

KALTE DUNKELFLAUTE

Robustheit des Stromsystems bei Extremwetter



Fabian Huneke
Für das Strommarkttreffen

Berlin, 17. November 2017

ENERGY BRAINPOOL

Als Experten finden wir mit unseren Kunden Lösungen für den Energiemarkt 3D.

Wir bieten Ihnen Markt-Wissen durch:

- Analysen
- Szenarien
- Studien
- Workshops
- Trainings und
- individuelle Beratungsdienstleistungen



PROBLEMATIK

- In Zeiten ohne Sonne und Wind wird auch ein künftiger Anlagenpark mit sehr hohen installierten Leistungen in verschiedenen Zeitskalen die Stromnachfrage nicht decken können.
- Insbesondere bei kältebedingt hoher Stromnachfrage hat die Frage nach europäischer klimaneutraler Versorgungssicherheit hohe Brisanz.
- Als technische Lösung für die kalte Dunkelflaute stehen langfristige Flexibilitätsoptionen bereit.

- Wie oft und wie lange tritt eine Dunkelflaute auf?
- Wie muss ein (erneuerbares) Stromsystem aufgebaut sein, um die Versorgungssicherheit zu gewährleisten?
- Was kostet der Strom in einem solchen System?

AGENDA

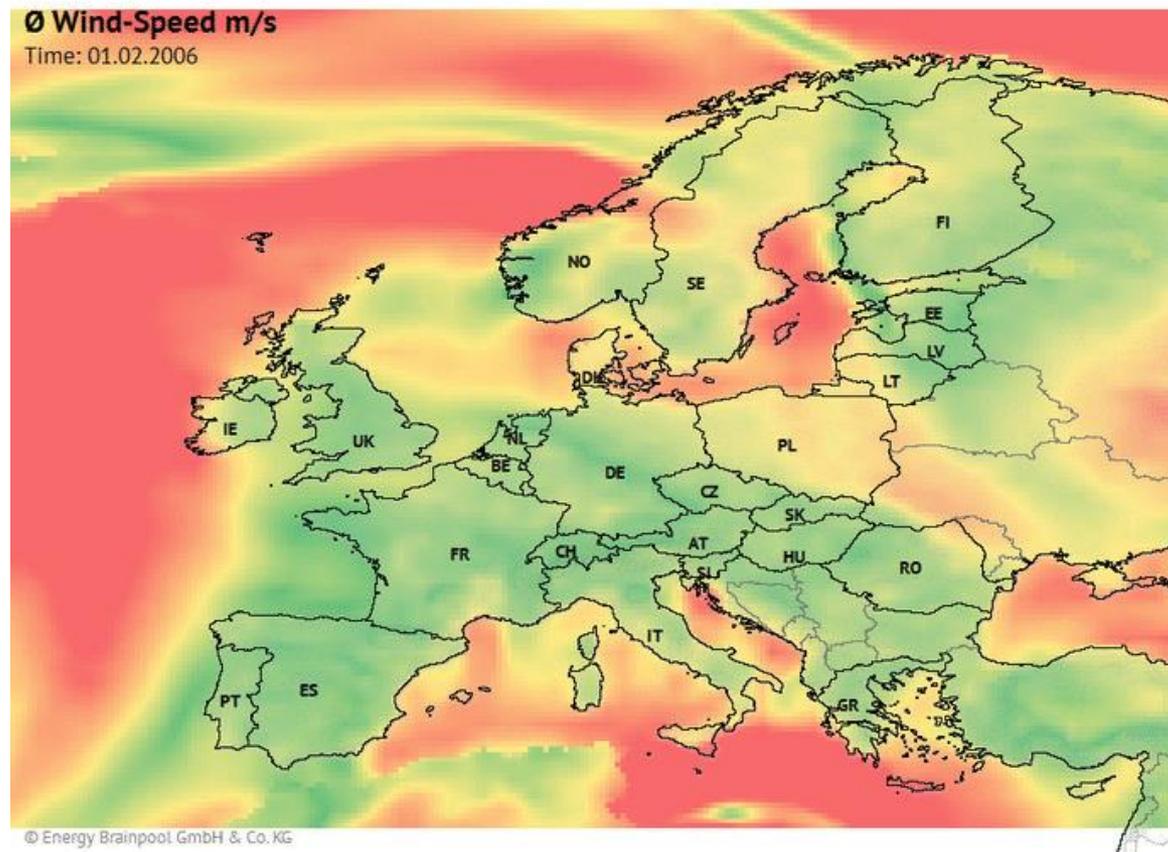
A These 1: Die kalte Dunkelflaute ist der Stresstest

B These 2: Die Lösung der Herausforderung ist noch nicht gefunden

C These 3: Eine klimaneutrale Lösung ist möglich und vorzuziehen

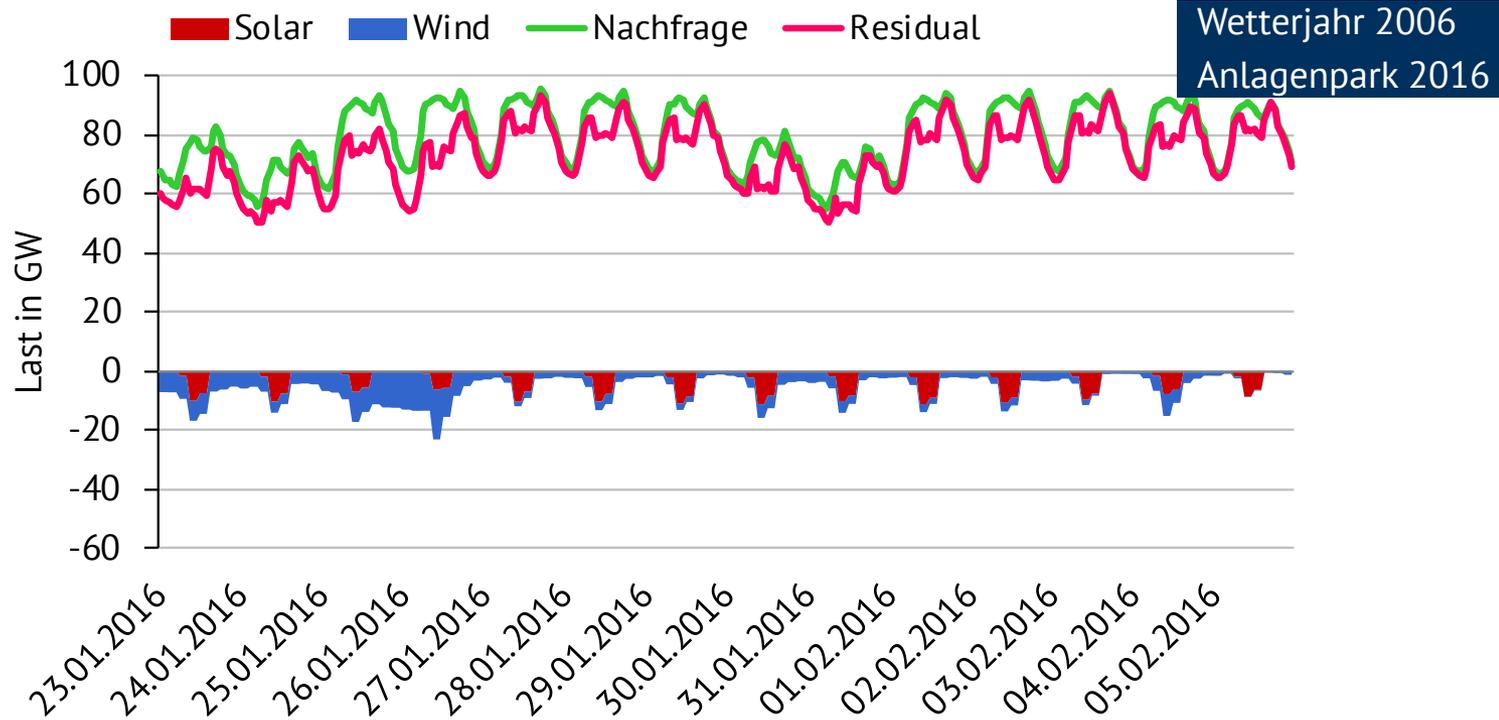
EINFLUSS EINES ZUNEHMENDEN ANTEILS ERNEUERBARER ENERGIE

Eine Windflaute ist in manchen Fällen aber auch eine stabile europäische Großwetterlage gewesen



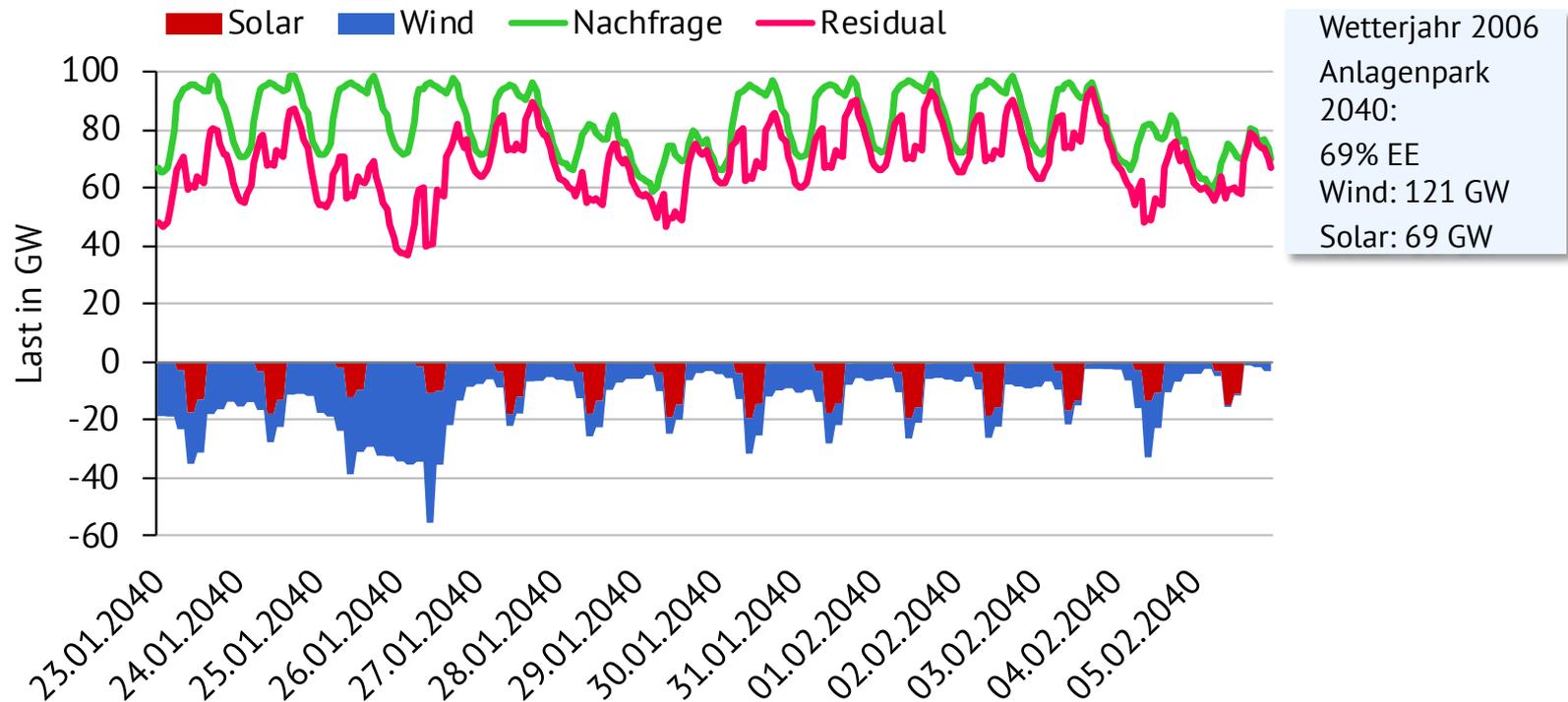
DIE WETTERABHÄNGIGKEIT DES STROMSYSTEMS

Ein Vergleich verschiedener Wetterjahre verdeutlicht die Problematik



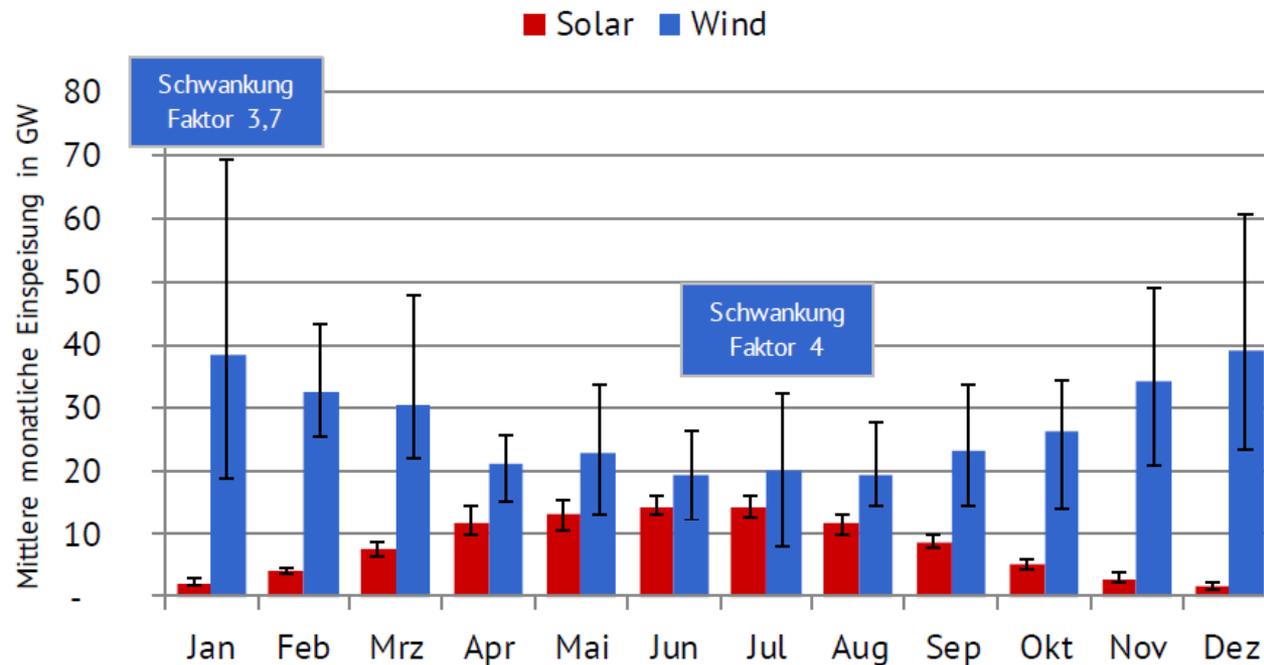
In jedem zweiten Jahr 2006-2016 zeigt sich mindestens eine ähnliche zweiwöchige Phase.

EINFLUSS EINES ZUNEHMENDEN ANTEILS ERNEUERBARER ENERGIEN

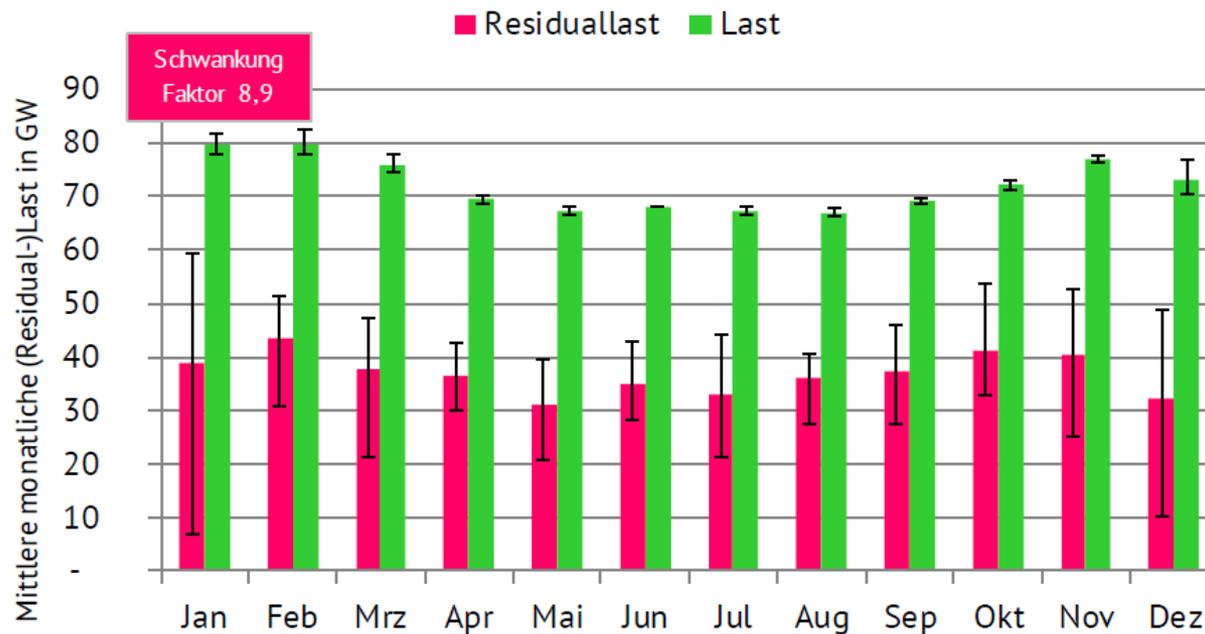


Langzeitspeicher gewinnen an Bedeutung für die Versorgungssicherheit.

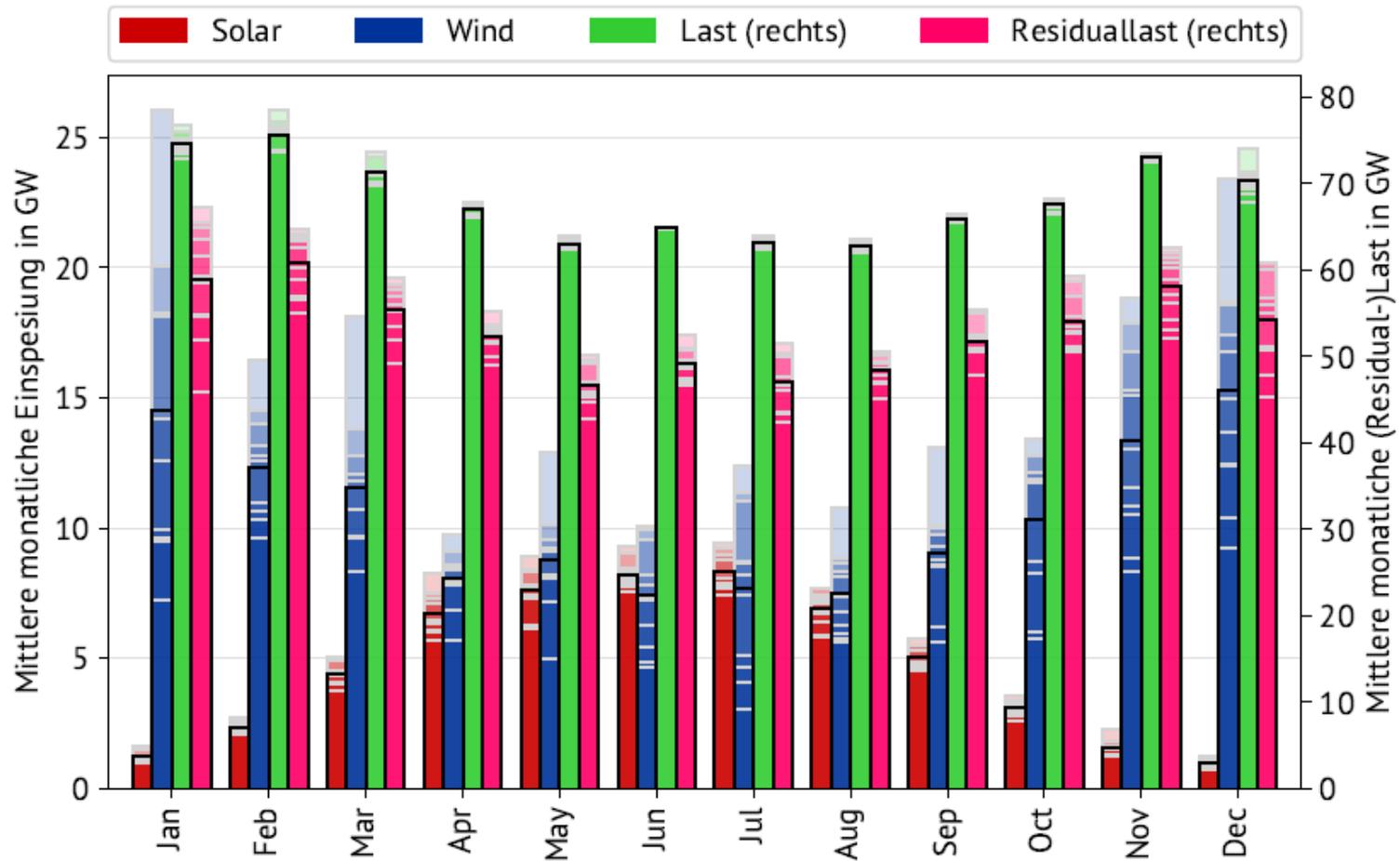
Schwankungen der durchschnittlichen monatlichen Einspeisung von Wind- und Solaranlagen um den Mittelwert bei Zugrundelegung der Wetterjahre 2006 bis 2016 in einem Stromsystem mit 69 % erneuerbaren Energien (Im 80%-Pfad der Bundesregierung entspricht das dem notwendigen Anlagenpark im Jahr 2040)



Schwankungen um den Mittelwert der Residuallast und der Last um den Mittelwert bei Zugrundelegung der Wetterjahre 2006 bis 2016 in einem Stromsystem mit 69 % erneuerbaren Energien (Im 80%-Pfad der Bundesregierung entspricht das dem notwendigen Anlagenpark im Jahr 2040)



MITTLERE MONATLICHE LEISTUNGEN IN DEN WETTERJAHREN 2006-2016 (MODELLPARAMETER 2016)



AGENDA

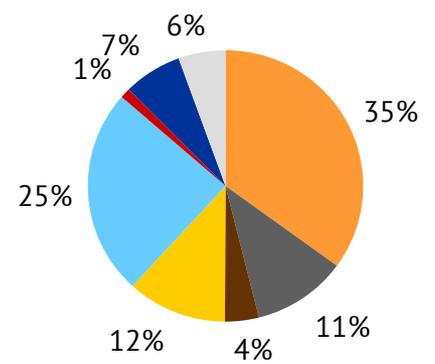
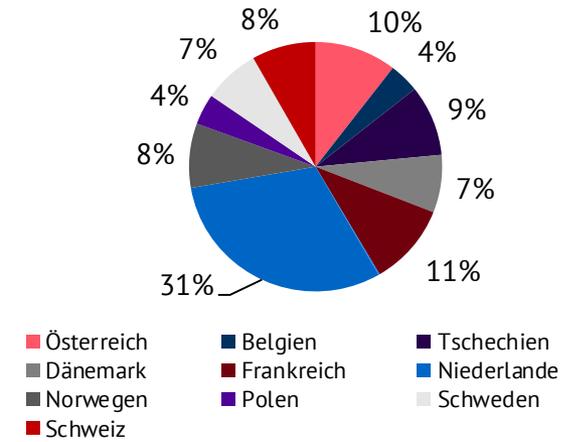
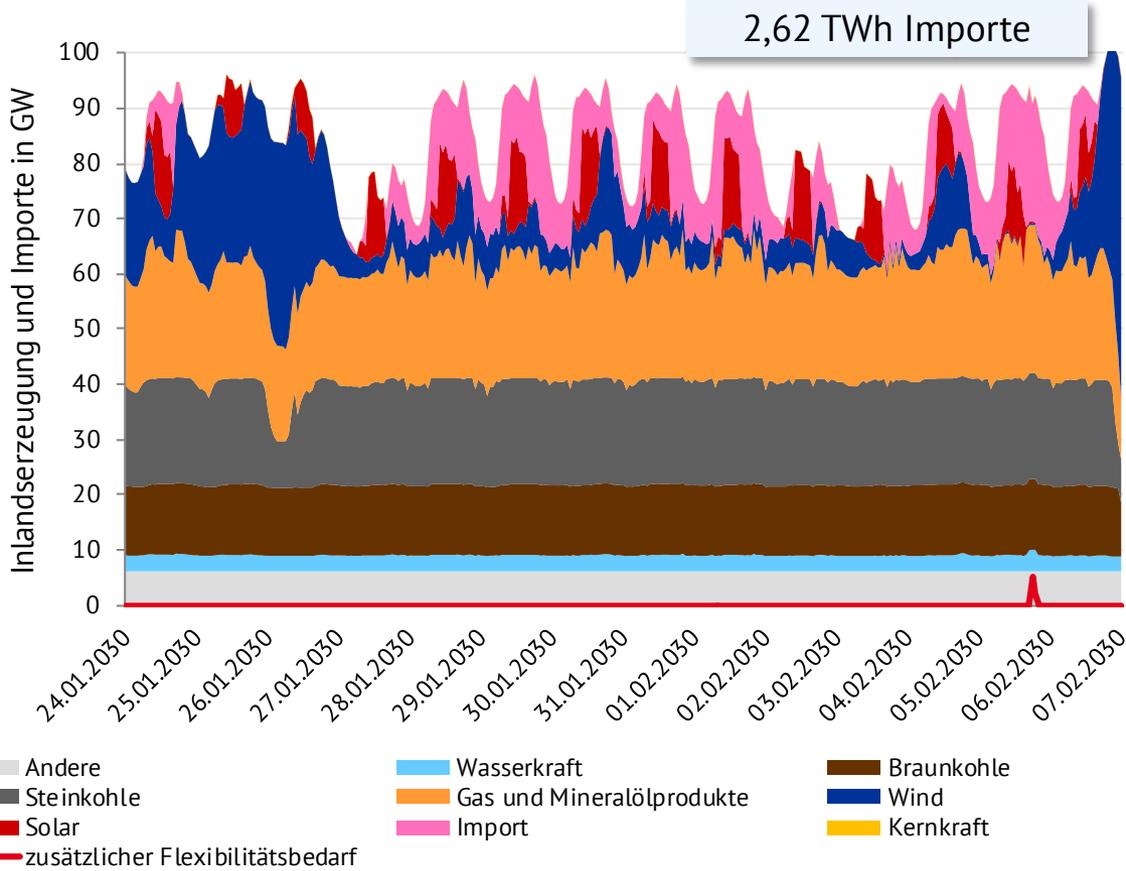
A These 1: Die kalte Dunkelflaute ist der Stresstest

B These 2: Die Lösung der Herausforderung ist noch nicht gefunden

C These 3: Eine klimaneutrale Lösung ist möglich und vorzuziehen

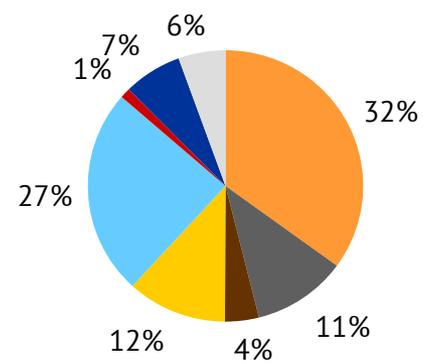
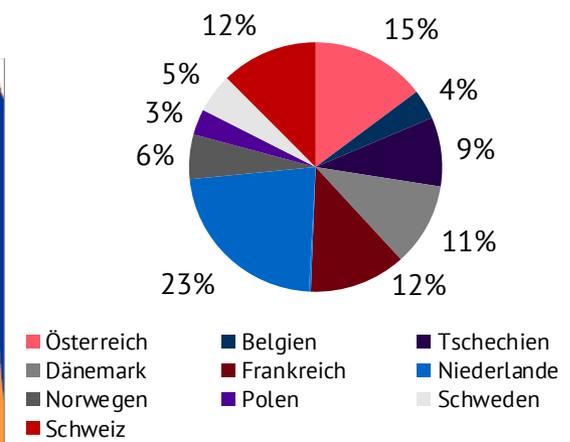
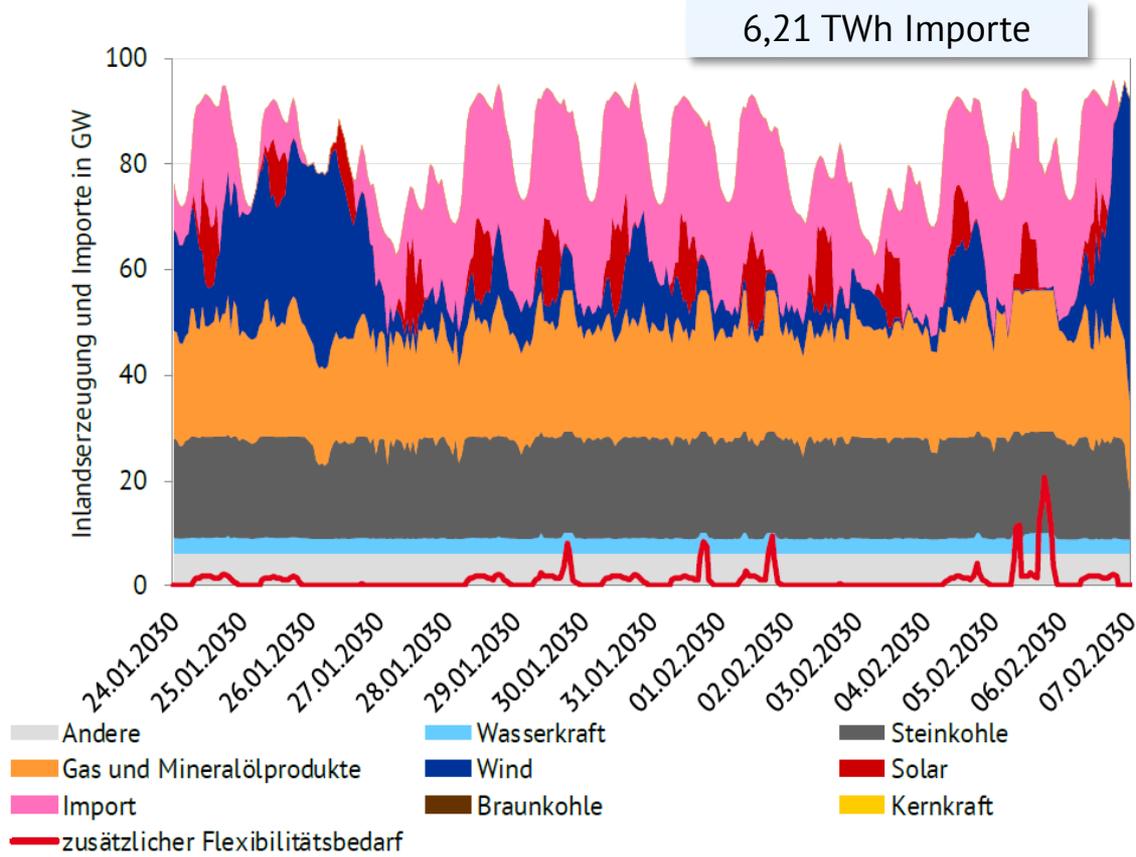
AB ETWA 2030 DROHT DER MARKT-DISPATCH IM STRESSTEST NICHT AUSZUREICHEN

Importszenario nach aktuellem politischen BAU-Szenario



ZUSÄTZLICHE, LANGFRISTIGE FLEXIBILITÄT MUSS DEN KOHLEAUSSTIEG BEGLEITEN

Importszenario bei einem zusätzlichen Braunkohleausstieg



AGENDA

A These 1: Die kalte Dunkelflaute ist der Stresstest

B These 2: Die Lösung der Herausforderung ist noch nicht gefunden

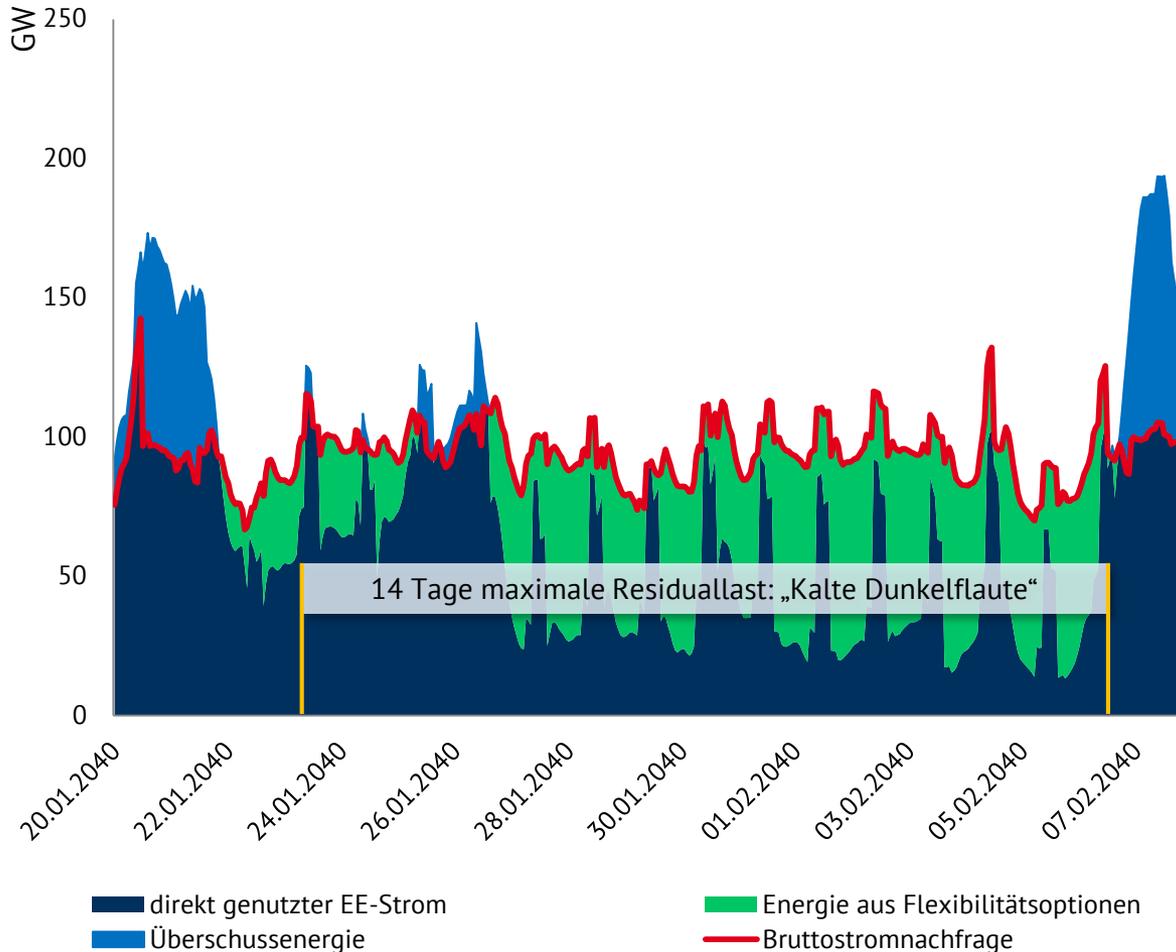
C These 3: Eine klimaneutrale Lösung ist möglich und vorzuziehen

THESE 3: EINE KLIMANEUTRALE LÖSUNG IST MÖGLICH

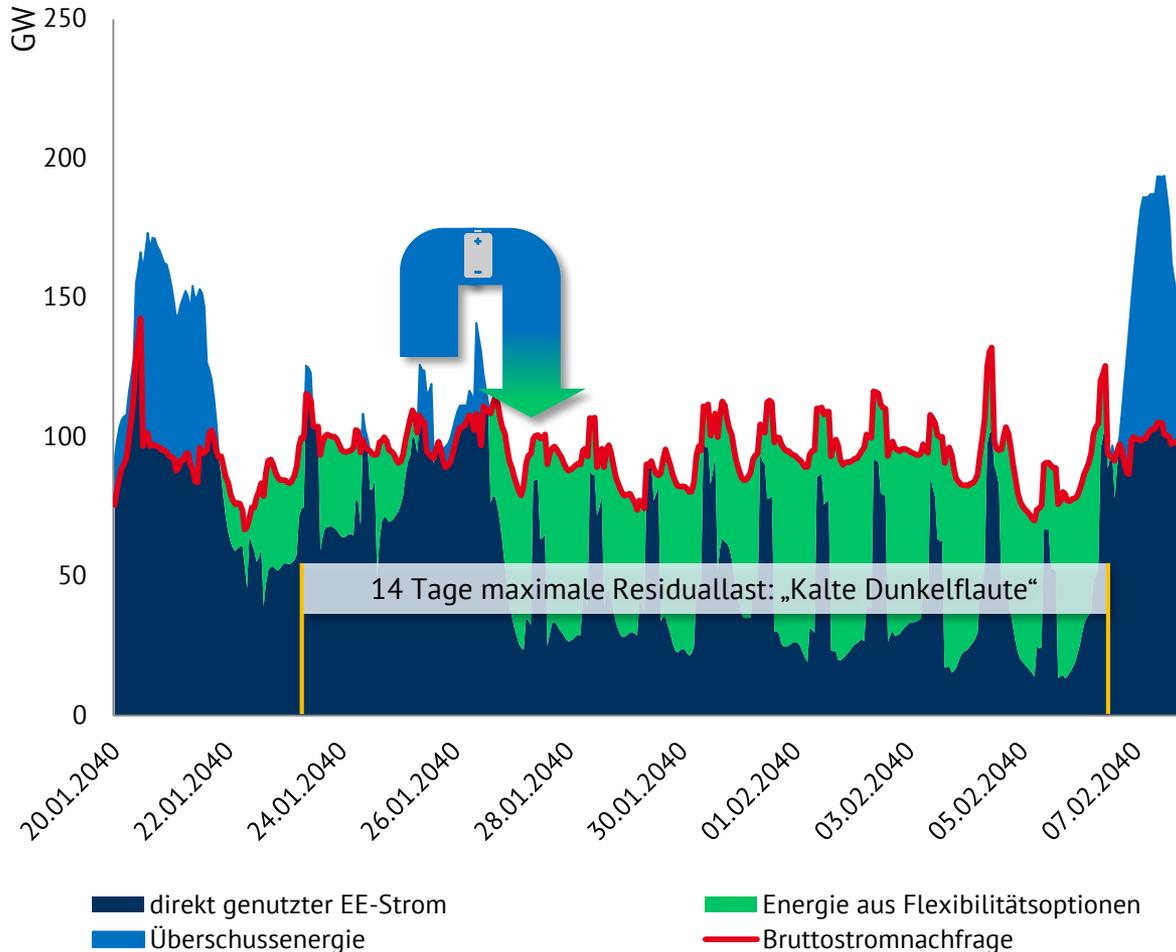
- Untersuchung einer zu 100% erneuerbaren Energieversorgung auch während einer kalten Dunkelflaute
- Das entworfene Stromsystem ist in den europäischen Strommarkt integriert, Jahresstromexporte und –importe stehen im Gleichgewicht.
- Fragen an das Systemdesign
 1. Welche Flexibilitätsoption kann während einer kalten Dunkelflaute Versorgungssicherheit leisten?
 2. Wie hoch ist die optimale installierte Leistung Wind/Solar/Flexibilitätsoption?

Die installierten Leistungen stellen einen wirtschaftlichen Kompromiss dar zwischen der installierten Leistung erneuerbarer Energien einerseits und langfristiger Flexibilität andererseits.

Der kalten Dunkelflaute mit Flexibilitätsoptionen begegnen

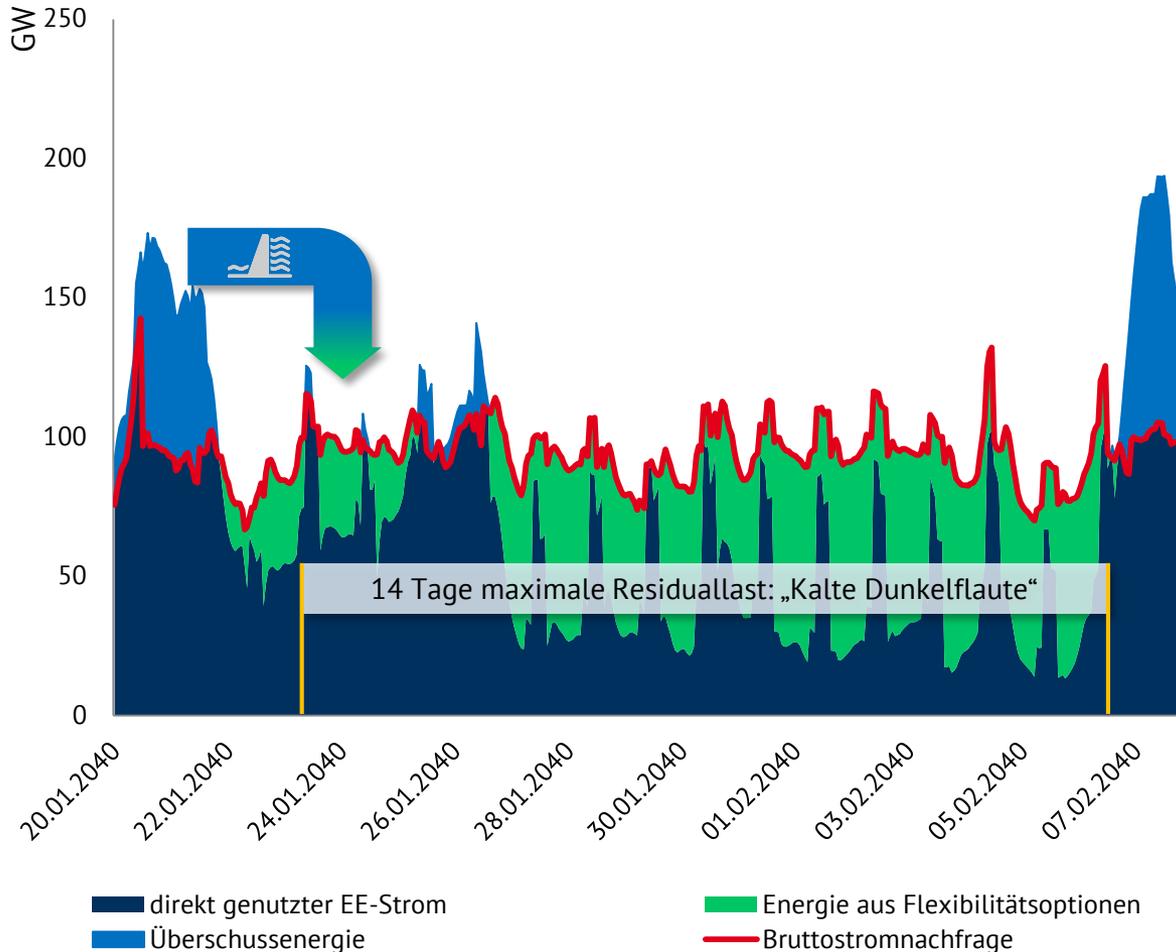


Der kalten Dunkelflaute mit Flexibilitätsoptionen begegnen



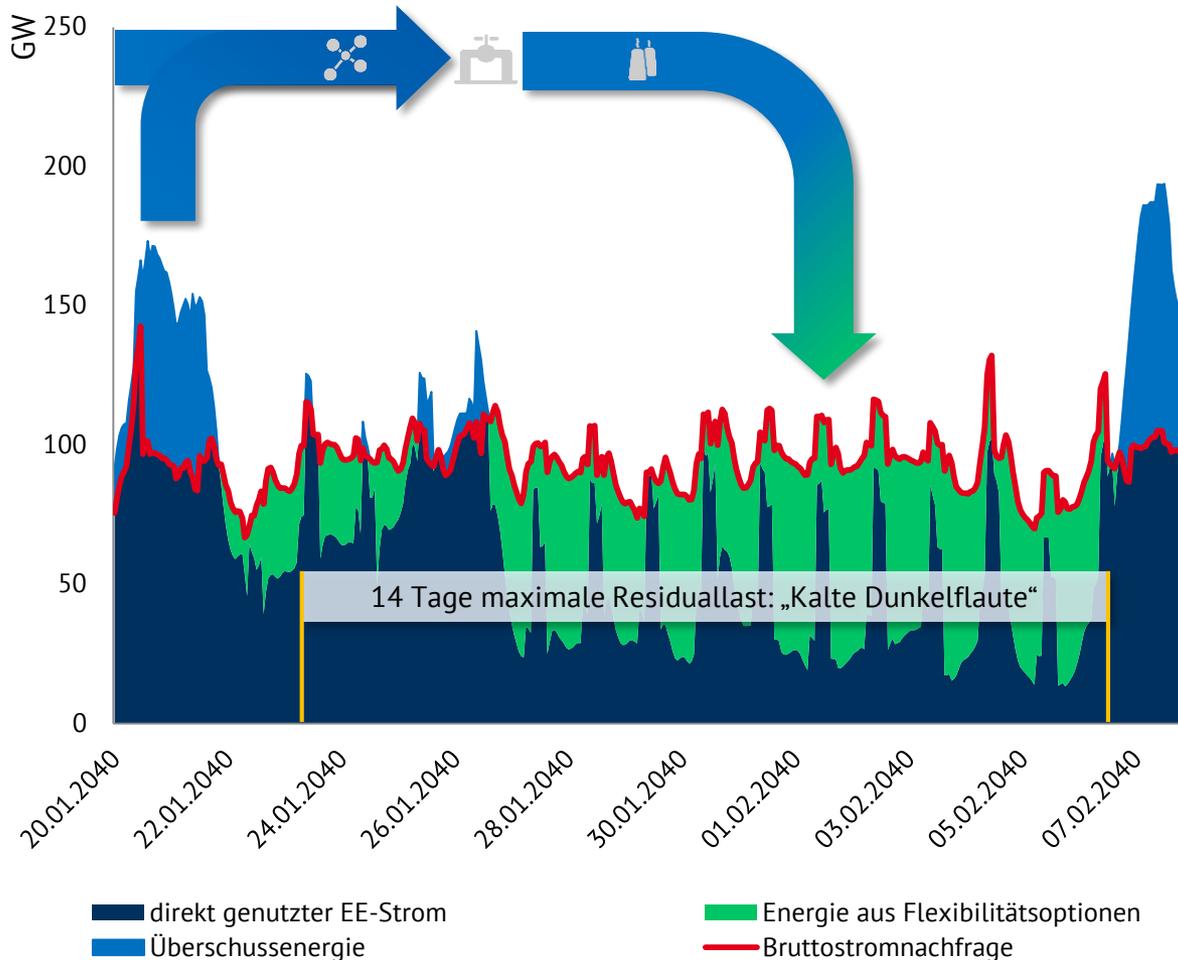
Kurzfristflexibilität: Zum Beispiel Batteriespeicher gleichen Stromangebot und -nachfrage über Stunden hinweg aus

Der kalten Dunkelflaute mit Flexibilitätsoptionen begegnen



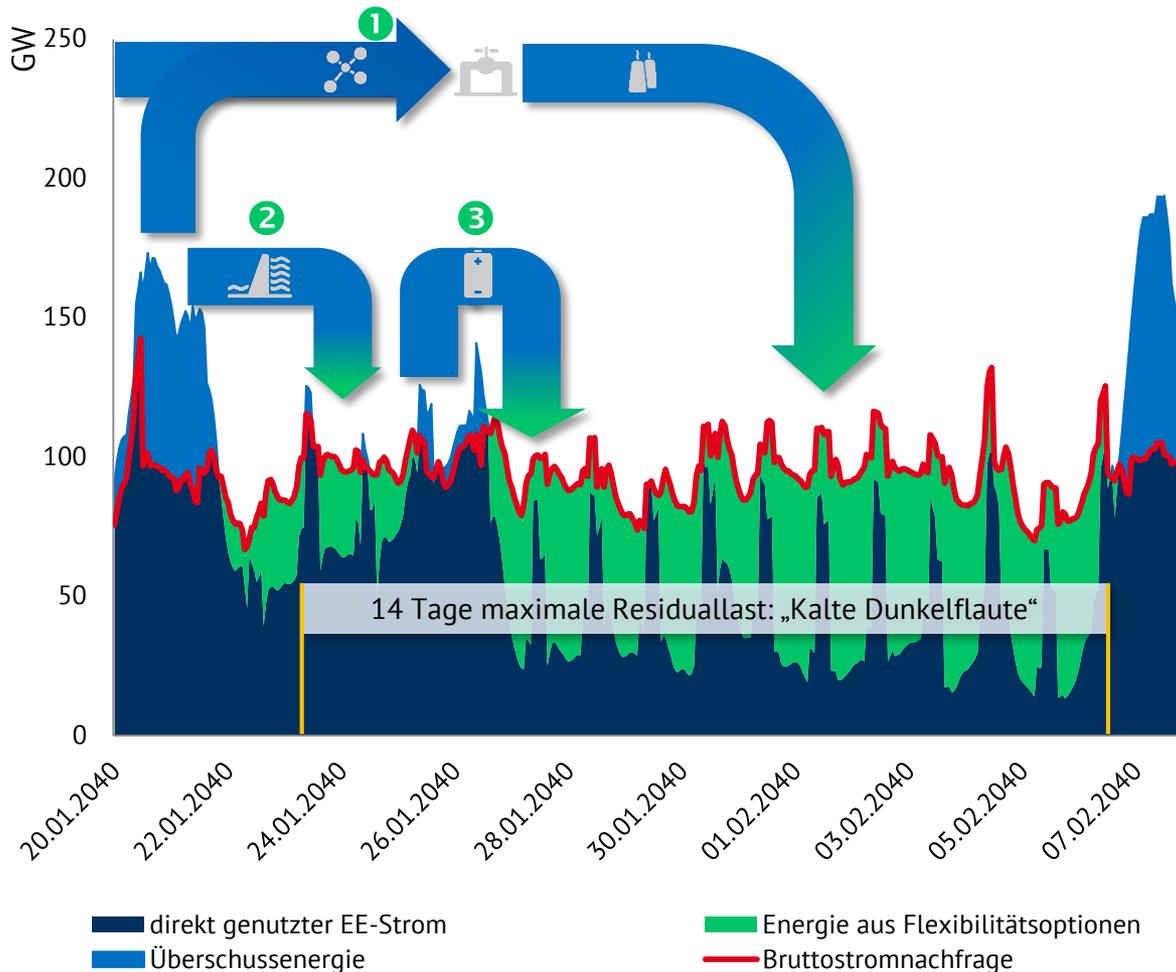
Mittelfristflexibilität: Zum Beispiel Pumpspeicher können über wenige Tage Überschüsse ausgleichen.

Der kalten Dunkelflaute mit Flexibilitätsoptionen begegnen



Langfristflexibilität: Eine Elektrolyseur erzeugt Speichergas für das Gasnetz und Gaskraftwerke erzeugen klimaneutralen Strom in der kalten Dunkelflaute

Der kalten Dunkelflaute mit Flexibilitätsoptionen begegnen



- 1 **Langfristflexibilität:** Ein Elektrolyseur erzeugt Speichergas für das Gasnetz und Gaskraftwerke erzeugen klimaneutralen Strom in der kalten Dunkelflaute
- 2 **Mittelfristflexibilität:** Zum Beispiel Pumpspeicher können über wenige Tage Überschüsse ausgleichen.
- 3 **Kurzfristflexibilität:** Zum Beispiel Batteriespeicher gleichen Stromangebot und -nachfrage über Stunden hinweg aus

THESE 3: EINE KLIMANEUTRALE LÖSUNG IST MÖGLICH UND VORZUZIEHEN 2040 – ÜBERSCHÜSSE

Flexibilitätsoptionen

- Pumpspeicherkraftwerke
- Elektroautos
- Elektrolyseure + Gaskraftwerke
- Flexibilisierung der wärmegeführten Gas-KWK
- flexibilisierte Biomasseanlagen

Einschränkungen des Systems

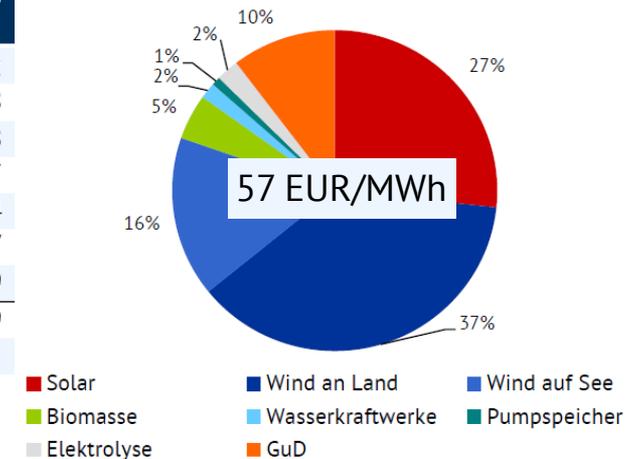
- Pumpspeicherkraftwerke und Elektroautos sind durch maximale sowie minimale Füllstände beschränkt, Elektroautos sind zusätzlich im Ladeverhalten begrenzt flexibel.
- Während der kalten Dunkelflaute entstehen über einen langen Zeitraum hinweg nicht ausreichend Überschüsse, der Langfristspeicher (Gasspeicher) hat zu Beginn der kalten Dunkelflaute einen Mindestfüllstand (44 TWh).

EINE KLIMANEUTRALE LÖSUNG IST VORZUZIEHEN 2040 – KOSTEN

Installierte Leistungen und voraussichtliche Kosten für 100 % EE

	Installierte Leistung in GW	Volllaststunden	Spezifische Kosten in Mio. EUR/(GW a)	Gesamtkosten in Mrd. EUR/a
Solar	231	1040	48,6	11,2
Wind an Land ¹⁵	190	1941	83,0	15,8
Wind auf See	39	3192	174,3	6,8
Wasserkraftwerke	6,5	4564	104,3	0,7
Pumpspeicherkraftwerke	6,7	k. A.	54,7	0,4
Gaskraftwerke (GuD) ¹⁶	67	1753	65,0	4,4 ¹⁷
Elektrolyseure	42,7	2478	22,2	0,9
Biogasproduktion zur Verstromung ¹⁸		113 TWh _{th}		1,9
Anzahl Elektroautos		41,9 Mio.		
Bruttostromnachfrage (ohne Pump- und Elektrolyseurstrom)		742 TWh		

Kosten der Stromerzeugung



Kostensenkungspotenziale

- Herkunft des synthetischen Gases erneuerbaren Ursprungs (lagerbar, transportfähig)

ZUSAMMENFASSUNG

- Die 14 Tage vom 23. Januar bis 6. Februar des Wetterjahres 2006 stellten sich bei der Analyse der Wetterjahre 2006 bis 2016 als Extremfall einer kalten Dunkelflaute heraus. Es zeigte sich aber in jedem zweiten Jahr mindestens eine zweiwöchige Phase mit einer ähnlich angespannten Situation.
- Bei einem zusätzlich angenommenen Ausstieg aus der Braunkohleverstromung reichen die berücksichtigten Zubauten an Grenzkuppelkapazitäten nicht aus, um die Versorgungssicherheit während der kalten Dunkelflaute zu gewährleisten.
- Für eine nachhaltige Versorgung aus 100% erneuerbaren Energien auch während einer kalten Dunkelflaute sind 42,7 GW Elektrolyseure im betrachteten Modell kostenoptimal. Die Stromkosten in einem solchen System würden bei Internalisierung externer Kosten 57 EUR/MWh betragen.



Fabian Huneke
Energy Brainpool GmbH & Co. KG
Brandenburgische Straße 86/87
10713 Berlin

Tel.: +49 (0)30 76 76 54-10
Fax: +49 (0)30 76 76 54-20
www.energybrainpool.com
kontakt@energybrainpool.com