



# Energiespeicherung als Teil des Lastmanagements – eine zwingende Voraussetzung für die Integration großer Windkraftleistungen?

## Stand des Wissens und Perspektiven

Prof. Dr. Jürgen Schmid

Dr.-Ing. Martin Hoppe-Kilpper

Institut für Solare  
Energieversorgungstechnik  
Verein an der  
Universität Kassel e. V.

Dipl.-Ing. Aleksandra  
Saša Bukvić-Schäfer

Fachgebiet  
Rationelle Energiewandlung  
Universität Kassel

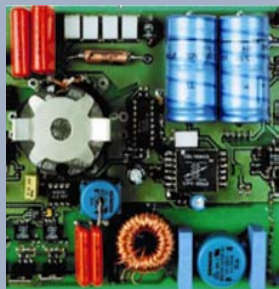
Entwicklung der Windenergie

Energieversorgungsstrukturen im Wandel

Demand Side Management

Speichermöglichkeiten und Umsetzung

Europäische Forschungsaktivitäten



## Institut für Solare Energieversorgungstechnik e.V.

Systemtechnik für die Nutzung Erneuerbarer Energien und die Dezentrale Energieversorgung

Anwendungsnahe Forschung und Entwicklung

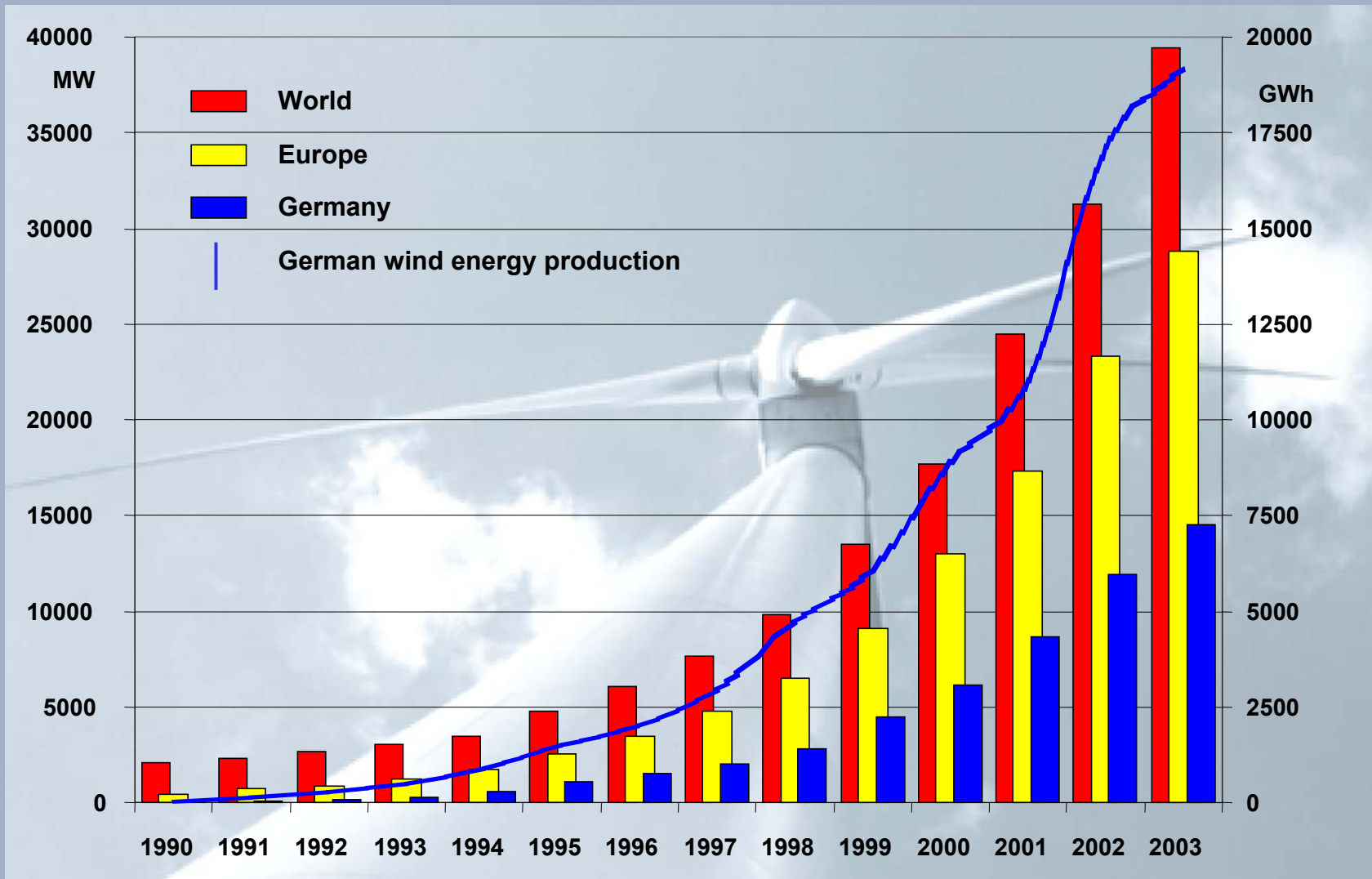
- Windenergie
- Photovoltaik
- Biomassenutzung
- Energiewandlung und Speicher
- Hybridsysteme
- Energiewirtschaft
- Information und Weiterbildung

Vorstand: Prof. Dr.-Ing. Jürgen Schmid  
Dr. rer. nat. Oliver Führer

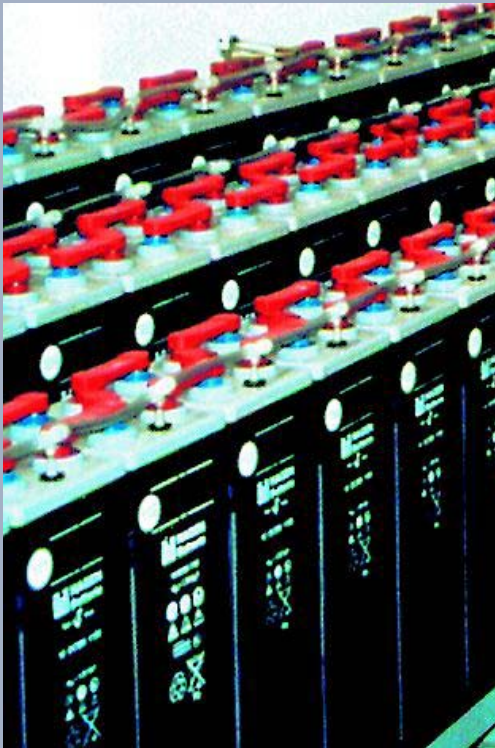
Personal: ca. 72 Mitarbeiter/innen

Jahreshaushalt: rund 8 Mio. Euro

Informationen: [www.iset.uni-kassel.de](http://www.iset.uni-kassel.de)



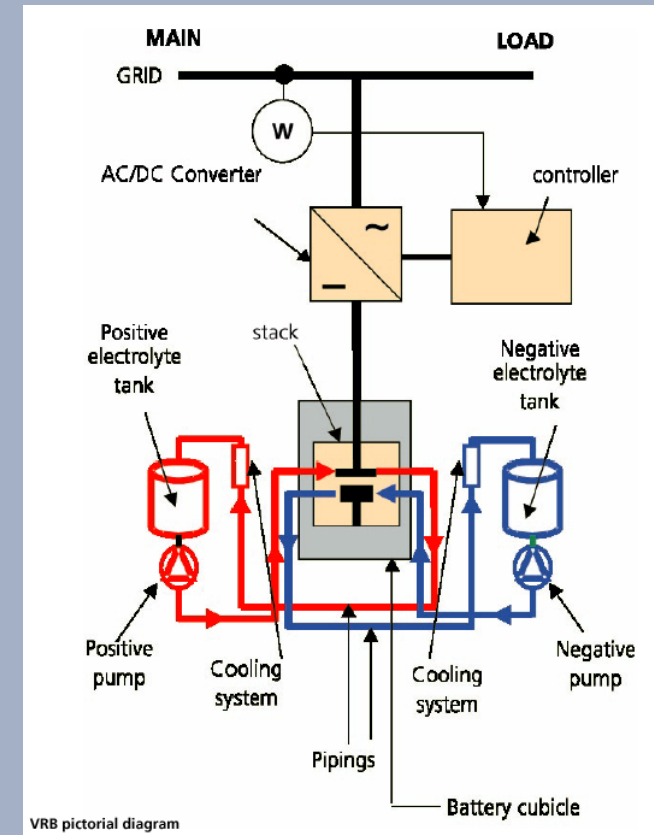
## Batterie



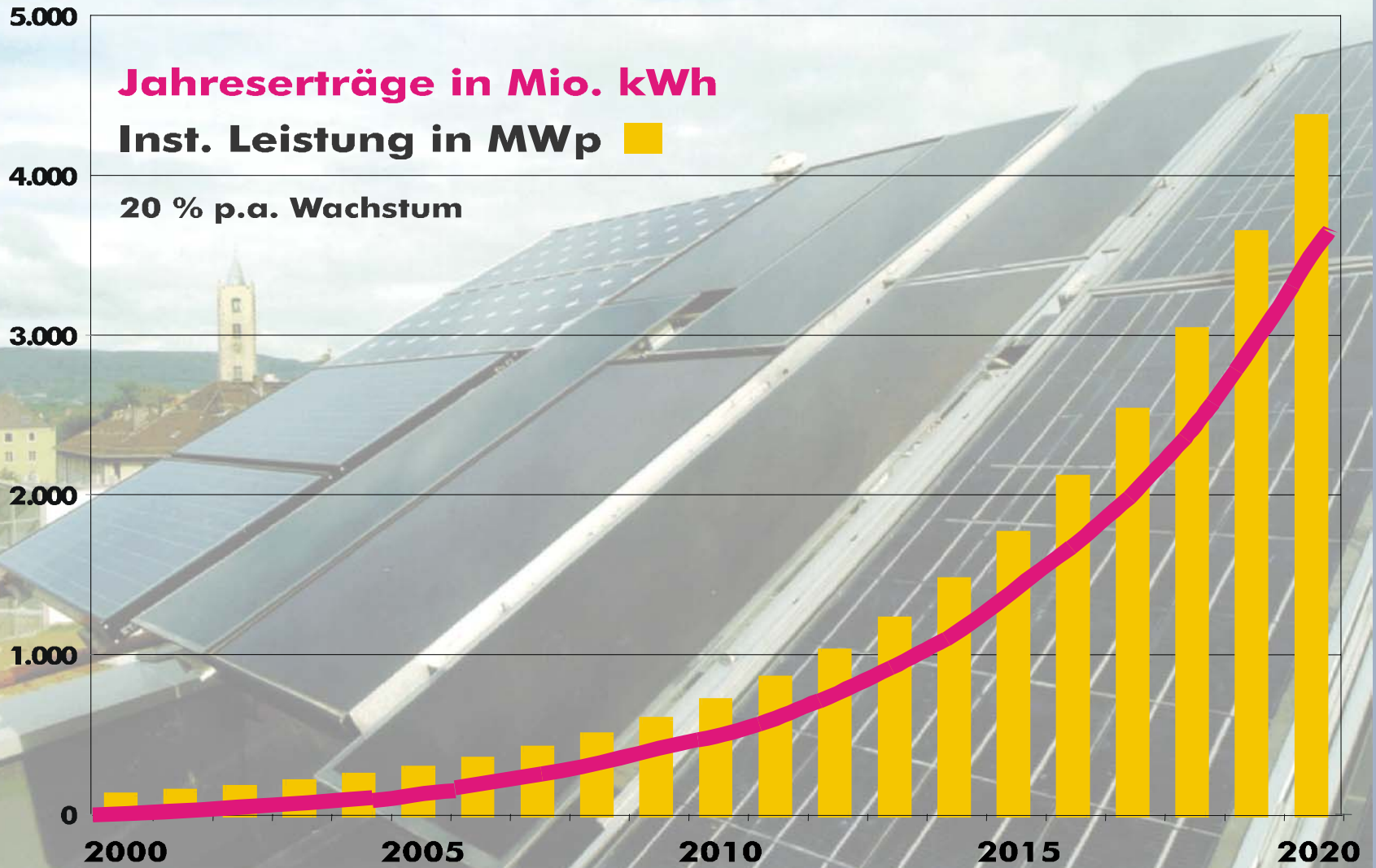
## Schwungradspeicher



## Redox-Flow-Batterie



## Szenario für Deutschland



Zusätzlich dezentrale Einspeisung

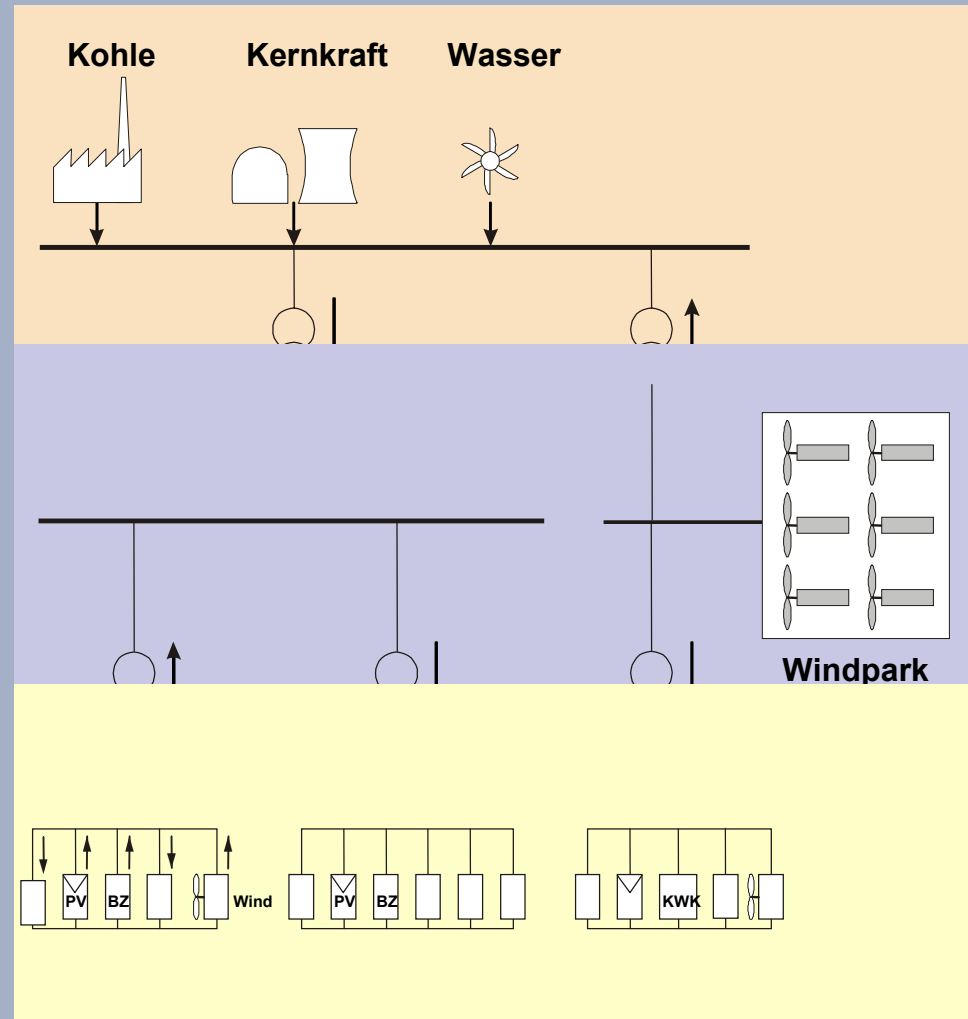
Bedarfsdeckung durch Handel

Leistungsreserven werden durch Handel reduziert bzw. eliminiert

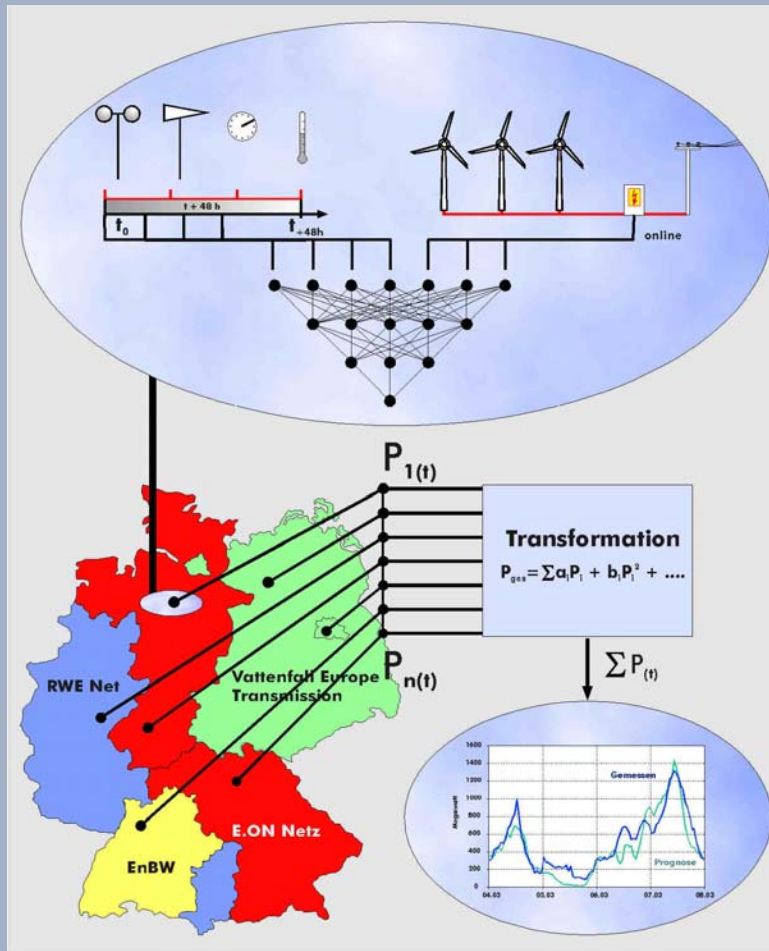
Last- und Kostenoptimierung durch Dialog

Zeitvariable Tarife

Bidirektionale Kommunikation und großer Informationsfluss erforderlich



## Prognosesystem für die Leistung aus Windenergieanlagen



Stufe 1:

**Online-Modell** rechnet aus wenigen gemessenen Windparks die aktuelle Leistung aller Anlagen hoch

Stufe 2:

**Prognose-Modell** berechnet aus aktueller Leistung und Wettervorhersage die zu erwartende Windleistung

**Genauigkeit** im statistischen Mittel über 90 % bei 48-Stunden-Prognose über 95 % bei 3-Stunden-Prognose

Einsatz:

**E.ON-Netz**

**Vattenfall Europe Transmission**

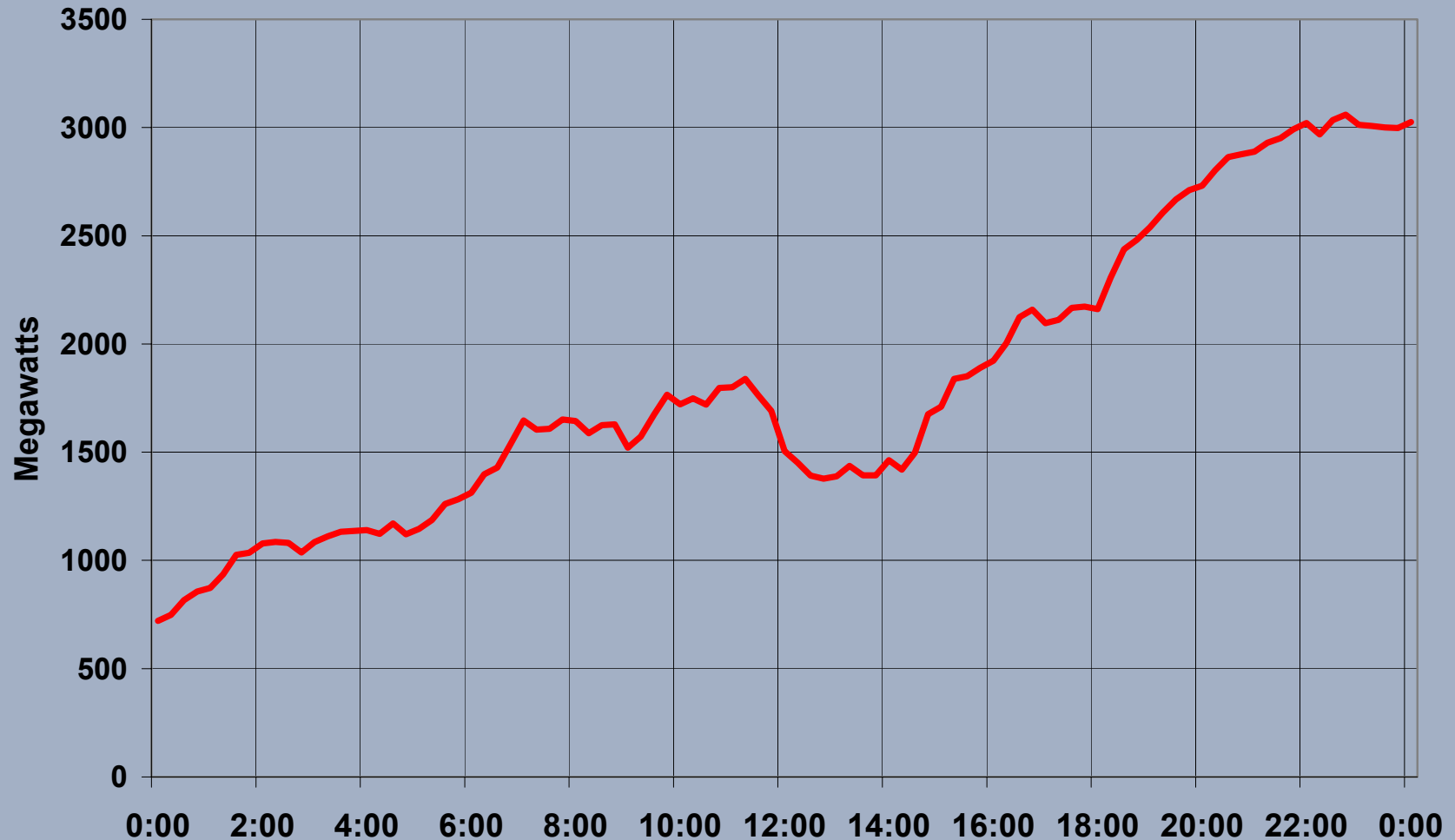
**RWE-Netz**

## Power performance of 5,400 turbines (one month)

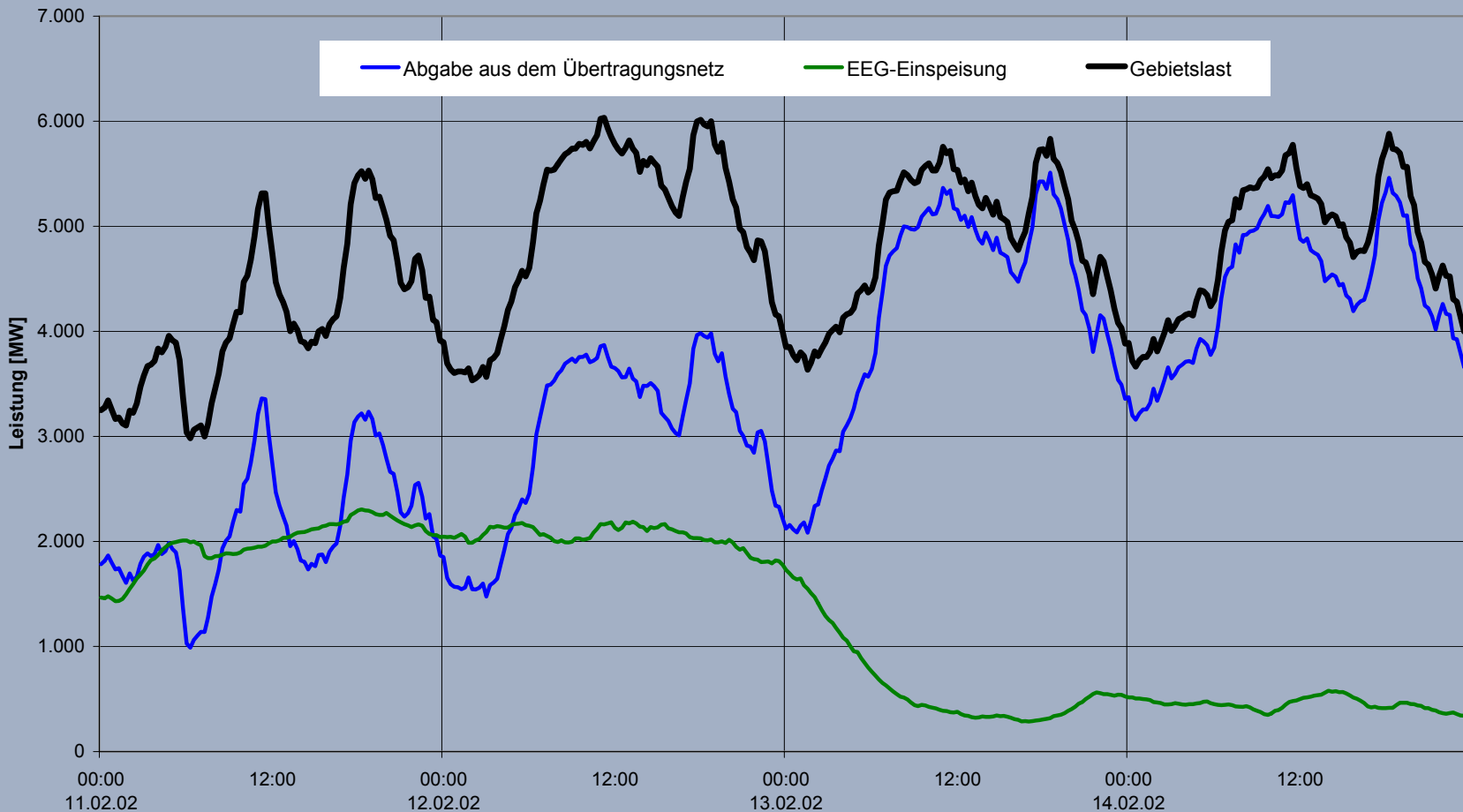




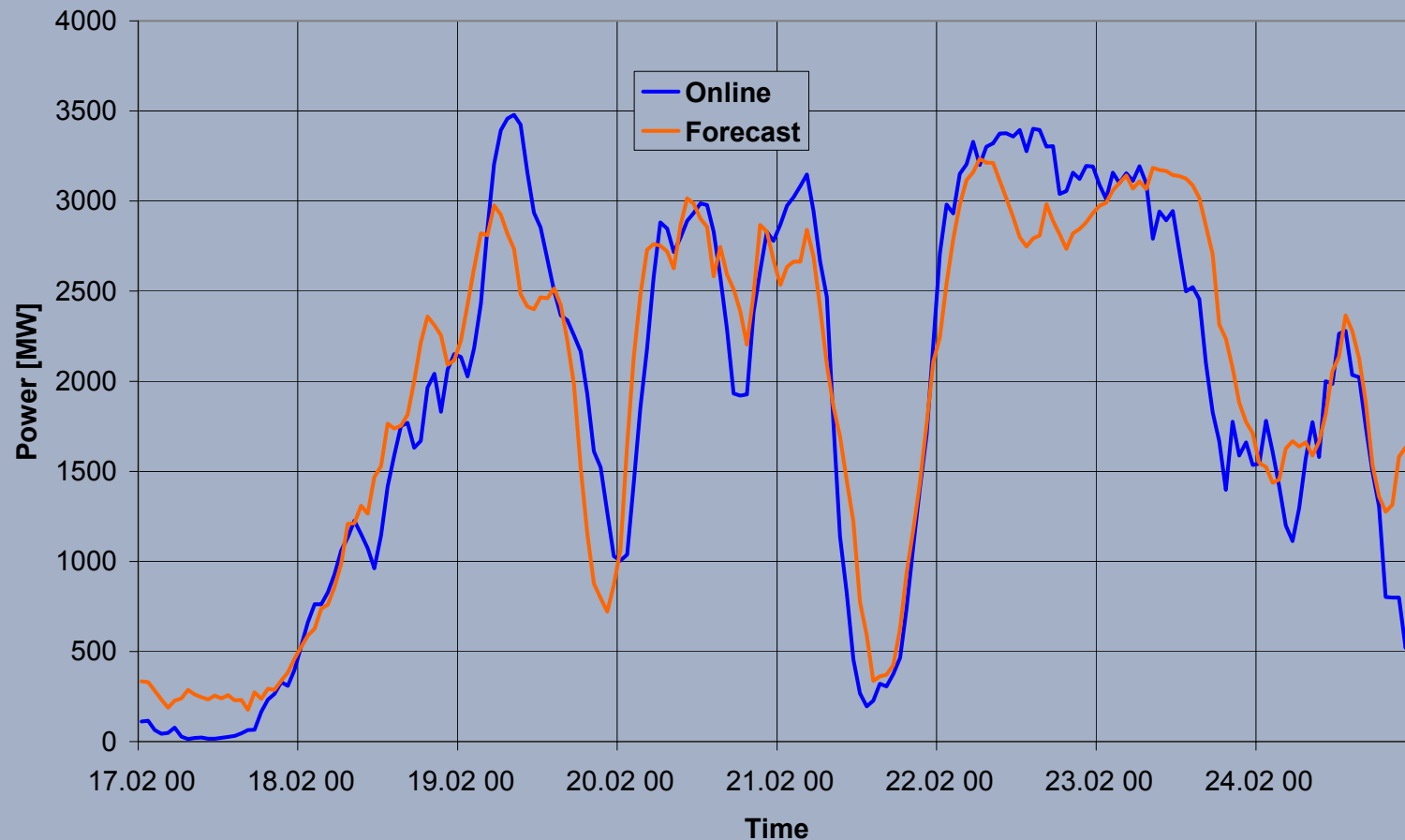
## Power performance of a single turbine (one day)



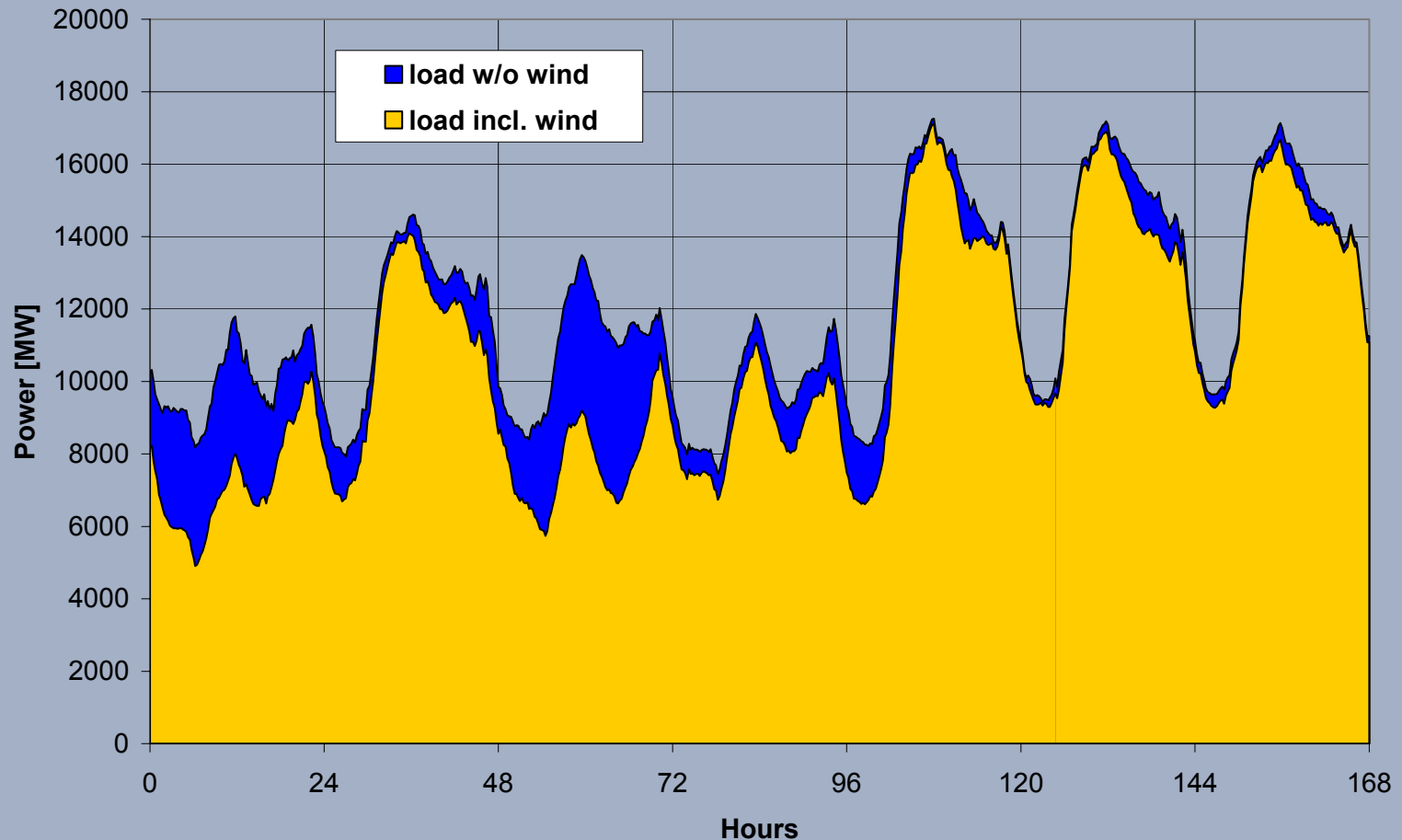
## Tag mit hohem Windanteil (Beispiel Vattenfall Europe)



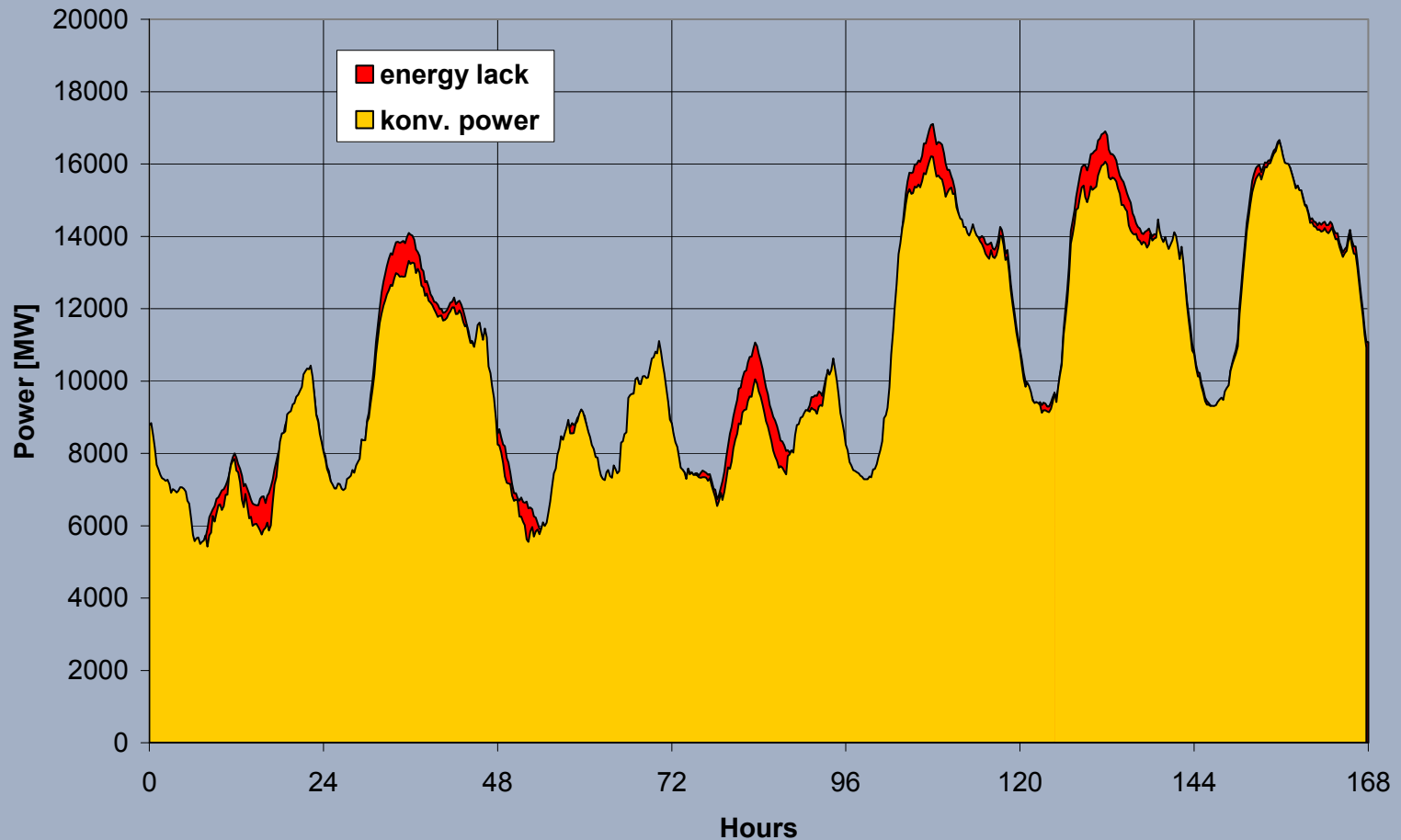
## Wind power generation into E.ON Netz control zone 17.02.2002 – 24.02.2002 – observed and 24 hour forecast

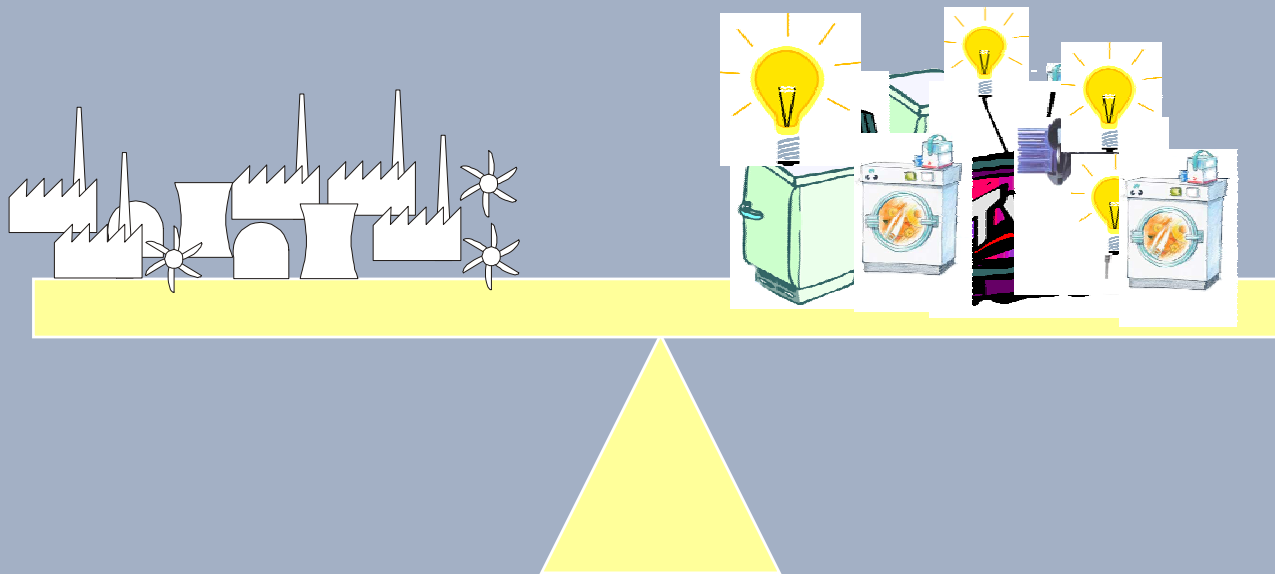


## Typischer Wochengang der Netzlast mit Windeinspeisung

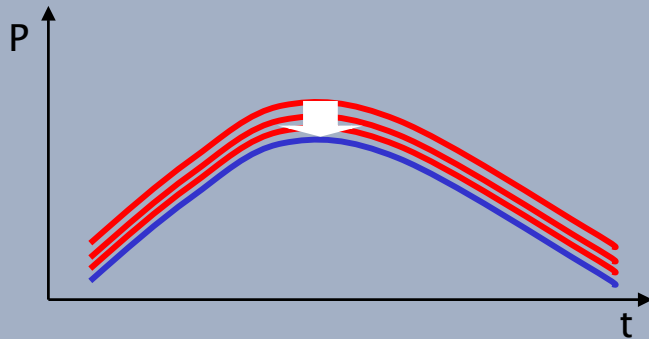


## Typischer Wochengang der Netzlast und Prognosefehler

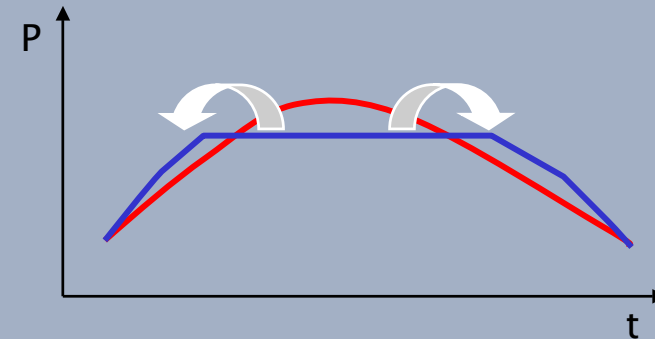




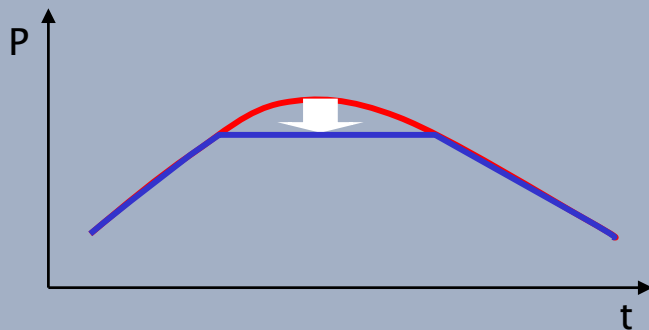
## • Lastreduzierung



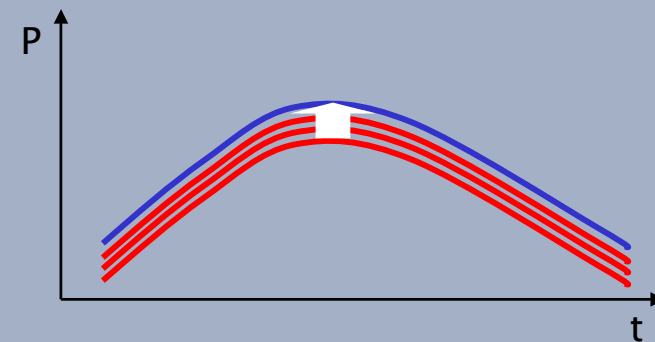
## • Lastverlagerung



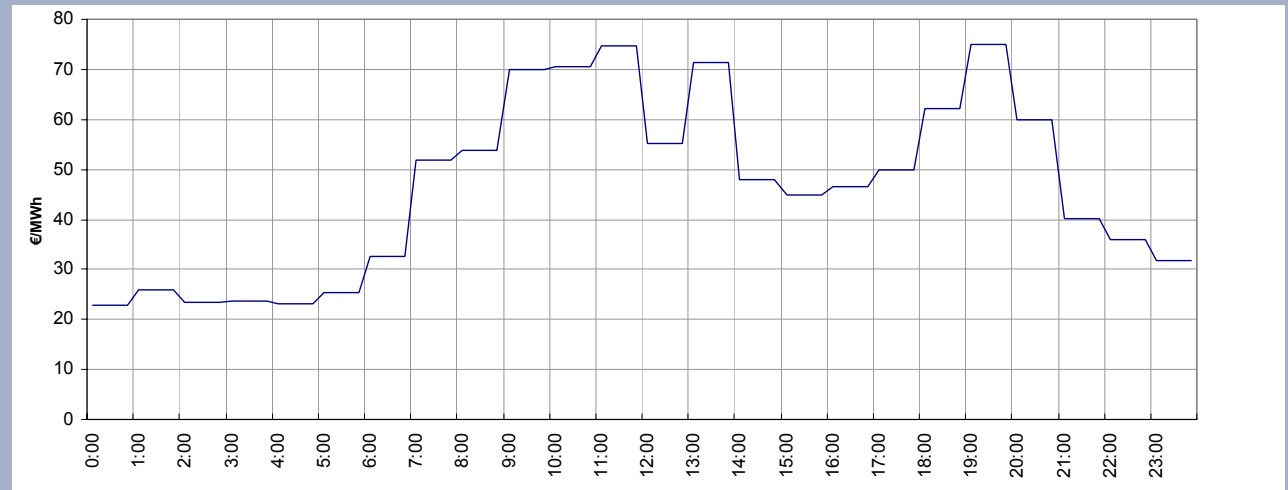
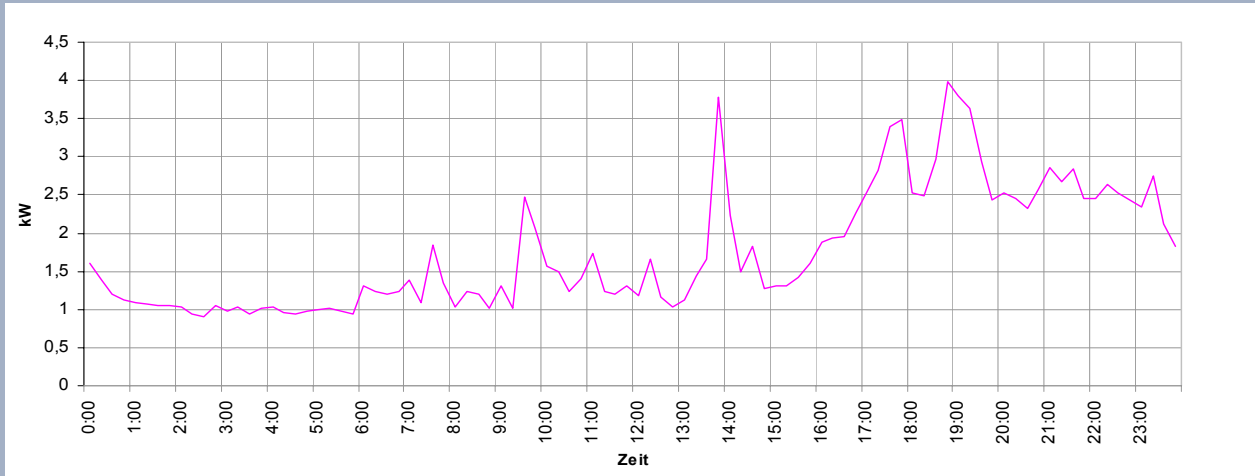
## • Lastabschaltung



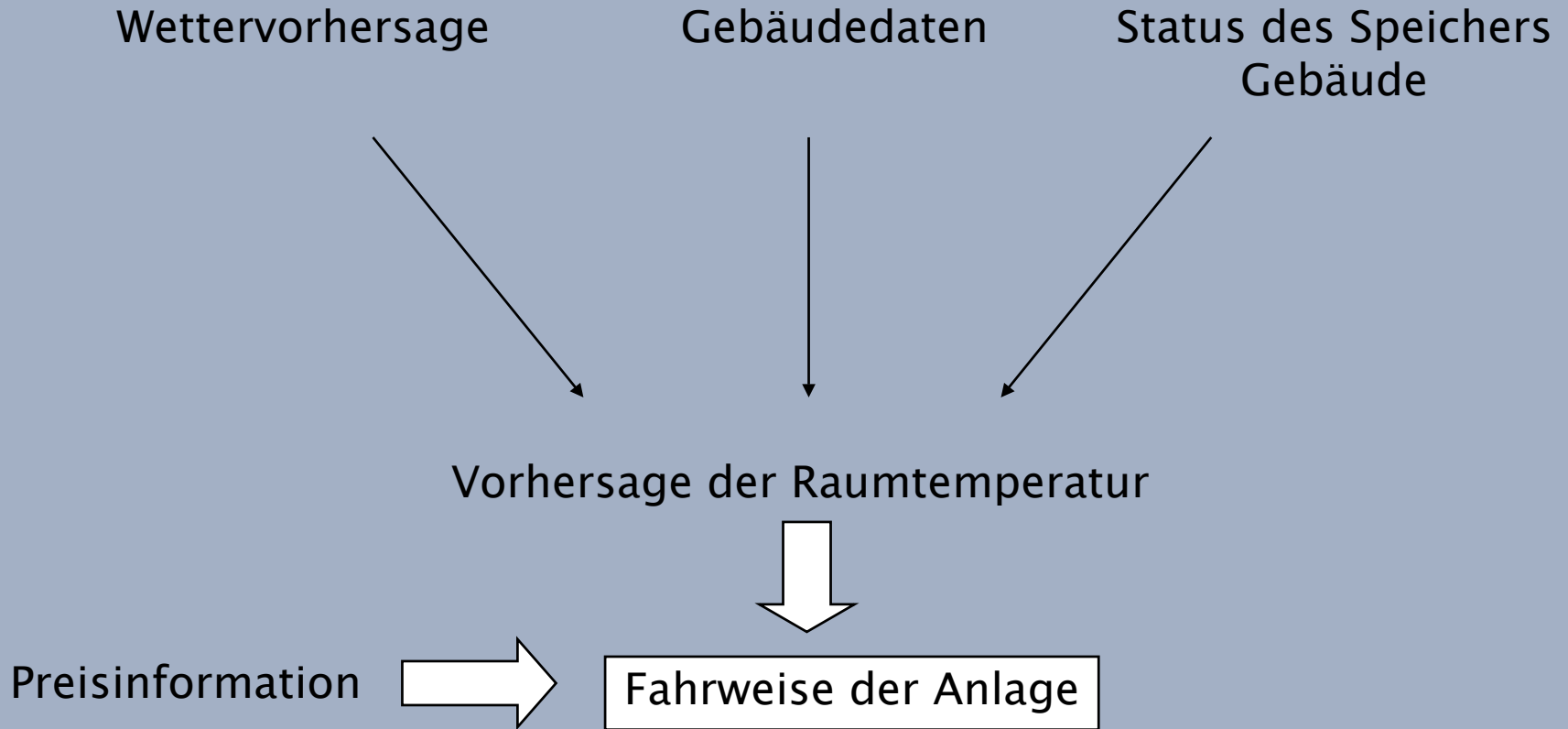
## • Lastanhebung



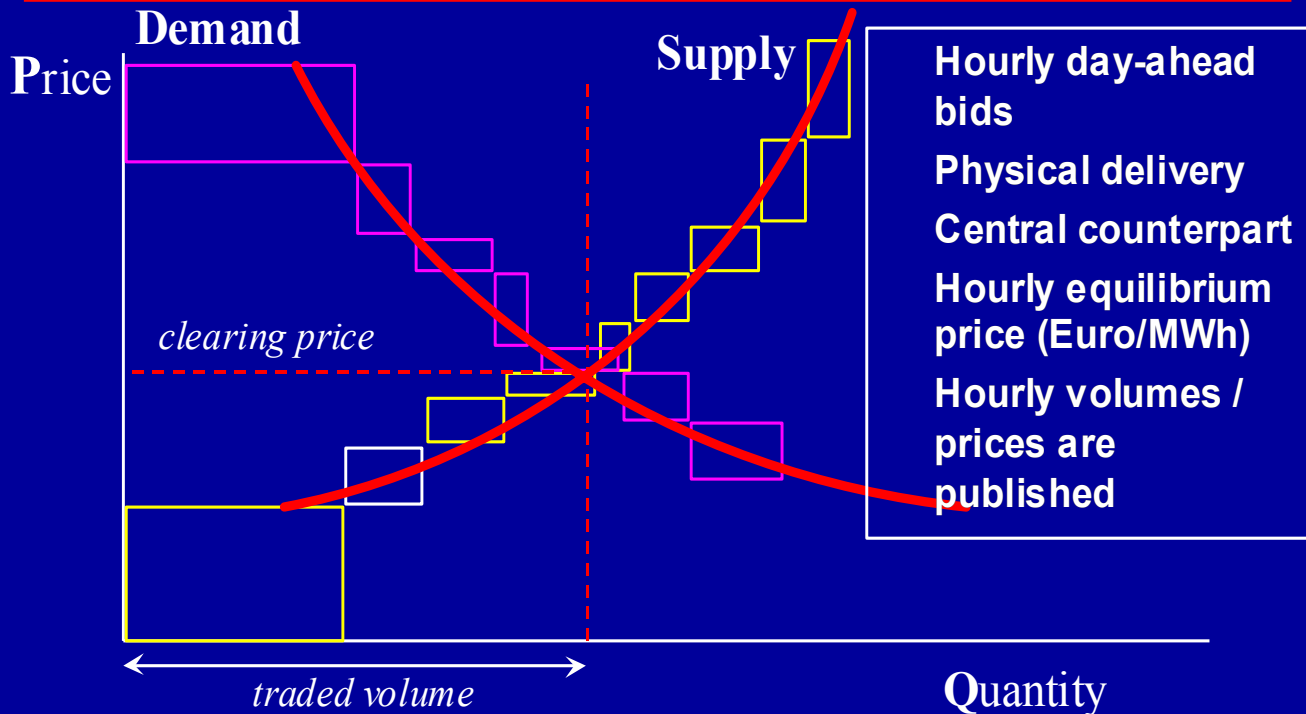
# Umsetzung des Lastmanagements



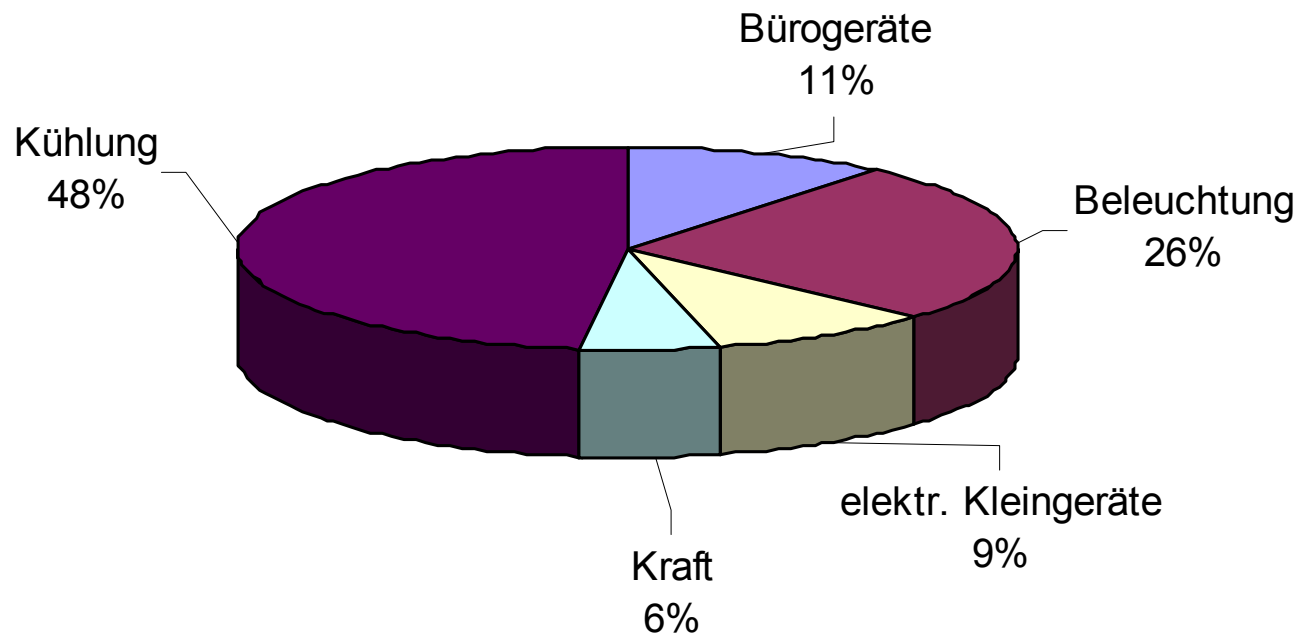




# How does the APX DAM work? Price determination on spot market



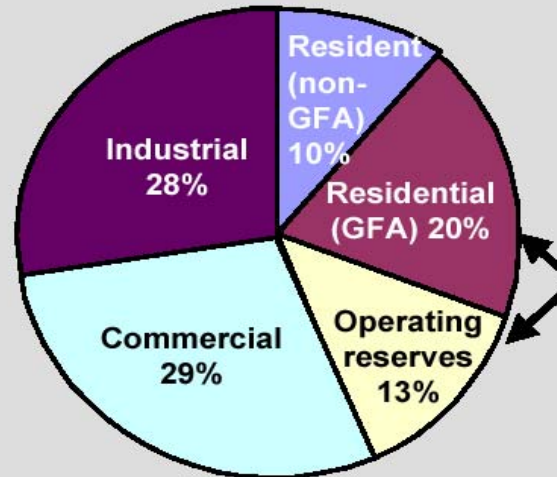
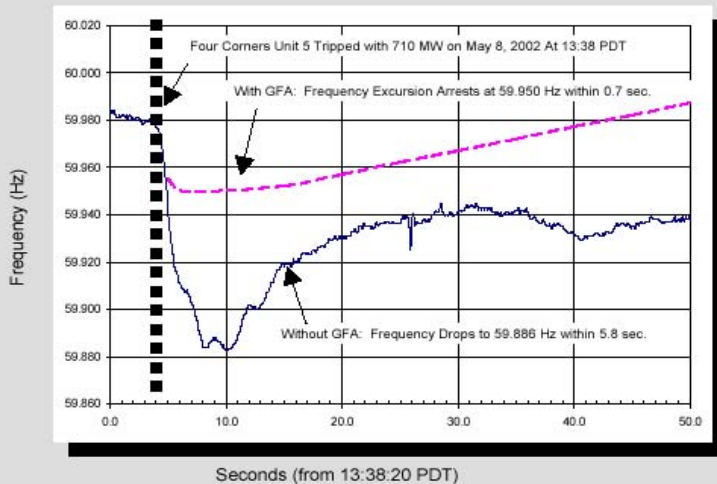
Spot market: two-sided bidding auction as in most countries



## Grid-Friendly™ Appliances (GFAs) Help Keep the Lights On

Grid-Friendly Appliances Sense  
Frequency Excursions & Control  
Appliances to Act as Spinning Reserve

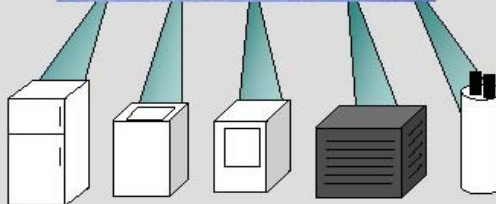
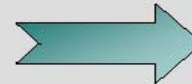
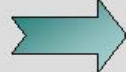
Loads and Reserves on a  
Typical U.S. Peak Day



GFA potential  
exceeds US  
operating  
reserve  
requirements!

## Grid-Friendly™ Appliances (GFAs) Help Keep the Lights On

Millions  
of GFAs



**Grid-friendly appliances...**

- ...rapid, automatic response to grid crises
- ...platform for active communication & control
- ...pre-heat/pre-cool to coast through peaks
- ...utilize & value thermal storage
- ...increase reliability & security
- ...unnoticeable by consumer
- ...mass customization/marketing

*eliminate need for 100s  
of new power plants,*



*saving tens of billions  
of dollars over 20  
years.*



**“...given enough ants, you  
can move a mountain!...”**

*impromptu reaction from a utility power engineer*



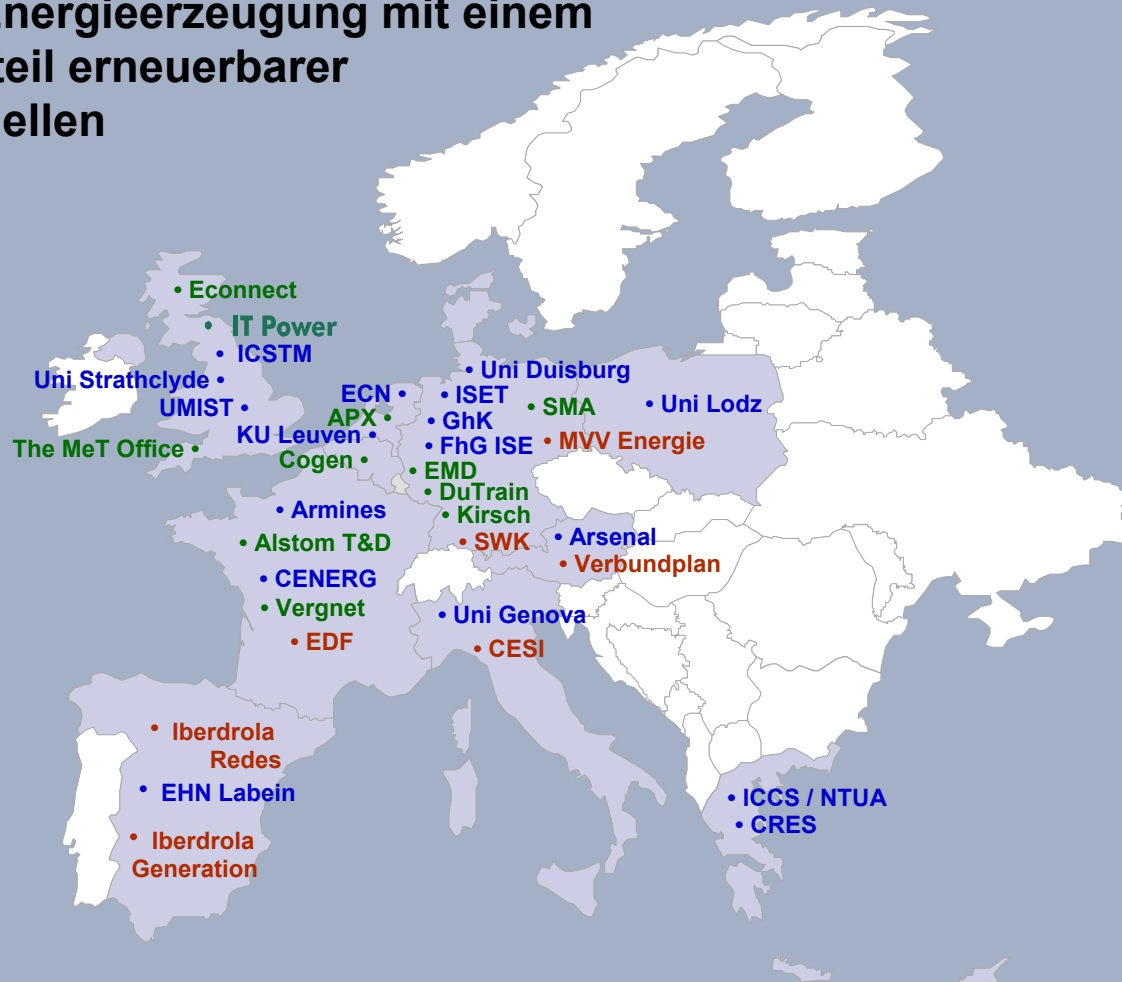
## Verteilte Energieerzeugung mit einem hohen Anteil erneuerbarer Energiequellen

37 Partner aus  
11 europäischen  
Ländern:

Energieversorgungs-  
unternehmen

Industrie und  
Ingenieurbüros

Forschungszentren und  
Universitäten



**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**