

# Sichere Energieversorgung durch regenerative Kombikraftwerke

17. C.A.R.M.E.N Forum, Straubing, 22.03.2010

Prof. Dr.-Ing. Markus Brautsch  
Hochschule Amberg-Weiden  
Kaiser-Wilhelm-Ring 23  
92224 Amberg

[www.ifeam.de](http://www.ifeam.de)

Tel: 09621 / 482-228  
Fax: 09621 / 482-145  
[m.brautsch@haw-aw.de](mailto:m.brautsch@haw-aw.de)

1. Vorstellung IfE Institut für Energietechnik
2. Die Stromversorgung heute
3. Die Stromversorgung künftig mit hohem Anteil Erneuerbarer Energien
4. Ein Modellprojekt - Regeneratives Kombikraftwerk
5. Ein Beispiel für ein ausgeführtes regeneratives Kombikraftwerk im Inselbetrieb – Seehaus Fichtelgebirge
6. Zusammenfassung und Fazit

# **1. Vorstellung IfE Institut für Energietechnik**

2. Die Stromversorgung heute
3. Die Stromversorgung künftig mit hohem Anteil Erneuerbarer Energien
4. Ein Modellprojekt - Regeneratives Kombikraftwerk
5. Ein Beispiel für ein ausgeführtes regeneratives Kombikraftwerk im Inselbetrieb – Seehaus Fichtelgebirge
6. Zusammenfassung und Fazit

- Kommunale Energiekonzepte / Nahwärmeverbundlösungen
- Energieeffizienzkonzepte für Industrie, Gewerbe und Dienstleistung
- Wissenschaftliche Begleitforschung in Demonstrations- und Entwicklungsvorhaben
- Angewandte Forschung und Entwicklung
- Wissens- und Technologietransfer
- 10 Ingenieure und Wissenschaftler





## **Wissenschaftlich-messtechnische Begleitforschung von Demonstrations- und Entwicklungsvorhaben im mehrjährigen Versuchsbetrieb**

Demonstration vernetzter Dampf-, Strom-, Druckluft- und Kälteproduktion zur Effizienzsteigerung in der **BHS Corrugated GmbH in Weiherhammer**, Laufzeit 2007 – 2010,  
Gefördert vom Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie

Errichtung, Erprobung und Optimierung eines ganzheitlich vernetzten thermischen Ringleitungsnetzes in der **Grammer AG in Hasemühl**, Laufzeit 2006 – 2009,  
Gefördert vom Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie

Verbrauchs- und Betriebsoptimierung von **BHKW-Anlagen für den Einsatz in Kommunen und mittelständischen Betrieben**, Laufzeit 2006 – 2009,  
Gefördert vom Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie

Anlagen- und Betriebsoptimierung eines BHKW-Systems im **Familienhotel in Lambach**, Laufzeit 2006-2008,  
Gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt

Effiziente Vernetzung innovativer Strom- und Wärmeproduktion in **kommunalen Liegenschaften, Stadt Eschenbach i. d. Opf.**  
Gefördert vom Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie,  
Laufzeit 2008-2010

1. Vorstellung IfE Institut für Energietechnik
- 2. Die Stromversorgung heute**
3. Die Stromversorgung künftig mit hohem Anteil Erneuerbarer Energien
4. Ein Modellprojekt - Regeneratives Kombikraftwerk
5. Ein Beispiel für ein ausgeführtes regeneratives Kombikraftwerk im Inselbetrieb – Seehaus Fichtelgebirge
6. Zusammenfassung und Fazit

# Bruttostromerzeugung 1990 – 2008

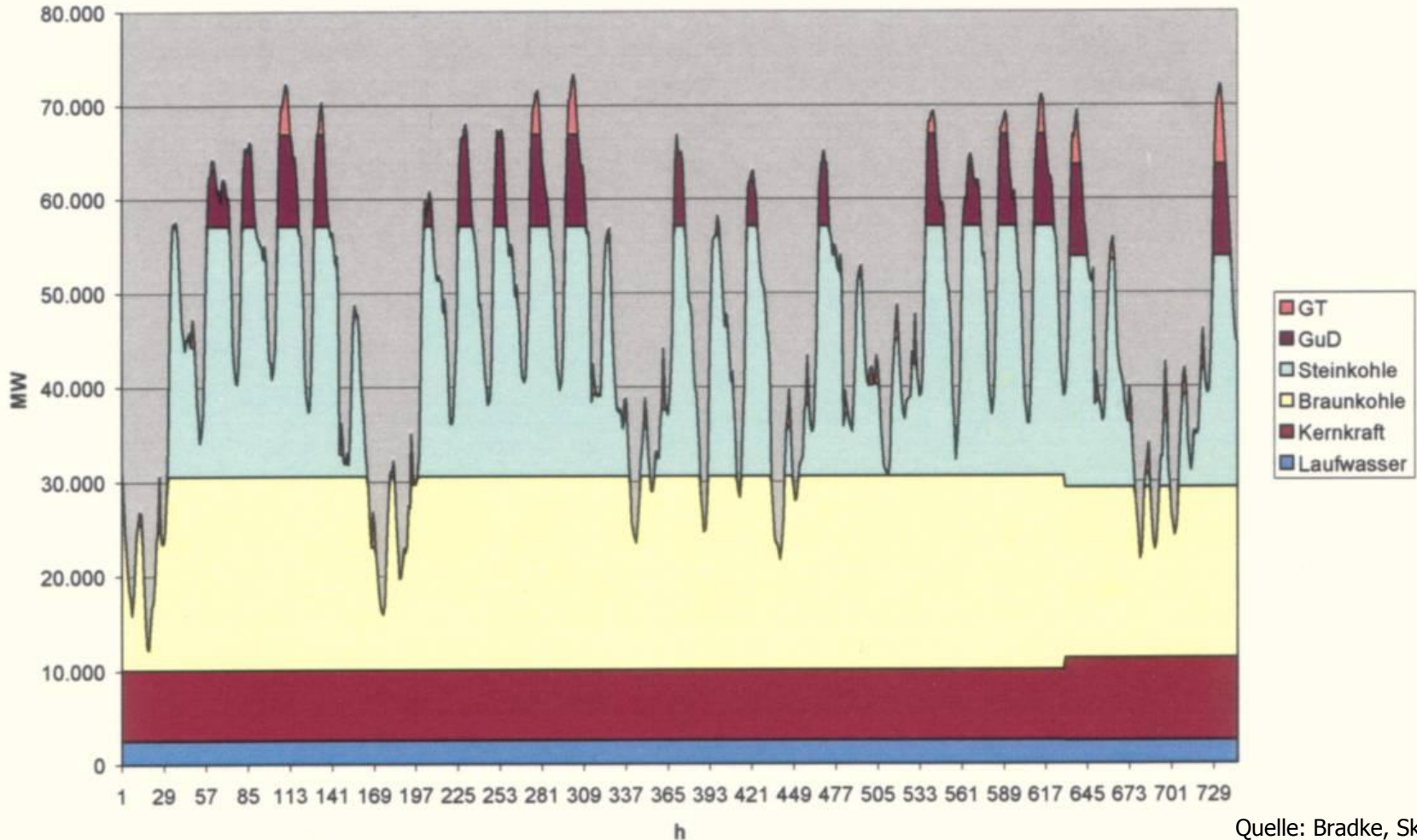
**Schaubild 11: Bruttostromerzeugung aller Kraftwerke in Deutschland nach Energieträgern 1990–2008, in TWh und in %**



Quelle: BDEW, siehe auch BMWi-Energiedaten, Tabelle 22

\*vorläufig \*\* Bruttostromerzeugung und -verbrauch unterscheiden sich durch den Außenhandelsaldo

# Stromversorgung heute Grund-, Mittel- und Spitzenlastkraftwerke



Quelle: Bradke, Skript Uni Kassel

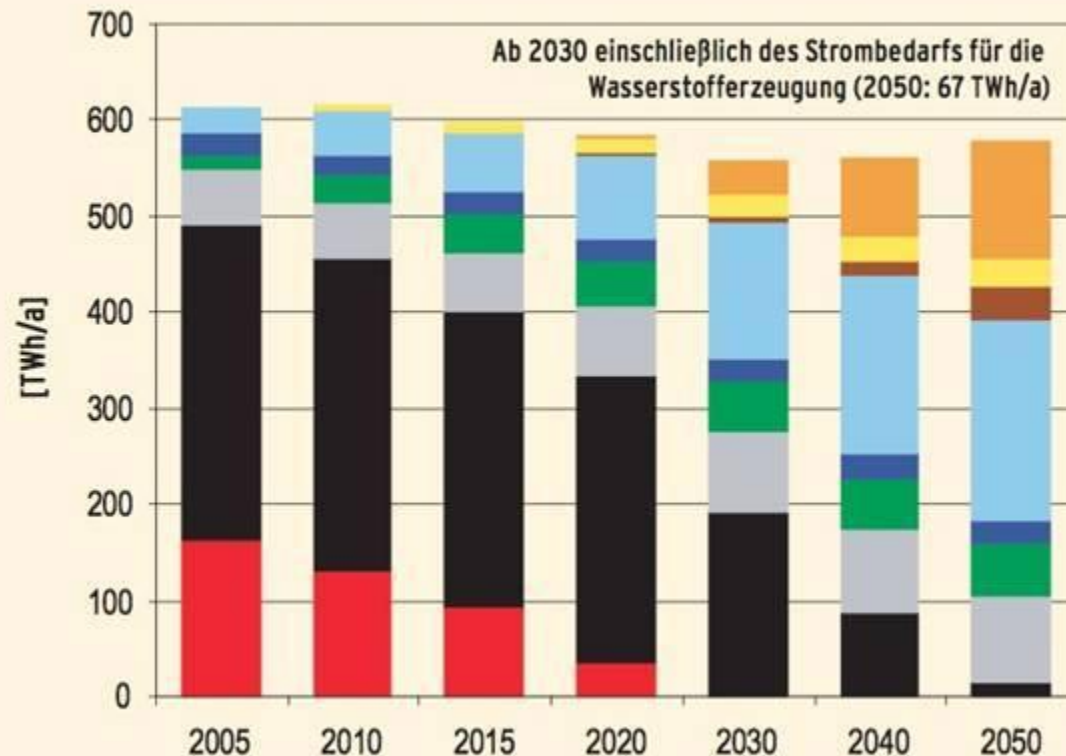
1. Vorstellung IfE Institut für Energietechnik
2. Die Stromversorgung heute
- 3. Die Stromversorgung künftig mit hohem Anteil Erneuerbarer Energien**
4. Ein Modellprojekt - Regeneratives Kombikraftwerk
5. Ein Beispiel für ein ausgeführtes regeneratives Kombikraftwerk im Inselbetrieb – Seehaus Fichtelgebirge
6. Zusammenfassung und Fazit

## Bruttostromerzeugung, Leitstudie 2008



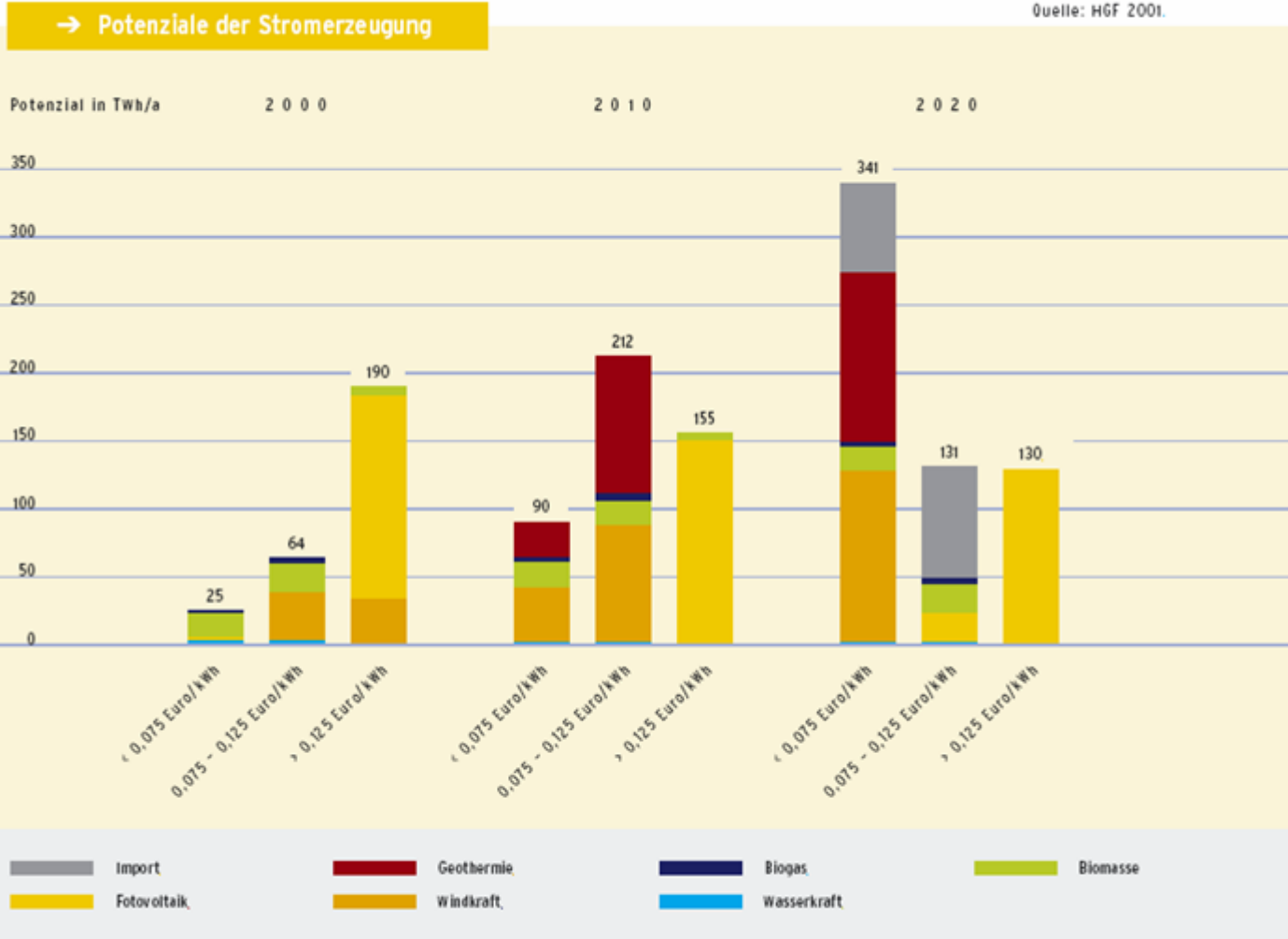
KWK = Kraft-Wärme-Kopplung  
1) einschl. biogenem Anteil des Abfalls

Quelle: BMU [27]



**⇒ Bei weiterem Ausbau der Erneuerbaren Energien kommt der Regelenergie steigende Bedeutung zu!**

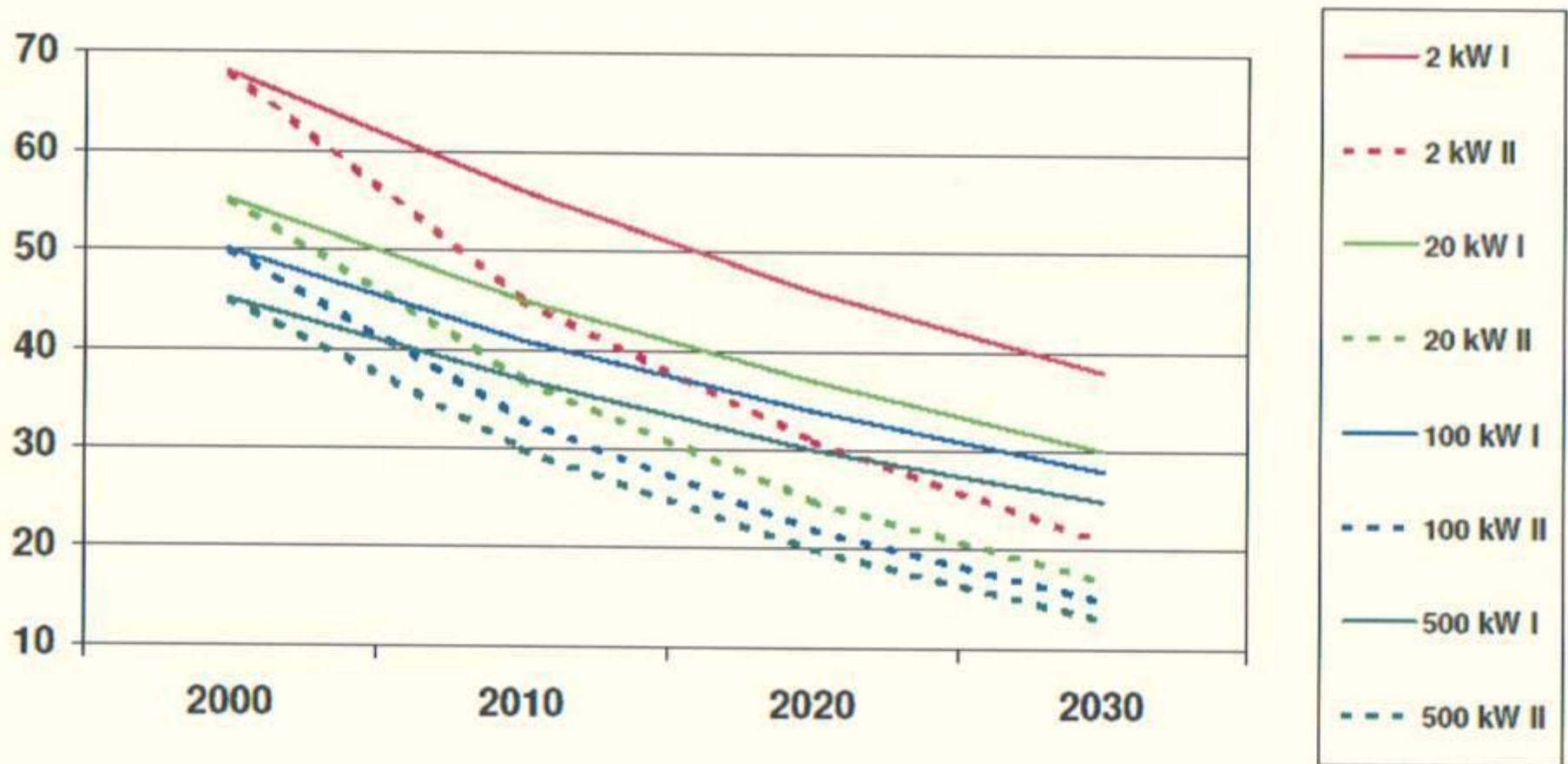
# Stromversorgung künftig – Kosten für Biomasse-Strom im Vergleich zu Geothermie und Windkraft



Die Potenziale der erneuerbaren Energien wachsen in der Zukunft und werden immer preisgünstiger. Strompotenziale für drei Zeitpunkte, aufgeteilt in jeweils drei Kostenklassen.

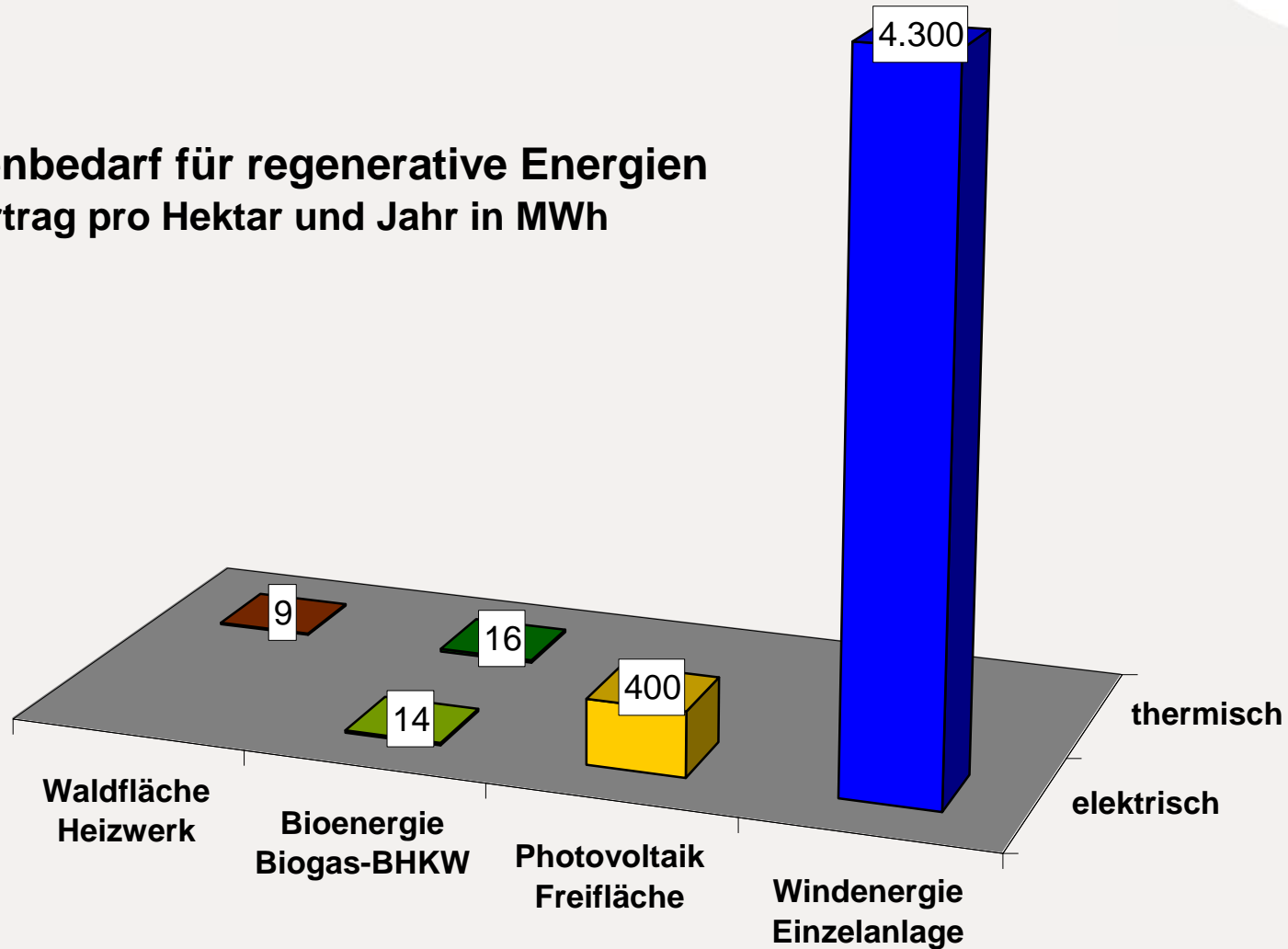
Quelle: HGF, Schlüsseltechnologie Regenerative Energien

# Stromversorgung künftig – Kostenentwicklung für Strom aus Photovoltaik in Ct/kWh



Quelle: Bradke, Skript Uni Kassel

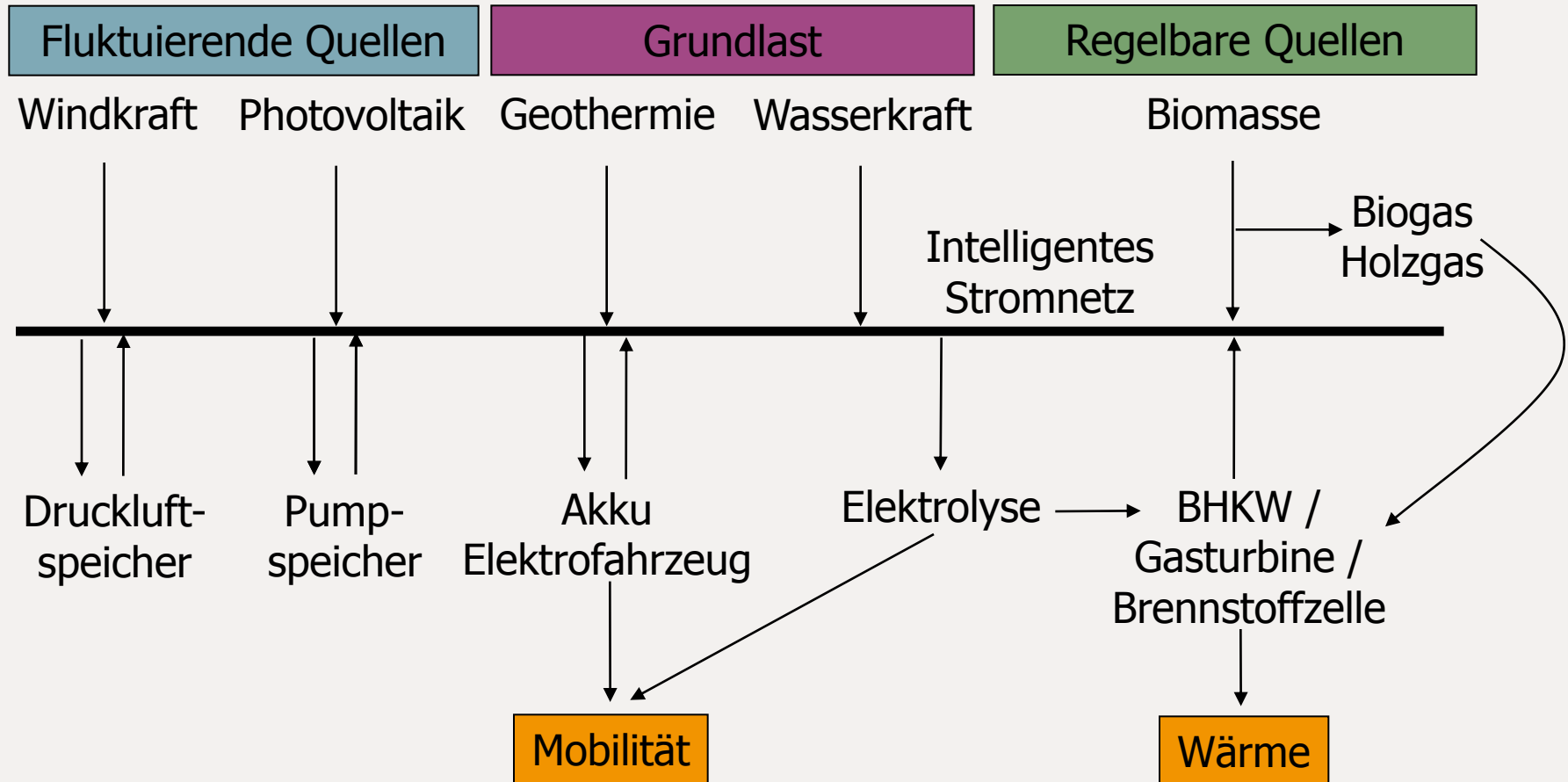
## Flächenbedarf für regenerative Energien Ertrag pro Hektar und Jahr in MWh



Quelle: IfE GmbH, Integriertes Klimaschutzkonzept AOVE

# Regenerative Stromwirtschaft – Mix aus verschiedenen Quellen und Speichertechnologien

## Biomasse als Regelenergie

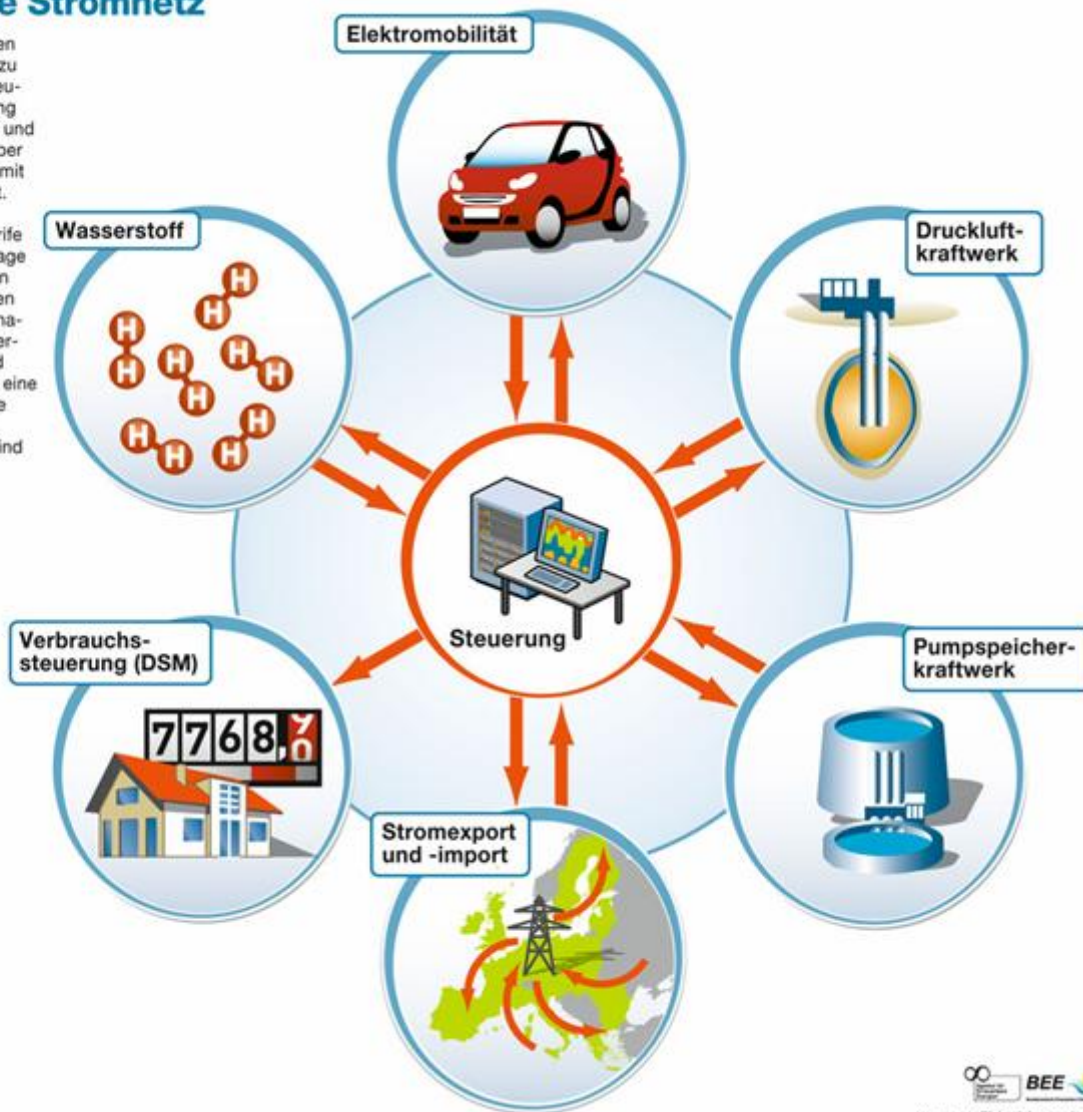


# Zukünftig immer wichtiger: Kombination von Kraftwerks- und Lastregelung (demand side management)

## Das intelligente Stromnetz

Die Stromversorgung der nahen Zukunft umfasst im Vergleich zu heute neue Elemente, um Erzeugung und Nachfrage in Einklang zu bringen. Stromverbraucher und verschiedene Speicher sind über moderne Informationstechnik mit dem Kraftwerkspark verknüpft.

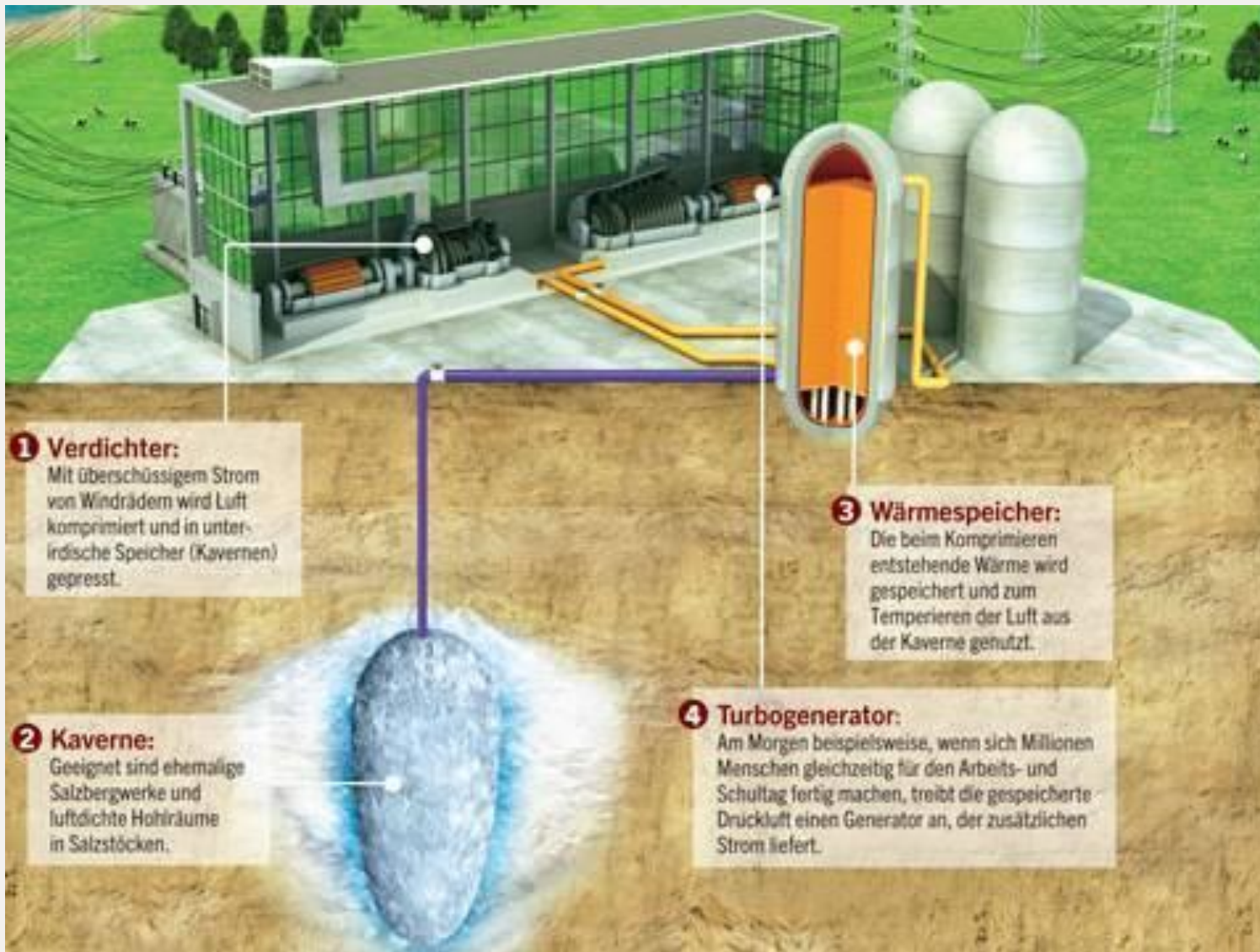
Durch den Anreiz variabler Tarife kann ein Teil der Stromnachfrage den verfügbaren Strommengen entsprechend gesteuert werden (Last- bzw. Demand-Side-Management). Der zunehmende internationale Stromaustausch und „intelligente“ Stromnetze sind eine wichtige Voraussetzung für die Integration der fluktuierenden Erneuerbaren Energien aus Wind und Sonne.



Steuerung der Verbraucherseite durch variable Tarife

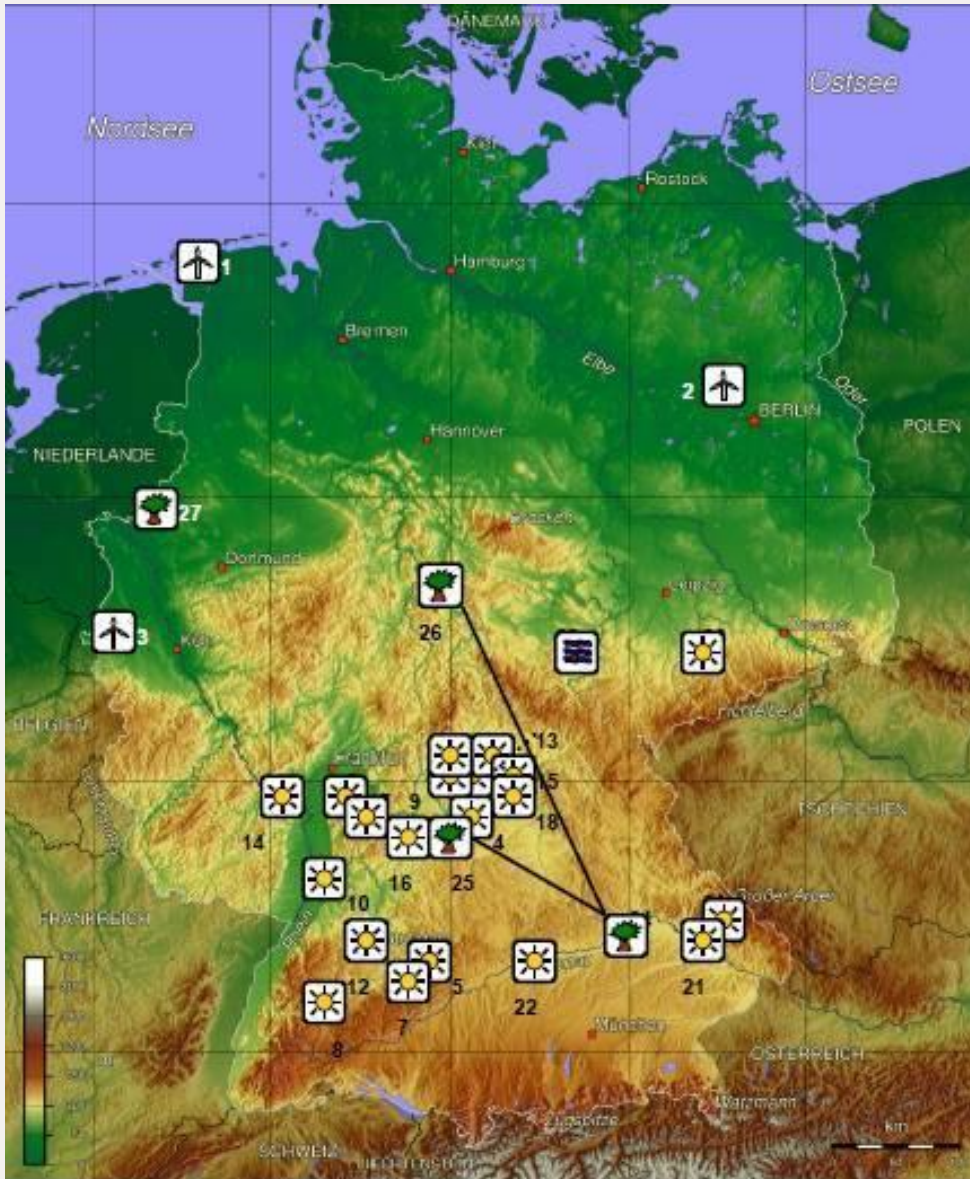
z.B. „Modellstadt Mannheim“  
Feldtest mit 3000 Endkunden

# Speichertechnologien – Beispiel Druckluftspeicher



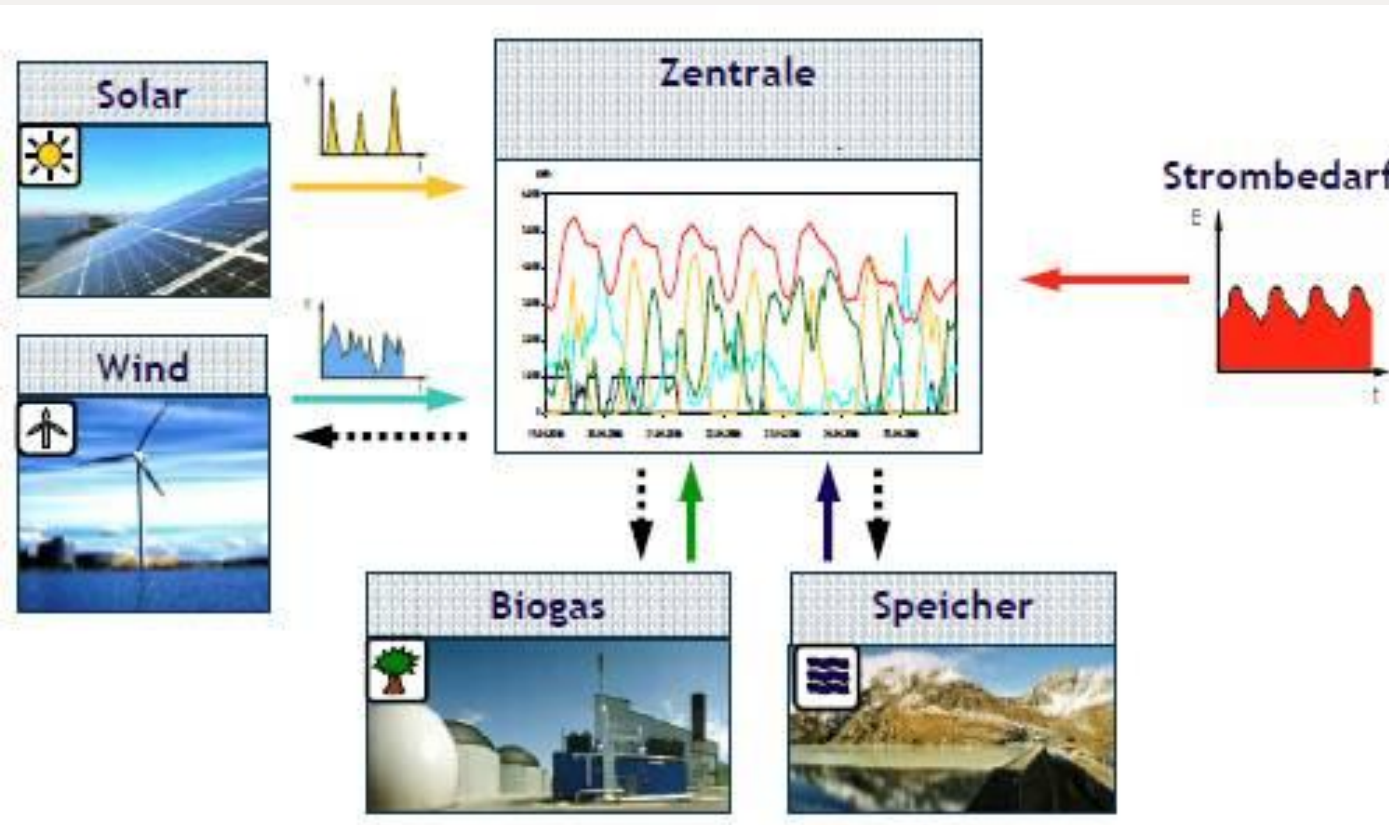
Grafik: wiwo.de

1. Vorstellung IfE Institut für Energietechnik
2. Die Stromversorgung heute
3. Die Stromversorgung künftig mit hohem Anteil Erneuerbarer Energien
- 4. Ein Modellprojekt - Regeneratives Kombikraftwerk**
5. Ein Beispiel für ein ausgeführtes regeneratives Kombikraftwerk im Inselbetrieb – Seehaus Fichtelgebirge
6. Zusammenfassung und Fazit



- Szenario zur Deckung 1/10000 des deutschen Strombedarfs
- 3 Windparks, insg. 12,6 MW
- 20 PV-Anlagen, insg. 5,5 MW
- 4 Biogasanlagen, insg. 4 MW
- Pumpspeicherkraftwerk 1,06 MW (als Simulation)
- Biogasanlagen als Regelkraftwerke
- 3 der 4 Anlagen mit Gaseinspeisung
- Erdgasnetz als Gasspeicher
- zusätzlich 2 Anlagen mit lokalem Speicher
- max. Export 1 MW
- max. Speicher 84,8 MWh
- max. 35 % Biogasanteil
- Biogas-Mikrogasturbine mit 30 kW als Sekundenreserve

Quelle: Abschlussbericht Projekt Regeneratives Kombikraftwerk

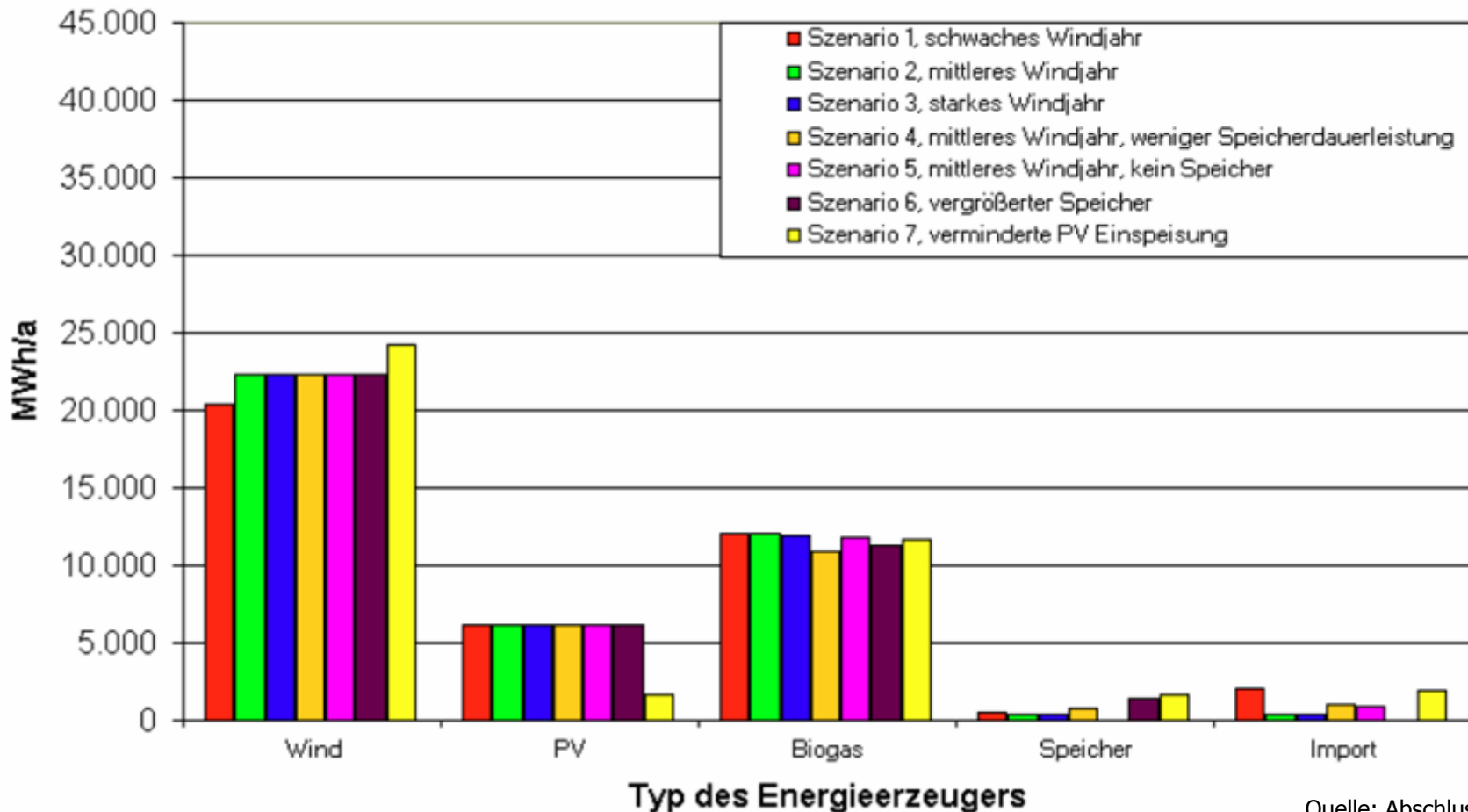


- Einspeiseprognosen für Wind und Solar auf Basis von Daten des DWD
- Erstellung von 24h-Fahrplänen für Biogasanlagen und Pumpspeicherkraftwerk
- Deckung mittelfristig abzusehender Einspeiseausfälle durch regelbare Biogasanlagen
- Soll/Ist-Vergleich jede Minute; Ausgleich von Unter- und Überdeckungen durch Pumpspeicherkraftwerk und schnell regelbare Biogasanlagen (Mikrogasturbine)
- ggf. Im- oder Export von Energie

Quelle: Abschlussbericht Projekt  
Regeneratives Kombikraftwerk

# Modellprojekt regeneratives Kombikraftwerk 5 Modellszenarien

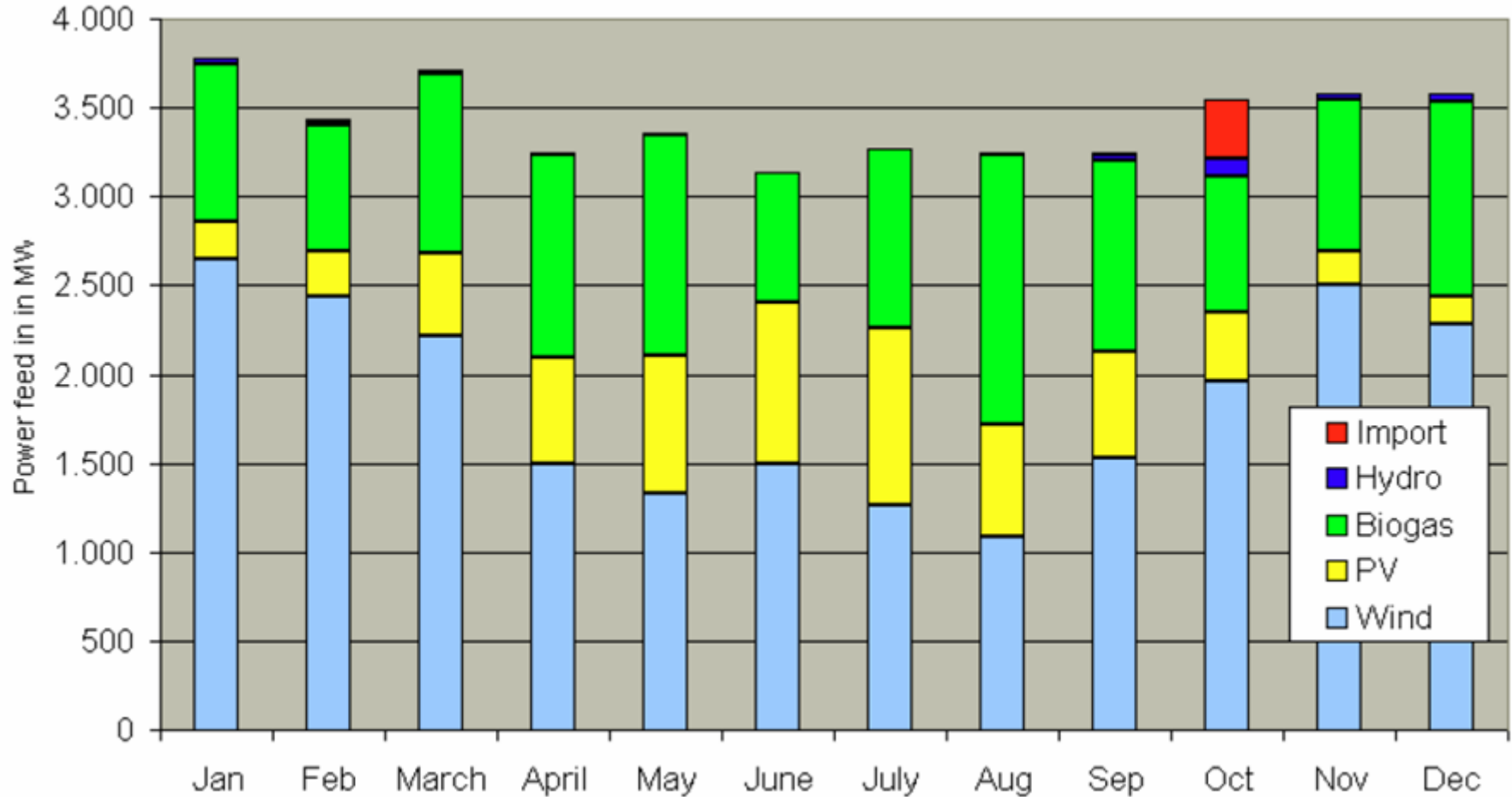
**Jahresanteile der Energieerzeuger zur Deckung des Verbrauchs**



Quelle: Abschlussbericht Projekt  
Regeneratives Kombikraftwerk

# Modellprojekt regeneratives Kombikraftwerk

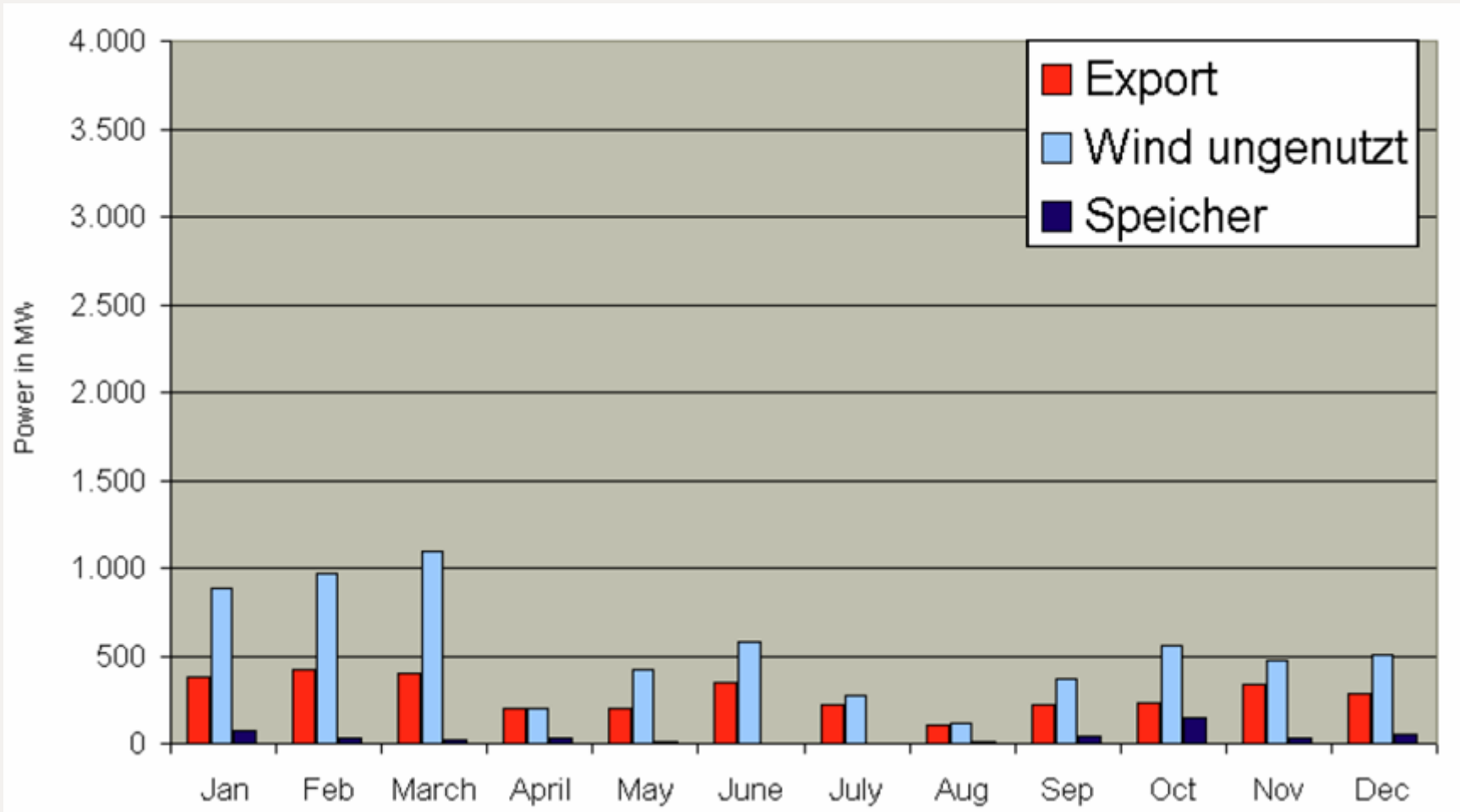
## Monatliche Erzeugung Szenario 2 (mittleres Windjahr)



Quelle: Abschlussbericht Projekt  
Regeneratives Kombikraftwerk

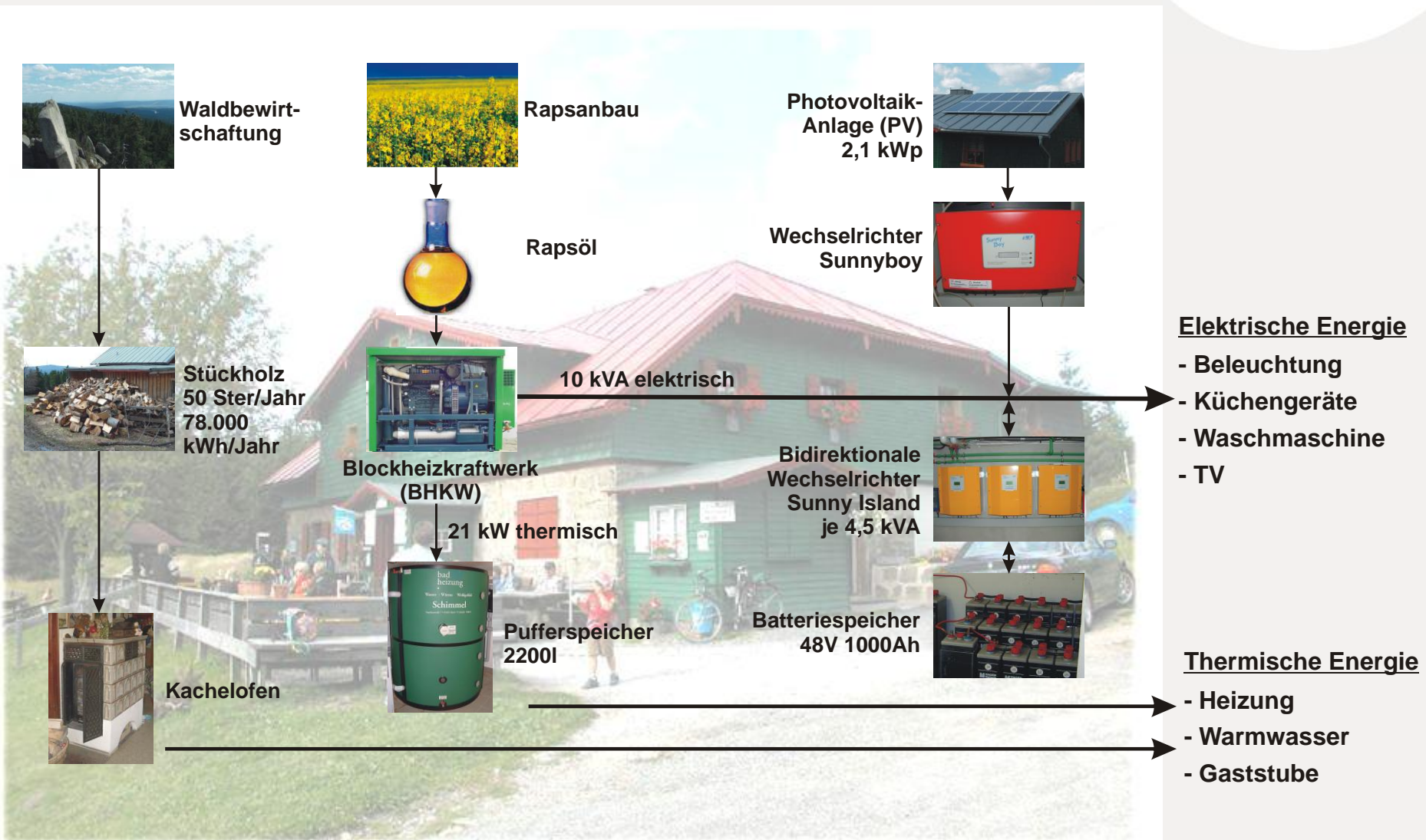
# Modellprojekt regeneratives Kombikraftwerk

## Monatliche Erzeugung Szenario 2 (mittleres Windjahr)

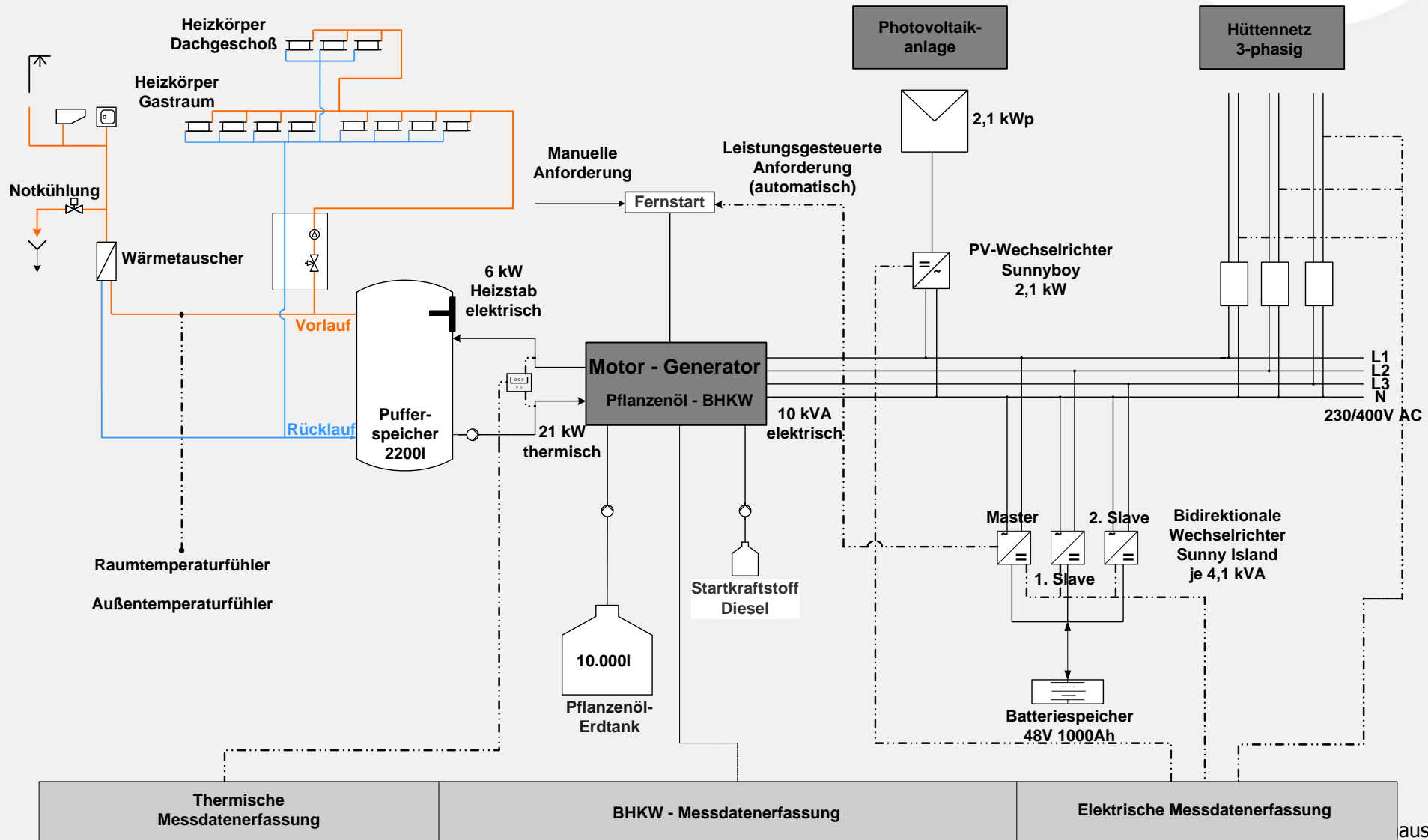


Quelle: Abschlussbericht Projekt  
Regeneratives Kombikraftwerk

1. Vorstellung IfE Institut für Energietechnik
2. Die Stromversorgung heute
3. Die Stromversorgung künftig mit hohem Anteil Erneuerbarer Energien
4. Ein Modellprojekt - Regeneratives Kombikraftwerk
- 5. Ein Beispiel für ein ausgeführtes regeneratives Kombikraftwerk im Inselbetrieb – Seehaus Fichtelgebirge**
6. Zusammenfassung und Fazit



Quelle: Hochschule Amberg-Weiden, DBU-Projekt Seehaus



1. Vorstellung IfE Institut für Energietechnik
2. Die Stromversorgung heute
3. Die Stromversorgung künftig mit hohem Anteil Erneuerbarer Energien
4. Ein Modellprojekt - Regeneratives Kombikraftwerk
5. Ein Beispiel für ein ausgeführtes regeneratives Kombikraftwerk im Inselbetrieb – Seehaus Fichtelgebirge
- 6. Zusammenfassung und Fazit**

- Der Anteil Erneuerbarer Energieträger an der Stromerzeugung wird weiterhin ansteigen, damit nimmt der Anteil fluktuierender Energieträger (Wind, Solar) stark zu
- Windkraft und Geothermie werden aufgrund niedriger Stromgestehungskosten bevorzugt zur Grundlastabdeckung eingesetzt werden
- Biomasse und insbesondere Biogas ist eine vielseitig einsetzbare Energiequelle (Stromerzeugung, Biogaseinspeisung, Wärme, Mobilität), weist jedoch vergleichsweise hohe Kosten auf ⇒ in Zukunft bevorzugter Einsatz als Regelenergie
- Künftige Vergütungsregelungen für Erneuerbare Energien werden die Steuerung der Einspeisemenge berücksichtigen müssen (z.B. „Integrationsbonus“)
- Ein weiterer Ausbau der Erneuerbaren Energie erfordert intelligente Stromnetze mit Steuerung auch der Stromverbraucher (demand side management) und vielfältige neue Speichertechnologien (Druckluft, Elektromobilität, Gaseinspeisung,...)
- Verbesserung der Energiespeicherung bzw. Ausbau europäischer Verbundnetze ist dringend erforderlich