

# PV und Speicher

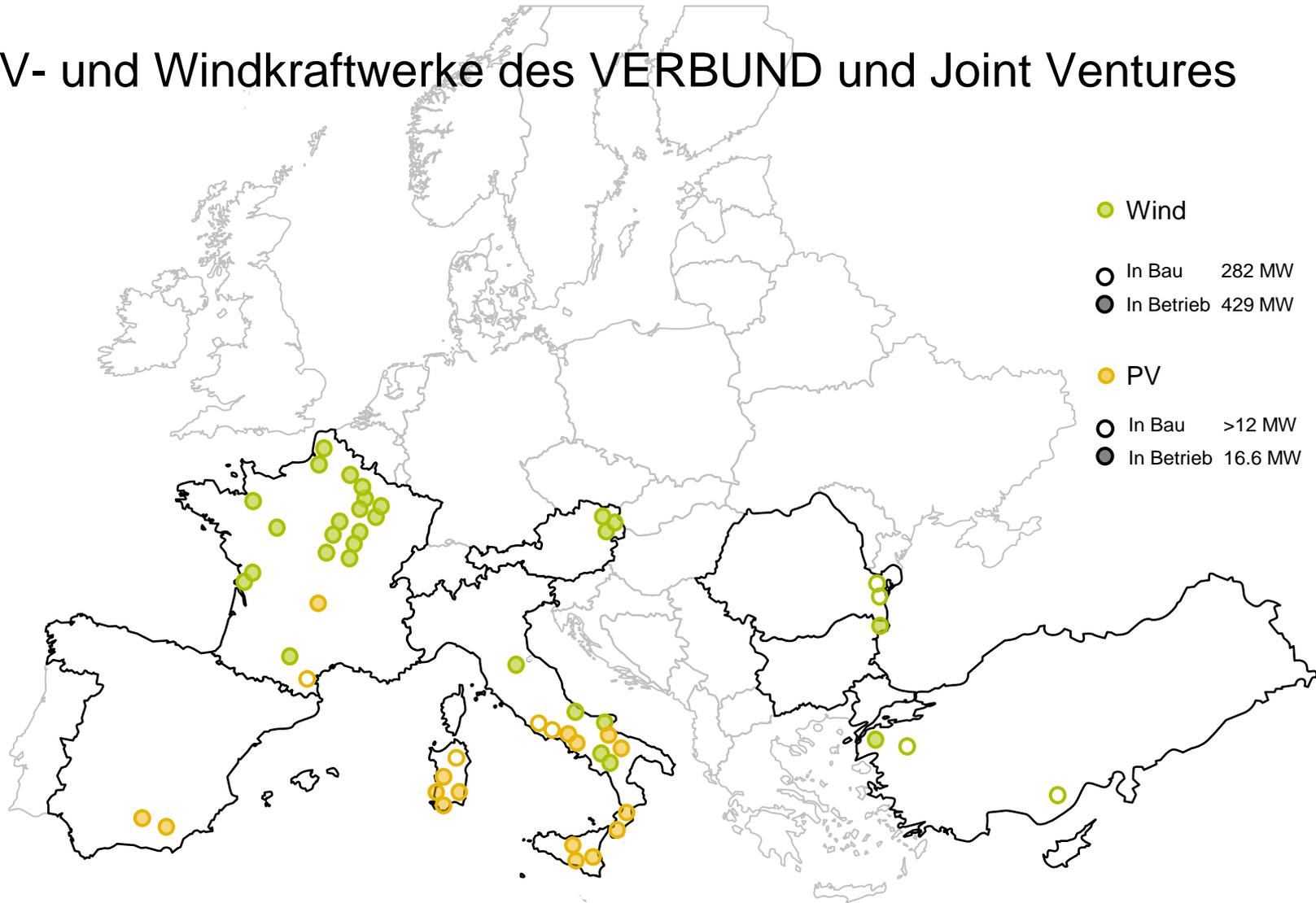
## Bedeutung der Pumpspeicher und mögliche Alternativen

Dr. Rudolf Zauner  
VERBUND Renewable Power GmbH

Österreichische Photovoltaik-Fachtagung  
Wirtschaftskammer Österreich  
20. bis 21. Oktober 2011



## PV- und Windkraftwerke des VERBUND und Joint Ventures



## Weltweit installierte Leistung aus Wind und PV-Kraftwerken (Quelle: IEA)

Installierte Leistung: 195 GW



davon VERBUND: 0,4%  
(mit Bauprojekten)

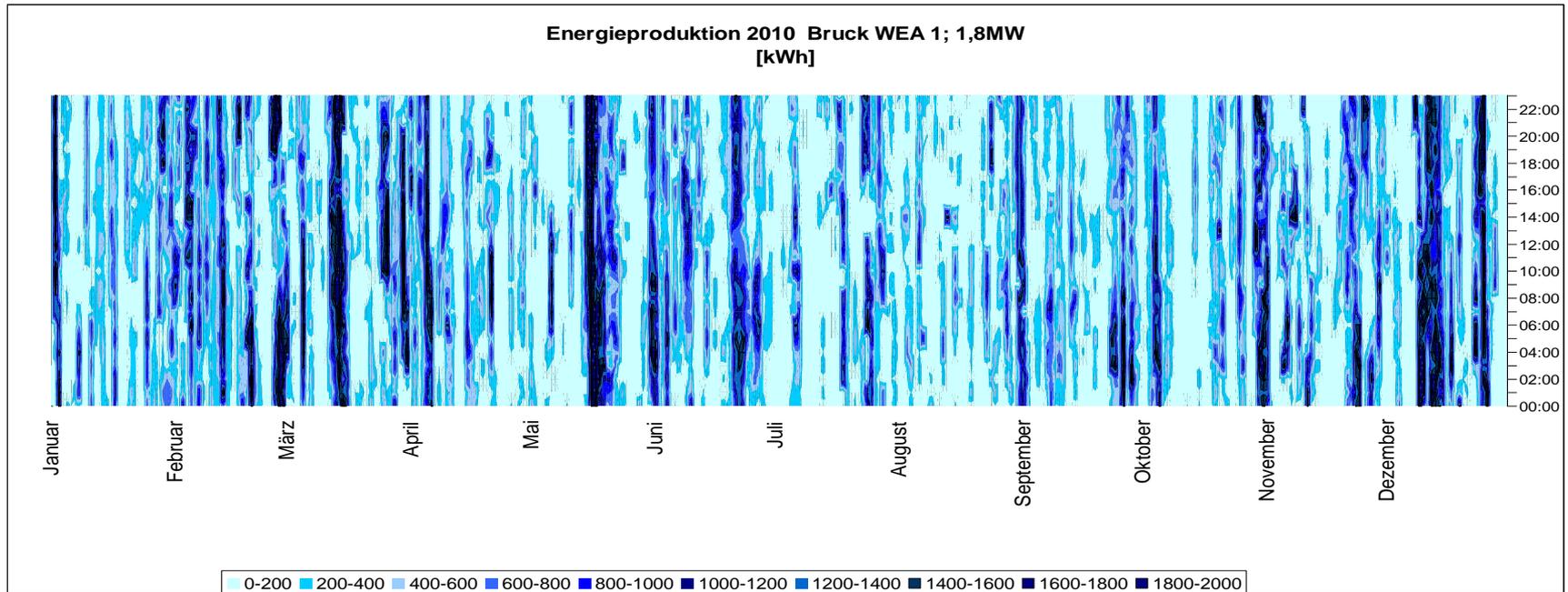
Installierte Leistung: 21 GW



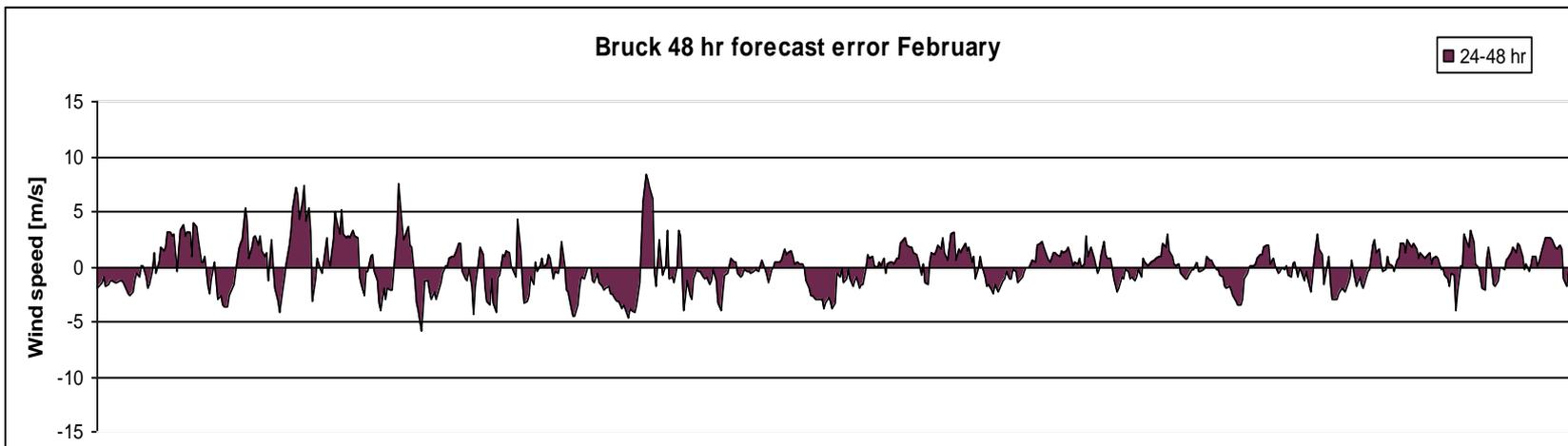
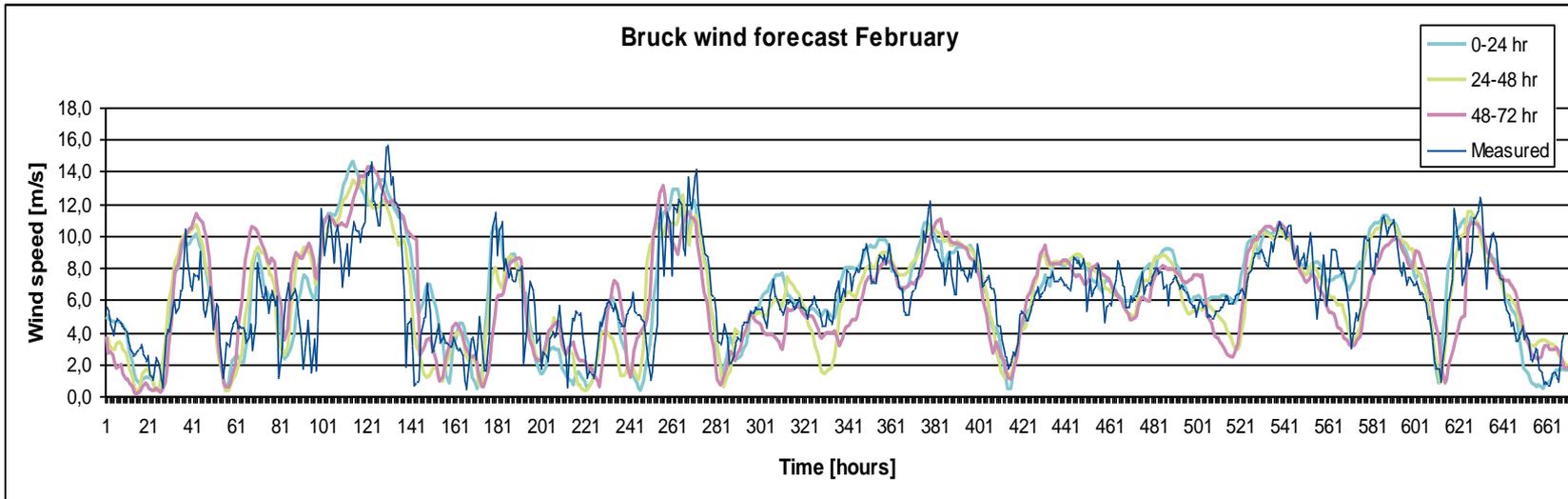
davon VERBUND: 0,15%  
(mit Bauprojekten)

Zum Vergleich: Hydro weltweit 980 GW  
davon VERBUND: 0,9% (mit Bauprojekten)

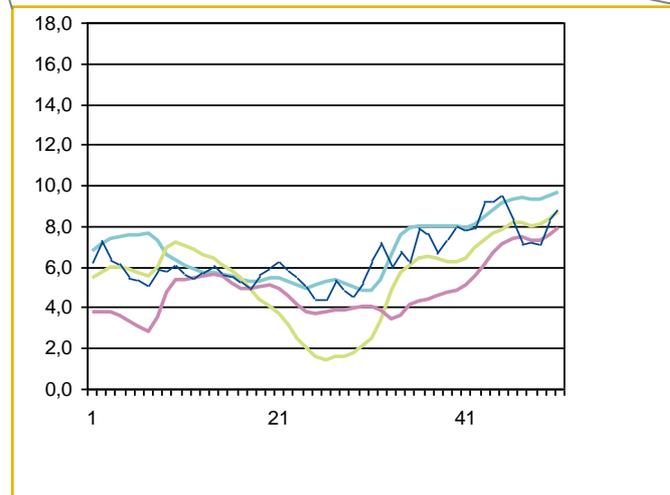
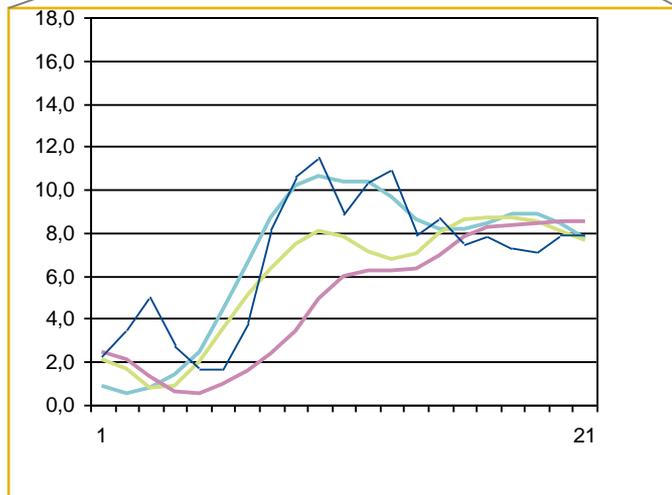
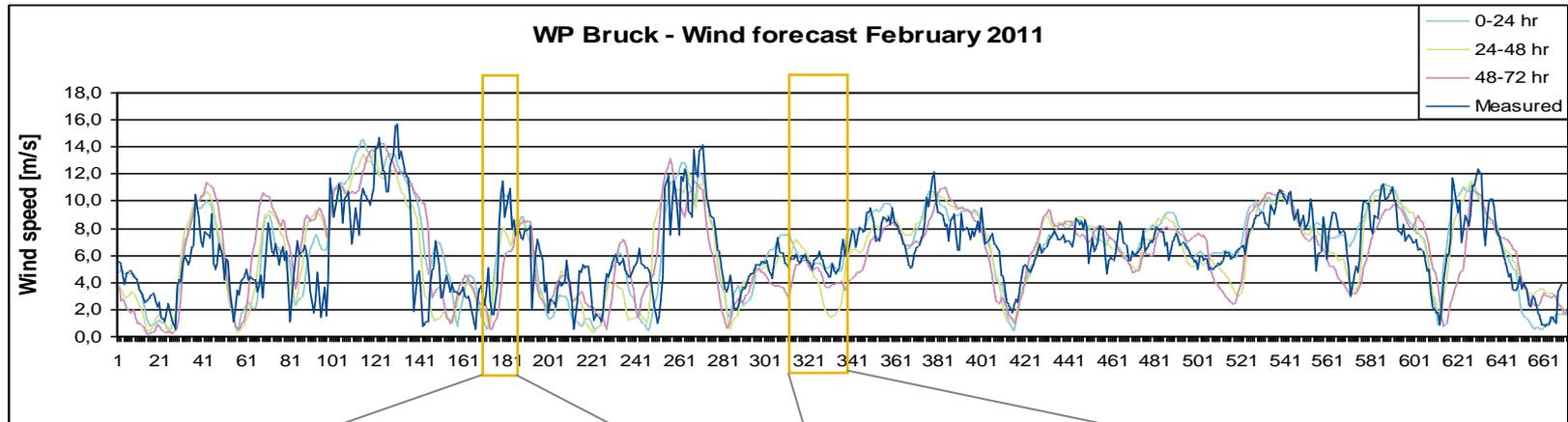
# Erzeugungsverteilung Wind: 1,8 MW Windkraftanlage



# Volatilität: Herausforderung Prognose

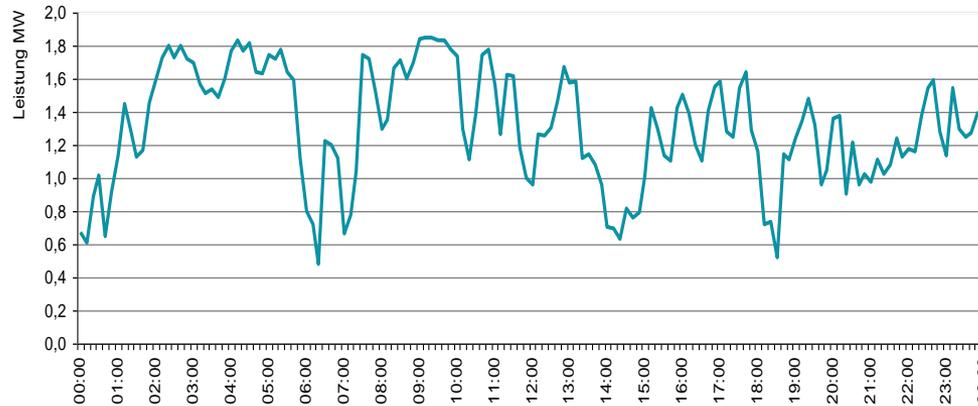


# Vergleich Vorhersagegenauigkeit vs. Vorhersagehorizont



# Volatilität im Gesamtsystem

Energieproduktion einer Windturbine in einem VERBUND Windpark (1.8 MW)



Gesamte Energieproduktion von Windturbinen in der Kontrollzone (1010MW)

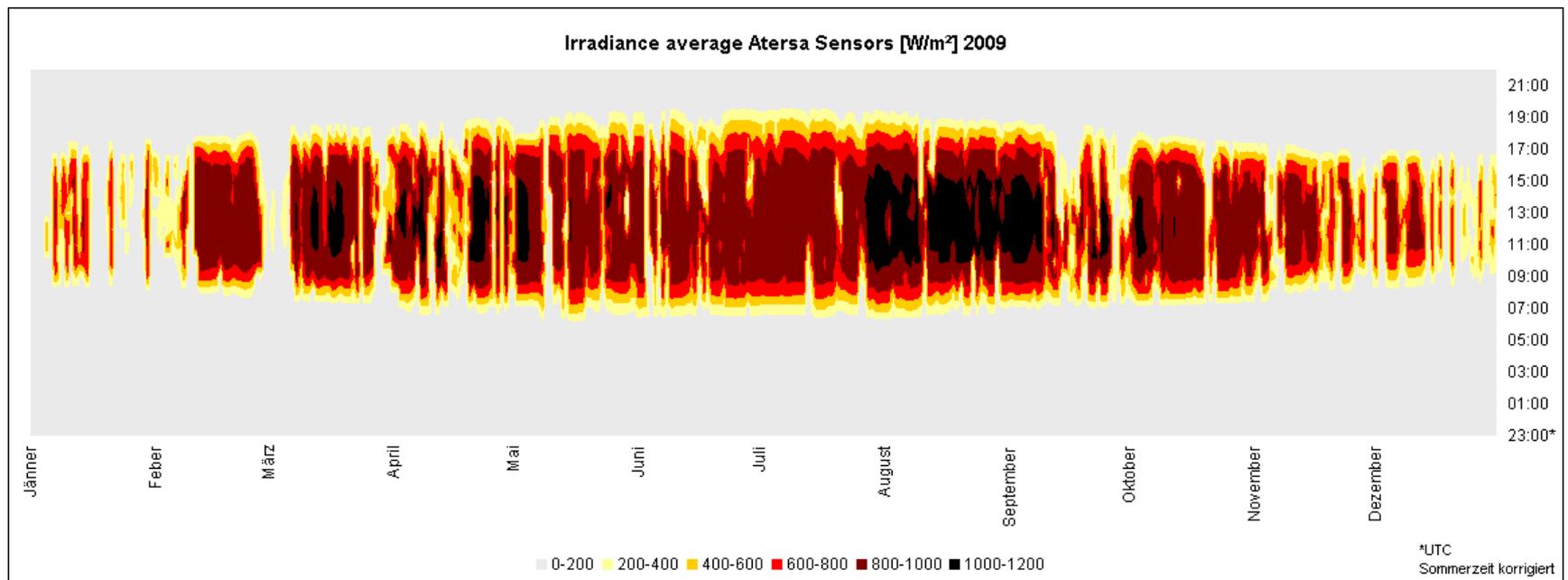


Quelle: [www.apg.at/de/markt/erzeugung/windenergie](http://www.apg.at/de/markt/erzeugung/windenergie), VERBUND

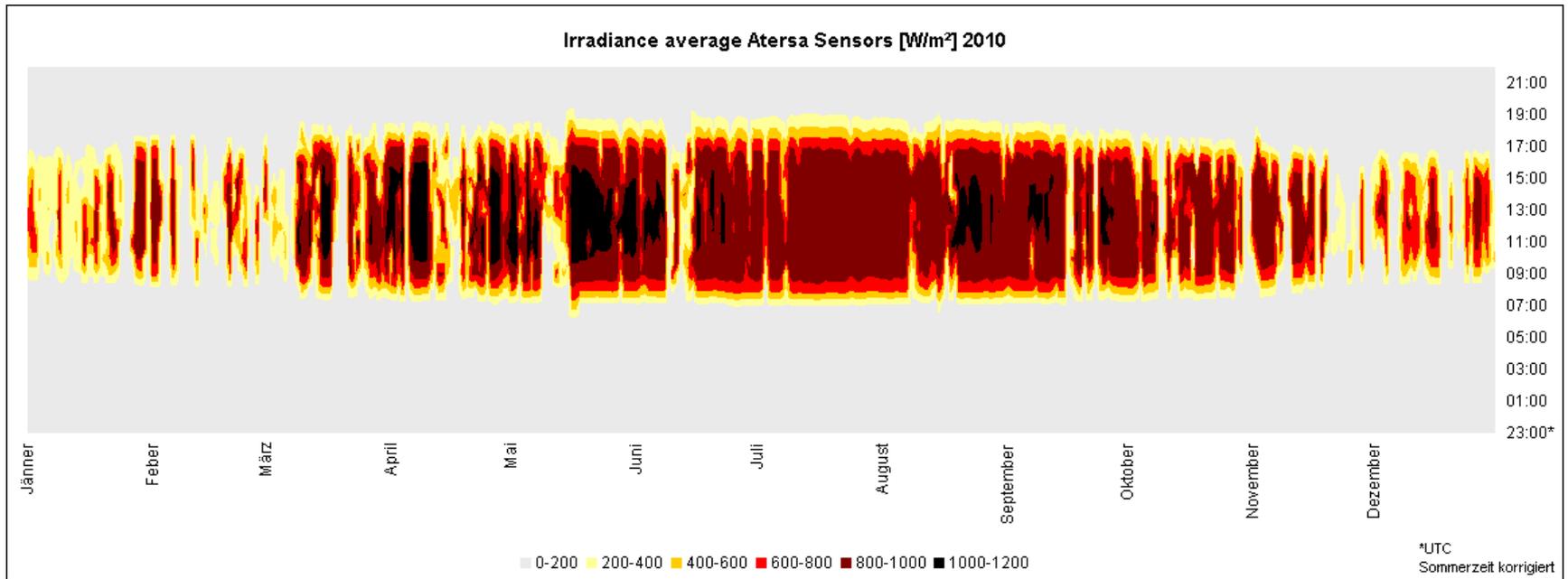
# VERBUND PV-Kraftwerk, 2 MW



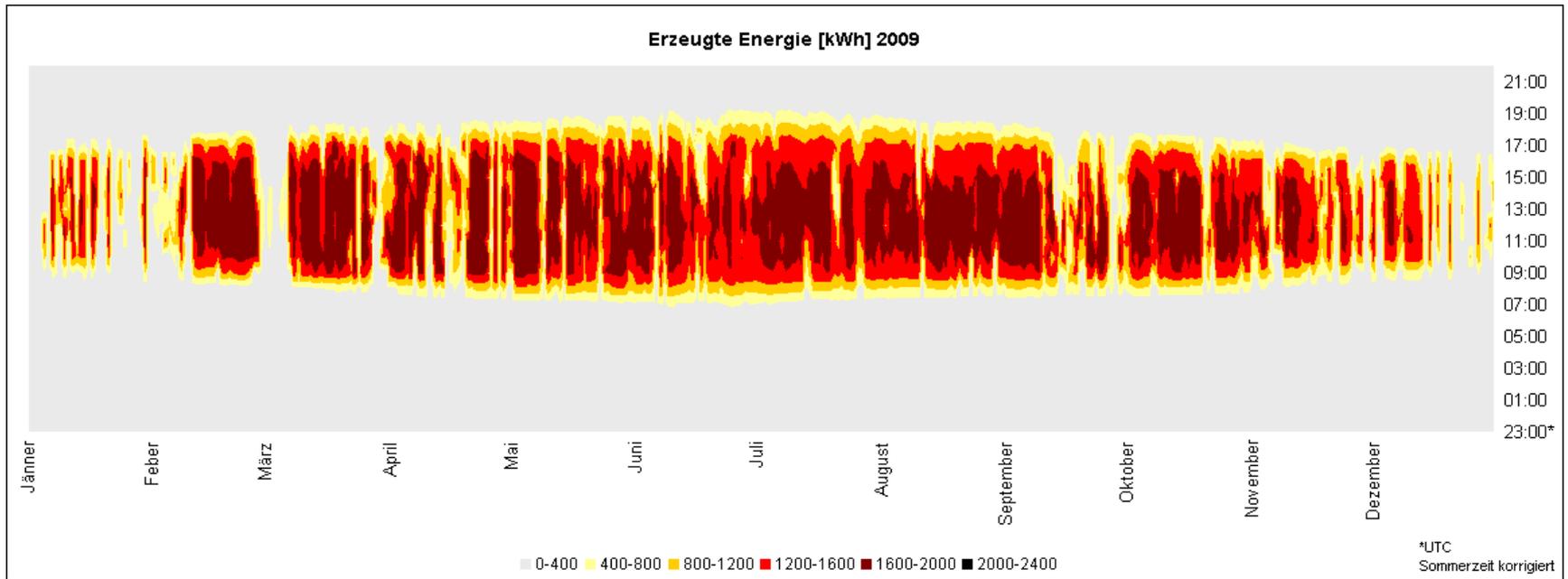
## Einstrahlung 2009 – PV Mercadillo



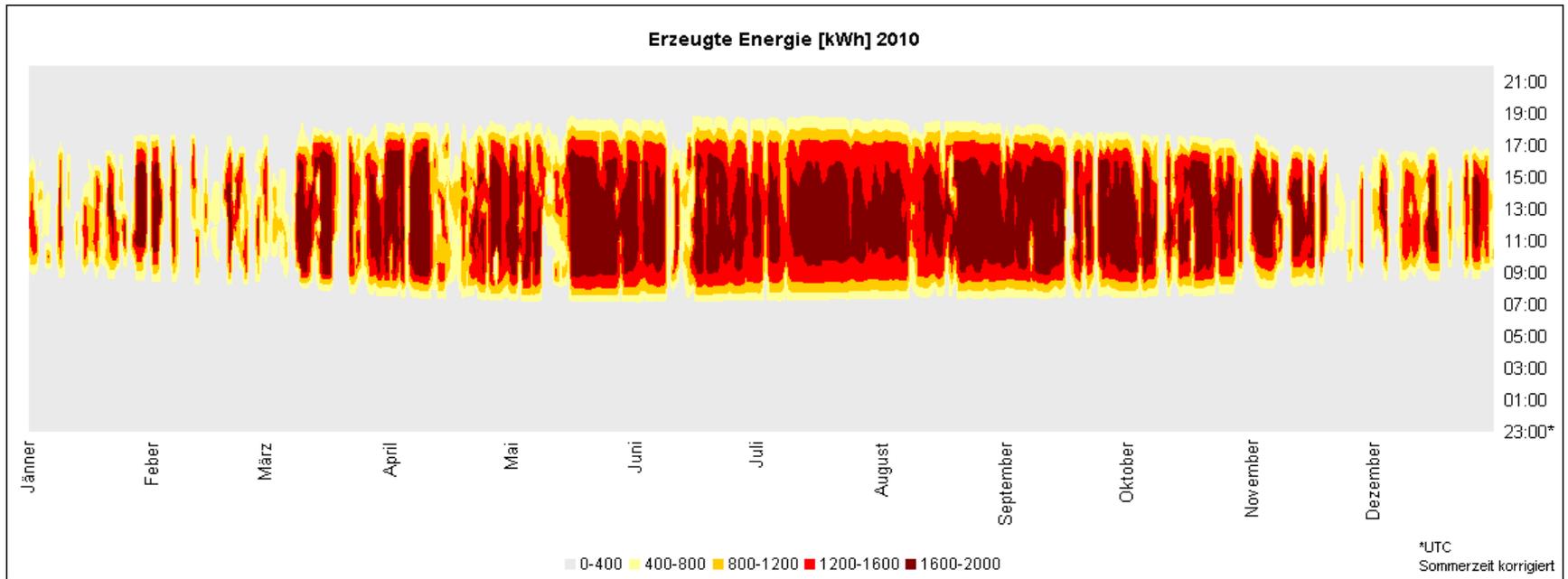
# Einstrahlung 2010 – PV Mercadillo



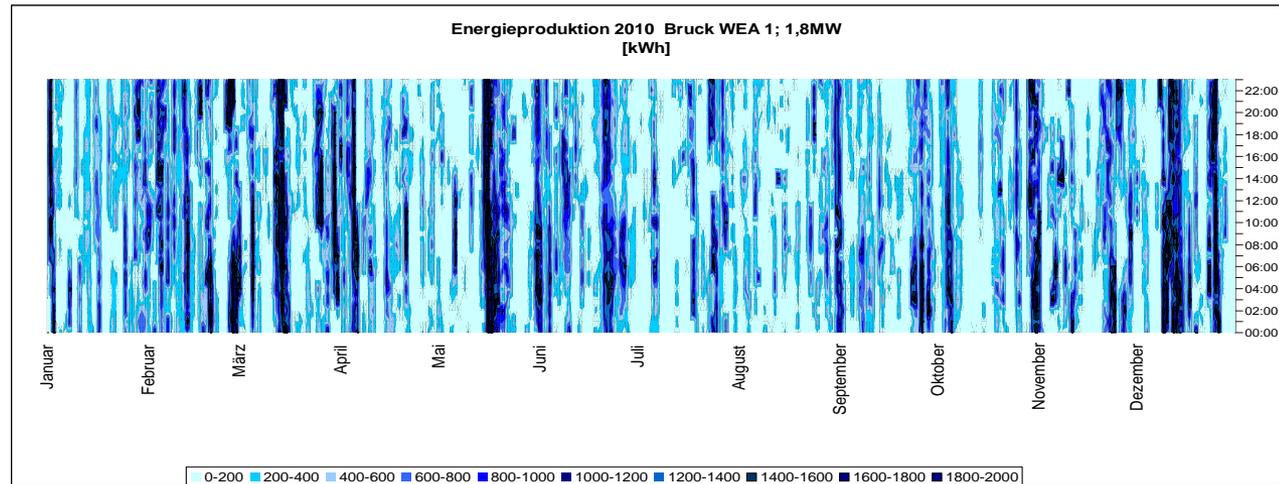
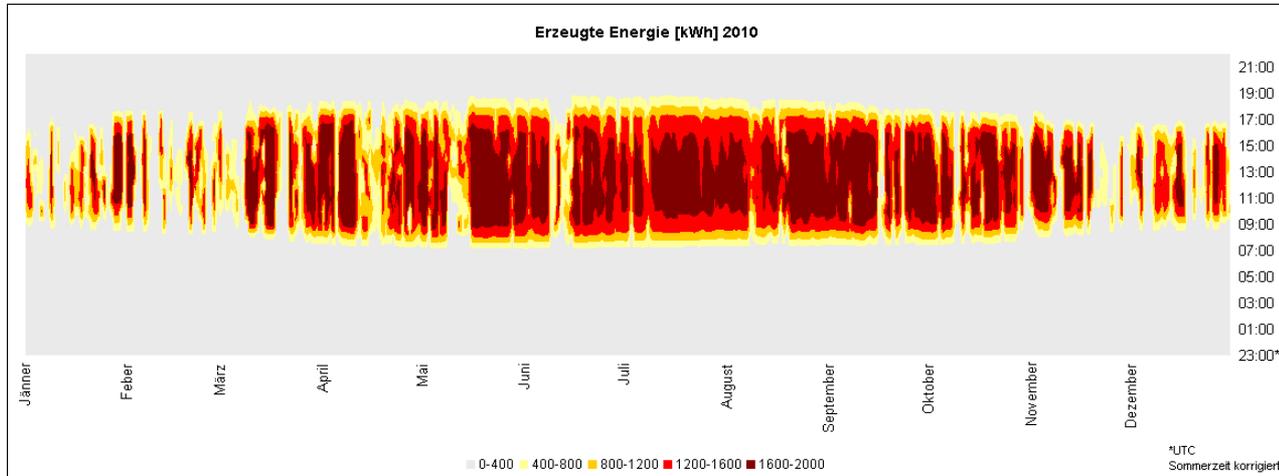
# Erzeugte Energie 2009 – PV Mercadillo



# Erzeugte Energie 2010 – PV Mercadillo



# Gegenüberstellung Volatilität PV versus Wind



## Dezentrale Speicherung: Machbarkeitsstudie



# + SPEICHERUNG



## Verbund

# Motivation für Machbarkeitsstudie mit verschiedenen dezentralen Speichertechnologien

Verstärkte Integration fluktuierender Energieträger in das Energiesystem

Lösungsansätze:

- Energieträgerdiversifikation
- Transnationaler Austausch (Netzausbau)
- verbraucherseitiges Lastmanagement
- angebotsseitiges Lastmanagement → **Speichereinsatz**

Eckdaten:

- Speicherkapazität: 100 bis 6000 kWh
- Speicherleistung: 10 bis 1000 kW

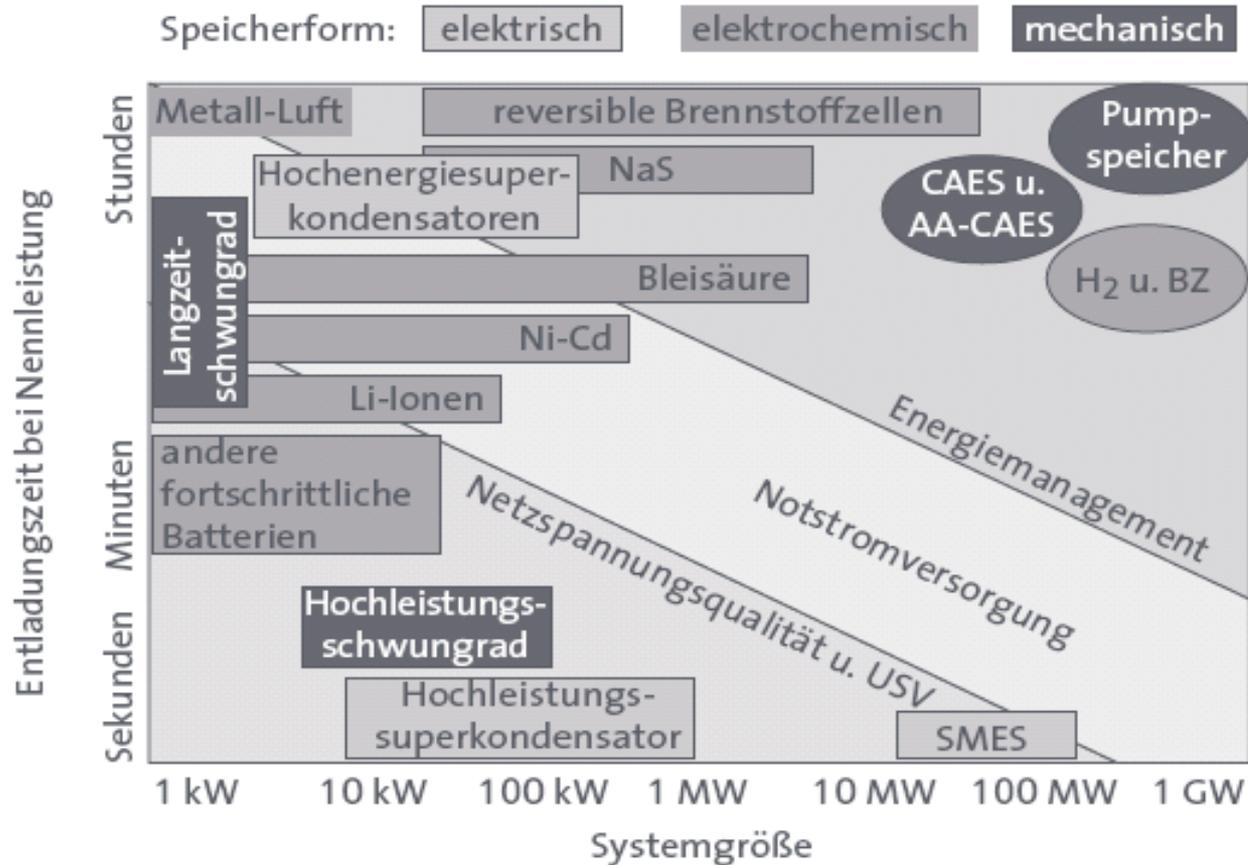
Ist ein wirtschaftlich machbares Szenario möglich?

## Vorgehensweise

Betrieb einer RES-Erzeugungsanlage in Kombination mit einem Elektrizitätsspeicher

- Analyse der technischen Möglichkeiten  
→ Bewertung und Auswahl traditioneller und neuartiger Speichertechnologien
- Analyse der Wirtschaftlichkeit  
→ verschiedene Verwertungsstrategien
- Optimierungsproblem mit Unsicherheiten

## Stand der Technik unterschiedlicher Speichertechnologien



## Datengrundlage

Verwendung konkreter historischer Daten: Betrachtungszeitraum 1 Jahr

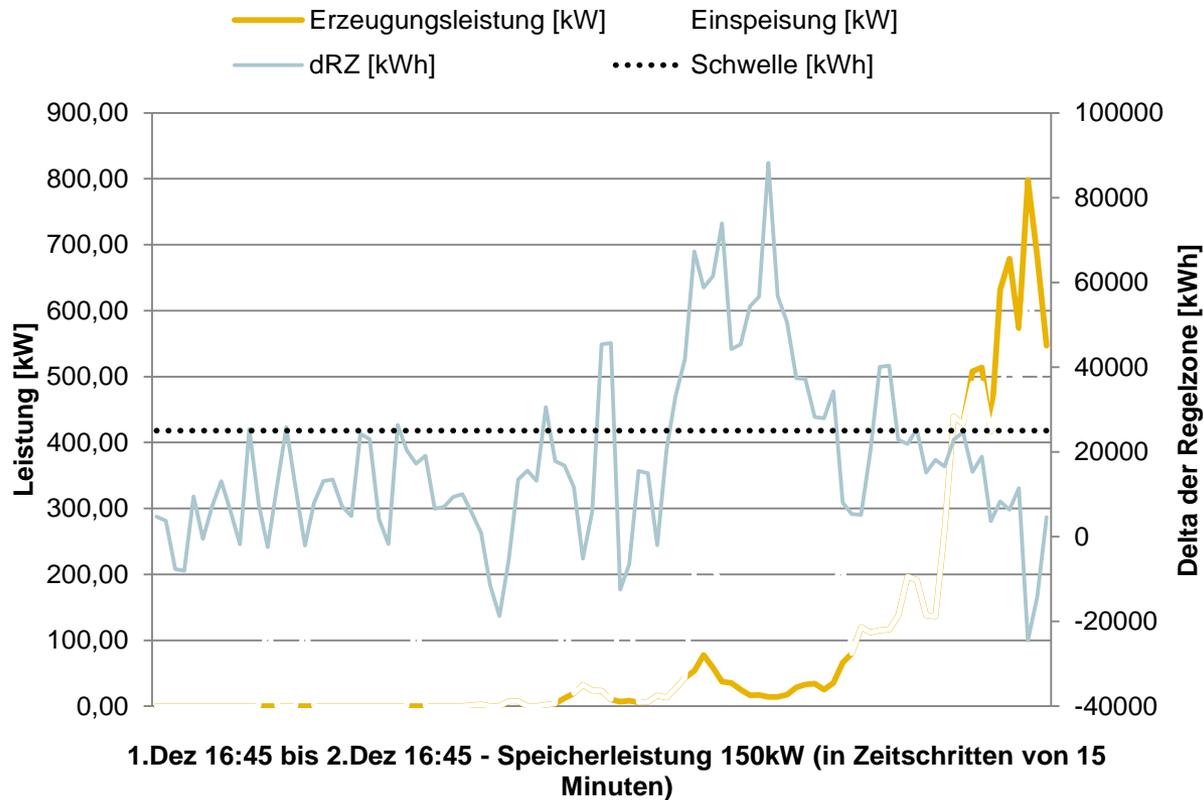
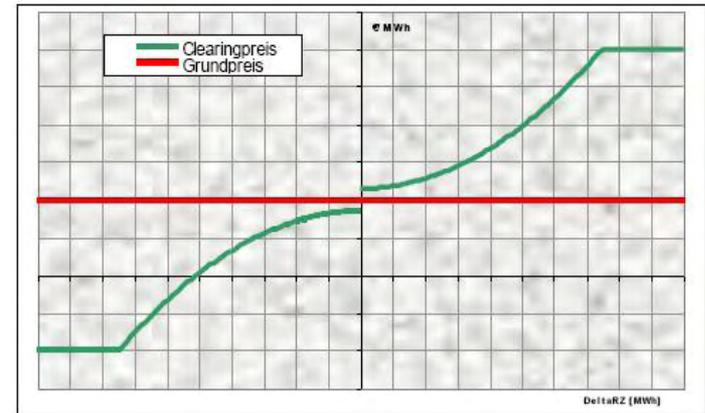
- Erzeugungsprognosen: day-ahead, 15min (EEG, ZAMG)
- Erzeugung: 15min, (Verbund VRP)
- Spotmarktpreise: 60min (APCS)
- Clearingpreise: 15min (APCS)
- Regelzonenüberdeckung: 15min (APCS)
- Marktpreis und Aufwendungen für Ausgleichsenergie nach Ökostromverordnung § 30: quartalsweise, (e-control, Aliquotierungsverordnung)

## Verwertungsstrategien

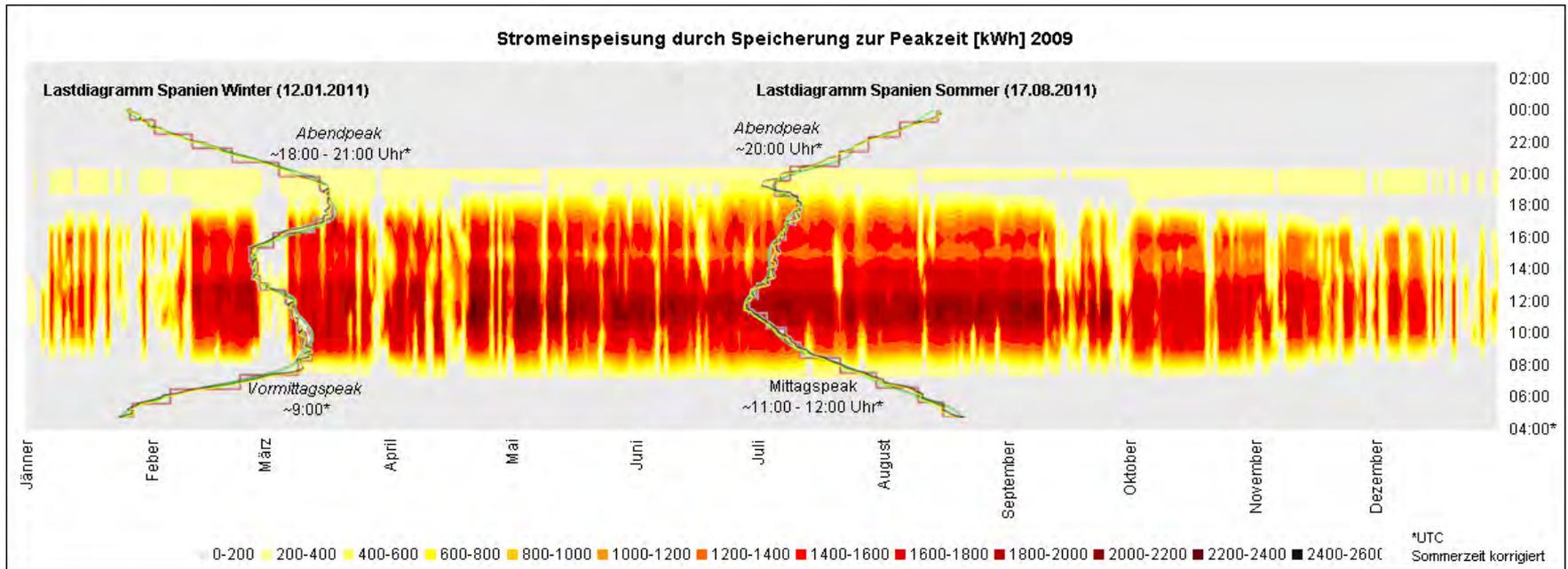
- Referenzszenario 1: Vergütung über Ökostromgesetz
- Referenzszenario 2: Verwertung am Spotmarkt
- Intertemporale Arbitrage 1: 7h mit höchsten Preisen
- Intertemporale Arbitrage 2: Preisspread von min. 4 €cent
- Lastglättung: Reduktion der AE-Kosten
- Delta der Regelzone: Erhöhung der AE-Erträge
- Kombinierte Strategie: Intertemporale Arbitrage mit Nutzung hoher Clearingpreise

## Verwertungsstrategien

### Delta der Regelzone



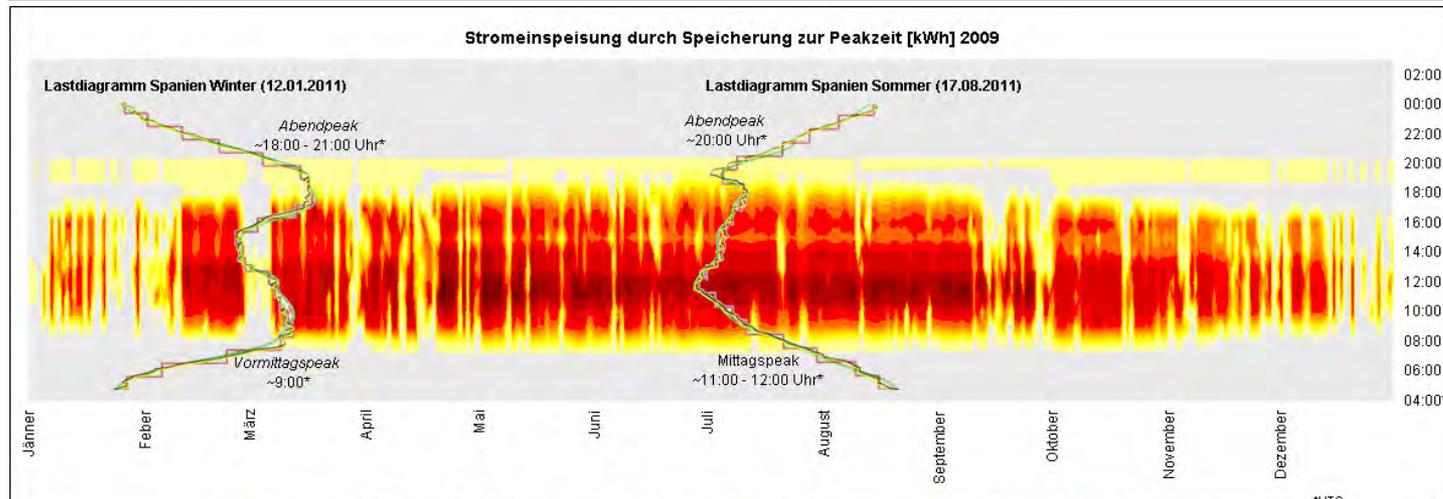
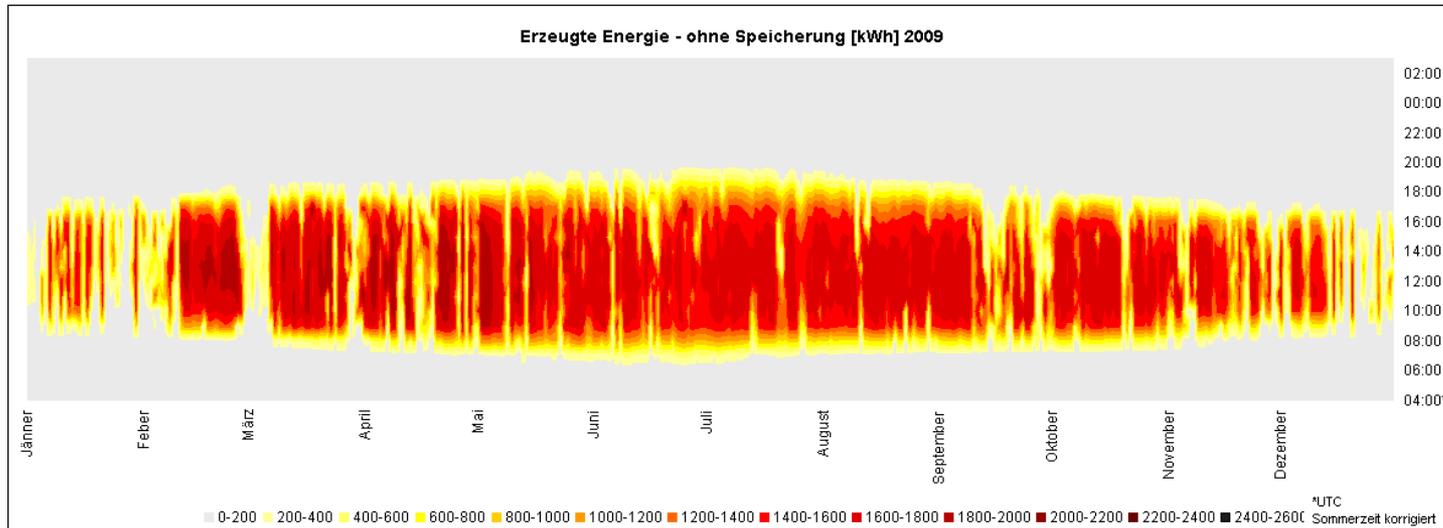
# Speicherung PV: Off-Peak zu Peak Verschiebung



## Annahmen:

- Leistung/Speicherkapazität = 1/10 → Leistung = 300 kW, Kapazität 3000 kWh
- 6 h Speicherzeit

# Speicherung im Vergleich mit PV-Erzeugung ohne Speicherung



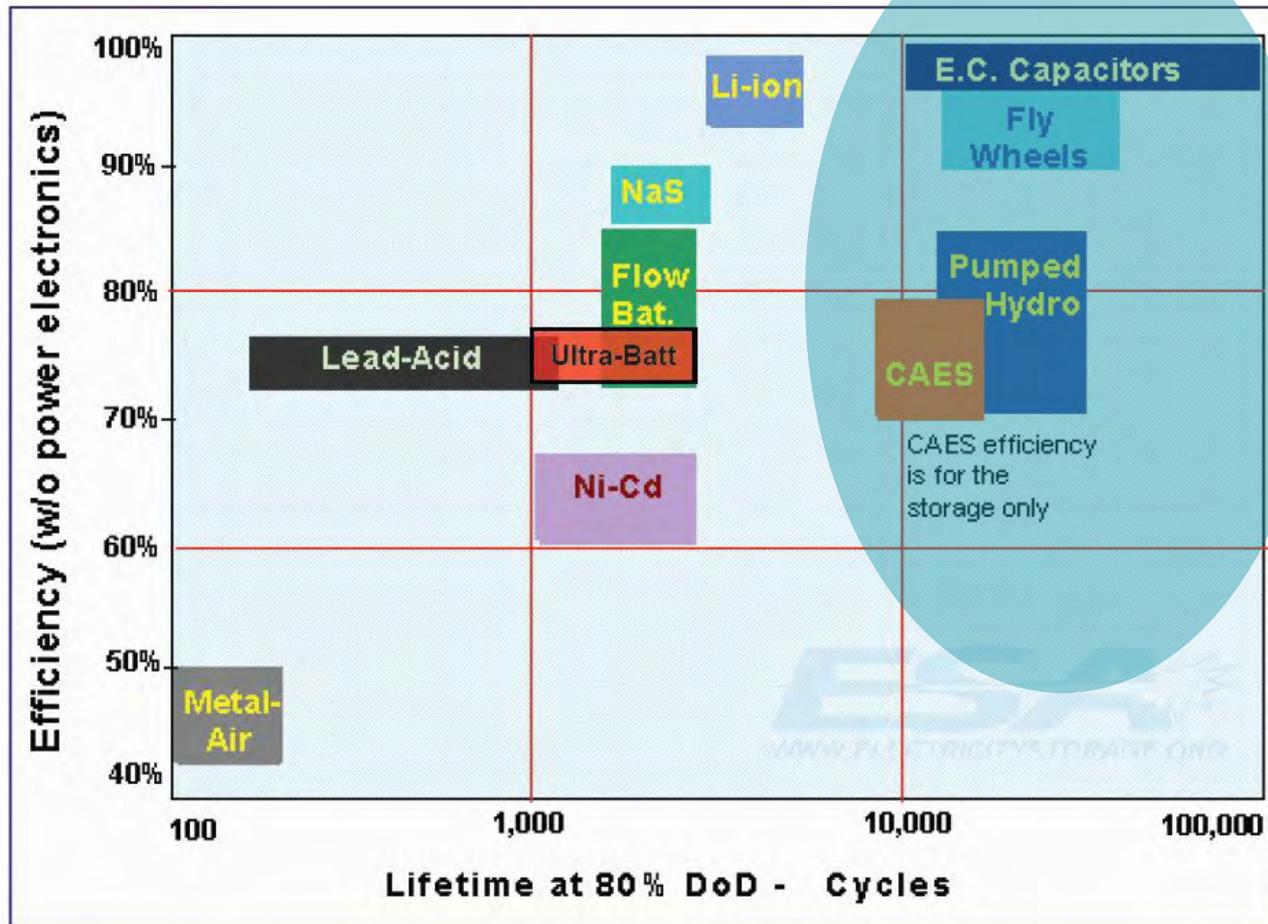
## Folgerungen

- Dezentrale Speichererrichtung ist mit den untersuchten Verwertungsstrategien nicht wirtschaftlich darstellbar
- Hohe technische Komplexität: Betriebserfahrung für zukünftige Projekte wertvoll (Pilotprojekte)
- Technologischer Fortschritt und Kostensenkungen sind zu erwarten

## Status Quo

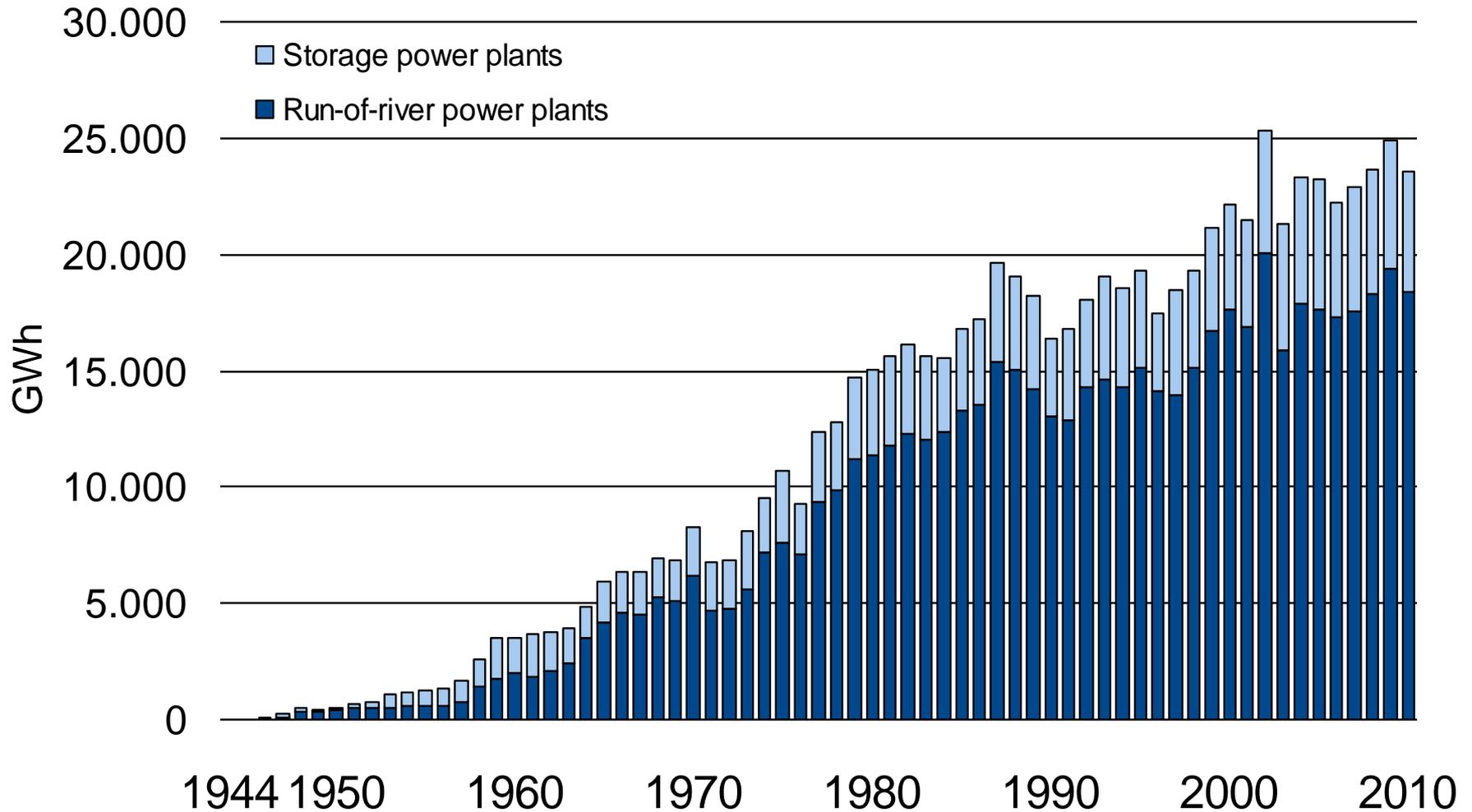
- Pumpspeicher als zentrale Speichertechnologie
- Offene Fragen der Systemintegration von neuen RES
- Speicherbetrieb in der Praxis
- Lebenszyklusanalyse von Speichern

# Energiespeichersysteme und ihre Lebensdauer

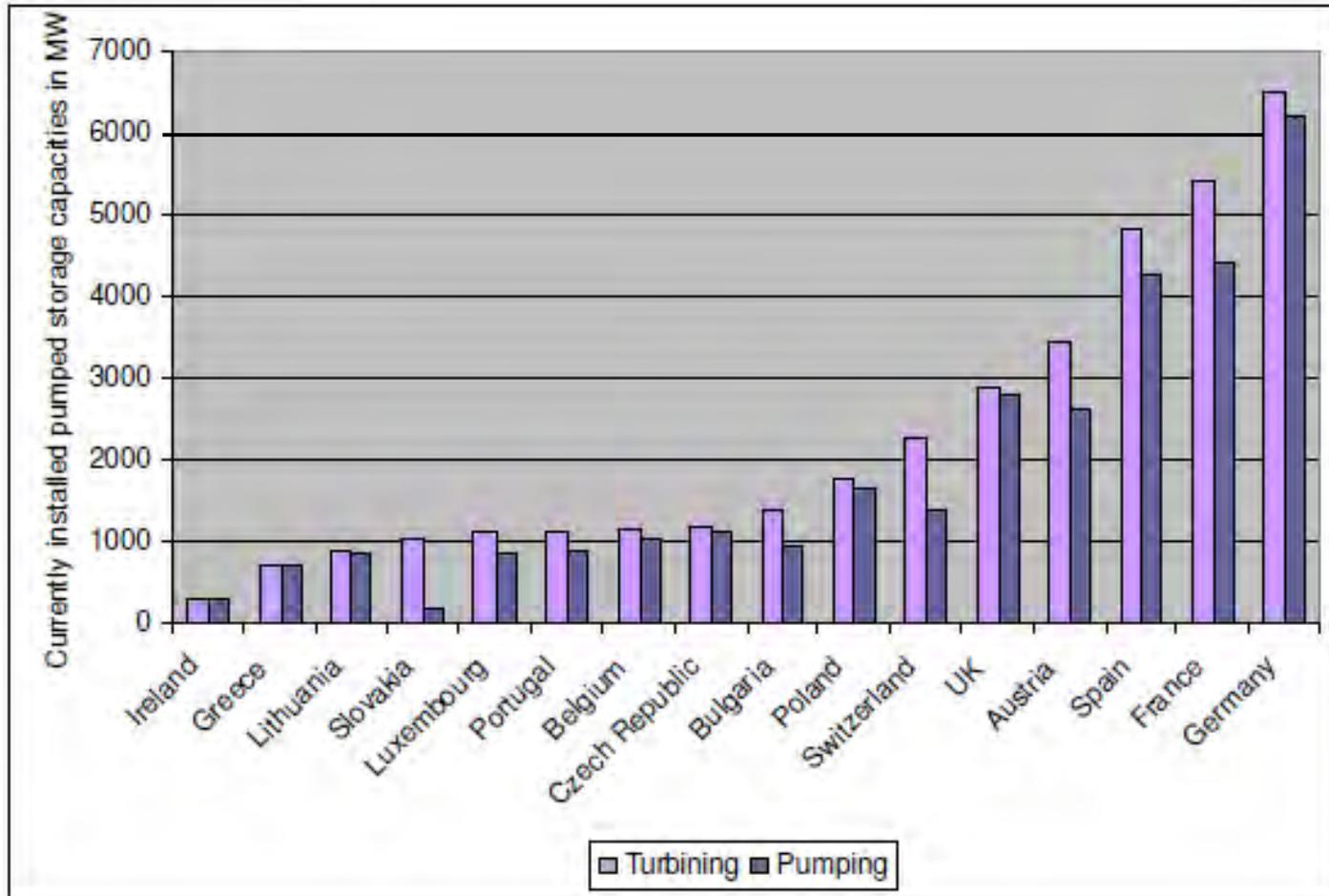


Quelle: IRES 2007

# Wasserkraftwerke als Energiespeicher in Österreich

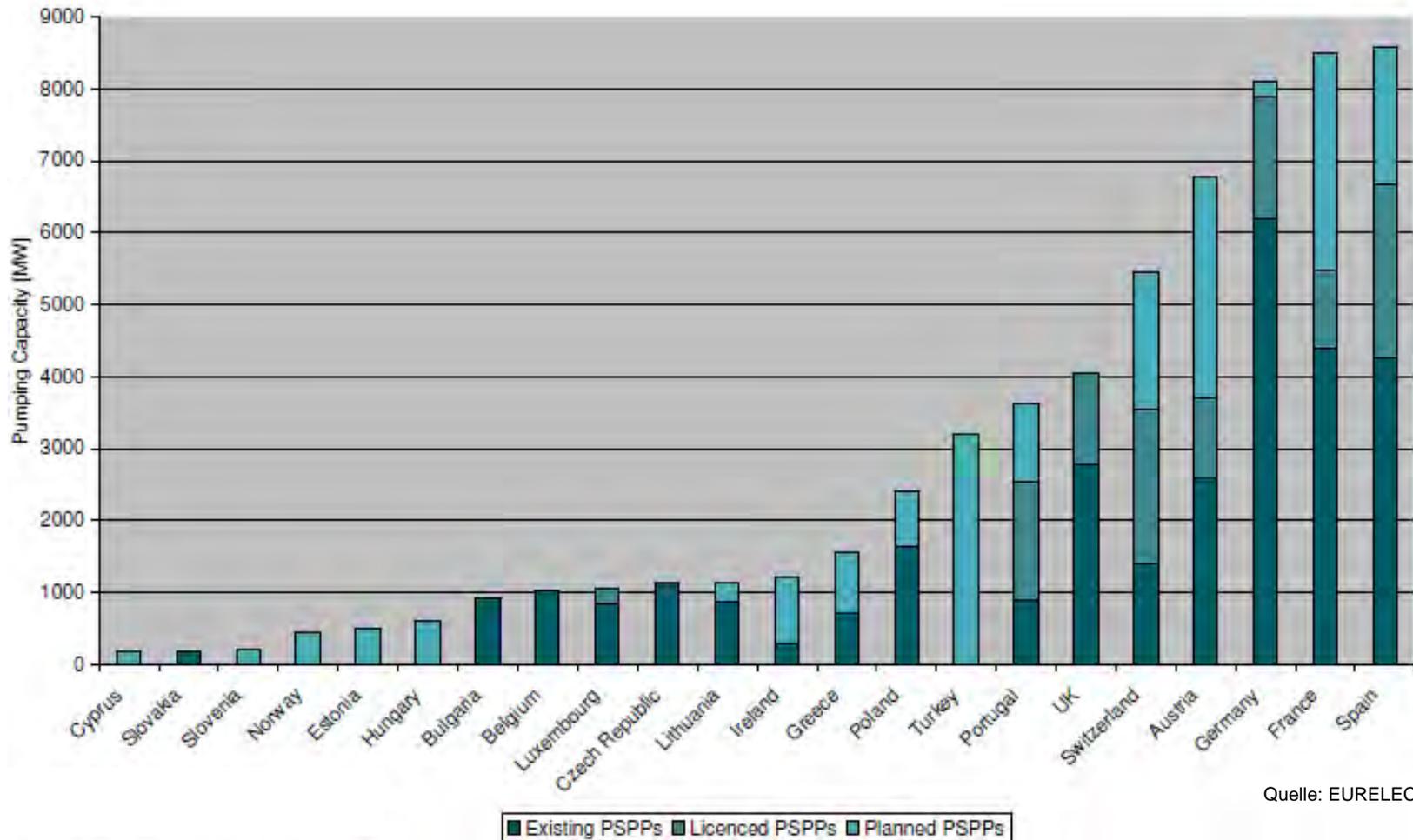


# Pumpspeicherkraftwerke als Energiespeicher in Europa



Quelle: EURELECTRIC

## Ausbaupotenzial von Pumpspeichern



Quelle: EURELECTRIC

## Kaprun Hochspeicher

	Kaprun-Hauptstufe	Kaprun-Oberstufe	Total
Max. Leistung	240 MW	112,8 MW	352 MW
Regelarbeitsvermögen	505.000 MWh	166.100 MWh	671.100 MWh
Max. Durchfluss	36,5 m <sup>3</sup> /s	36 m <sup>3</sup> /s	
Fallhöhe	858,3 m	364 m	1222,3 m
Inbetriebnahme	1953	1956	



## Malta Hochspeicher

	Malta-Hauptstufe	Malta-Oberstufe	Total
Max. Leistung	730 MW	120 MW	850 MW
Regelarbeitsvermögen	715.000 MWh	76.000 MWh	791.000 MWh
Max. Durchfluss	80 m <sup>3</sup> /s	70 m <sup>3</sup> /s	
Fallhöhe	1094,1 m	158,6 m	1252,7m
Inbetriebnahme	1979	1979	



## Reservoir Mayrhofen

	Mayrhofen
Max. Leistung	345 MW
Regelarbeitsvermögen	671.200 MWh
Max. Durchfluss	92 m <sup>3</sup> /s
Ø - Fallhöhe	468 m
Inbetriebnahme	1977



## Pumpspeicherkraftwerke in Bau

**Limberg II:** Pumpspeicherkraftwerk, 480 MW,  
Inbetriebnahme am 5.10.2011



## Pumpspeicherkraftwerke in Bau

**Limberg II: Pumpspeicherkraftwerk, 480 MW**



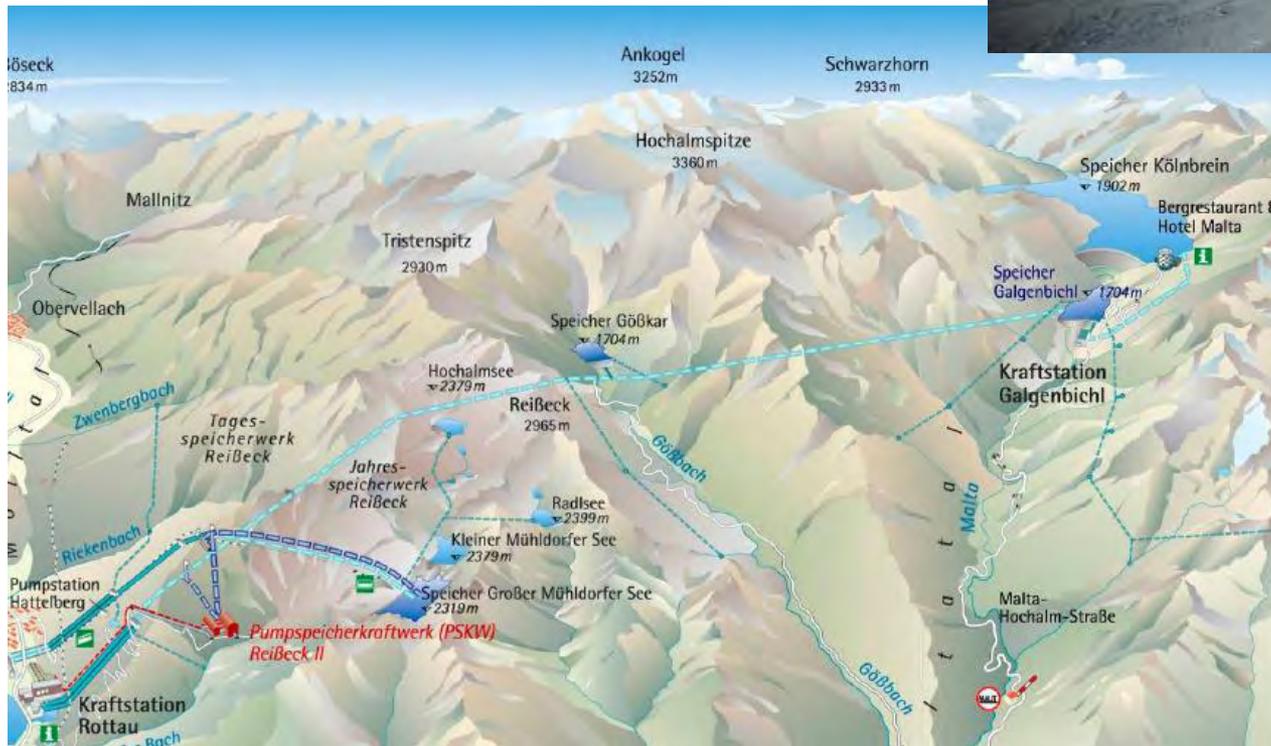
## Pumpspeicherkraftwerke in Bau

Limberg II: Pumpspeicherkraftwerk, 480 MW



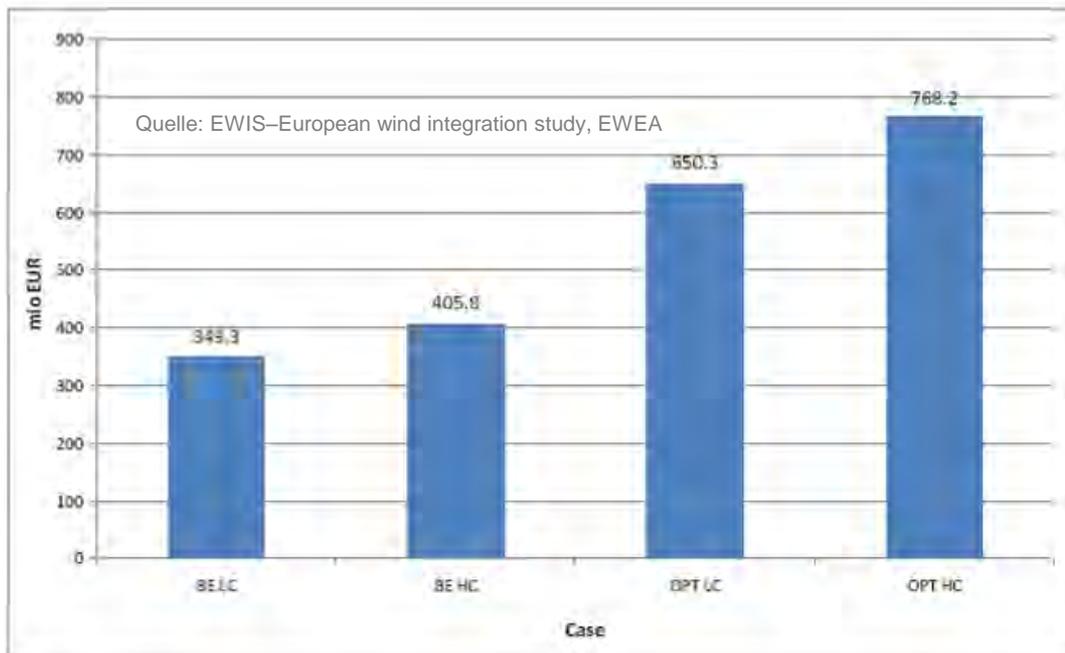
## Pumpspeicherkraftwerke in Bau

**Reisseck II:** Pumpspeicherkraftwerk, 430 MW,  
Inbetriebnahme 2015



## Systemintegrationskosten für Windenergie

- Hauptprobleme sind Unsicherheit und Unberechenbarkeit
- Erhöhte Anzahl an Lastzyklen konventioneller Kraftwerke
- Forderung nach Flexibilität → gesteigerter Brennstoffverbrauch und CO<sub>2</sub>-Ausstoß
- Zusätzliche Betriebs- und Wartungskosten



Additional system integration costs for Europe in 2015

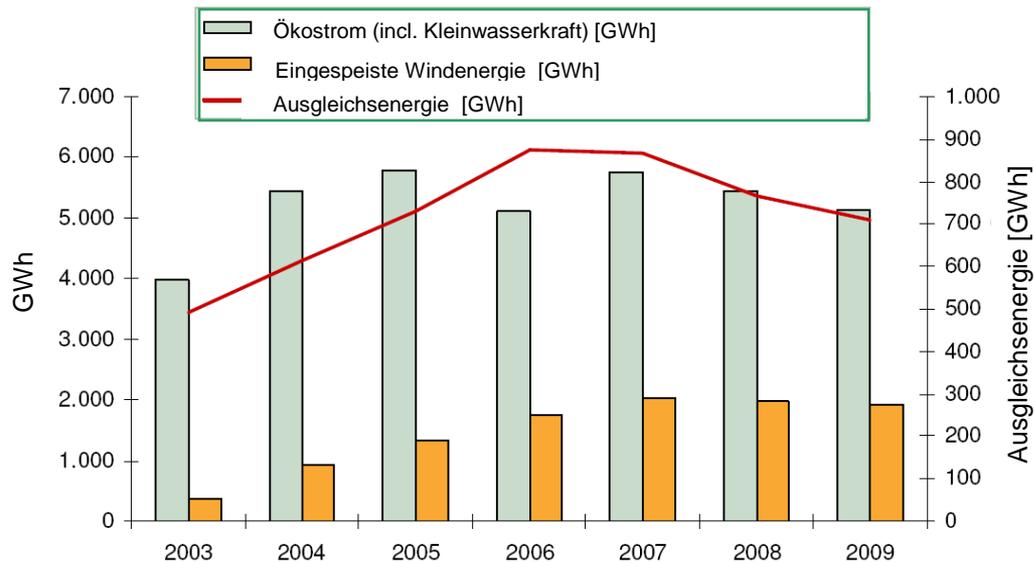
**BE LC:** best estimate scenario under low boundary conditions

**BE HC:** best estimate scenario under high boundary conditions

**OPT LC:** optimistic scenario under low boundary conditions

**OPT HC:** optimistic scenario under high boundary conditions

# Ausgaben für Ausgleichsenergie von Ökostrom in Österreich



2003-2006: Gesteigerte Einspeisung von Windenergie  
 → höhere Kosten für Ausgleichsenergie

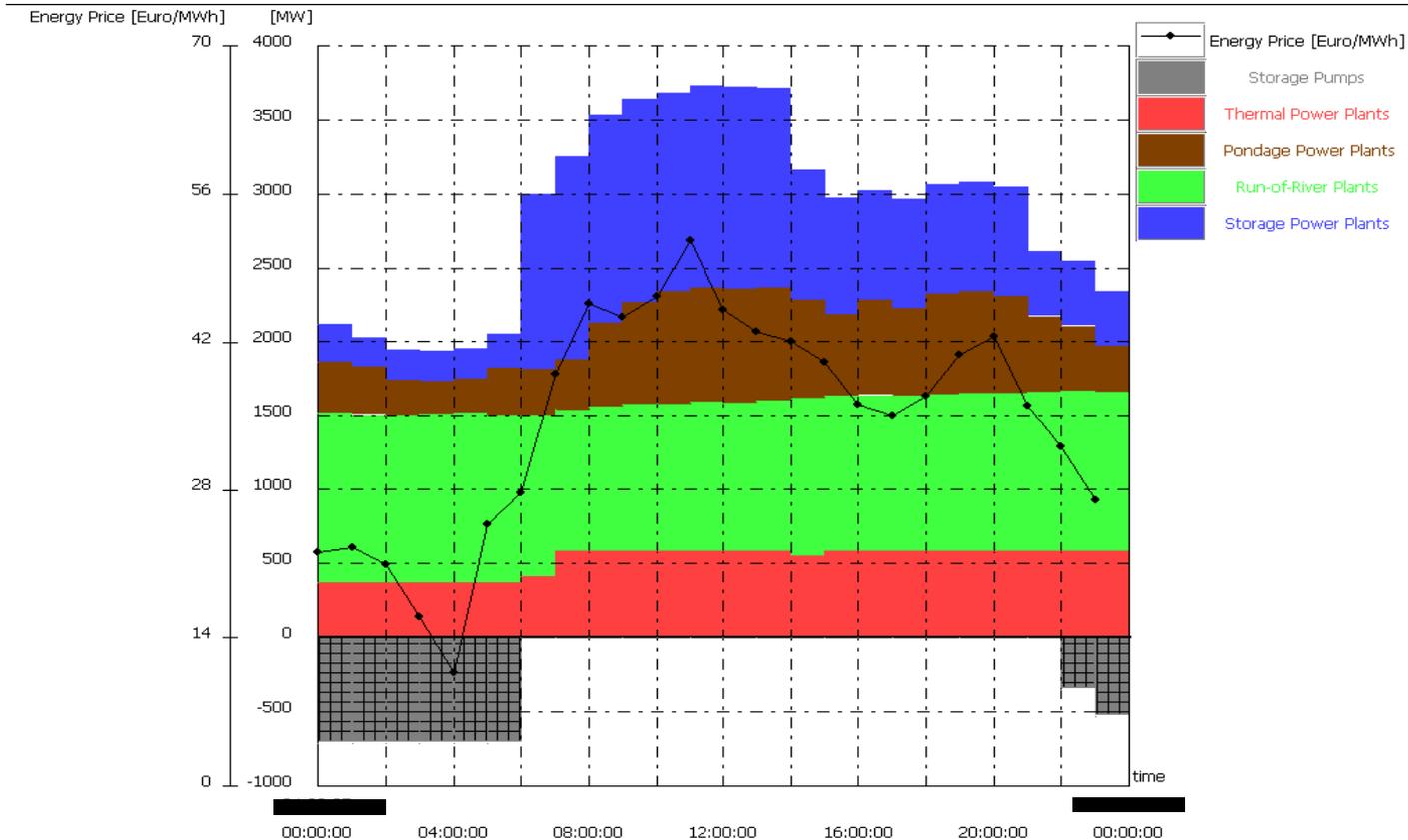
Seit 2007: Start von Windvorhersagen  
 → sinkende Kosten für Ausgleichsenergie

In 2009: 17% der Ausgleichsenergie konnte infolge des 7-Tage-Handels gespart werden

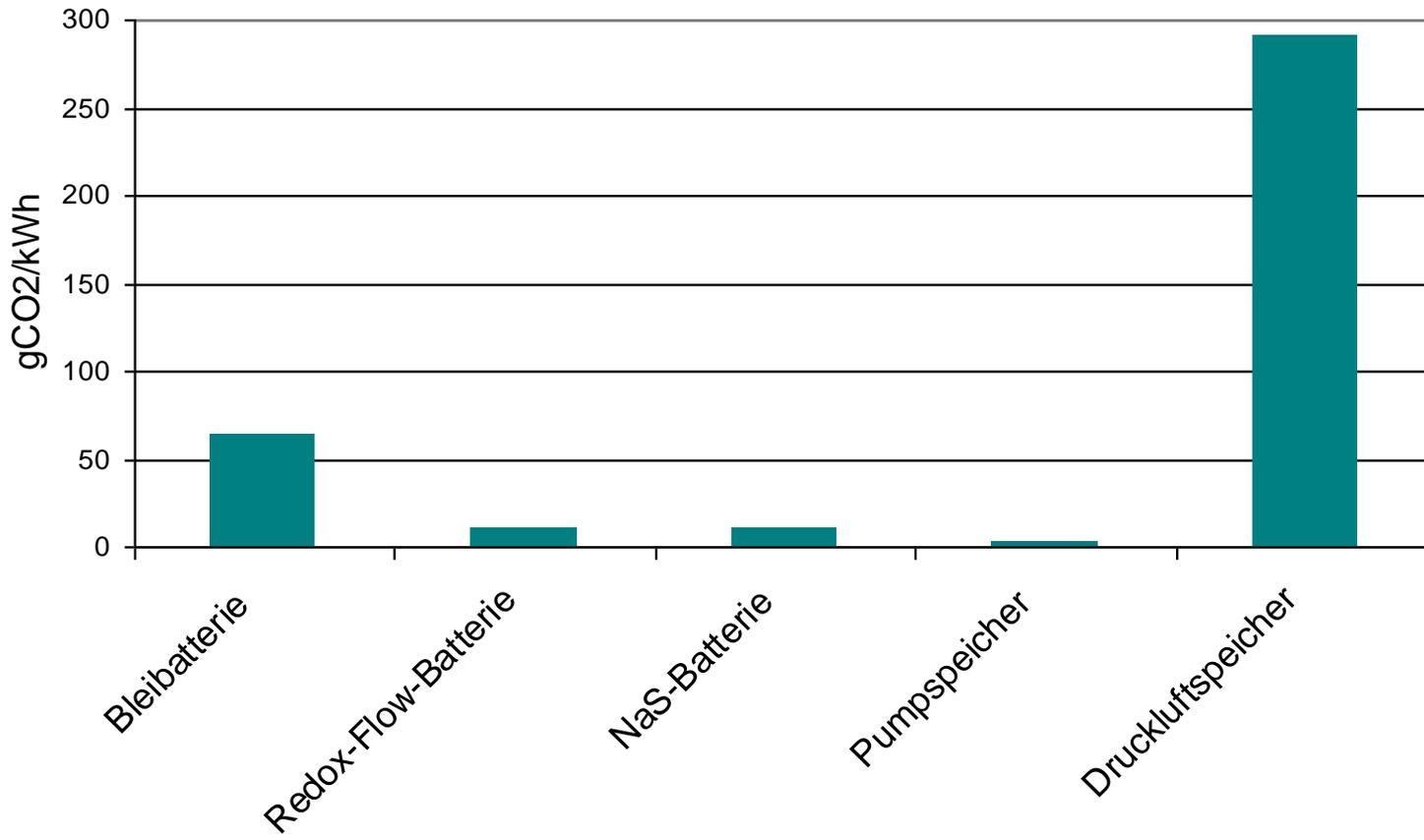
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Green power collection (incl. Small scale hydro) [GWh]	3.982	5.439	5.773	5.110	5.757	5.440	5.147
Wind power feed in [GWh]	366	924	1.328	1.738	2.019	1.988	1.915
Σ Amount for balance energy [GWh]	490	613	728	873	865	768	709
Σ effective balance energy costs in Mio. €	8,67	10,42	22,11	26,03	17,11	18,65	10,84

Quelle: e-control

# Speicherung in der Praxis



## Lebenszyklusanalyse und CO<sub>2</sub>-Emissionen



## Zusammenfassung

- Die **Erzeugung von erneuerbarer Energie** wird in Europa weiter rasant zunehmen. Die **Erzeugungsscharakteristika** von Wind und PV unterscheiden sich fundamental.
- Die größte Herausforderung für neue Speichertechnologien ist die **Senkung der Speicherkosten**.
- **Pumpspeicherkraftwerke** spielen aufgrund des hohen Energiespeichervermögens, der vergleichsweise niedrigen Errichtungskosten, ihrer Flexibilität und der CO<sub>2</sub>-neutralen Stromerzeugung im Betrieb eine entscheidende Rolle.
- Verschiedene **Verwertungsstrategien** für gespeicherte Energie:
  - Regelenergiemarkt
  - Ausgleichsenergiemarkt
  - Offpeak-Peak-Verschiebung
- Wird es im Energiesystem der Zukunft neben Erzeugern und Übertragungsnetzbetreibern auch **Speicherbetreiber** geben?