

Ausbau von Speicherkapazitäten für eine effiziente Stromversorgung mit erneuerbaren Energien in Deutschland und Europa bis 2050

FVEE – Jahrestagung 2011: Transformationsforschung für ein nachhaltiges Energiesystem
12./13.10.2011

Yvonne Scholz (DLR)

Maike Schmidt (ZSW)

Michael Sterner (IWES)

Andreas Hauer (ZAE Bayern)



Lastausgleich in verschiedenen Szenarien der Stromversorgung

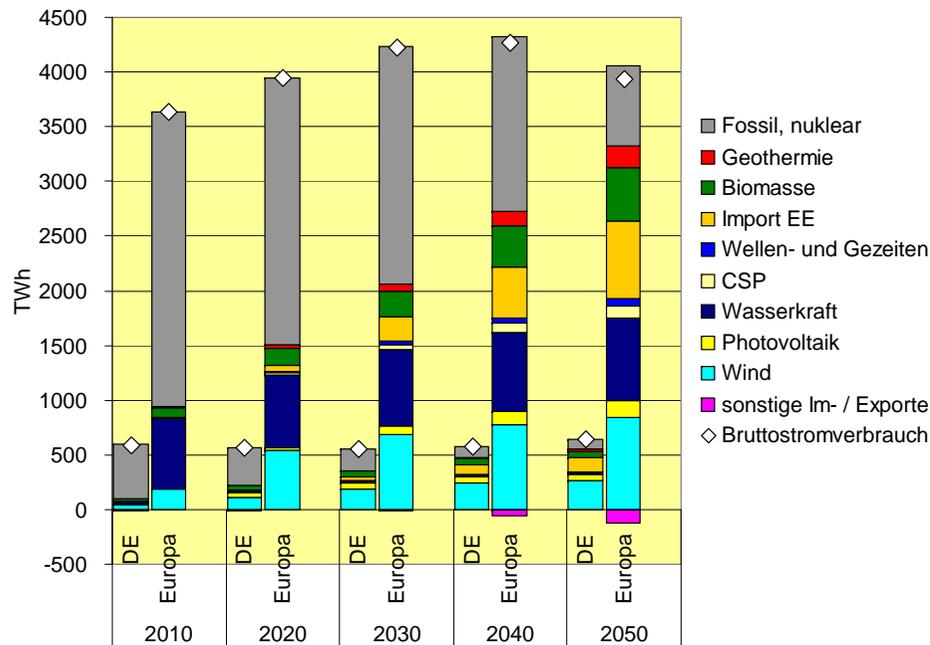
Beispiele für den Lastausgleich / Speichereinsatz in Deutschland im Jahr 2050:

	EE-Anteil	Import	Leistung	Speicherkapazität
Leitstudie (2010), Basis A	87 %	20 %	H ₂ -Erzeugung für den Verkehrssektor	
Trans-CSP (2006)	80 %	20 %	Import von Regelenergie aus CSP	
SRU (2011)	100 %	0 %	32 GW	0.8 TWh Abregelung: 53 TWh
UBA (2010)	100 %	0 %	Elektrolyse: 44 GW GuD-Kraftwerk: 28 GW	40 TWh Abregelung: 1 TWh

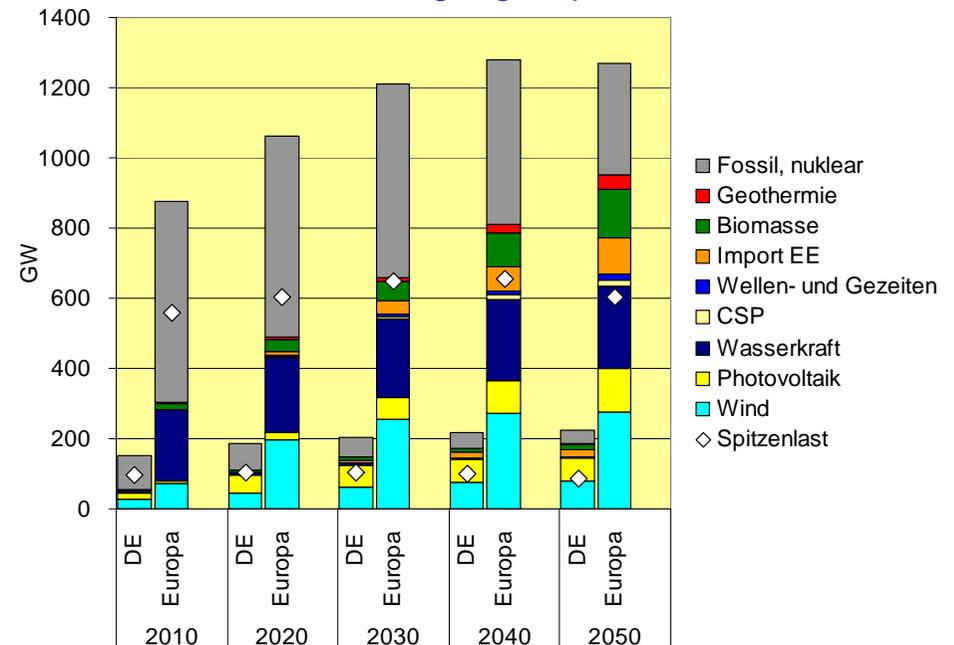
- „Der Speicherbedarf“ kann nur für ein ansonsten vollständig festgelegtes Versorgungssystem ermittelt werden.
- Speicherdimensionierung und -betrieb für nicht vollständig festgelegte Versorgungssysteme hängen ab von Annahmen über Kosten und von der Methodik:
 - a) Speicher als Teil einer festgelegten Einsatzreihenfolge mit maximaler Lastglättung durch jede Technologie
 - b) Kraftwerkseinsatzplanung mit Optimierungsmodellen

Erneuerbare Energien in Deutschland und Europa bis zum Jahr 2050

Struktur der Bruttostromerzeugung ¹



Struktur der Erzeugungskapazität ¹



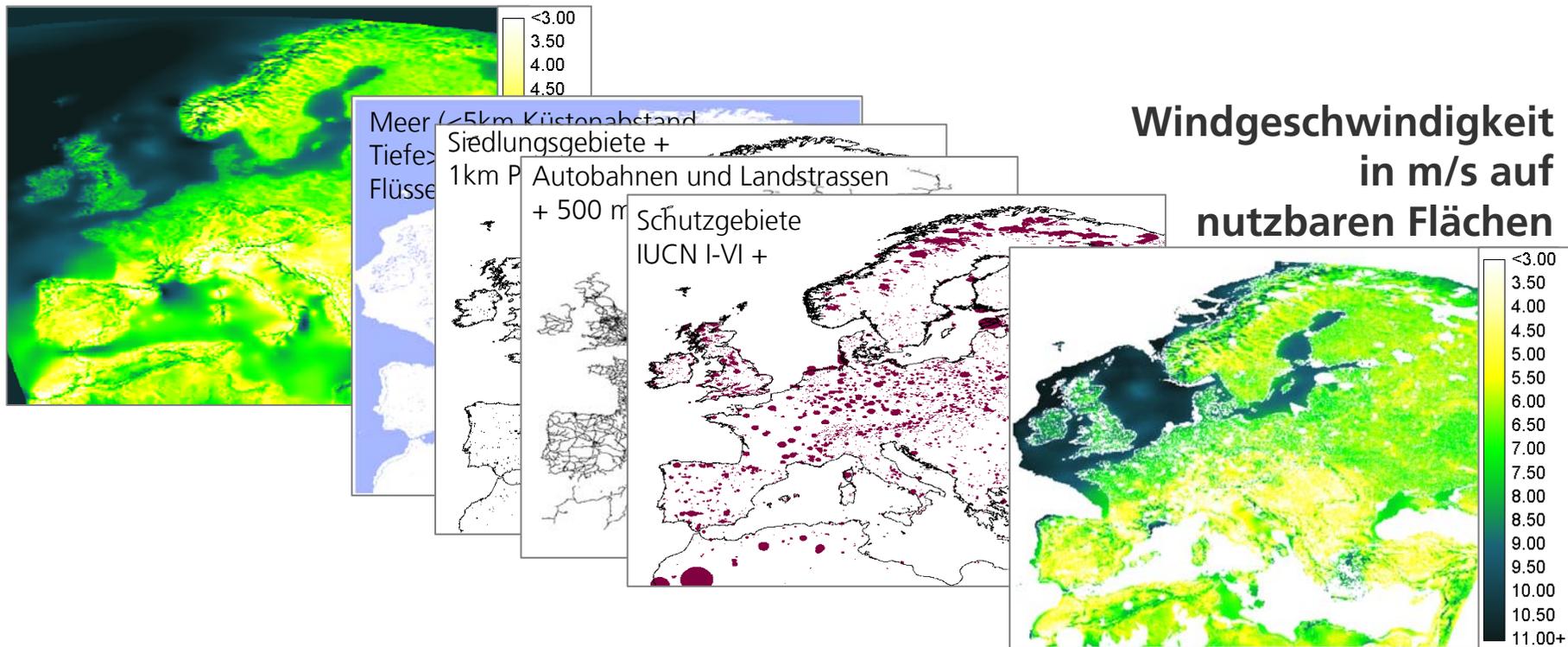
- In Deutschland wird nach 2030 mehr als die Hälfte des Stroms in PV- und Windenergieanlagen erzeugt.
- Die Erzeugungskapazität wächst vom ca. 1,6-fachen (Jahr 2010) auf das 2,1-fache (2050) der Spitzenlast.
- Die Summenleistung von PV und Windenergieanlagen übersteigt in Deutschland die Spitzenlast ab 2030.

¹ Deutschland: Leitstudie 2010, Basisszenario 2010 A. Europa: Trans-CSP, 2006

Analyse der Potenziale erneuerbarer Energien

Windenergie: Ressource und Flächenanalyse

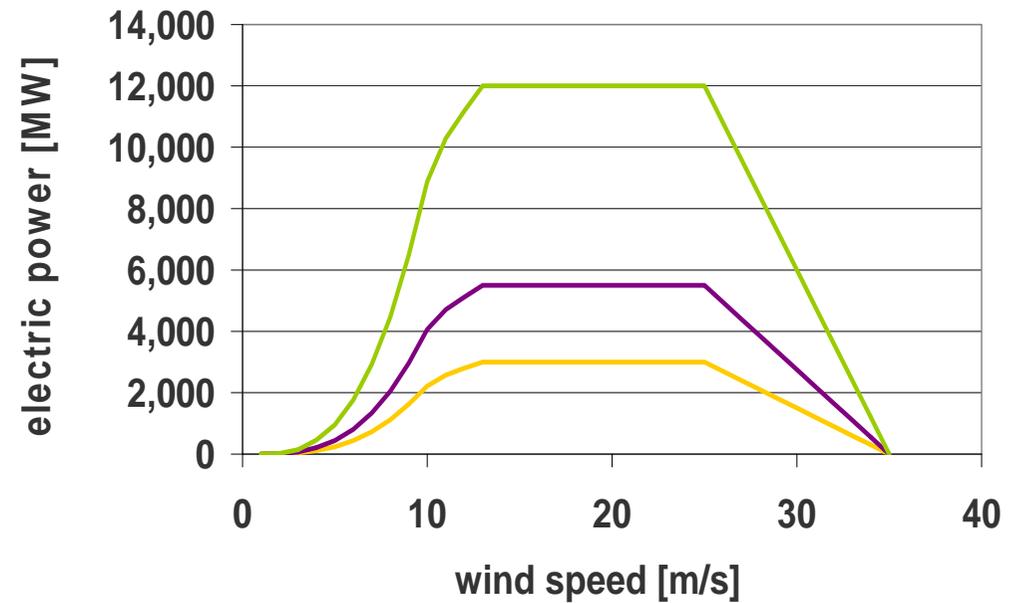
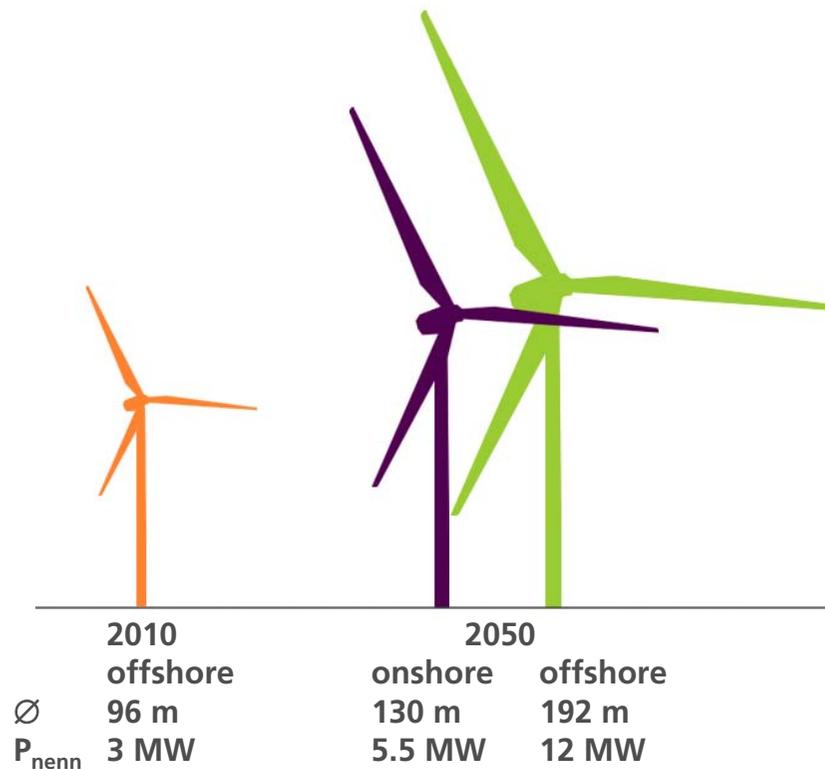
Windgeschwindigkeit in m/s
(Stundenmittelwerte, 7km x 7km)



Stündliche Windgeschwindigkeitsdaten vom Deutschen Wetterdienst

Analyse der Potenziale erneuerbarer Energien

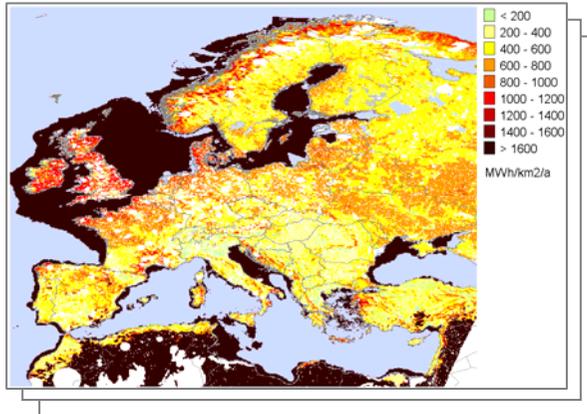
Windenergie: Kraftwerksmodell



Grundlage: Leistungskennlinie der Enercon E82

Analyse der Potenziale erneuerbarer Energien

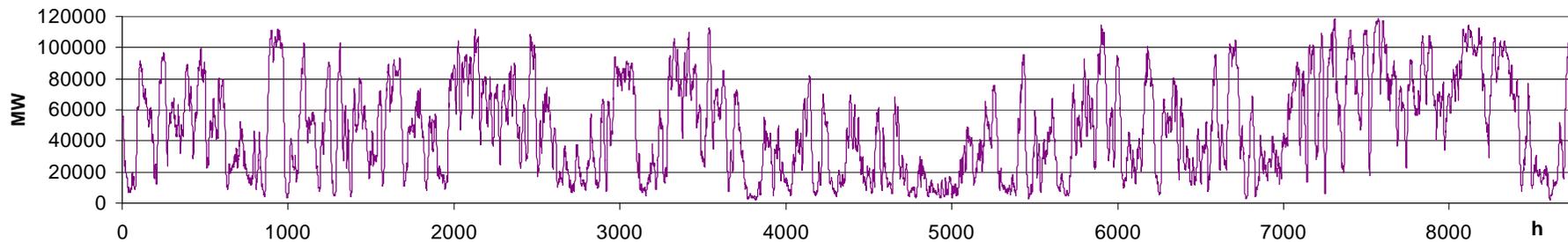
Windenergie: Ergebnisse



Rasterdatensätze:

- Installierbare Leistung
- Jahres-Stromerzeugungspotenzial
- Kosten

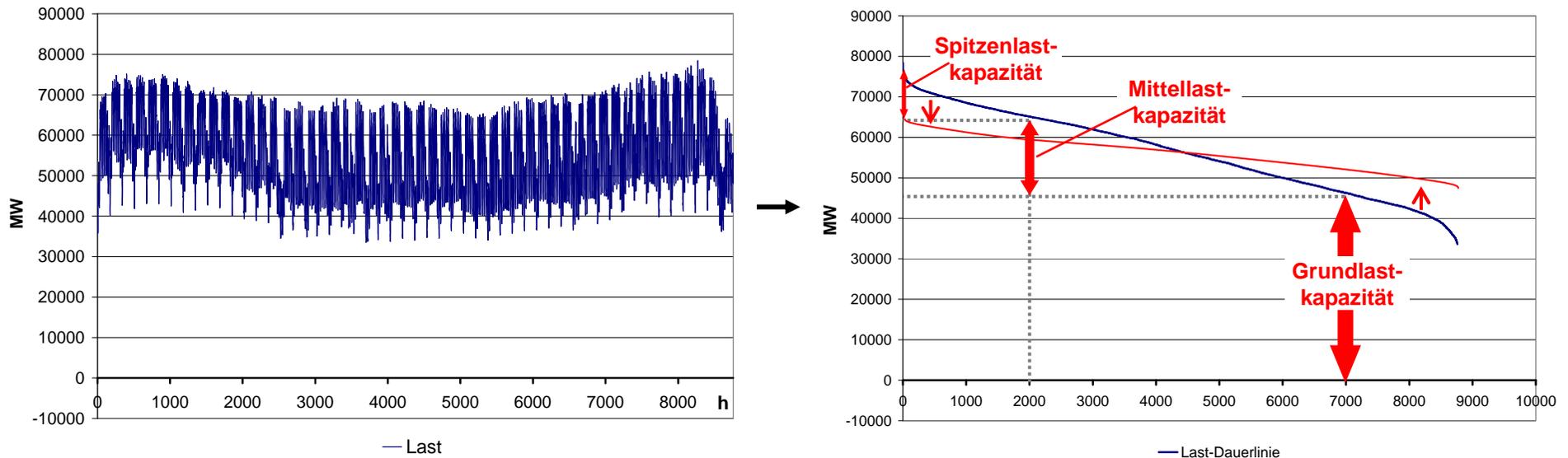
Zeitlicher Verlauf der potenziellen Stromerzeugung



Abgeleitete Ergebnisse:

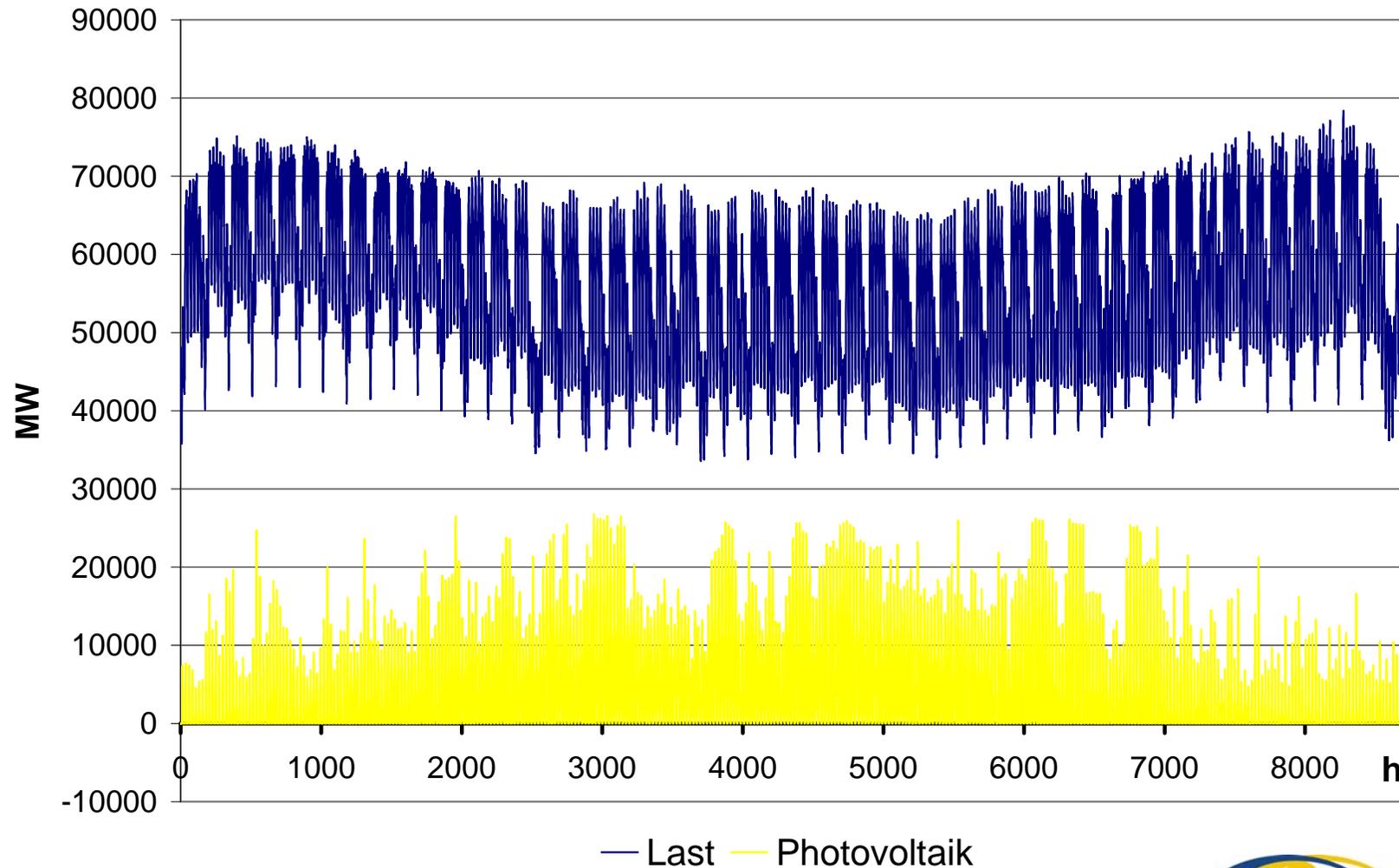
Volllaststunden
Stromgestehungskosten, Kosten-Potenzial-Kurven
Regionale Summenwerte

Lastverlauf in Deutschland im Jahr 2020

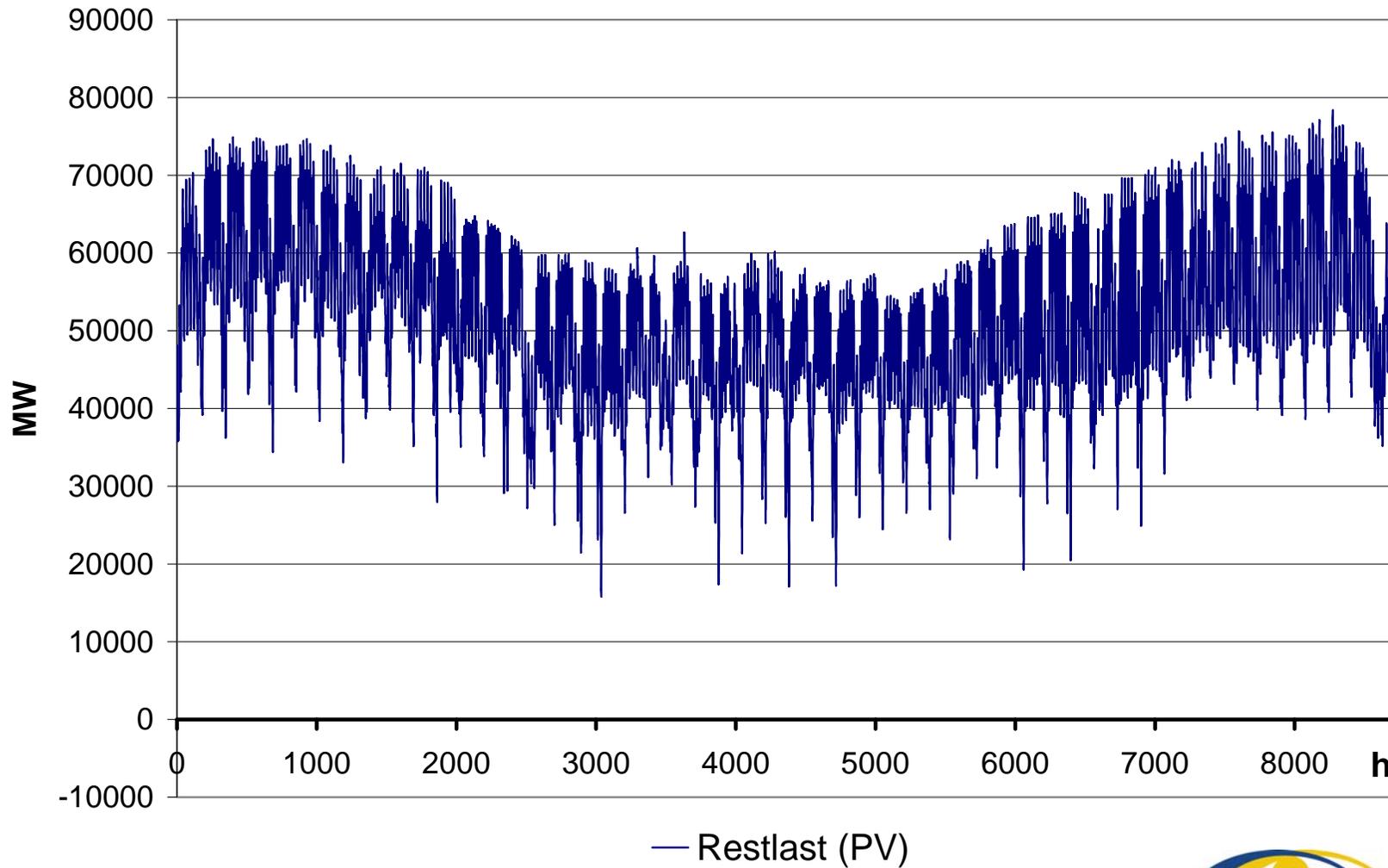


- Stündliche Lastdaten von den Übertragungsnetzbetreibern
- Erzeugen einer Jahresdauerlinie der Last aus dem Lastverlauf durch Ordnen der Werte nach ihrer Größe
- Ablesen der Dauer des Unterschreitens oder Überschreitens einer Last
→ Abschätzen der einzusetzenden Grund-, Mittel- und Spitzenlastleistung
- Speicher können Spitzenlast senken und Grundlast vergrößern.
- Der Einfluss der Speicherkapazität muss aus dem Jahresverlauf der Last abgeleitet werden.

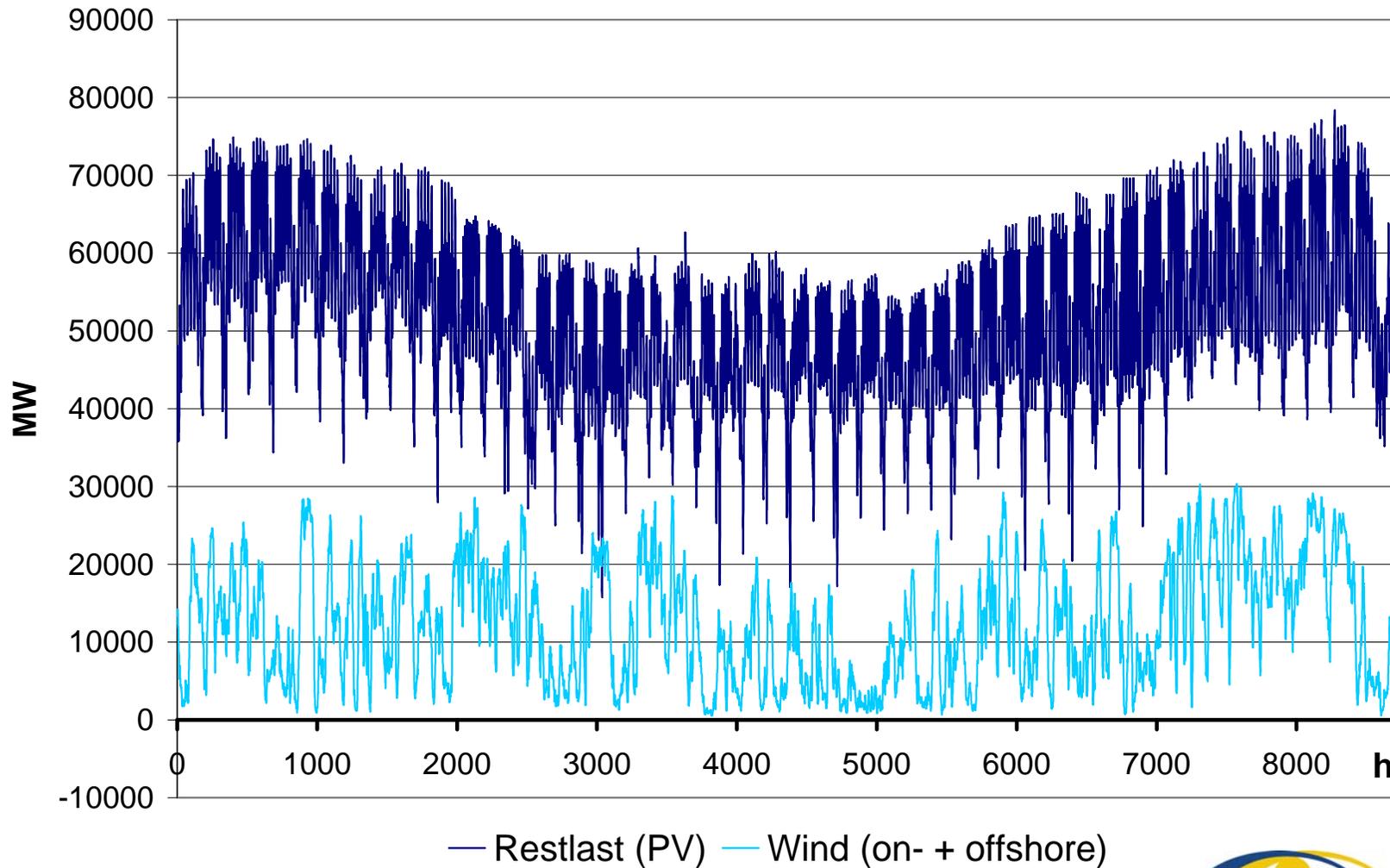
Lastverlauf und PV-Stromerzeugungszeitreihe in Deutschland im Jahr 2020 (Leitstudie 2010, Basis A)



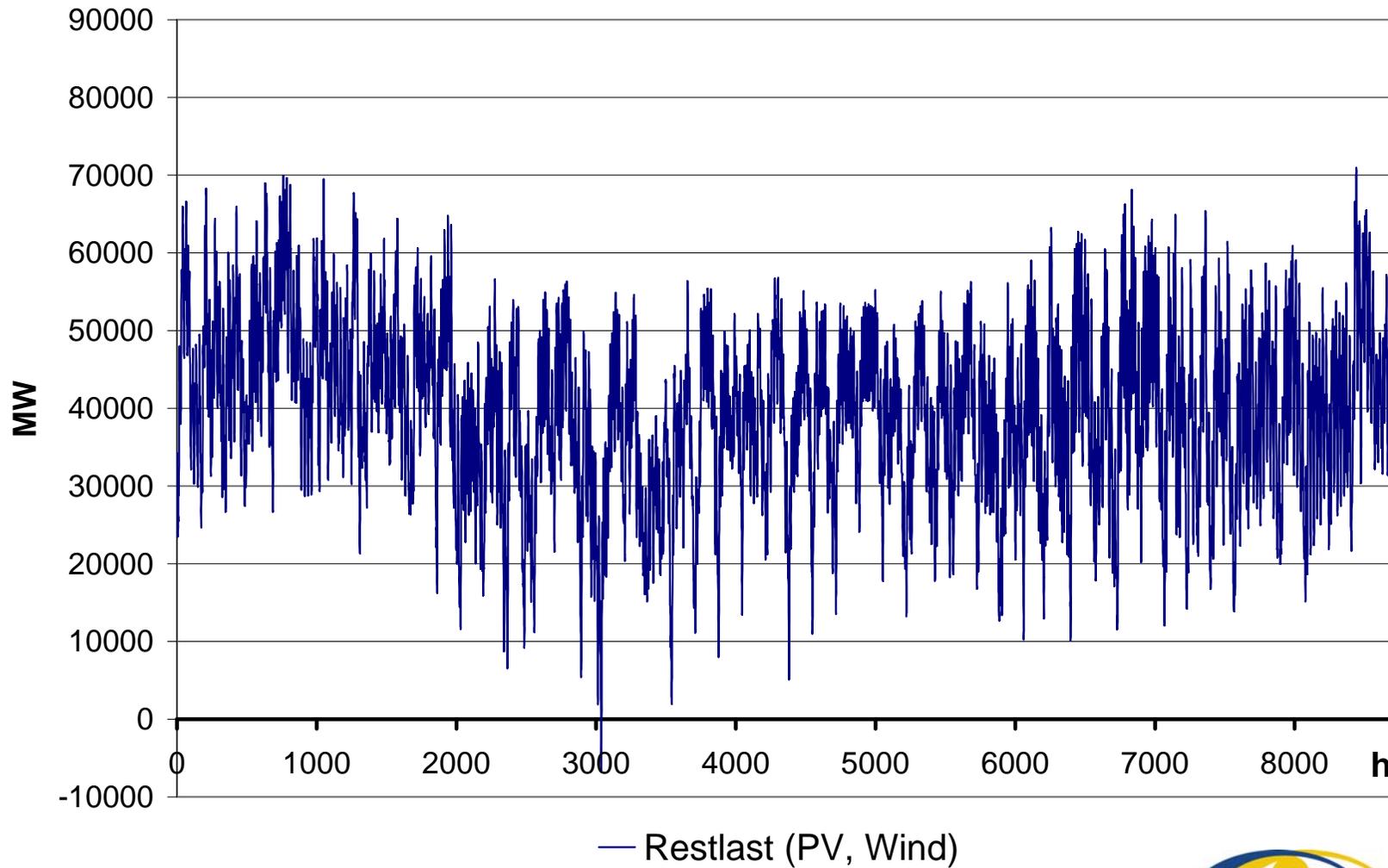
Restlastverlauf (PV) in Deutschland im Jahr 2020



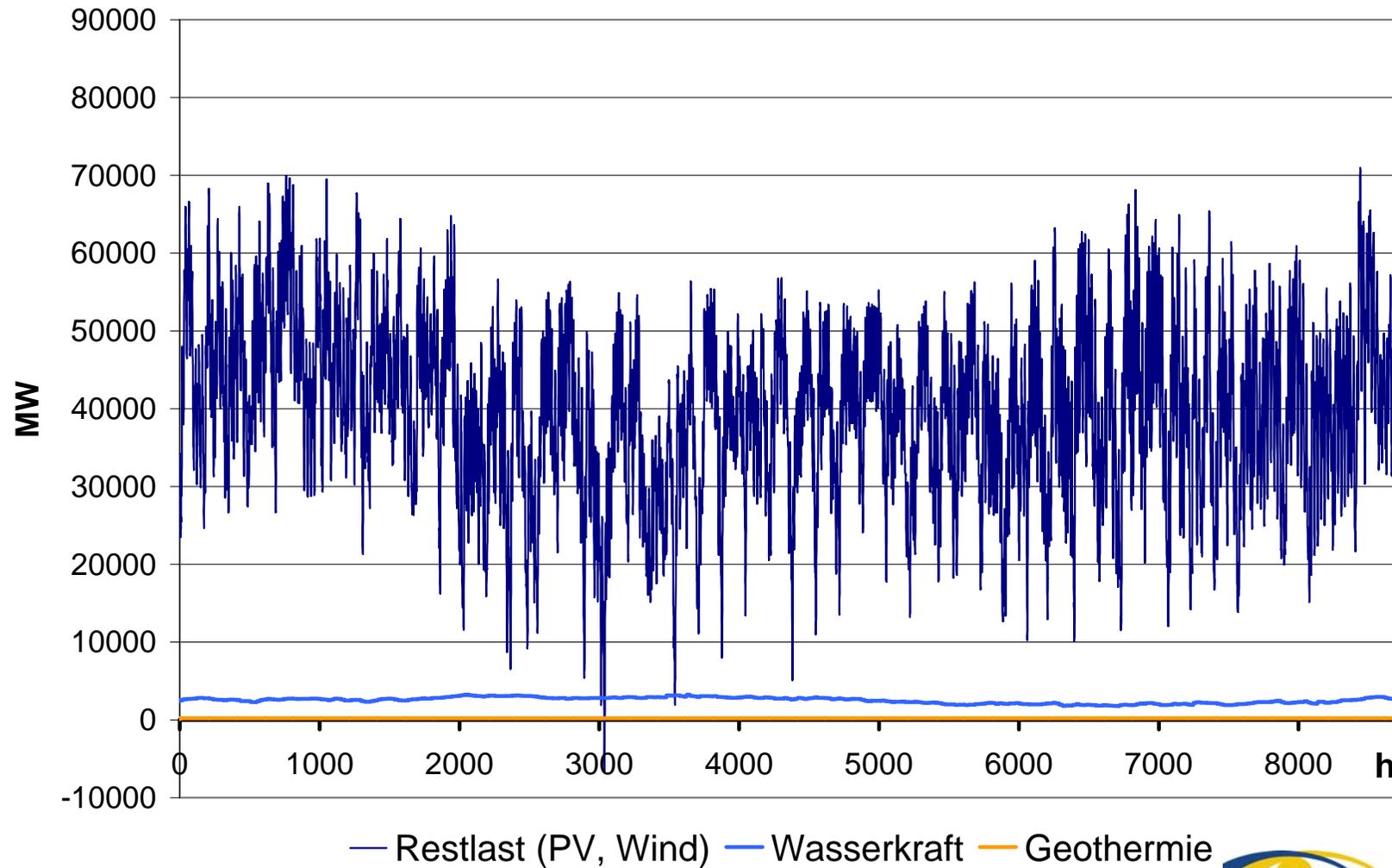
Restlastverlauf (PV) und Windstromzeitreihe in Deutschland im Jahr 2020



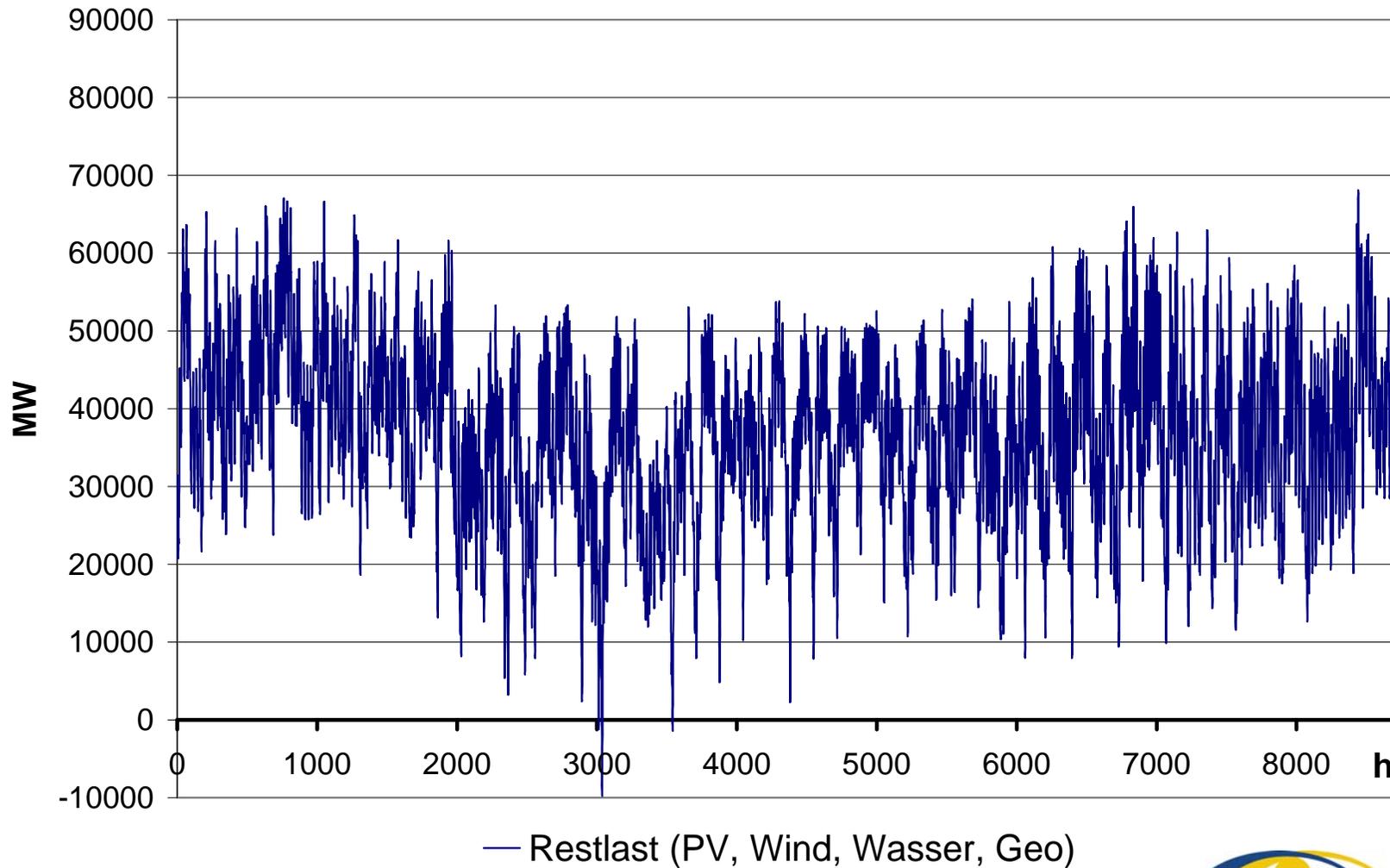
Restlastverlauf (PV, Wind) in Deutschland im Jahr 2020



Restlastverlauf (PV, Wind), Wasserkraft- und Geothermiezeitreihe in Deutschland im Jahr 2020



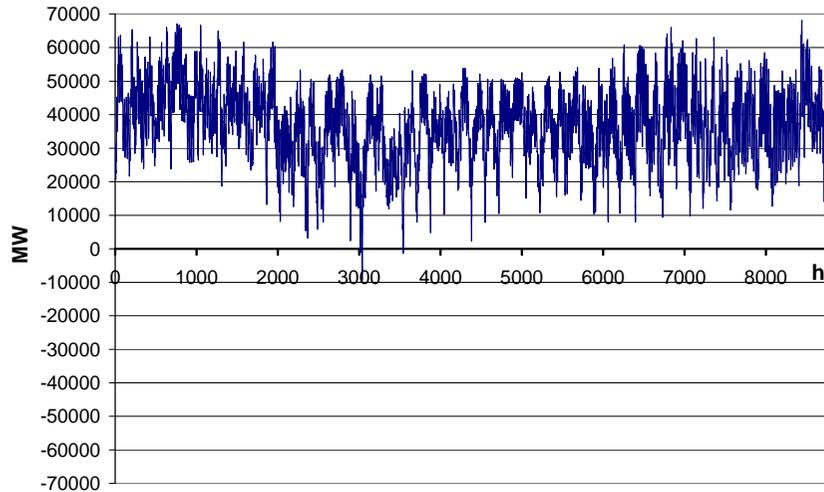
Restlastverlauf (PV, Wind, Wasser, Geothermie) in Deutschland im Jahr 2020



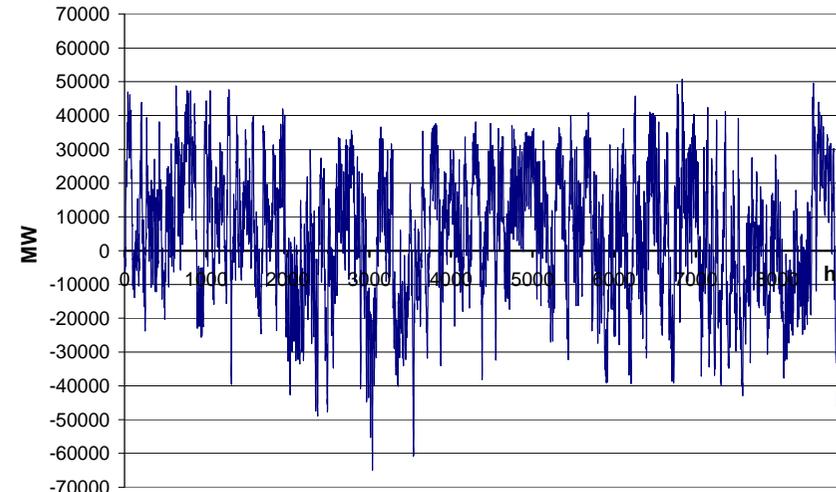
Restlastverlauf in Deutschland

2020

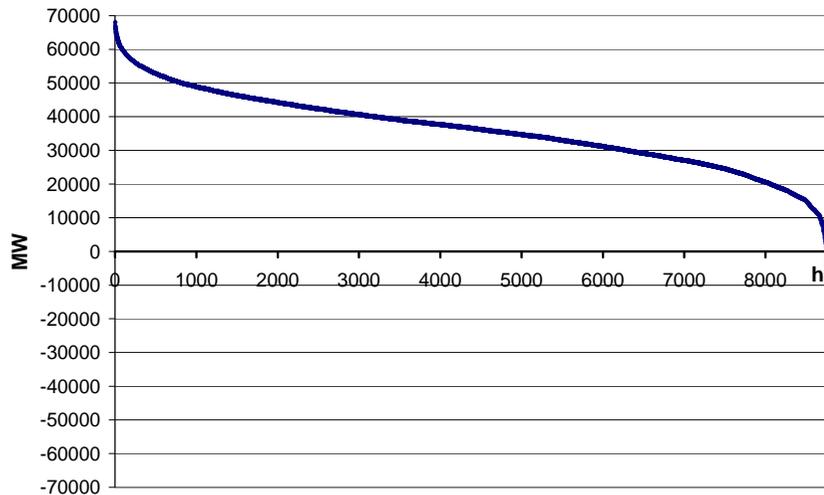
2050



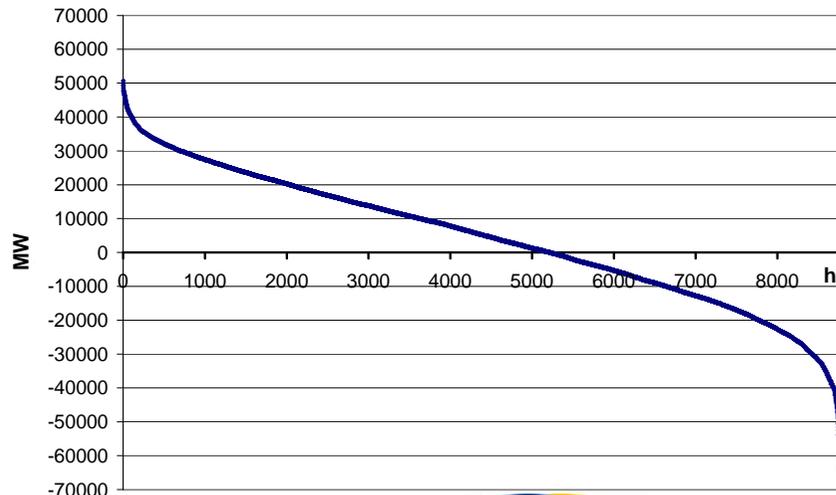
— Restlast (PV, Wind, Wasser, Geo)



— Restlast (PV, Wind, Wasser, Geo)



— Restlast (PV, Wind, Wasser, Geo)



— Restlast (PV, Wind, Wasser, Geo)



Speicherkapazitäten in Deutschland und Europa

Speicherkraftwerksleistung in GW und Speicherkapazitäten in GWh

	Deutschland	Europa
Pumpspeicher	~ 6,7 GW ¹ / 40 GWh (2009)	~ 44 GW ¹ / 246 GWh ⁴ (2009)
Druckluftspeicher	0,32 GW / 0,6 GWh ²	0,32 GW / 0,6 GWh ²
Wasserstoff (Power-to-Gas)	0 GW / 3700 GWh	0 GW / -
Methan (Power-to-Gas)	0 GW / 220 000 GWh	0 GW / -

- In Deutschland sind 1,6 / 1,9 GW Pumpspeicherleistung zusätzlich im Bau oder in Planung.
- Potenzielle Speicherkapazität für Druckluftspeicher ca. 2,5 TWh ³ in Deutschland
- Bei Speicherung von Wasserstoff ist die Speicherkapazität ca. 65-mal so hoch wie bei der Speicherung von Druckluft; die Speicherkapazität in Deutschland beträgt dann ca. 160 TWh.

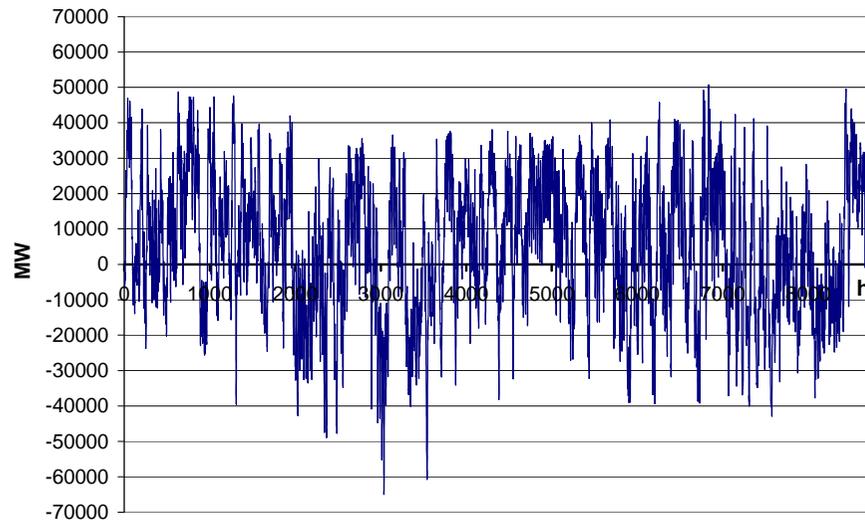
¹ Eurostat: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/eurostat/home/>

² E.ON: Huntorf http://www.kraftwerk-wilhelmshaven.com/pages/ekw_de/Huntorf/Daten_%26_Fakten/index.htm

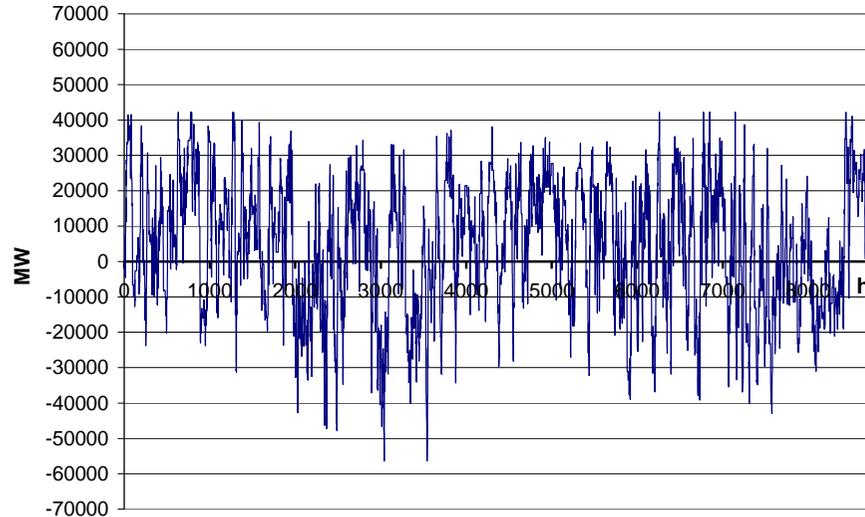
³ Ehlers, U.: "Windenergie und Druckluftspeicher", Präsentation, Uni Flensburg, 2006

⁴ eigene Abschätzung bei Speichergröße/Turbinennennleistung = 6 h

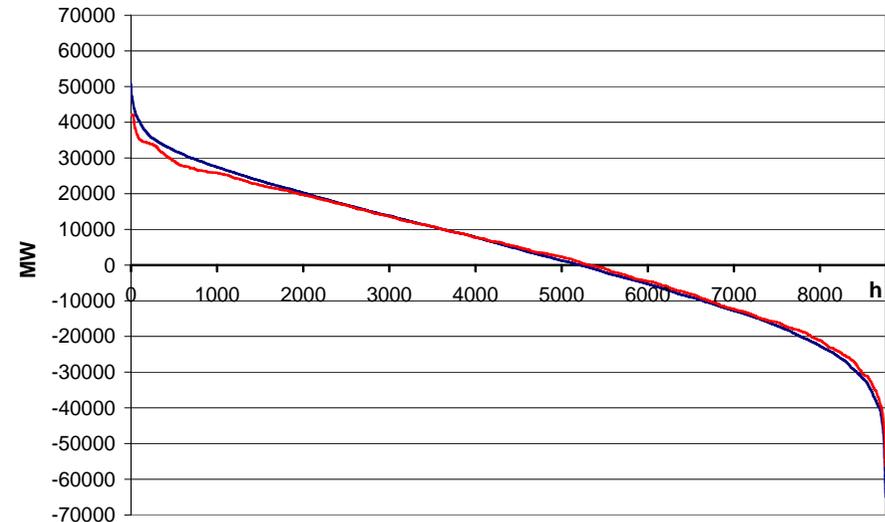
Lastglättung durch Pumpspeicher im Jahr 2050



— Restlast (PV, Wind, Wasser, Geo)



— PSKW-geglättete Restlast, Jahresverlauf



— Restlast — PSKW-geglättete Restlast

**Zusätzlicher Lastausgleich
(Erzeuger, Lastmanagement
und/oder Langzeitspeicher)
erforderlich!**

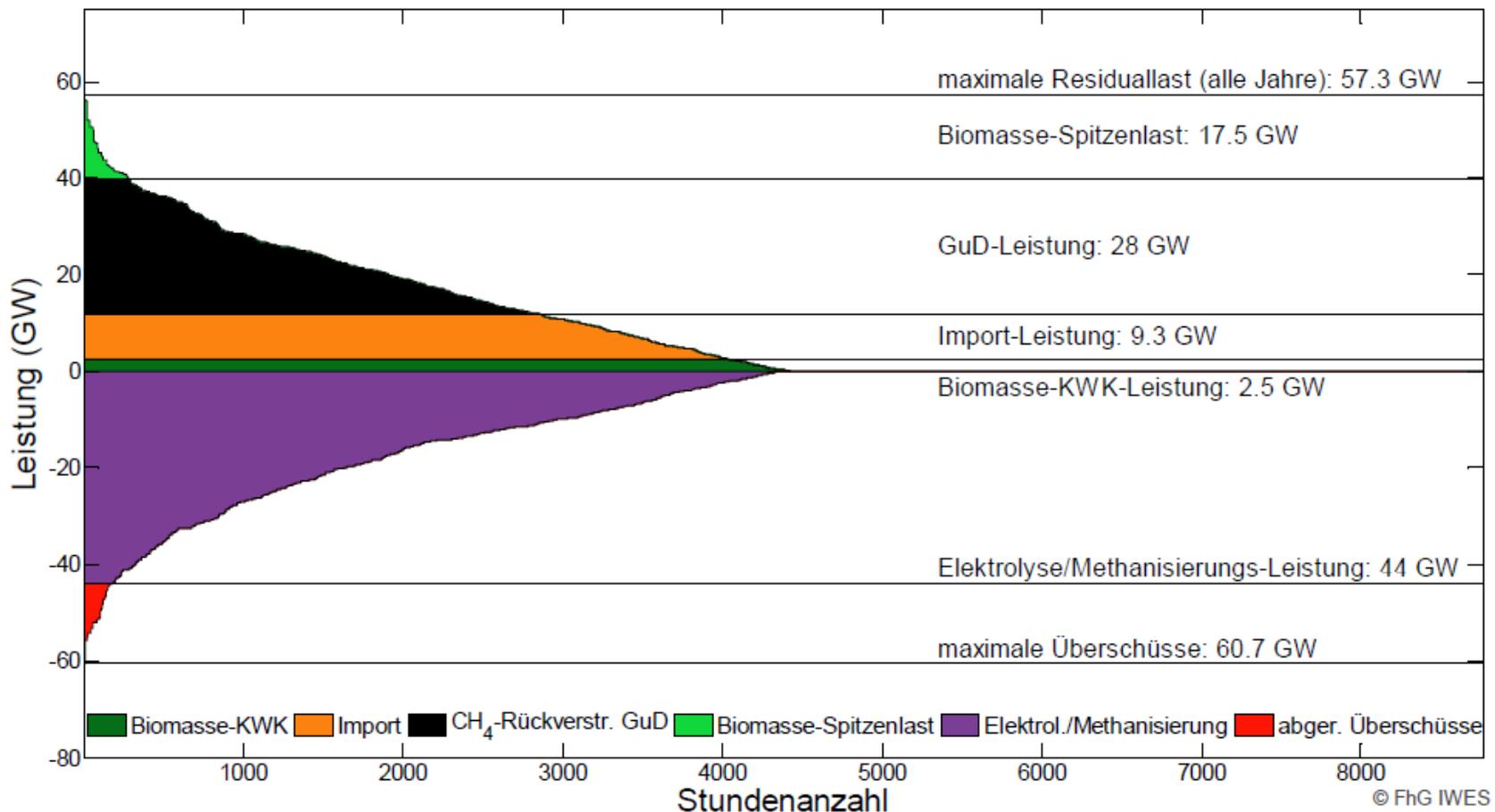
Lastausgleich im Jahr 2050

Leitstudie 2010, Basisszenario 2010 A

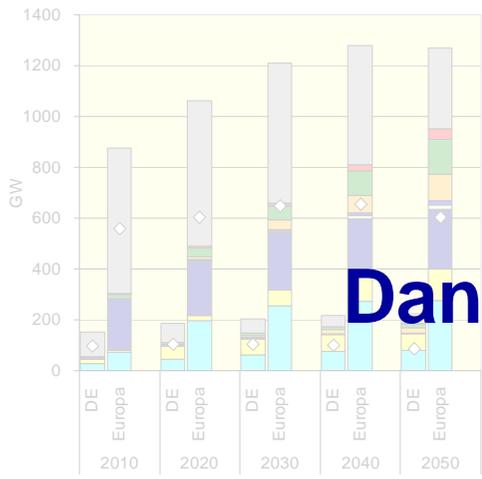
- **Lastglättung durch Kurzzeitspeicher (PSW, CAES) und Last- und Erzeugungsmanagement (Elektromobilität, stromgeführte KWK)**
 - **Abbau der meisten Überschüsse durch Power-to-Gas**
 - H₂-Speicherung in Kavernen oder Methanisierung und CH₄-Speicherung im Erdgasnetz
 - H₂ oder CH₄ als Link zum Verkehr
 - **Deckung der verbleibenden Restlast durch Kondensationskraftwerke und KWK mit verschiebbaren Wärmelasten**
- **Unter diesen Bedingungen ist kein zusätzlicher Speichereinsatz erforderlich!**

UBA 2050: 100% EE- Jahresdauerlinie nach Einsatz von PSW und Lastmanagement

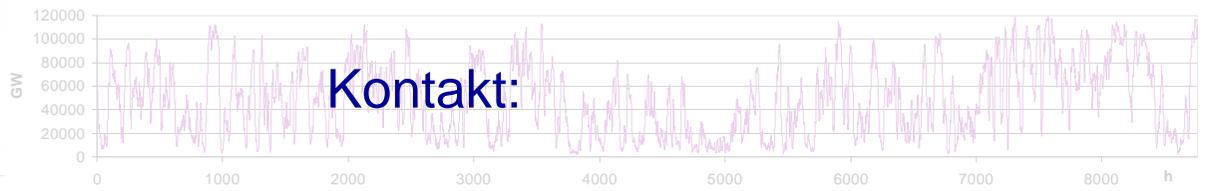
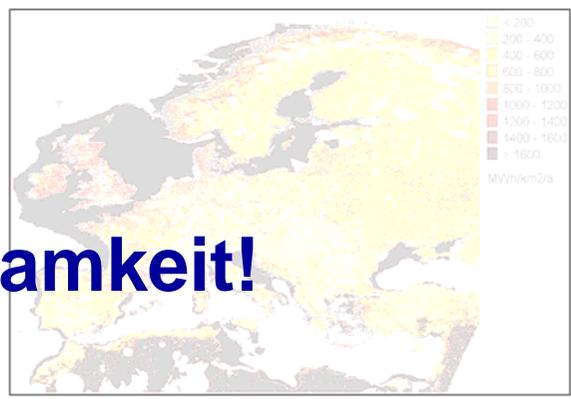
Jahresdauerlinie Langzeitspeicher mit Methanisierung (Meteo-Jahr 2009)



Quelle: UBA, IWES 2010

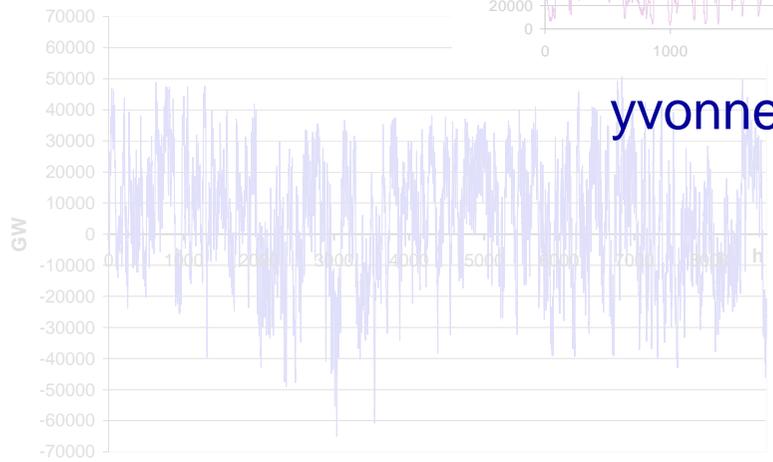


Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

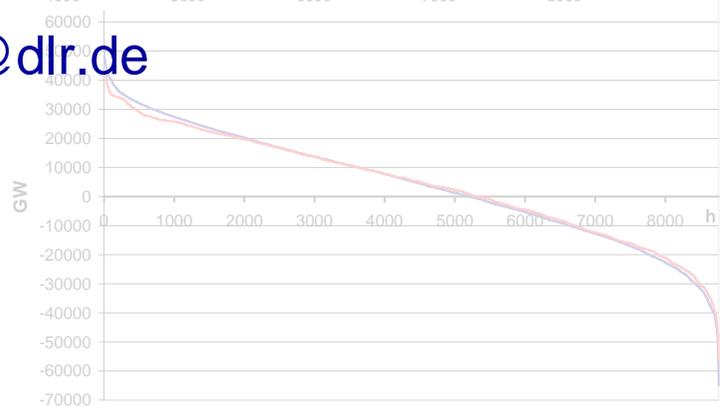


Kontakt:

yvonne.scholz@dlr.de



— Restlast (PV, Wind, Wasser, Geo)



— Restlast — PSKW-geglättete Restlast



Quellen

DLR 2011: "Möglichkeiten und Grenzen der Integration verschiedener regenerativer Energiequellen zu einer 100% regenerativen Stromversorgung der Bundesrepublik Deutschland bis zum Jahr 2050", 2010

Eurostat 2011: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/eurostat/home/>

E.ON 2011: Huntorf http://www.kraftwerk-wilhelmshaven.com/pages/ekw_de/Huntorf/Daten_%26_Fakten/index.htm

PLATTS Power Vision Datenbank, 2008

Ehlers, U., 2006: "Windenergie und Druckluftspeicher", Präsentation, Uni Flensburg, 2006

Eigene Abschätzung basierend auf GILLHAUS, A.: "Natural Gas Storage in Salt Caverns - Present Status, Developments and Future Trends in Europe", KBB Underground Technologies GmbH, Hannover, Germany, 2007

SRU 2011: "Wege zur 100 % Erneuerbaren Stromversorgung", Sachverständigenrat für Umweltfragen, 2011

UBA 2010: "Energieziel 2050: 100% Strom aus erneuerbaren Quellen", Umweltbundesamt, Dessau, 2010

