

Variabilität erneuerbarer Energien und Wege zu einer Minderung des Regelbedarfs

Tobias Tröndle

Ulrich Platt

Werner Aeschbach-Hertig

Klaus Pfeilsticker

IUP Heidelberg

Heidelberg Center for the Environment (HCE)

Berlin – 28.03.2012

Einführung – Erneuerbare Energien

- Wetterabhängige erneuerbare Energien (EE): Global das größte Potential
- Regelenergie ist nötig wegen wetterabhängiger Produktion und schwankendem Bedarf:
 - Steuerung der Energieproduktion (Biomasse, ...)
 - Steuerung des Bedarfs (smart grid)
 - Energiespeicher
- Modellrechnungen helfen den Regelbedarf zu minimieren

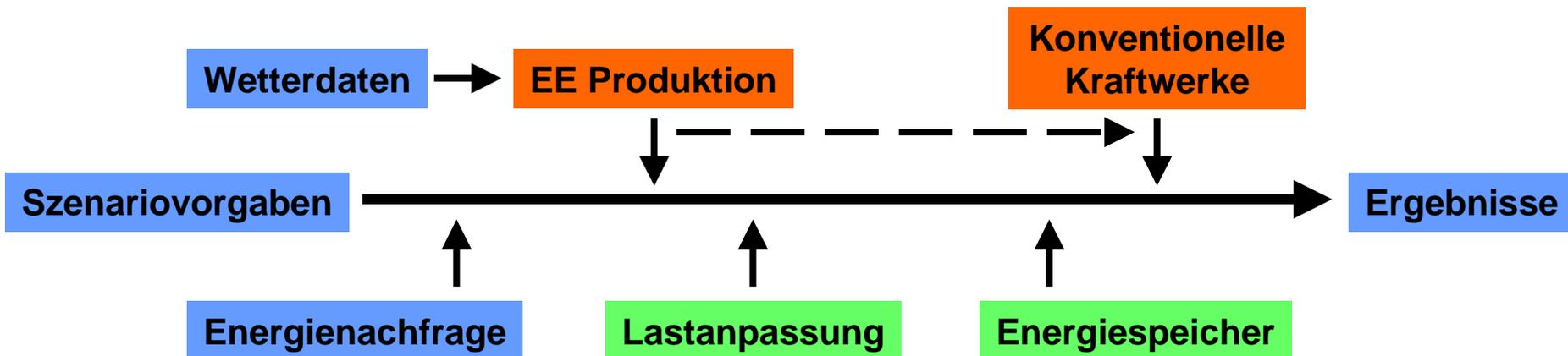
Globale theoretische Potentiale von EE
(IPCC SRREN 2011)

Erneuerbare Energie	Verhältnis Energie / Primärenergiebedarf (2008)
Solarenergie	7.900
Windenergie	12
Bioenergie	3,1
Geothermie	2,8
Wasserkraft	0,3

Das MEET Modell - Überblick

- Mit dem am IUP-Heidelberg entwickelte MEET Modell können Energieversorgungsszenarien untersucht werden
- 10 Kraftwerktypen sind wählbar → hier Fokus auf Sonnen- und Windenergie
- Betrachtung des Untersuchungsgebietes Europa

Entscheidungshierarchie im Modell für das Gleichgewicht aus Energiebedarf und Energieangebot



Das MEET Modell - Randbedingungen

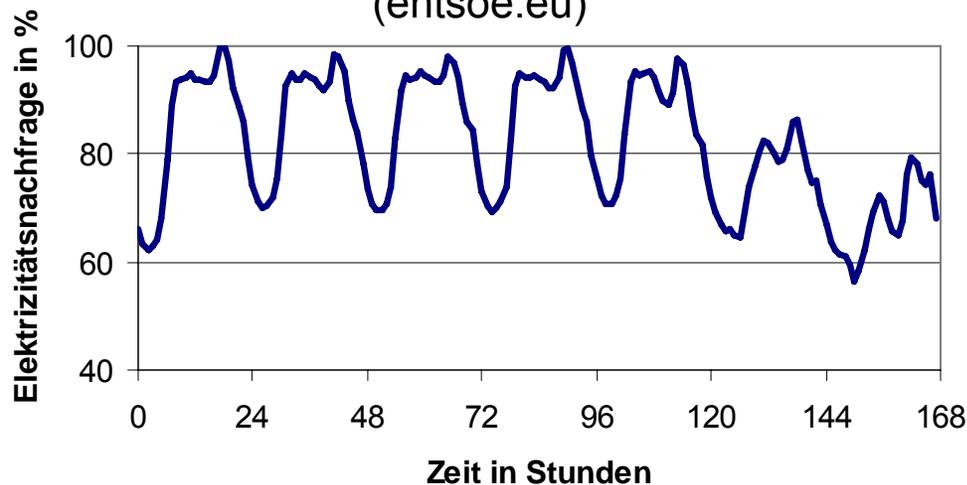
Modellvorgaben:

- Der Berechnungszeitraum ist ein Jahr bei stündlicher Auflösung
- Die Produktion durch EE wird über globale Wetterdaten berechnet:
 - **ERA 40:** 2,5° x 2,5° Auflösung und 6h Zeitschritt (Zeitraum 1990-2000)
 - **MERA-5:** 0,5° x 0,6° Auflösung und 1h Zeitschritt (angestrebt)
- Der Lastgang ergibt sich aus der auf die Region (z.B. Europa) skalierten Elektrizitätsnachfrage Deutschlands von 2008 (entsoe.eu)
- Annahme eines perfekten Übertragungsnetzes (Kupferplatte)
- Energiespeicherung erfolgt mit einem Wirkungsgrad von 81% (Pumpspeicher)

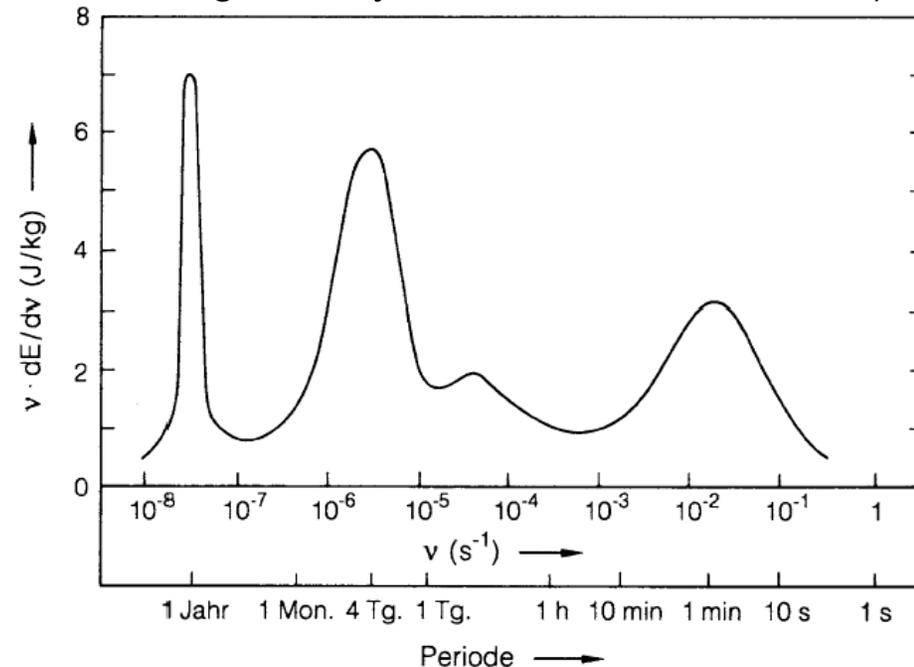
Auszugleichende Schwankungen

- Energiebedarf und EE weisen Schwankungen auf Skalen von Sekunden bis Jahre auf → Unterschiedliche Ansprüche an die Regelenergie

Tagesgang des deutschen Strombedarfes
(entsoe.eu)



Energiedichtespektrum des Windes (Roedel
und Wagner, Physik unserer Umwelt, 2011)

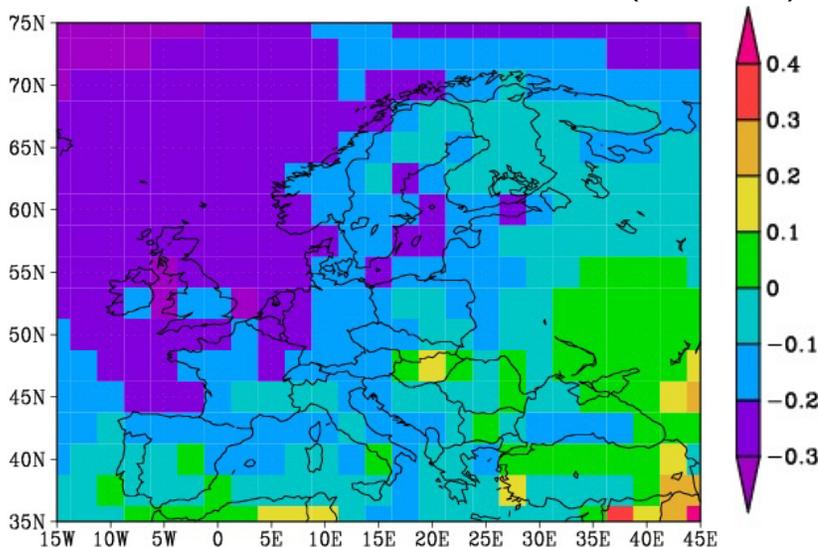


Korrelationen von EE (1990)

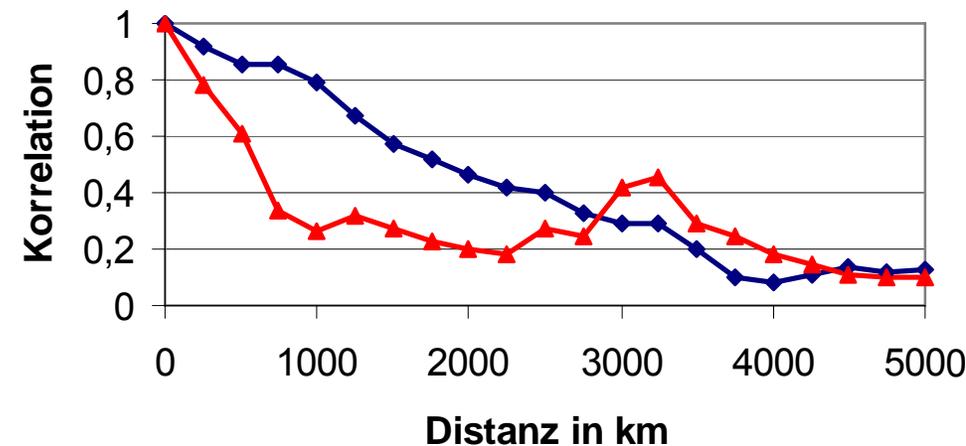
- Größere Verbundgebiete ermöglichen eine Dekorrelation der Erzeugung
- Sonnen- und Windenergie ergänzen sich gut in Europa



Korrelation von Wind und Sonne (ERA 40)



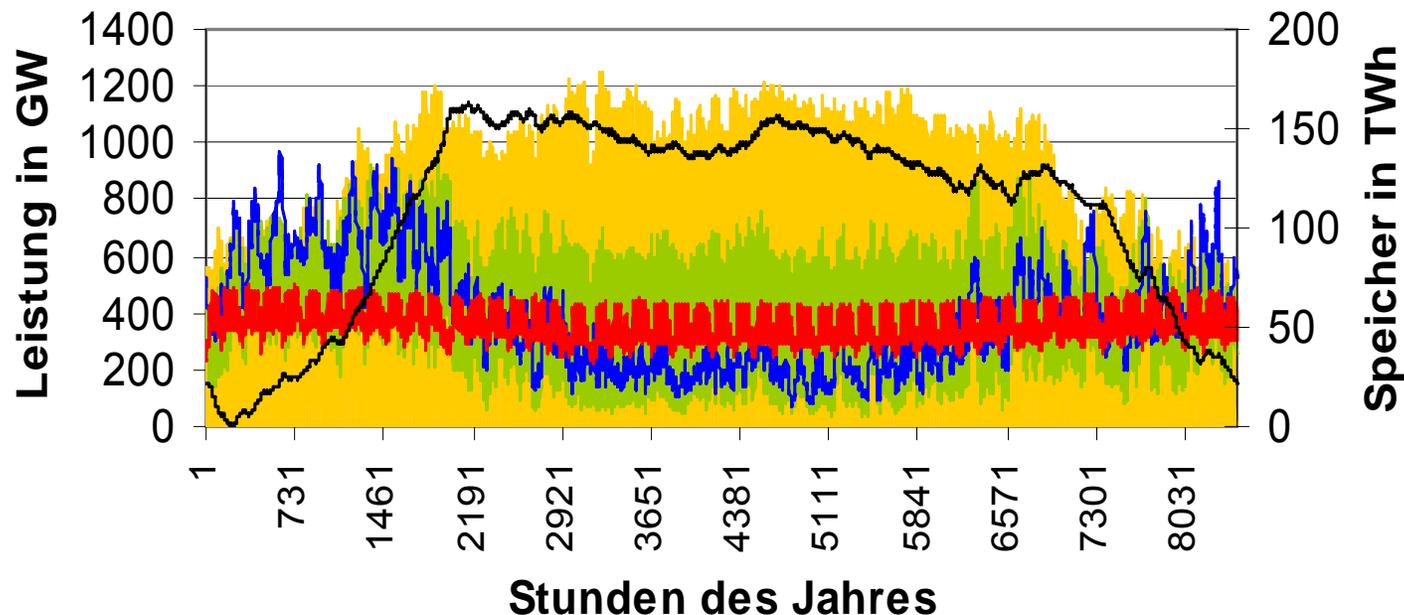
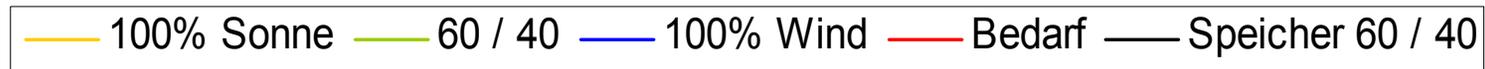
Räumliche Korrelation von Windenergie in MEET



Jahresgang von Wind und Sonne (1990)

- Im Jahresgang kann das Angebot dem Bedarf angenähert werden
- Für jeden EE-Mix bleiben Schwankungen im Tages- und Jahresgang

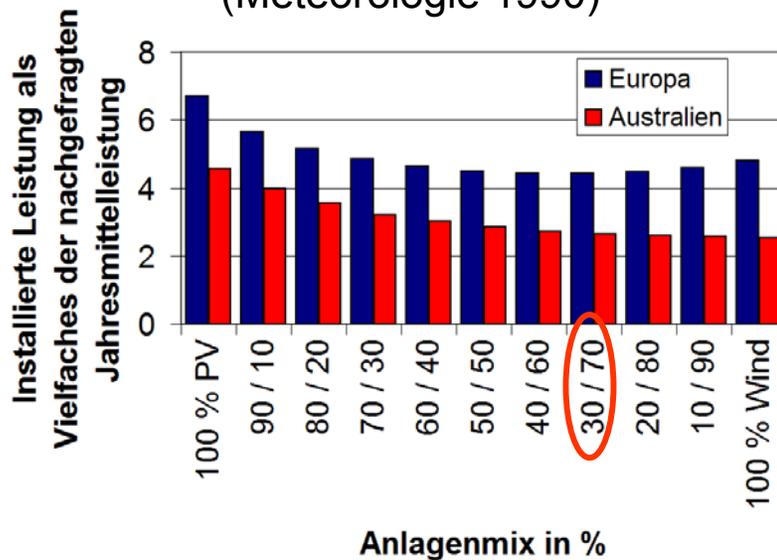
Jahresgänge unterschiedlicher Energieversorgungen Europas in MEET (Meteorologie 1990)



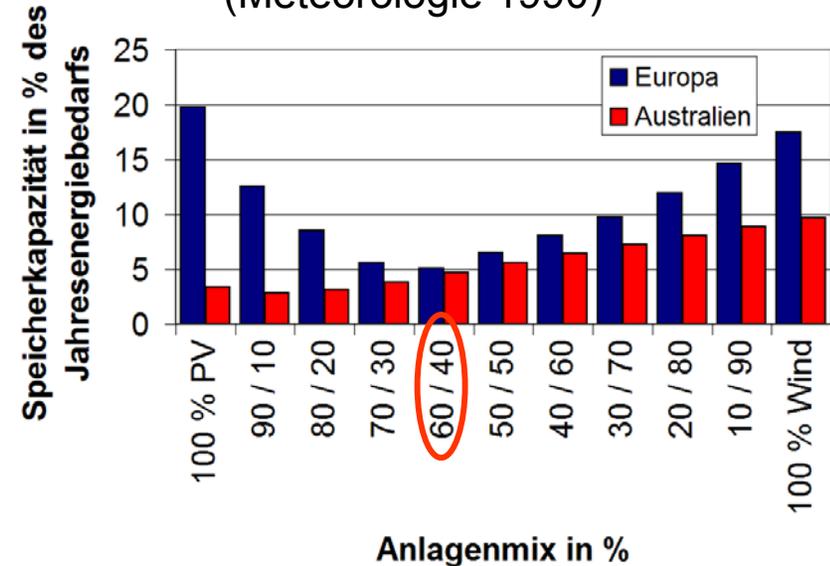
Speicherbedarf und Energiemix (1990)

- Der Mix aus Wind- und Solaranlagen bestimmt die benötigte...
 - Installierte Leistung (als Vielfaches der nachgefragten Jahresmittelleistung)
 - Speicherkapazität (in Prozent des Jahresenergiebedarfes)

Benötigte Anlagenleistung in MEET
(Meteorologie 1990)



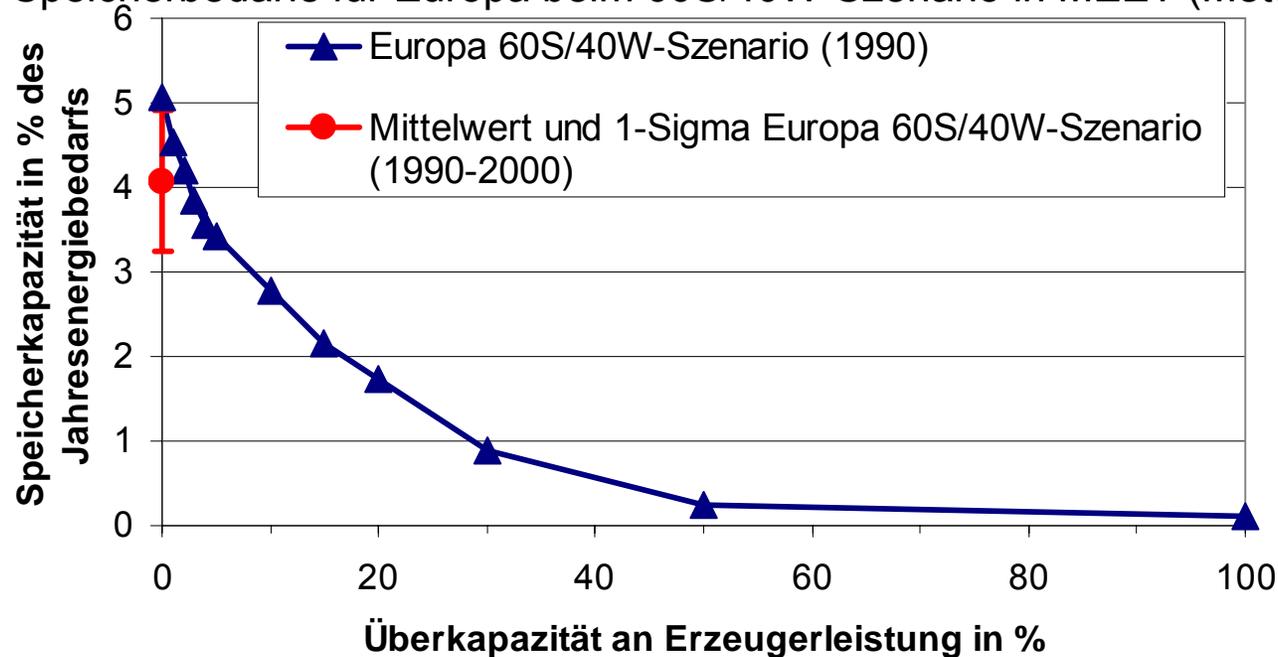
Benötigte Speicherkapazität in MEET
(Meteorologie 1990)



Speicherbedarf und Überkapazität (1990)

- Steigerung der Erzeugerleistung gegenüber dem 60S/40W-Szenario für Europa senkt den Speicherbedarf weiter
- Der Speicherbedarf variiert mit den Jahren ($1-\sigma = 20\%$ des Mittelwertes)

Reduktion des Speicherbedarfs für Europa beim 60S/40W-Szenario in MEET (Meteorologie 1990)



Zusammenfassung und Ausblick

- Eine Energieversorgung durch EE benötigt große Mengen Regelenergie
- Der „optimale“, allerdings regionsabhängige Mix an EE könnte den Energiespeicherbedarf um bis zu 75% reduzieren
- Überkapazitäten können den Speicherbedarf stark reduzieren und als Doppelnutzen stände zusätzliche Energie für andere Zwecke zur Verfügung
- Der Einfluss der Gebietsgröße auf den Speicherbedarf ist noch zu quantifizieren → Ziel ist ein räumlich frei skalierbares Gebiet in MEET

Ende



HEIDELBERG CENTER
FOR THE ENVIRONMENT



UNIVERSITÄT
HEIDELBERG
ZUKUNFT
SEIT 1386

Danke für Ihre Aufmerksamkeit

—

Haben Sie Fragen?