

Abschlussworkshop des Forschungsprojekts StoRES

---

# Entwicklung der Residuallast und hypothetischer Speicherbedarf für Überschüsse

Wolf-Peter Schill

Berlin, 11. Dezember 2014

## Übersicht

1. Motivation und Forschungsfragen
2. Methodik, Szenarien, Parameter
3. Ergebnisse
4. Schlussfolgerungen

- Entwicklung der Residuallast in Deutschland
- Leistung, Energie, Häufigkeit von EE-Überschüssen
- Hypothetischer Stromspeicherbedarf zur Aufnahme der Überschüsse
- Interaktion von Speichern und Abregelung
  
- Nicht im Fokus:
  - Optimaler Mix verschiedener Flexibilitätsoptionen
  - Gesamter Systemnutzen von Stromspeichern

	Speicher- typen	Zeitho- rizont	Speicheranwendungen						
			Tagesaus- gleich	Saison- ausgleich	Überschuss- integration	Lastgra- dienten	Spitzen- last	Netzent- lastung	Regel- leistung
<b>Überschüsse</b> (Energy Policy 2014)	Li-Ion (2h)	2022							
	PSW (8h)	2032	✓	✓	✓				
	P2G (500h)	2050							
<b>Interaktionen</b> <b>Übertragungs- netz (EEEP 2014)</b>	PSW (5-8h)	2012							
		2024	✓		✓		(✓)	✓	
		2034							
<b>Vergleich von</b> <b>Stromspeichern</b> (DIW DP in Arbeit)	Diverse Stromsp. (2-200h) DSM	2010							
		2020	✓		✓	✓			✓ (in Arbeit)
		2030							
<b>Langfristiger</b> <b>Speicherbedarf</b> (IAEE 2014, DIW DP in Arbeit)	Li-Ion	Green- field, EE-Anteile 0-100%							
	PSW		✓	✓	✓	(✓)	✓	✓	
	P2G (E/P end.)								
<b>Marktmacht</b> (DIW DP in Arbeit)	PSW / Reservoirs	Stilisiert	✓		(✓)				

- Lineares Kraftwerkseinsatzmodell (Kostenminimierung)
- Exogen:
  - Kraftwerkspark
  - Last
  - Variable Kosten und spezifische Speicherinvestitionen
  - Stilisierter Must-run (Regelleistung, KWK)
  - Maximale EE-Abregelungsquote
- Endogen:
  - Kraftwerks- und Speichereinsatz
  - Investitionen in drei stilisierte Speichertypen:  
Kurzzeitspeicher, Tagesspeicher, Saisonspeicher

- Investitionen in drei stilisierte Speichertypen
- Berechnung von Annuitäten

	Energy/Power ratio	Roundtrip efficiency	Specific investments in €/kW	Economic lifetime	Annualized investment in €/kW
Hourly storage ("Li-ion battery")	2h	0.89	665	15	78
Daily storage ("New pumped hydro")	8h	0.79	850	30	76
Seasonal storage ("Power to gas to power")	500h	0.35	1500	20	153

Averages for 2012-2030  
Fuchs et al. (2012), VGB (2012)

## Erzeugungskapazitäten nach NEP 2012 und „Leitstudie 2011“ (Leit 2011 A)

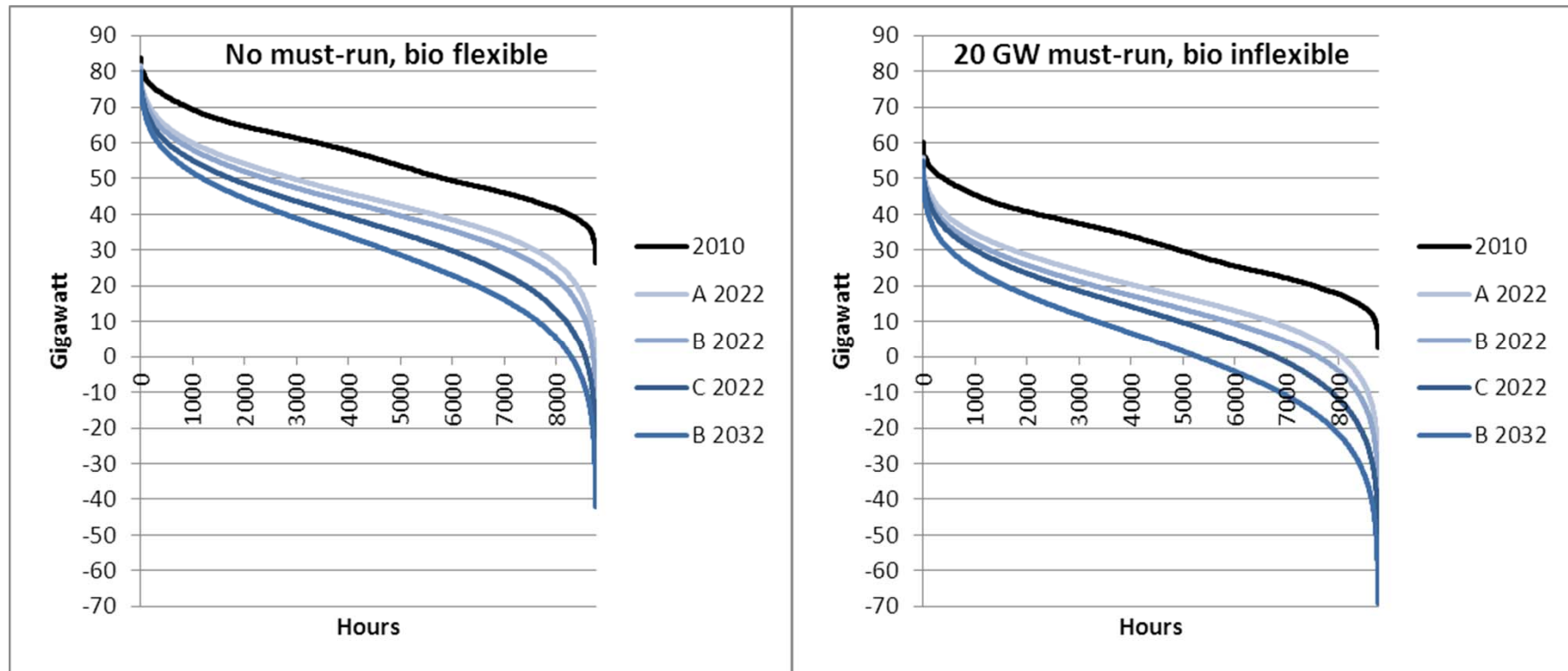
- Konventionelle Erzeugungsleistung (GW):

	2010	2022A	2022B	2022C	2032B	Leit 2050
<b>Nuclear</b>	20.3	0	0	0	0	0
<b>Lignite</b>	20.2	21.2	18.5	18.5	13.8	0
<b>Hard coal</b>	25.0	30.6	25.1	25.1	21.2	4.6
<b>Natural gas</b>	24.0	25.1	31.3	31.3	40.1	33.5
<b>Oil</b>	3.0	2.9	2.9	2.9	0.5	0
<b>Other</b>	3.0	2.3	2.3	2.3	2.7	0
<b>Pumped hydro</b>	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3
<b>Total</b>	<b>101.8</b>	<b>88.4</b>	<b>86.4</b>	<b>86.4</b>	<b>84.6</b>	<b>44.4</b>

- Erneuerbare Erzeugungsleistung (GW):

	2010	2022A	2022B	2022C	2032B	Leit 2050
<b>Hydro</b>	4.4	4.5	4.7	4.3	4.9	5.2
<b>Wind onshore</b>	27.1	43.9	47.5	70.7	64.5	50.8
<b>Wind offshore</b>	0.1	9.7	13.0	16.7	28.0	32.0
<b>PV</b>	18.0	48.0	54.0	48.6	65.0	67.2
<b>Bio</b>	6.7	9.5	10.6	8.7	12.3	23.8
<b>Total</b>	<b>56.3</b>	<b>115.6</b>	<b>129.8</b>	<b>149.0</b>	<b>174.7</b>	<b>179.0</b>

- Variation vielfältiger Parameter:
    - Erzeugungskapazitäten (NEP-Szenarien und Leitstudie)
    - Historische Verfügbarkeiten Wind onshore, Wind offshore, PV
    - Last: Referenz, 90%, 80%
    - Thermischer Must-run: 20 GW, 10 GW, 0 GW
    - Biomasseverstromung flexibel oder unflexibel
    - Abregelung: unbeschränkt, 1%, 0,1%, 0% der jährlichen fluktuierenden EE-Erzeugung
- > 12 000 Simulationen for NEP Szenarien,  
> 1000 für 2050

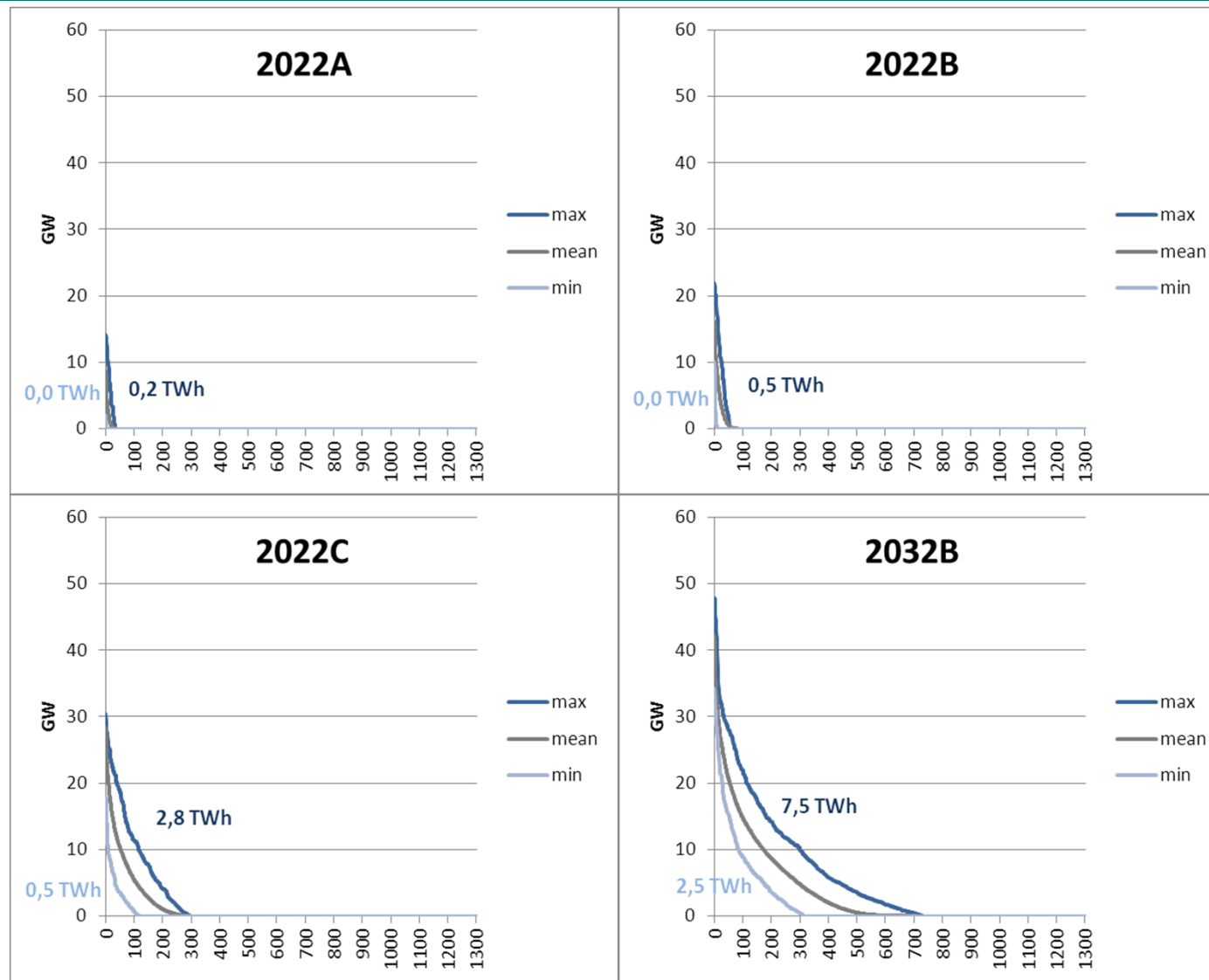


→ Geringer Effekt auf Spitzenlast, großer auf Schwachlast

→ B 2032: 5% der Stunden mit negativer Residuallast im flexiblen Fall, 40% in unflexiblem Fall

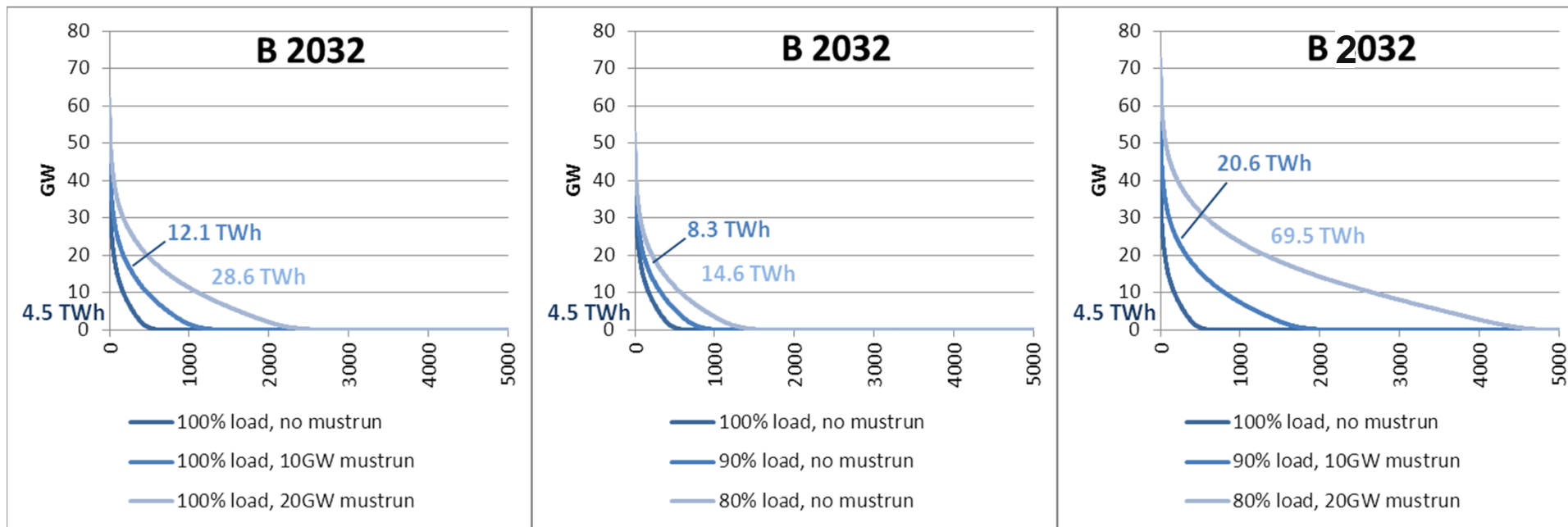
# 3

## Überschüsse (Referenzlast, kein Must-run, Bio flexibel)



## 3

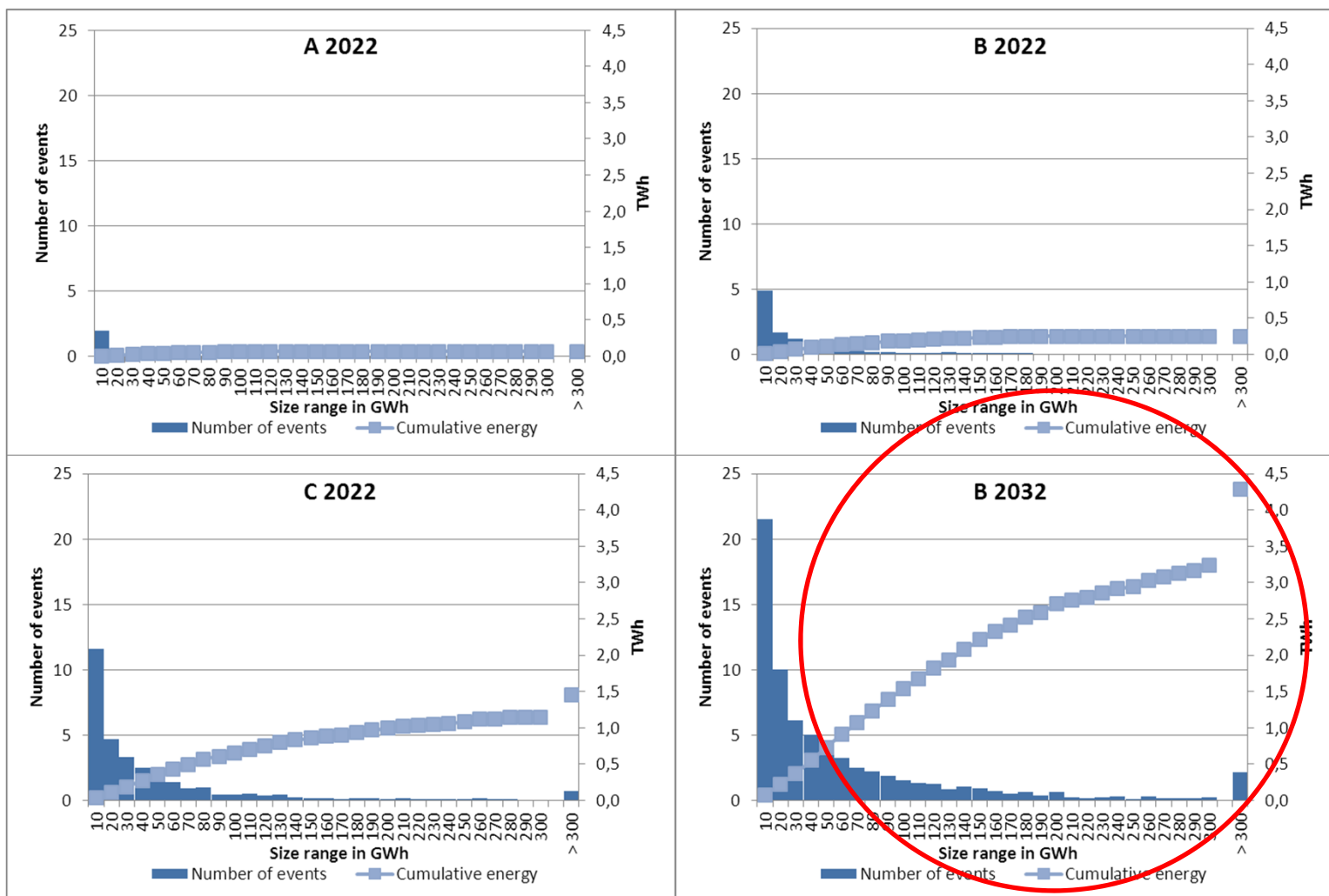
# Effekte von Must-run und Energieeffizienz (B 2032, Bio flexibel, Mittelwerte)



→ Flexibilität thermischer Erzeuger entscheidend für die Vermeidung von Überschüssen

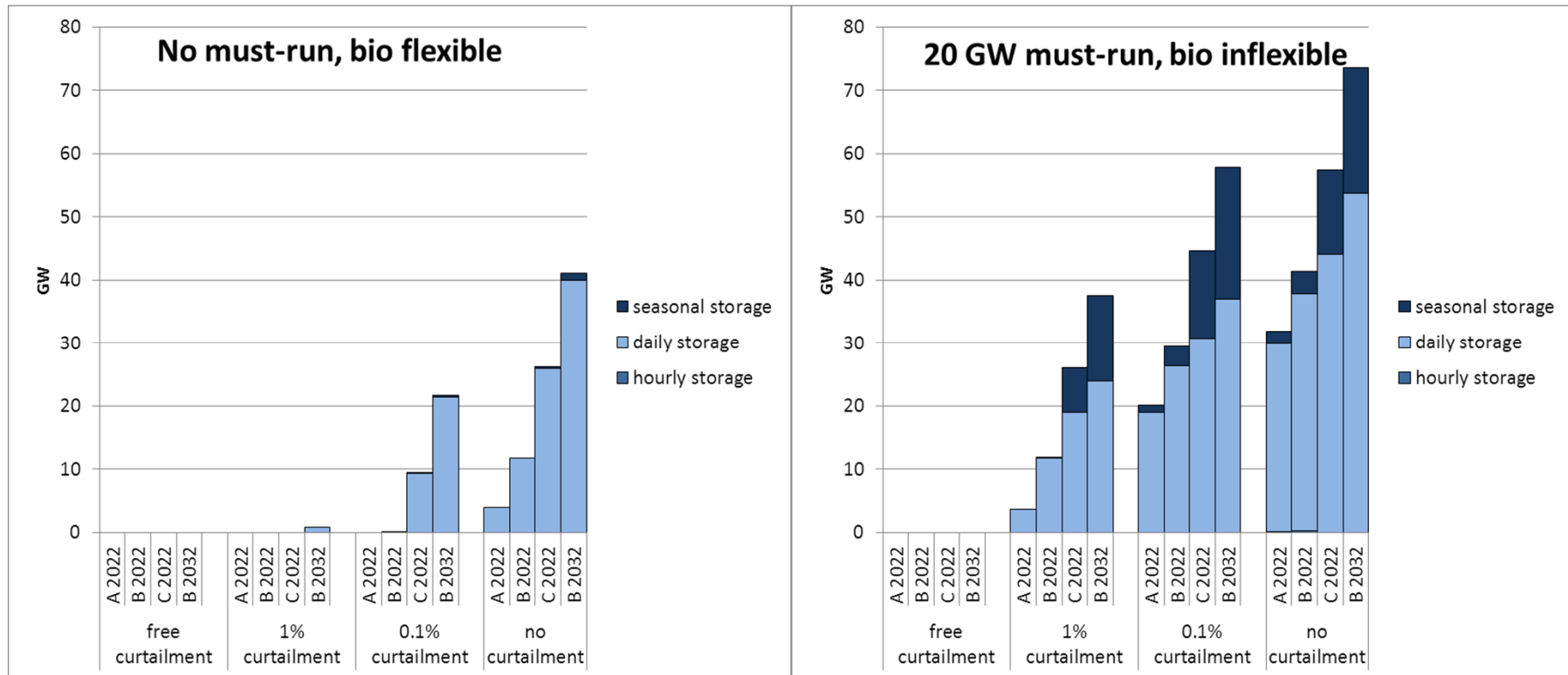
# 3

## Häufigkeitsverteilung der zusammenhängenden Überschussenergie (Referenzlast, kein Must-run, Bio flexibel, Mittelwerte)



→ Stark rechtsschief

→ B 2032: sehr viel größer als existierende Pumpspeicher

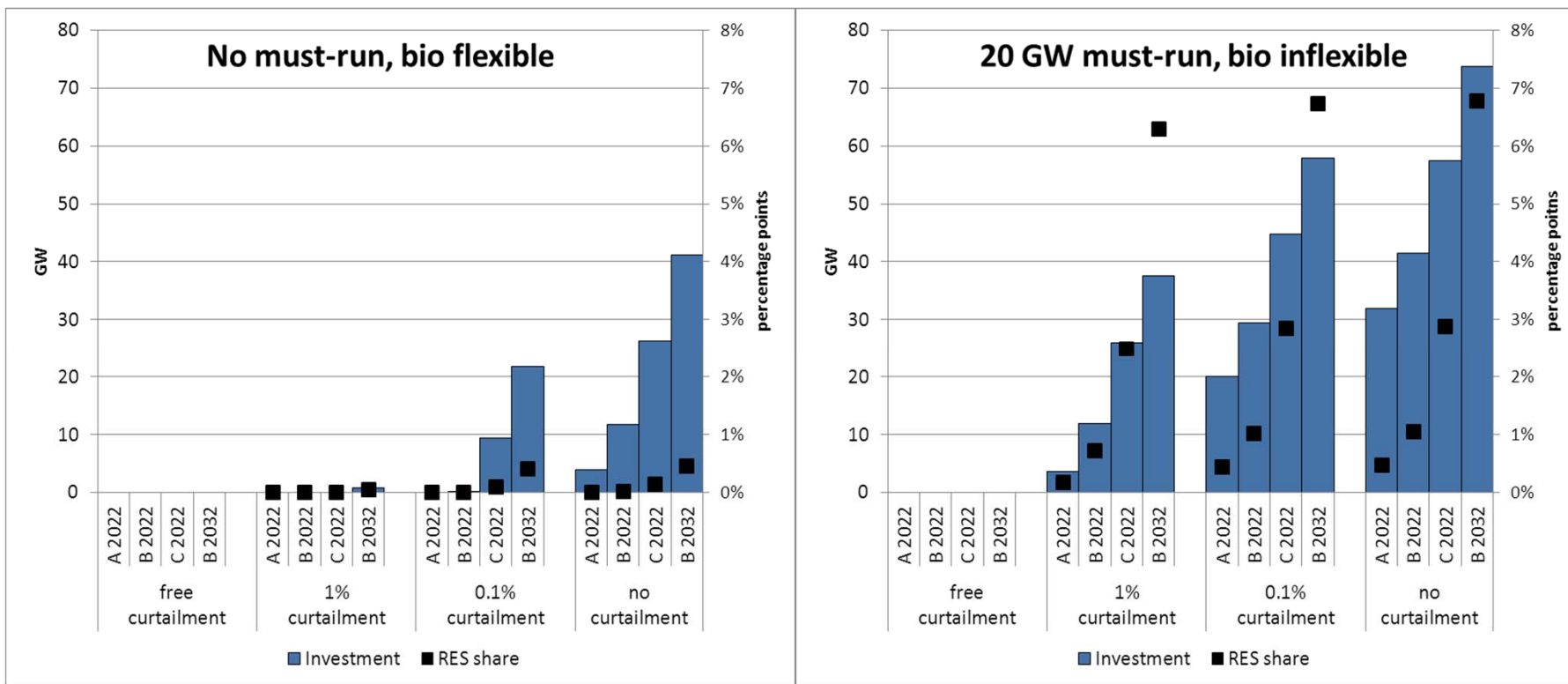


- Keine Speicherinvestitionen bei freier Abregelung:  
Überschussintegration teurer als thermische Erzeugung
- Speicherbedarf steigt stark bei restringierter Abregelung,  
überwiegend Tagesspeicher

13 → Viel höhere Investitionen in unflexiblen System

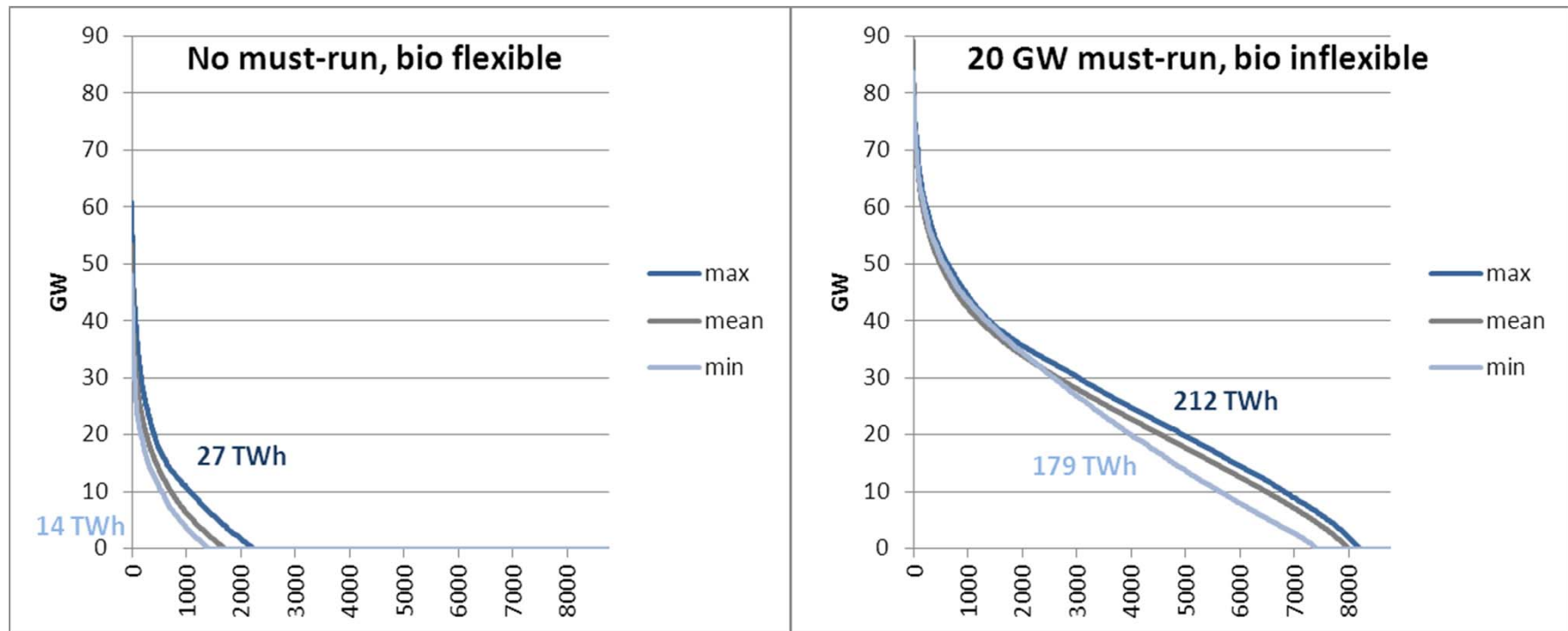
# 3

## Speicherbedingter Anstieg des EE-Anteils am Stromverbrauch (Referenzlast, Mittelwerte)



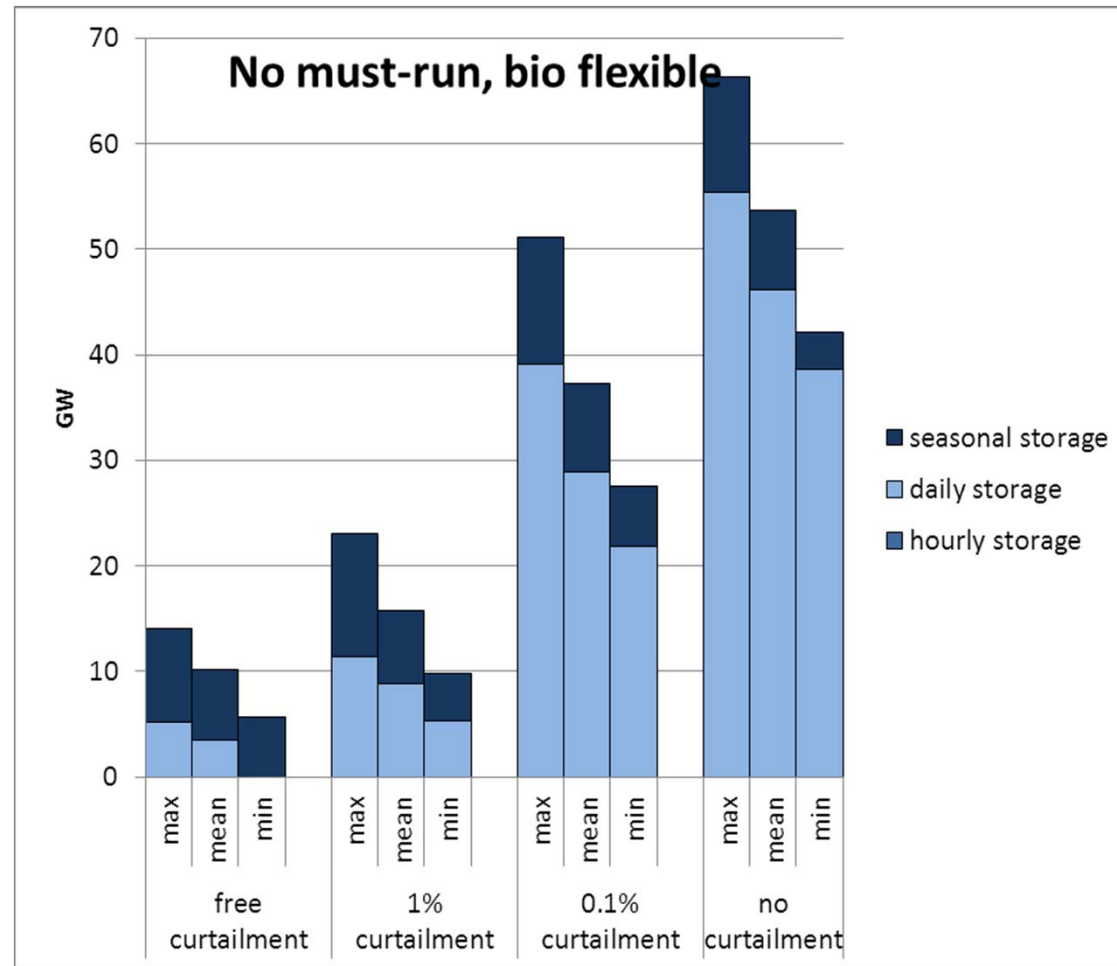
→ Vernachlässigbar in flexiblem System

→ Größer in unflexiblem System mit hohen EE-Kapazitäten



→ Flexibles System: 19% aller Stunden

→ Unflexibles System: 91% aller Stunden → unplausibel



→ Ca. 10 GW auch im Fall freier Abregelung

→ Ansonsten ähnlich wie NEP B 2032

- EE-Überschüsse:
  - Selten, hohe Spitzen, geringe Gesamtenergie
  - Energie zusammenhängender Überschüsse kann sehr groß werden
  - Minimierung von Überschüssen durch Flexibilisierung der Erzeugungsseite
- Speicherinvestitionen für Überschüsse:
  - Freie Abregelung: kaum Speicher erforderlich
  - Sehr hoch bei beschränkter Abregelung und unflexiblen Systemen
  - Dürften steigen bei Berücksichtigung des vollen Systemnutzens
  - Volle Integration von Überschüssen durch Speicher nicht effizient
  - Weitere Flexibilitätsoptionen → Obergrenze

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

---



**DIW Berlin — Deutsches Institut  
für Wirtschaftsforschung e.V.**  
Mohrenstraße 58, 10117 Berlin  
[www.diw.de](http://www.diw.de)

**Redaktion**  
Wolf-Peter Schill | [wschill@diw.de](mailto:wschill@diw.de)

---