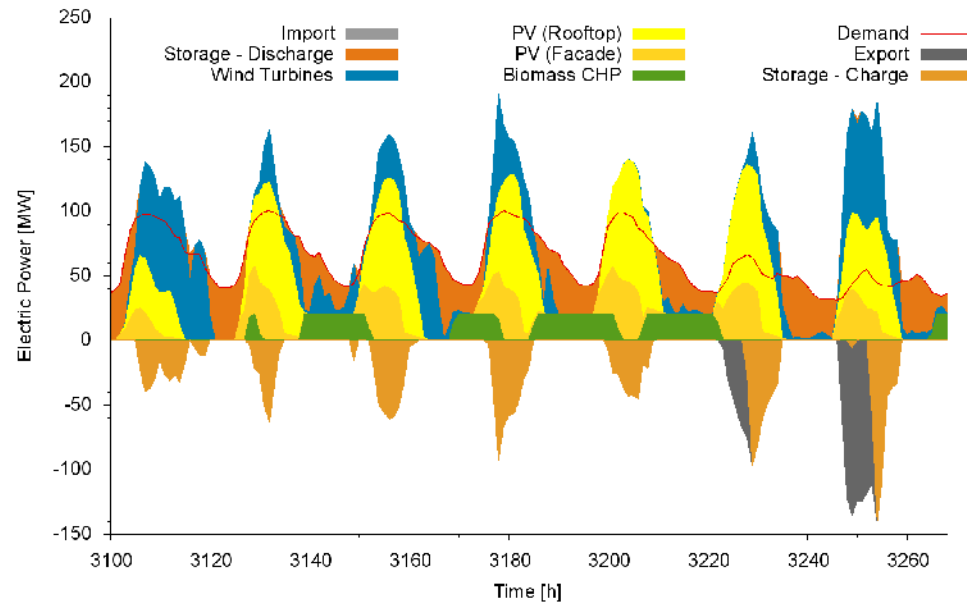
## Fraunhofer ISE entwickelt KomMod (Kommunales Energiesystemmodell)

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

## KomMod beantwortet folgende Fragen:

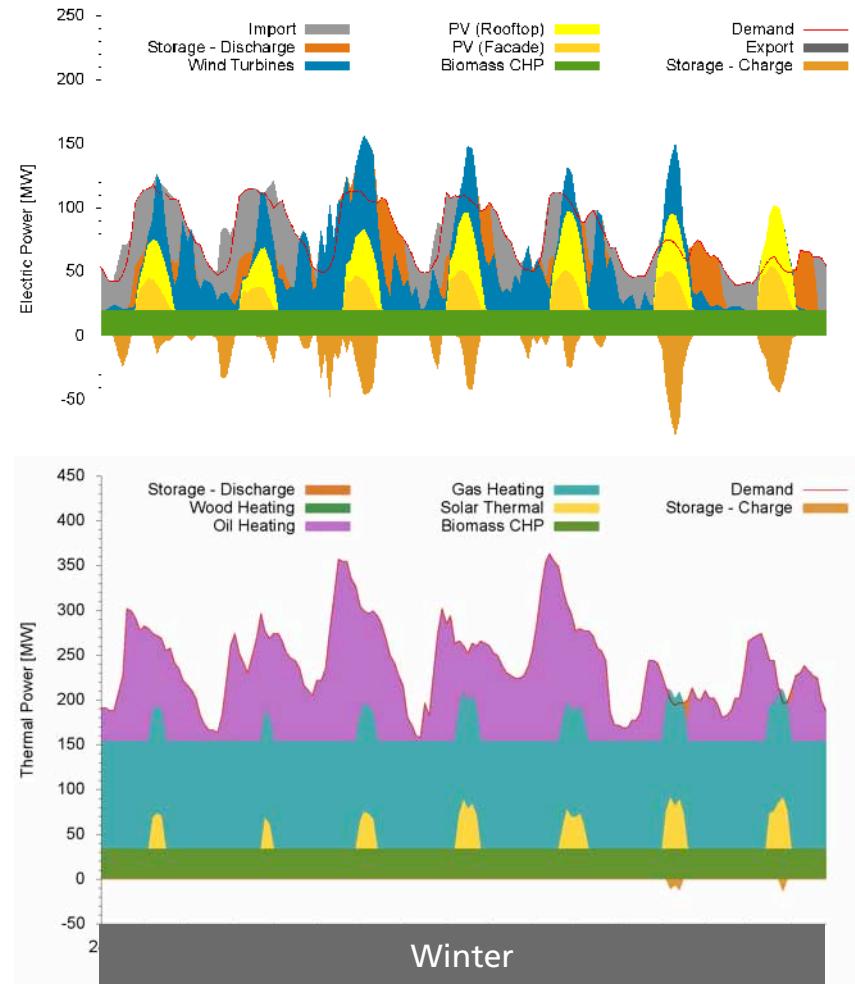
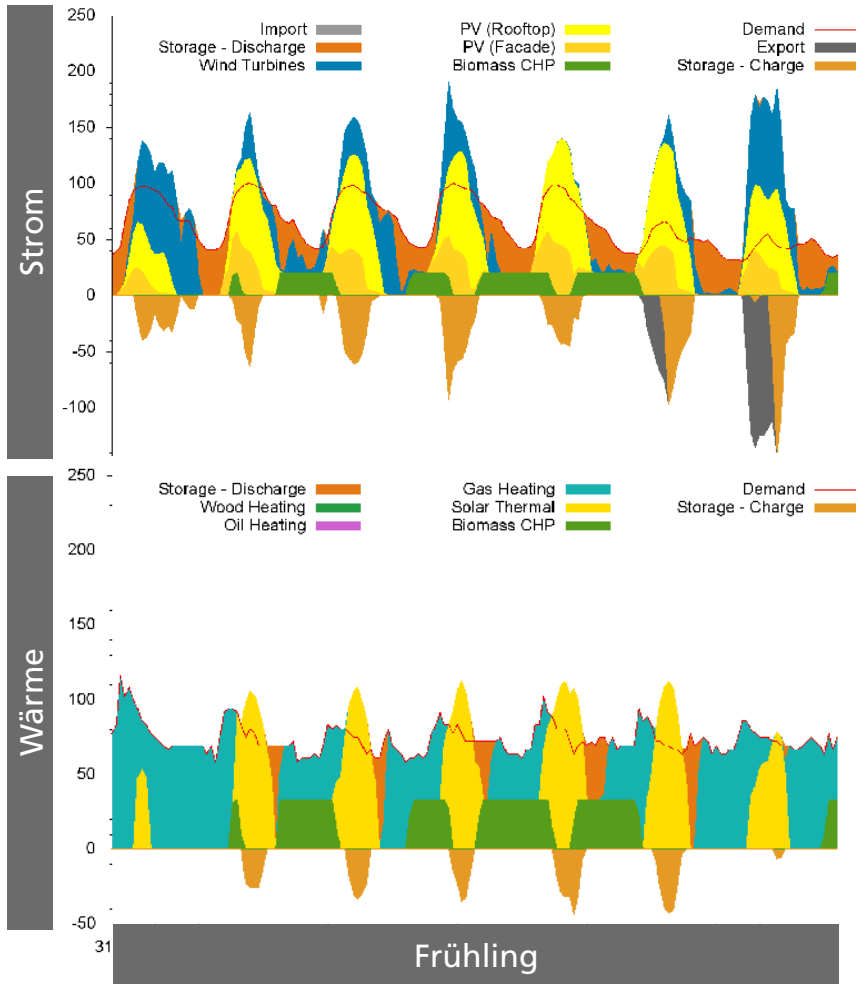
- Wie muss das Energiesystem aussehen, um eine x% EE-Versorgung zu erreichen?
- Welche Energiesystem-Varianten sind möglich, welche nicht?
- Welche Erzeugungs- und wieviel Speicherkapazitäten, welche Wärmenetze sind notwendig?
- Wieviel Import/Export ist notwendig?
- Welche Kosten entstehen?

## Beispiel: Stromerzeugung/-bedarf in einer Frühlingswoche



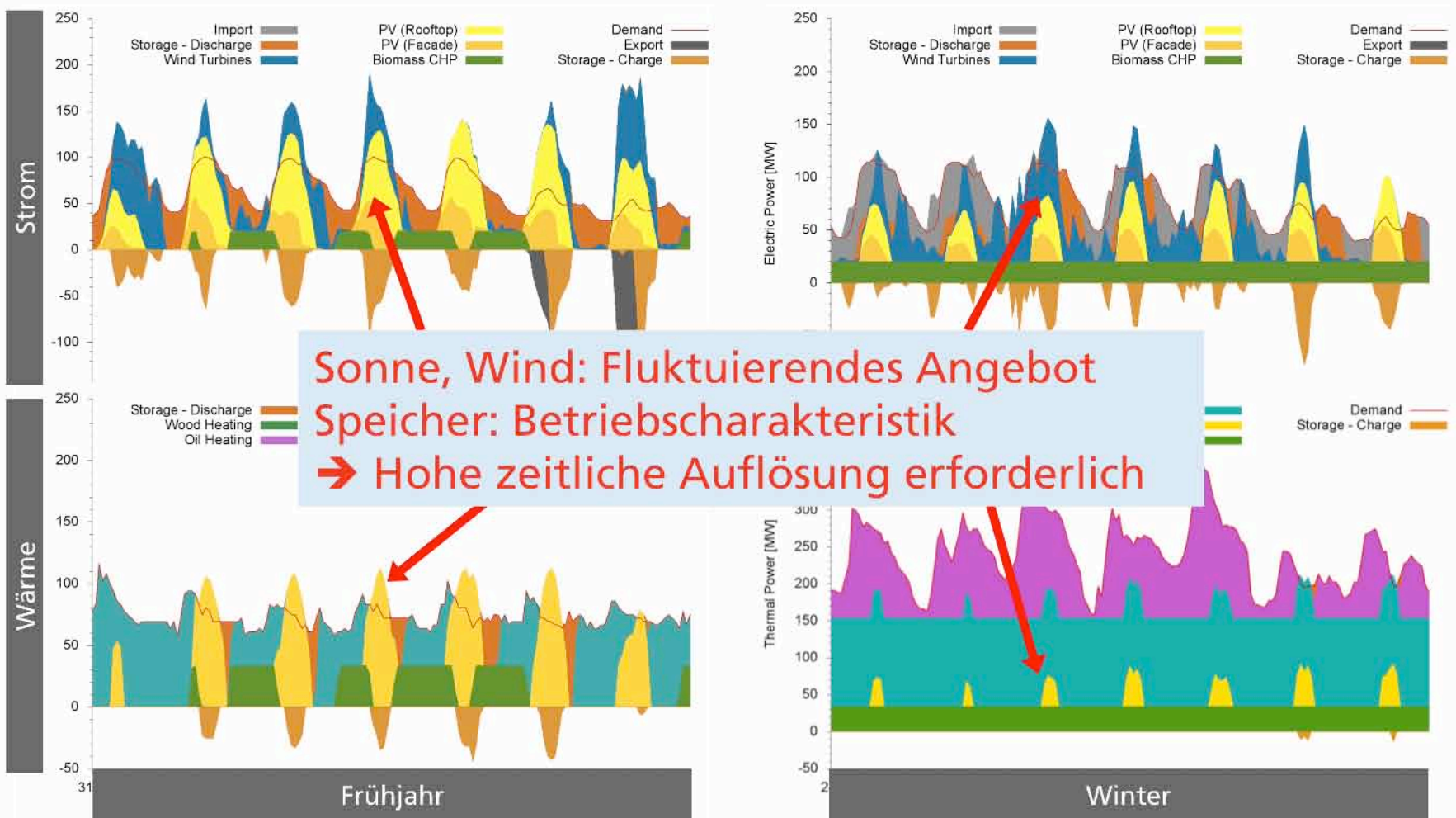
KomMod wird von Fraunhofer ISE entwickelt in der Modellierungsumgebung AMPL auf Basis von simultan gelösten Gleichungssystemen

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



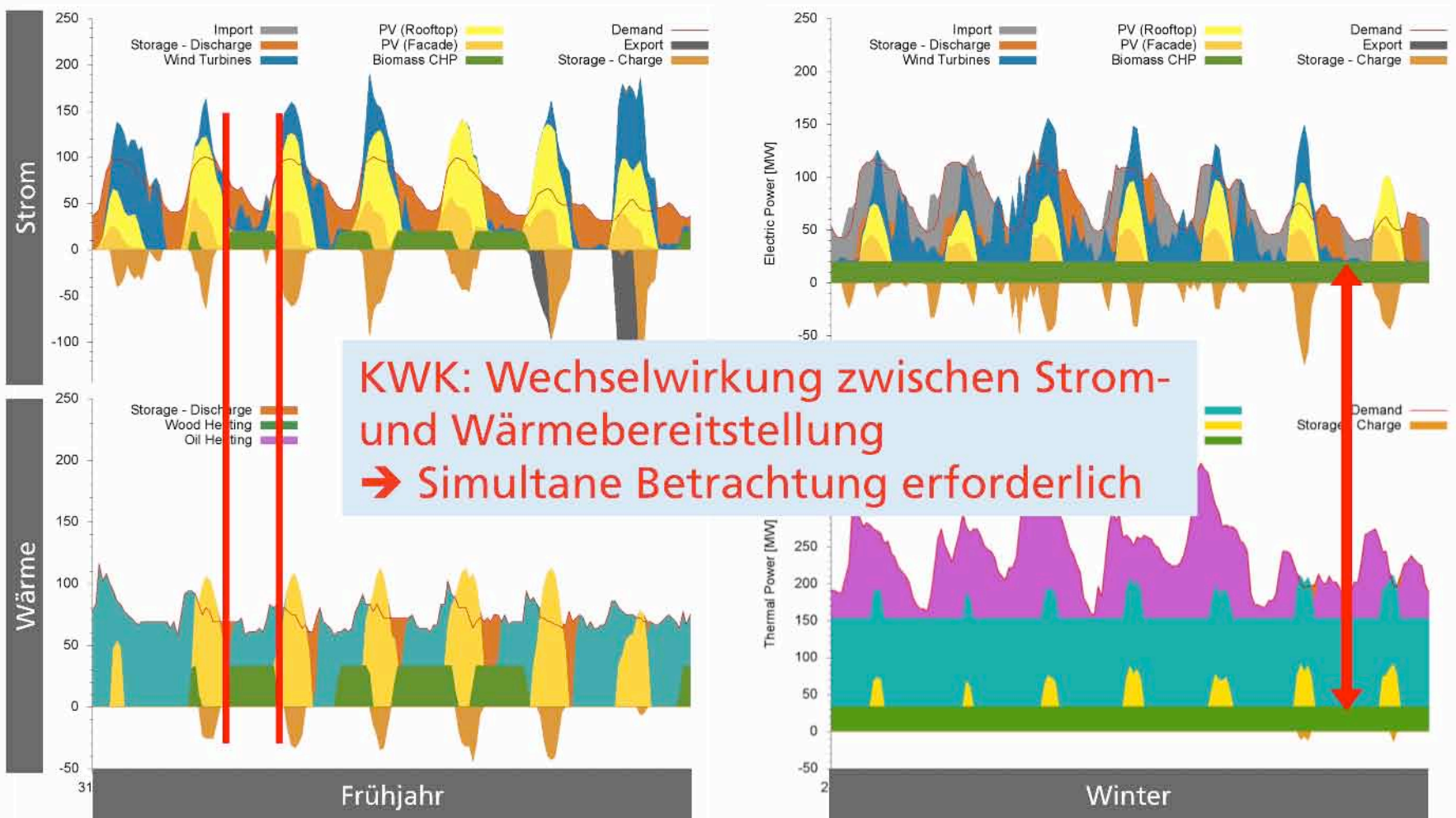
# Anforderungen an ein Energieszenarienmodell

## Hohe zeitliche Auflösung



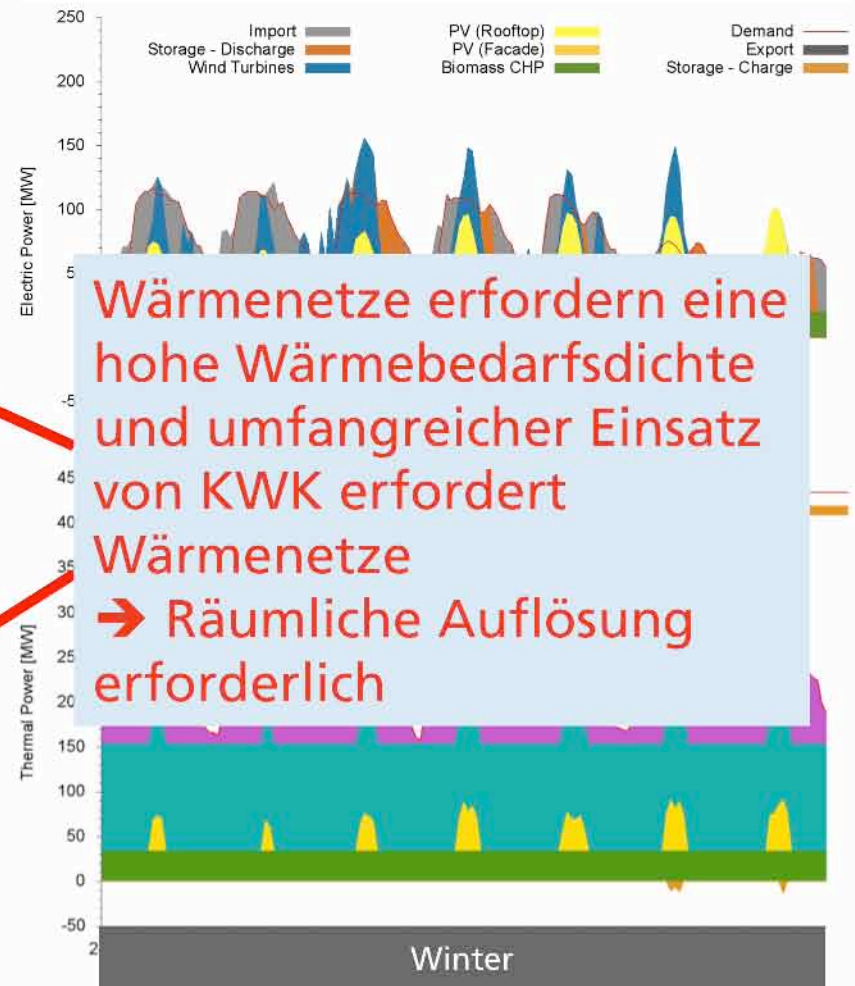
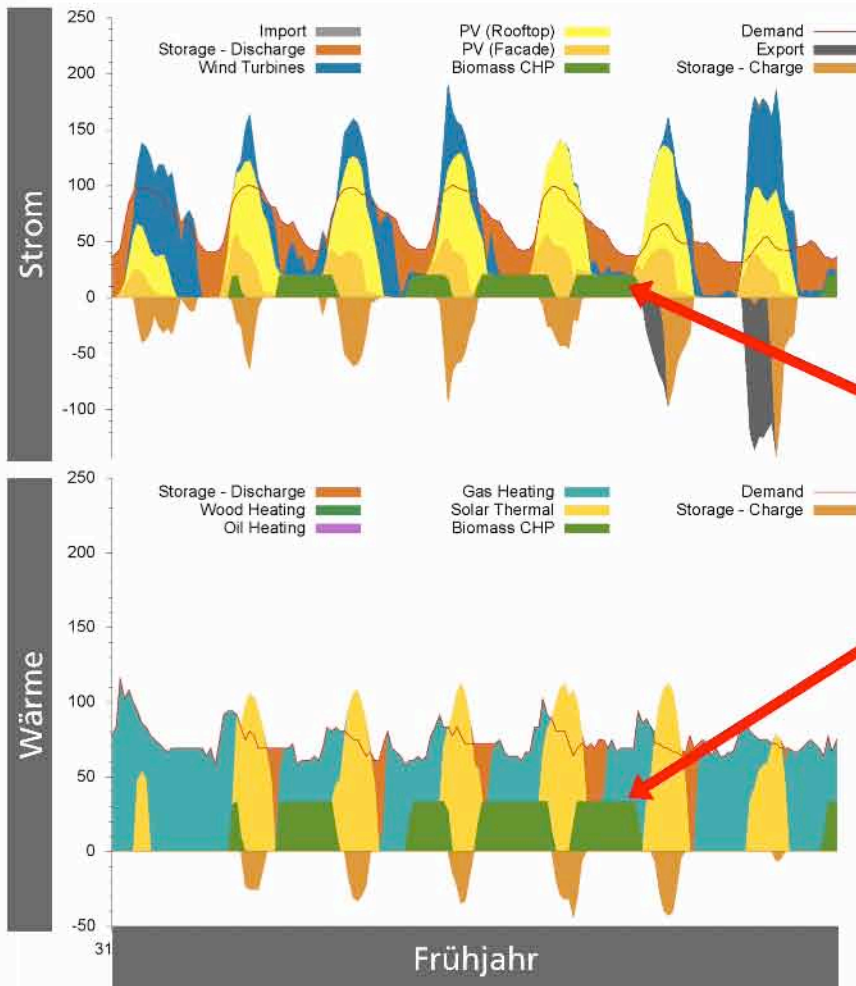
# Anforderungen an ein Energieszenarienmodell

## Gekoppelte Modellierung von Strom und Wärme



# Anforderungen an ein Energieszenarienmodell

## Räumliche Auflösung



Wärmenetze erfordern eine hohe Wärmebedarfsdichte und umfangreicher Einsatz von KWK erfordert Wärmenetze  
 → Räumliche Auflösung erforderlich



# Konsens, Herausforderungen und Chancen der Energiewende

# Energiepolitik: Konsens



**Verbund EU**



**PV: wichtig**



**Netzausbau**



**Effizienz**



© Talsperre ISA

**Speicher**



**E-Mobilität**



© Siemens AG

**Wind: Nr. 1**



**Mix EE**

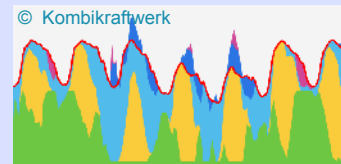
# Herausforderungen



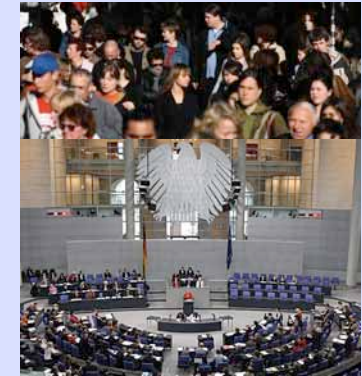
**Investoren  
Geschäftsmodelle**



**Regional-National**



**Stromanteil  
fluktuierend**



**Organisation &  
Steuerung der  
Transformation**



**Vorfinanzierung  
Mehrkosten EE**



**Rolle Biomasse**

## Herausforderungen

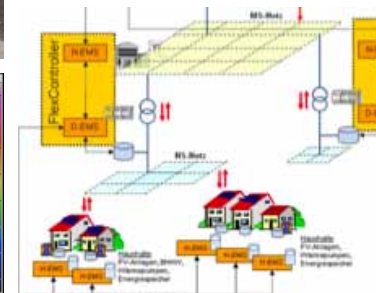
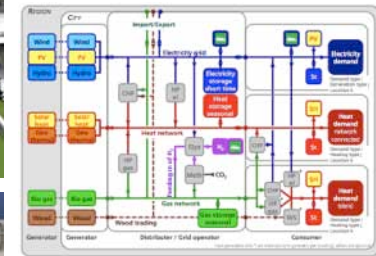
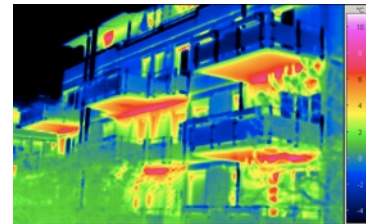
- **Ziel-Energiesystem**  
Richtung klar, Endsystem noch unklar
- **Geschwindigkeit**  
Welche Maßnahme wie stark und wie schnell umsetzen?
- **Kosten**  
Kurzfristig höherer Investitionsbedarf
- **Ebenen**  
Harmonisierung der Aktivitäten in Kommunen – Länder – Bund
- **Partizipation**  
Bürger, Unternehmen, Regionen wollen mitwirken und - bestimmen – neue Beteiligungsprozesse notwendig
- **Marktdesign**  
Regulierungen sind anzupassen
- **Steuerung**  
Komplexer Prozess lässt sich nicht mit traditionellen Methoden steuern

## Chancen

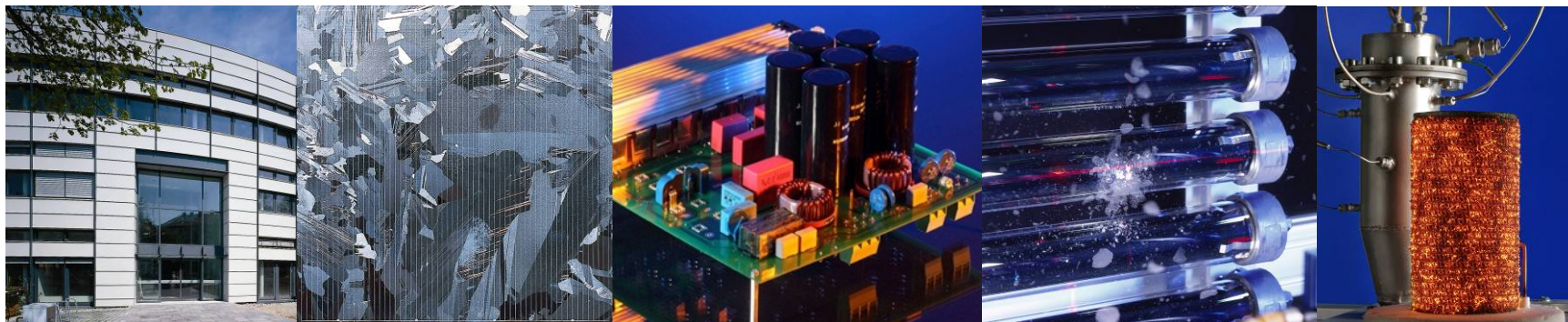
- **Fehlertoleranz**  
Rechtzeitiger Beginn des Transformationsprozesses erlaubt Fehler und Korrekturen
- **Technologien & Marktchancen**  
Entwicklung und Einsatz neuer Technologien bieten neue Marktchancen weltweit
- **Lokale Wertschöpfung**  
statt Energieimporte stärkt lokale Wirtschaftskreisläufe
- **Robuste Energieversorgung**  
Erneuerbares Energiesystem ist nachhaltig, robust, sicher und langfristig kostengünstig
- **Partizipation**  
Energiewende ist ein gutes Übungsfeld um neue Methoden der aktiven Bürgerbeteiligung zu entwickeln

# Zusammenfassung

- Energiewende erfordert **umfassenden Umbau** des Energiesystems
- **Sonne und Wind** werden zu wichtigsten Energiequellen
- **Energiewende erfordert einen Strauß von Maßnahmen:** Erneuerbare Energien, Ausbau Netze, Smart Grids, Effizienzsteigerung, Speicher, Maßnahmen in Strom, Wärme/Kälte und Verkehr,...
- **Städte und Kommunen sowie lokale Bürgerinitiativen** sind zentrale Akteure bei der Umsetzung der Energiewende
- Es empfiehlt sich ein **strategisch-systematisches Vorgehen** mit Zielsetzung, Roadmapentwicklung, Umsetzung, Monitoring/Nachsteuern



# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



## Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme ISE

### Gerhard Stryi-Hipp

[gerhard.stryi-hipp@ise.fraunhofer.de](mailto:gerhard.stryi-hipp@ise.fraunhofer.de)

[www.ise.fraunhofer.de](http://www.ise.fraunhofer.de)