

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Stakeholderworkshop, Berlin 16. Juni 2014

# ROADMAP SPEICHER

SPEICHERBEDARF FÜR ERNEUERBARE ENERGIEN –  
SPEICHERALTERNATIVEN – SPEICHERANREIZ –  
ÜBERWINDUNG RECHTLICHER HEMMNISSE

# AGENDA

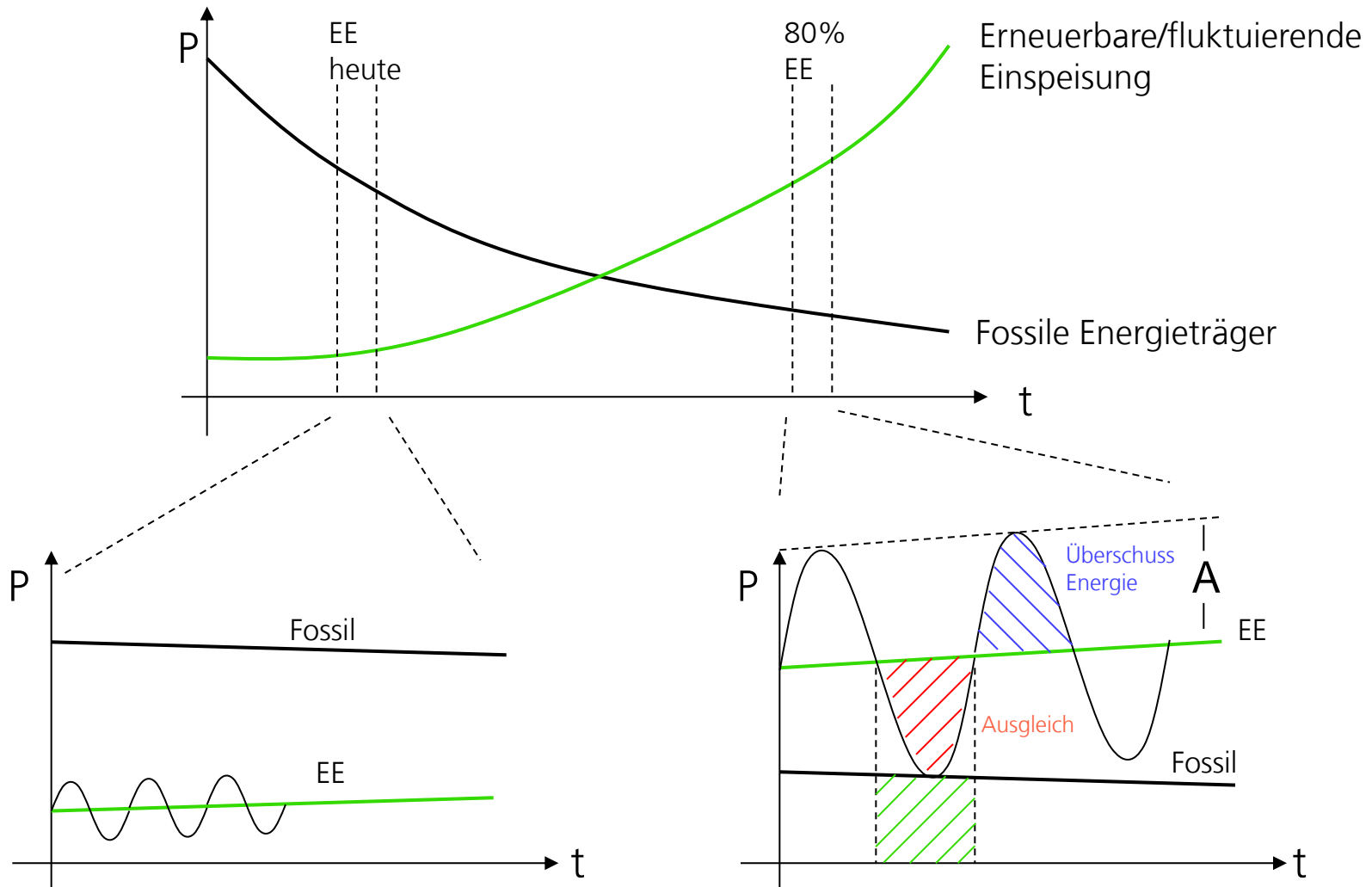
# Agenda

- 12:30 – 13:00 Akkreditierung / Empfang
- 13.00 – 13:10 Einführung, Dr. Kurt Rohrig (Fraunhofer IWES)
- 13:10 – 13:20 Fragestellung und Motivation, Dr. Carsten Pape (Fraunhofer IWES)
- 13:20 – 13:45 Rechtliche Analyse, Frank Sailer (Stiftung Umweltenergierecht)
- 13:45 – 13:55 Allgemeine Annahmen, Dr. Carsten Pape (Fraunhofer IWES)
- 13:55 – 14:20 Mittelfristiger Speicherbedarf, Tim Drees (IAEW)
- 14:20 – 14:45 Langfristiger Speicherbedarf, Norman Gerhardt (Fraunhofer IWES)
- 14:45 – 15:15 Imbiss
- 15:15 – 15:35 Kernaussagen, Univ.-Prof. Dr. Albert Moser (IAEW)
- 15:35 – 16:00 Frage- und Diskussionsrunde
- 16:00 – 17:00 Podiumsdiskussion (Moderation: Prof. Dr. Michael Sterner)
- 17:00 – Ausklang / Networking

Dr. Kurt Rohrig, Fraunhofer IWES

# EINFÜHRUNG

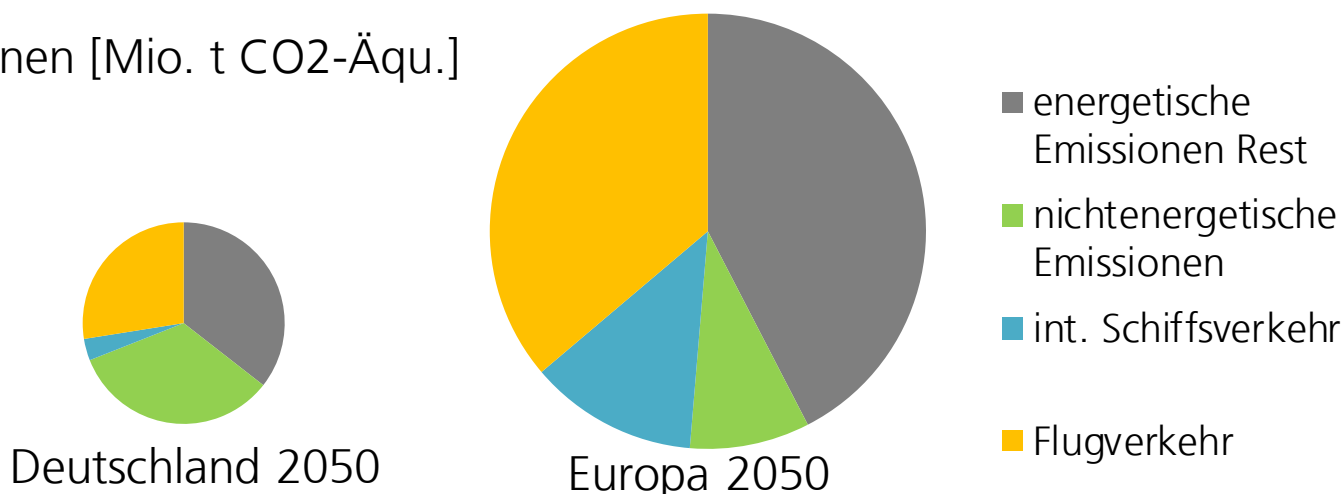
# An der Schwelle zum Zeitalter von Stromtransport und -speicher



# EE-Ausbau und Klimaschutz

- Ambitioniertes EU-Emissionsziel: -80% gegenüber 1990
- Verschärfte Anforderungen durch steigenden Flugverkehr und deren Emissionen in hohen Luftschichten
- Langfristig höhere EE-Ausbauzahlen erforderlich
- Die Studie „Roadmap Speicher“ → Stromsektorbetrachtung  
→ Ergebnisse in Bezug auf EE-Ausbaumengen weniger auf der Zeitachse

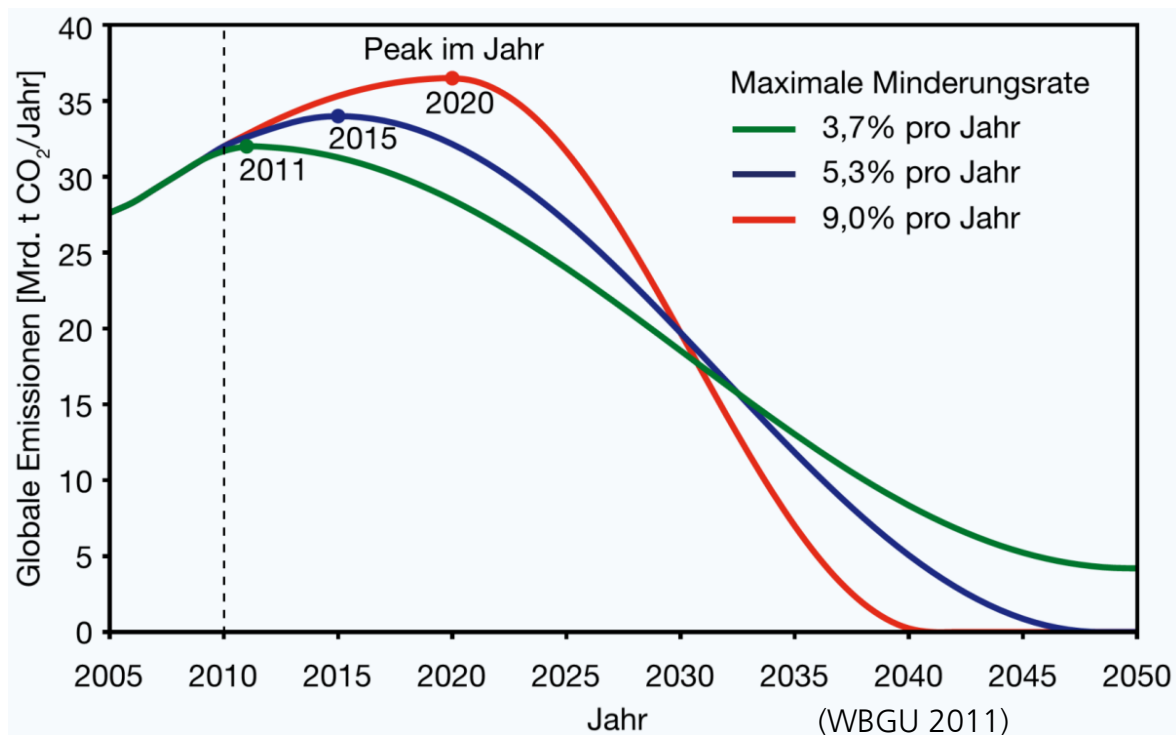
THG-Emissionen [Mio. t CO<sub>2</sub>-Äqu.]



# EE-Ausbau und Klimaschutz

- Die internationalen Klimaverhandlungen stehen am Scheideweg
- Vorreiterrolle Deutschland
- Je später man das globale Emissionsmaximum erreicht, desto höhere jährliche Minderungsraten müssen eingehalten werden

→ Je entschlossener gehandelt wird, desto lösbarer ist die Aufgabe



# Hintergrund und Motivation

- Bis ca. 2011 – energiepolitische Diskussion, dass Energiespeicher den Schlüsselbaustein der Energiewende darstellen
- Aus unserer Sicht erste umfassende Betrachtung
  - Simulation (Europa, Netze, EE, Prognose, Regelleistung, DSM, PtH, flexKWK, ...)
  - Rechtliche Analyse (Hemmnisse, Genehmigung, Betrieb, Förderung, Anreizmöglichkeiten, ...)
  - Volks- und betriebswirtschaftliche Betrachtung
- Projektförderung anfangs durch ehemaliges BMU – Querschnittsförderung  
→ Übergang in die Förderung des BMWi



# Speicher und EE-Ausbau

- EU-Energiekommissar Oettinger (FAZ: 05.04.2014)

*[Das Hauptproblem der alternativen Energien bestehe darin, dass Strom in großen Mengen nicht speicherbar wäre.] „Daran wird sich in den nächsten 10 Jahren nichts ändern. Erst wenn man Strom speichern kann, wird Wind und Solarkraft die ganze Zukunft gehören. Bis dahin sind sie eine gute Ergänzung. Sie dürfen aber nicht der Schwerpunkt der Energieversorgung sein, wenn sie kostengünstig und sicher sein soll“*

- Diese Studie zeigt:  
Kurz- und mittelfristig ist der Ausbau von Stromspeichern keine Voraussetzung für den weiteren Ausbau der dargebotsabhängigen erneuerbaren Energien, wenn eine Abregelung geringer Mengen von Erzeugungsspitzen akzeptiert wird.  
Der dynamische Zubau von Wind- und Solarenergie kann auch heute schon weiter voran getrieben werden.

Dr. Carsten Pape, Fraunhofer IWES

# FRAGESTELLUNG UND MOTIVATION

# Hintergrund und Motivation

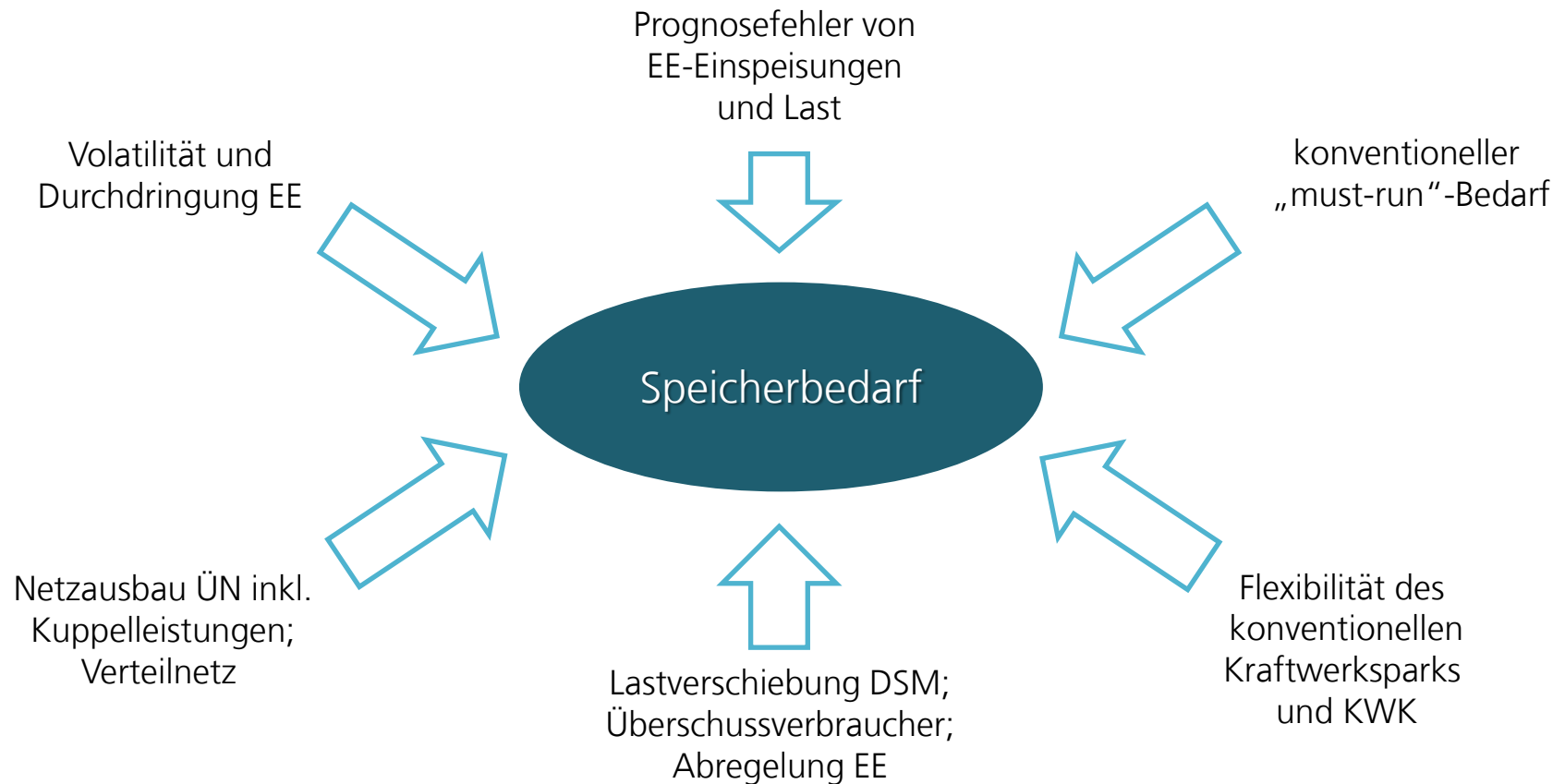
## Entwicklung in den kommenden Jahren

- Transformation der Energieversorgungsstruktur aufgrund von globalem Klimaschutz und zunehmender Ressourcenknappheit
  - Tiefgreifende Umstrukturierung des Stromversorgungssystems in Deutschland und Europa
  - Erschließung großer Potenziale in der Stromversorgung durch Ausbau von Anlagen auf Basis regenerativer Ressourcen (EE) an lastfernen Standorten

## Zukünftige Anforderungen

- Zunehmende Herausforderungen durch fluktuierende Einspeisungen
  - für Märkte und Erzeuger durch Flexibilitätsbedarf und steigende Prognoseunsicherheiten
  - für den Netzbetrieb aufgrund erhöhter Übertragungsaufgabe und steigenden Anforderungen an Systemdienstleistungen
- Neben Flexibilisierung von Stromnachfrage und Erzeugungsanlagen Einsatz von Stromspeichern für zeitliche Entkopplung von Erzeugung und Verbrauch
- ➔ In aktueller energiepolitischer Diskussion große Unsicherheit über Bedarf an zusätzlichen Speichern in den kommenden Jahren

# Komplexe Einflussgrößen auf Stromspeicherbedarf



- ➔ Speicher als teuerste Ausgleichsoption
- ➔ Speicherbedarf reagiert sehr sensitiv auf Einflussgrößen

# Ziele des Forschungsprojektes

## Die zentralen Fragen für den Ausbau der Speicher

- Welche Speichergröße ist erforderlich?
- Welche Technologien werden benötigt?
- Wie ist die zeitliche Bedarfsentwicklung?
- Wo werden Speicher benötigt?
- Welche rechtlichen Vorschriften bestehen für Stromspeicher?
- Wie muss sich der Rechtsrahmen für die Stromspeicherung weiterentwickeln?
- Was wäre bei einer staatlichen Speicherförderung zu beachten?

## Forschungsprojekt „Roadmap Speicher“

- Untersuchung von Kosten und Nutzen von Speichern aus gesamtwirtschaftlicher Sicht
  - Umfassende und detaillierte Simulation des zukünftigen Stromversorgungssystems bestehend aus Strommärkten und Übertragungsnetz in Europa
  - Abbildung von Einflussfaktoren (Netzausbau und Erzeugungs- und Lastmanagement) auf Speicherbedarf durch Szenarien
- Umfassende Analyse der rechtlichen Rahmenbedingungen
- ➔ Bestimmung des Speicherbedarfs in Deutschland im europäischen Kontext sowie technisch-ökonomischer und rechtlicher Handlungsempfehlungen für die Speicherförderung

# Eckdaten des Projekts

## Konsortium

- Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES), Kassel
- Institut für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft (IAEW), RWTH Aachen
- Stiftung Umweltenergierecht, Würzburg

## Bearbeitungszeitraum

- 1. Juli 2011 bis 30. Juni 2014
- Gesamtbudget: ca. 800.000 €

Frank Sailer, Stiftung Umweltenergierecht

# RECHTLICHE ANALYSE

# Rechtlicher Untersuchungsumfang

- Genehmigungsrecht für Stromspeicher
- Spezielles Speicher-Energierrecht
  - Speichervorschriften im EnWG und EEG
  - Speichervorschriften in sonstigen Gesetzen
- Allgemeines Energierecht
  - Erzeugung, Verbrauch, Verteilung
  - Gasvorschriften
  - Unbundling
- Spezielle Kosten- und Abgabensituation
- Rechtliche Grenzen bei der Speicherförderung
  - Europäisches Beihilferecht, Warenverkehrsfreiheit
  - Verfassungsrecht



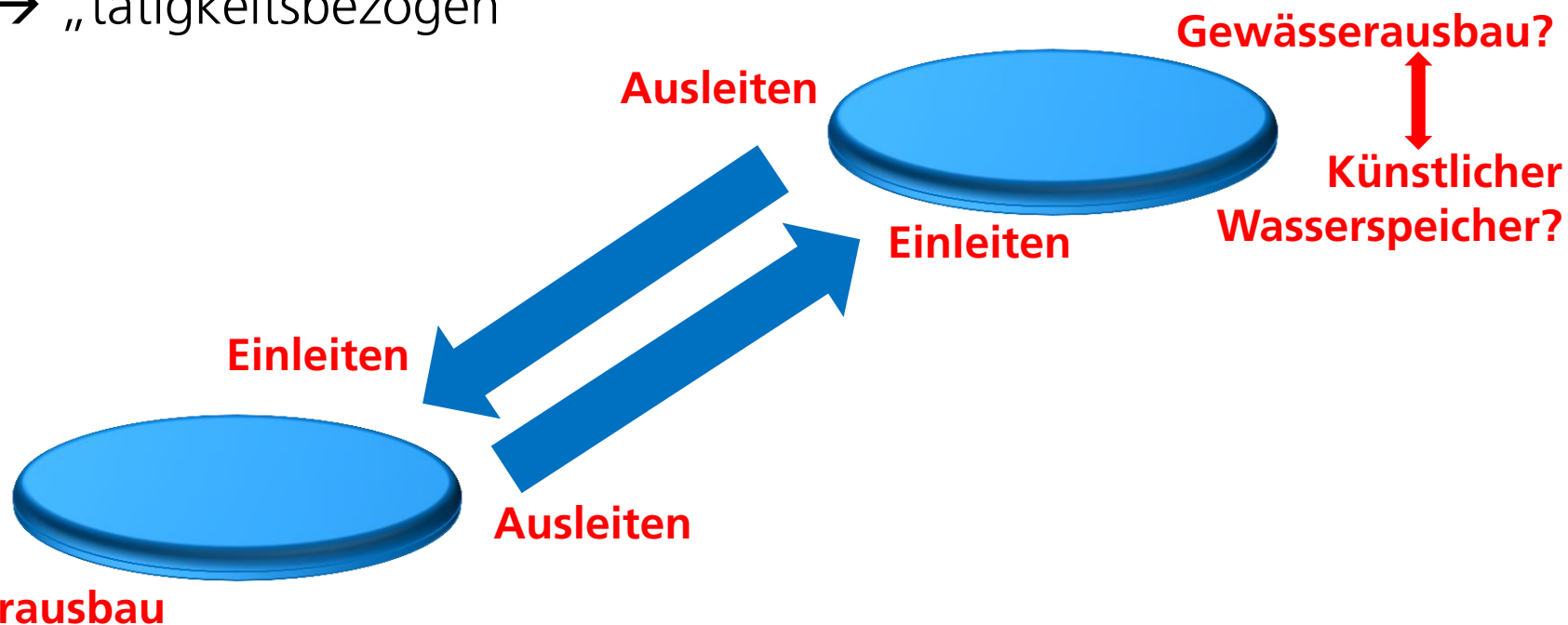
# Genehmigungsrecht für Speicher

Genehmigungsrecht ist technologieabhängig:

- Pumpspeicherkraftwerke
  - Vor allem wasserrechtliche Genehmigungen notwendig (WHG/LWG)
  - Kein einheitlicher Genehmigungstatbestand
- Druckluftspeicherkraftwerke
  - Vor allem bergrechtliche Genehmigung nötig (BBergG)
  - Kein einheitlicher Genehmigungstatbestand
- Power-to-Gas-Anlagen
  - Immissionsschutzrechtliche Genehmigung (BImSchG)
  - Weitgehend einheitlicher Genehmigungstatbestand
- Batteriespeicher
  - Baugenehmigung?

# Genehmigungsrecht für Pumpspeicherkraftwerke

- Genehmigungsrechtliche Situation komplex
  - Eingriff in Natur und Landschaft, Nutzung von Gewässern(!)
- Kein einheitlicher Genehmigungstatbestand
  - „tätigkeitsbezogen“



# Genehmigungsrecht für Pumpspeicherkraftwerke

- Genehmigungsrechtliche Situation komplex
  - Eingriff in Natur und Landschaft, Nutzung von Gewässern(!)
- Kein einheitlicher Genehmigungstatbestand
  - „tätigkeitsbezogen“
- Hohe materiell-rechtliche Anforderungen
  - Einleiten in ein Gewässer
  - Erlaubnis als „schwache“ Rechtsposition
- Unsichere Rechtslage durch unbestimmter Rechtsbegriffe
  - „Guter ökologischer und chemischer Zustand“
  - „Wohl der Allgemeinheit“
  - „zwingende Gründe des überwiegenden öffentlichen Interesses“
- Behördliches Bewirtschaftungsermessen

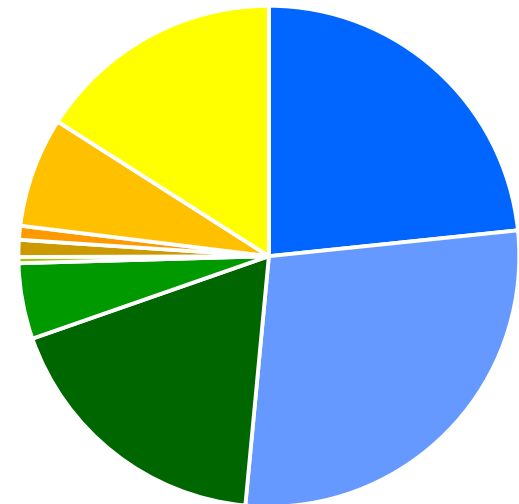
# Genehmigungsrecht für Elektrolyseanlage

- Genehmigungsrechtliche Situation weniger komplex
  - geringere Anlagengröße, keine Gewässernutzung
- Einheitlicher Genehmigungstatbestand
  - Immissionsschutzrechtliches Genehmigungsverfahren
  - Konzentrationswirkung
- Gebundene Entscheidung, kein behördliches Ermessen
- Uneinheitliche Genehmigungspraxis, da neue Technologie?
  - „im Labor- und Technikumsmaßstab“: genehmigungsfrei
  - „Versuchsanlage“: vereinfachtes Verfahren
  - Einzelfallbetrachtung

# Kosten und Abgaben – Strompreisbestandteile

- Energiebeschaffung (Einkauf, Erzeugung, Vertrieb)
- **Netzentgelte**
- Konzessionsabgaben
- KWK-Umlage
- Offshore-Haftungsumlage
- § 19 Abs. 2 StromNEV-Umlage
- Sonstige Umlagen
- **EEG-Umlage**
- **Stromsteuer**
- Umsatzsteuer

Netzentgeltgewälzte  
Umlagen/Kosten



# Netzentgelte

- Netzentgelte für:
  - Nutzung der Netzinfrastuktur
  - Bereitstellung von Systemdienstleistungen
  - Deckung von Transportverlusten
- Gezahlt wird als **Gegenleistung für die Netznutzung („do ut des“)** zwischen Netznutzer und dem Netzbetreiber
- Stromspeicher sind als Netznutzer grundsätzlich netzentgeltspflichtig

# Netzentgelte: Ausnahmen für Stromspeicher? (I)

- **Reduzierung** für atypische Verbraucher um max. 80%
  - § 19 Abs. 2 S. 1 StromNEV: *Ist (...) offensichtlich, dass der Höchstlastbeitrag eines Letztverbrauchers vorhersehbar erheblich von der zeitgleichen Jahreshöchstlast aller Entnahmen aus dieser Netz- oder Umspannebene abweicht, so haben Betreiber von Elektrizitätsversorgungsnetzen diesem Letztverbraucher (...) ein individuelles Netzentgelt anzubieten, das dem besonderen Nutzungsverhalten des Netzkunden angemessen Rechnung zu tragen hat (...) und nicht weniger als 20 Prozent des veröffentlichten Netzentgeltes betragen darf*
- **Voraussetzungen:**
  - Erhebliches Abweichen von Jahreshöchstlast des Netzes
  - Netzdienliches Nutzungsverhalten
  - Genehmigungserfordernis

# Netzentgelte: Ausnahmen für Stromspeicher? (II)

- **Befristete Befreiung** für neue Stromspeicher/bestehende PSW
- **Anschubfinanzierung nach § 118 Abs. 6 EnWG**
  - Nach dem 31. Dezember 2008 **neu errichtete Anlagen** zur Speicherung elektrischer Energie, die ab 4. August 2011, innerhalb von 15 Jahren in Betrieb genommen werden, sind für einen **Zeitraum von 20 Jahren** ab Inbetriebnahme (...) von den Entgelten für den Netzzugang freigestellt. (...) und die zur Ausspeisung zurückgewonnene elektrische Energie zeitlich verzögert **wieder in dasselbe Netz eingespeist** wird
  - Voraussetzungen:
    - Neuerrichtung ab 2009 + Inbetriebnahme 8/2011 bis 8/2026
    - Rückverstromung und Wiedereinspeisung in „dasselbe Netz“ (außer PTG)
    - Kein netzdienliches Nutzungsverhalten / Keine Genehmigung
  - **Befristete Befreiung für bestehende PSW für 10 Jahre:**
    - Erhöhung Pump- oder Turbinenleistung um mindestens 7,5 Prozent oder
    - Erhöhung speicherbare Energiemenge um mindestens 5 Prozent
    - Netzdienliches Nutzungsverhalten / Genehmigungserfordernis



# Netzentgeltbezogene Strompreisbestandteile

- Wirken sich Netzentgeltreduzierung/-befreiung auf netzentgeltbezogene Umlagen aus?
  - **BNetzA (-)** Verringerungen der allgemeinen Netzentgelte nach § 19 Abs. 2 StromNEV haben keine Auswirkungen auf die übrigen Abgaben und Umlagen wie Konzessions-abgaben, KWK-Umlage, EEG-Umlage, Offshore-Haftungsumlage oder § 19 Abs. 2 StromNEV-Umlage (BK4-13-729); Argument: kein „Bestandteil des Netzentgelts“
  - **Aber:** Wortlaut, dauerhaft nicht beeinflussbarer Kostenanteil nach ARegV, Anpassung der Erlösobergrenze, Umsetzung in Netzentgelten
  - Rechtslage nicht eindeutig, umlagespezifisch

# EEG-Umlage

- Rechtsgrundlage § 37 Abs. 2, Abs. 3 Satz 1 EEG
- Erfasst sind von den EVU an ihre „Letztverbraucher“ gelieferte Strommengen
  - Stromspeicher = Letztverbraucher, d.h. grundsätzlich umlagepflichtiger Stromverbrauch
- Aber: Befreiung für Stromspeicher, § 37 Abs. 4 EEG
  - *Für Strom, der zum Zweck der Zwischenspeicherung an einen elektrischen, chemischen, mechanischen oder physikalischen Stromspeicher geliefert oder geleitet wird, entfällt [die EEG-Umlage], wenn dem Stromspeicher Energie ausschließlich zur Wiedereinspeisung von Strom in das Netz entnommen wird*
  - Rückverstromung erforderlich!

# Stromsteuer

- Rechtsgrundlage StromStG, StromStV
- Erfasst sind u.a. vom Versorger geleistete und durch einen „Letztverbraucher“ entnommene Strommengen
  - Stromspeicher = Letztverbraucher, d.h. grundsätzlich steuerpflichtiger Stromverbrauch
- Aber: Befreiung für „Stromentnahme zur Stromerzeugung“, § 9 Abs. 1 Nr. 2 StromStG
  - **Problem: gilt nur für PSW!** (§ 12 Abs. 1 Nr. 2 StromStV)
  - *Sonstige Speichertechnologien (-) → steuerpflichtiger Stromverbrauch, Ungleichbehandlung?*
  - *Sonstige, nicht speicherspezifische Befreiungstatbestände im Einzelfall möglich (EE-Netz, räumlicher Zusammenhang zur Stromerzeugungsanlage etc.)*
  - *Steuererlass/-erstattung für Elektrolyse*

# Stromspeicher als Letztverbraucher?

- Teilw. Forderung: Stromspeicher seien keine Letztverbraucher, daher von bestimmten Kosten befreit, Arg.: Doppelbelastung
- Gesetzgeber + Rechtsprechung: Speicher = Letztverbraucher
- Energieumwandlungsprozess ausreichend
- Rückspeisung des Energiegehalts unerheblich
- Wirkungsgradverluste
- Ohnehin:
  - Kostenbelastung auch von Letztverbrauchereigenschaft unabhängig
  - „Doppelbelastung“ mitunter fraglich oder gerechtfertigt
  - Etliche Privilegierungsvorschriften für Letztverbraucher
  - Vorteil für Gesetzgeber: Einflussnahme auf „ob“ und „wie“ der Begünstigung, z.B. netzdienliches Nutzungsverhalten

Dr. Carsten Pape, Fraunhofer IWES

# ALLGEMEINE ANNAHMEN

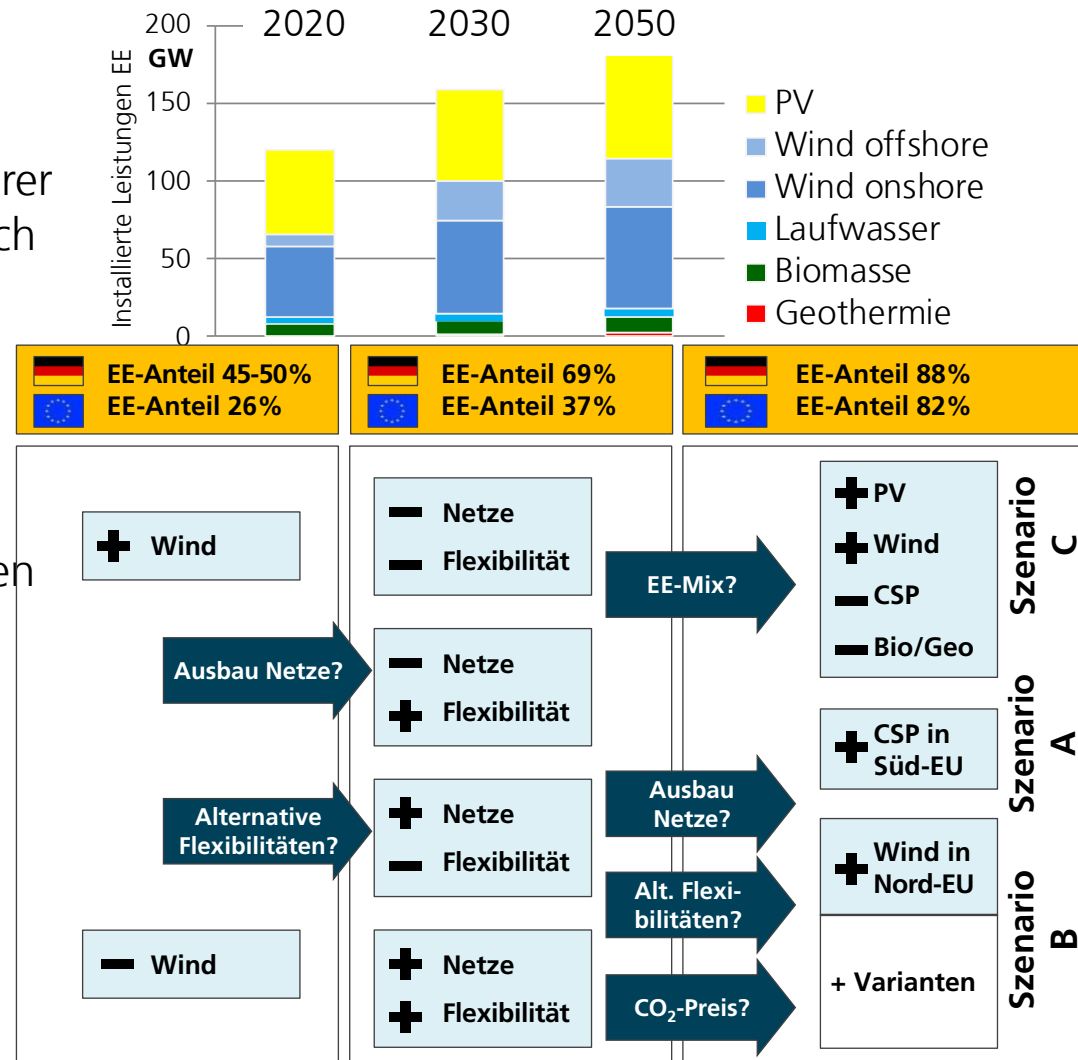
# Untersuchungsansatz

- Stromsektor-Analyse
- Elektrifizierung des Energieversorgungssystems
- Deutschland als Teil des europäischen Stromverbunds
- Umfassende Modellierung der europäischen Stromversorgungssystems unter Berücksichtigung von:
  - Demand Side Management
  - Flexibler KWK
  - Detaillierter EE-Modellierung
  - Netzseitigen Einflüssen (Transportnetz)
  - Speicherwasserkraft und weiterer Bestandsspeicher
  - Regelleistungsvorhaltung und Prognosefehler



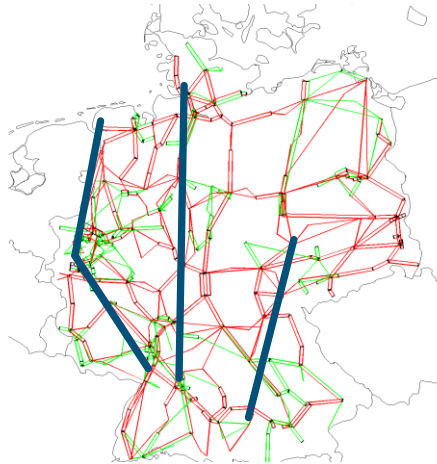
# Entwicklung Stromerzeugung

- Ausstieg aus der Kernenergienutzung bis 2022
- Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch auf mindestens
  - 35% bis 2020
  - 50% bis 2030
  - 80% bis 2050
- Ausbau der erneuerbaren Energien nach BMU-Langfristszenarien mit Anpassungen
- Starker Ausbau von Anlagen auf Basis dargebotsabhängiger erneuerbarer Energien



# Netzausbau

2020



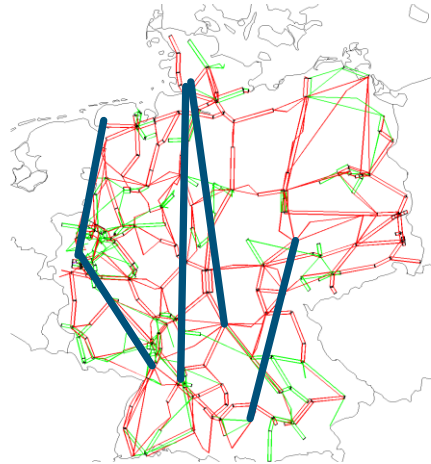
## Deutschland

- NEP bis 2018
- Ausgewählte HGÜs

## Europa

- TYNDP bis 2018

2030 - verzögert



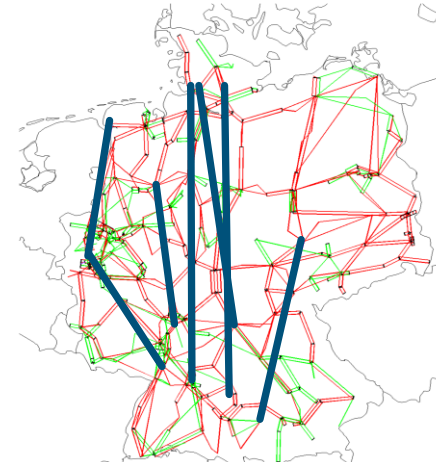
## Deutschland

- Drehstromzubau nach NEP
- Ausgewählte HGÜs

## Europa

- TYNDP bis 2022

2030 - beschleunigt



## Deutschland

- Vollständiger NEP inkl. aller geplanten HGÜs

## Europa

- Vollständiger TYNDP (inkl. long-term Projekte)

— 380 kV — 220 kV — HGÜs

2050

Startnetz ist der vollständig umgesetzte TYNDP mit Möglichkeit des Zubaus in der europäischen Ausbauplanung



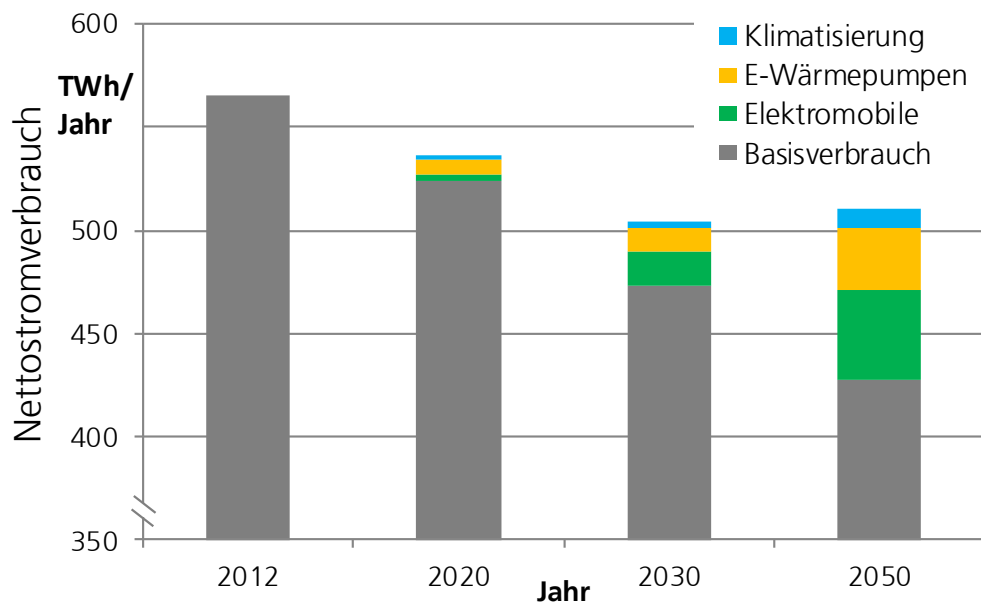
# Flexibilitäten im zukünftigen Stromversorgungssystem

## Flexibilitäten sowohl auf der Erzeugungs- wie auf der Verbrauchsseite

- Konventionelle Kraftwerke und hydraulische Speicher
  - reduzierte Mindestleistung sowie Mindestbetriebs- & Mindeststillstandszeiten
  - Bestand an Speichern in Deutschland und Zubauprojekten in Europa
- Biogasanlagen
  - höherer Anteil durch Gasspeicher und zusätzlicher BHKW-Leistung flexibilisierter Anlagen
- Solarthermische Kraftwerke (CSP)
  - Überdimensionierung des Kollektorfelds (SM4) in Kombination mit thermischen Speichern von bis zu 18 h
- KWK-Anlagen
  - höhere Durchdringung mit Wärmespeichern (Speicherzeiten von von 4-10 h)
  - höhere Anlagenauslegung im Verhältnis zur Wärmehöchstlast
  - größere Durchdringung mit Power-to-Heat
- Demand Side Management (DSM)
  - höherer Anteil der am DSM teilnehmenden Verbraucher

# Stromnachfrage - Deutschland

- Effizienzscenario: abgeleitet von Szenario A' der Langfristszenarien  
→ Reduktion des Stromverbrauchs um 25% ohne neue Verbraucher bis 2050
- Basisstromverbrauch mit zeitl. Charakteristik des heutigen Verbrauchs
- Neue Verbraucher nehmen im erheblichen Umfang am DSM teil (Sensitivität)

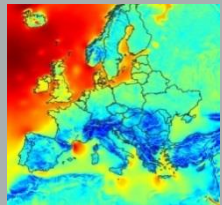


## Energiemengen im Lastmanagement

TWh/Jahr	2020	2030 Flex-	2030 Flex+	2050
<b>Basisstromverbrauch</b>	524	473	473	427
<b>Elektromobile</b>	1	0	10	26
<b>El. Wärmepumpen</b>	7	11	11	30
<b>Klimatisierung</b>	2	4	4	10
<b>Σ Neue Verbraucher</b>	10	15	35	66

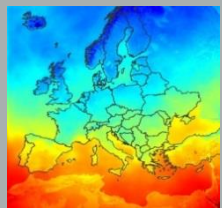
# Modellierung der Einspeisung durch erneuerbare Energien

## Meteo. Eingangsdaten



Historische  
Wetterdaten  
des DWD

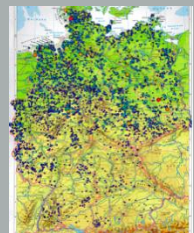
7 km  
Maschenweite



Wetterjahr 2011

Europa inkl.  
Nordafrika

## Räuml. Verteilung EE



EE-Szenario  
Bestandsanlagen

GIS-Analysen

Zubau-  
modellierung



Regenerative  
Ressource

etc.

## Physik. Modelle der EE



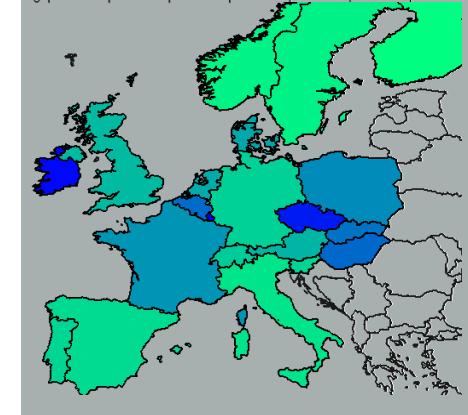
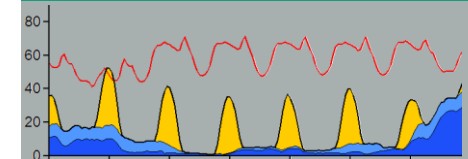
Windenergie

Photovoltaik

Wasserkraft



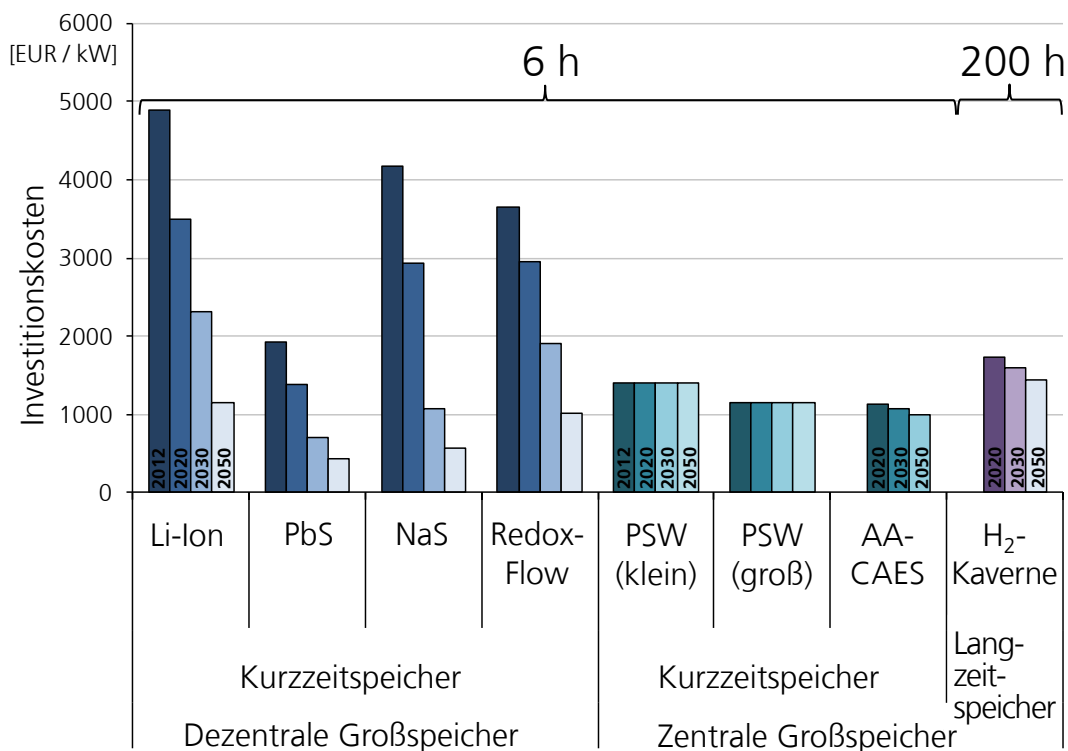
## Leistungszeitreihen EE



➔ Detaillierte Abbildung der dargebotsabhängigen erneuerbaren Energien auf Höchstspannungsknoten-Ebene mit stündlicher Auflösung

# Kostenannahmen – Brennstoffe und Speicher

- Im Vergleich zum Netzentwicklungsplan deutlicherer Anstieg fossiler Brennstoffpreise  
 → eher begünstigend für Speicher



- Deutliche Kostenreduktionen bei elektrochemischen Speichern
- Keine Kostensenkung bei Pumpspeicherkraftwerken u.a. aufgrund steigender Transaktionskosten, etablierte Technologie
- Kosten H<sub>2</sub>-Speicherung inkl. Wasserstoffturbine

Tim Drees, IAEW

# MITTELFRISTIGER SPEICHERBEDARF

# Methodik zur Bewertung des mittelfristigen Speicherbedarfs

## Modellierung

- Zeitbereich 2020-2030, da bereits Annahmen zur mittelfristigen Entwicklung von Erzeugungssystemen und Ausbau der Übertragungsnetze in Europa bekannt
- ➔ Detaillierte Modellierung des europäischen Energieversorgungssystems

## Gesamtwirtschaftliche Bewertung

- Ermittlung von markt- und netzseitigem Speicherbedarf zur Integration von Anlagen auf Basis erneuerbarer Energien
- Nutzen zusätzlicher Speicher durch Einsparung von Erzeugungs- und Redispatchkosten im Vergleich zu notwendigen Investitionskosten
- ➔ Gesamtwirtschaftlich sinnvoller Ausbau von Speichern im Stromversorgungssystem

## Betriebswirtschaftliche Bewertung

- Bewertung möglicher Vermarktungsentscheidungen der ermittelten Speicher
- Vergleich erzielbarer Deckungsbeiträge durch Handelsentscheidungen mit erforderlichen Investitions- und Betriebskosten
- ➔ Ableitung notwendiger Anreize für Investitionen in zusätzliche Speicher

# Methodik zur gesamtwirtschaftlichen Bewertung (i)

## Ziel

### Bewertung von Auswirkungen zusätzlicher Speicher auf Strommärkte und -netze



- Einspeisung auf Basis regenerativer Energien
- Aggregierte Sekundärregel- und Minutenreservevorhaltung

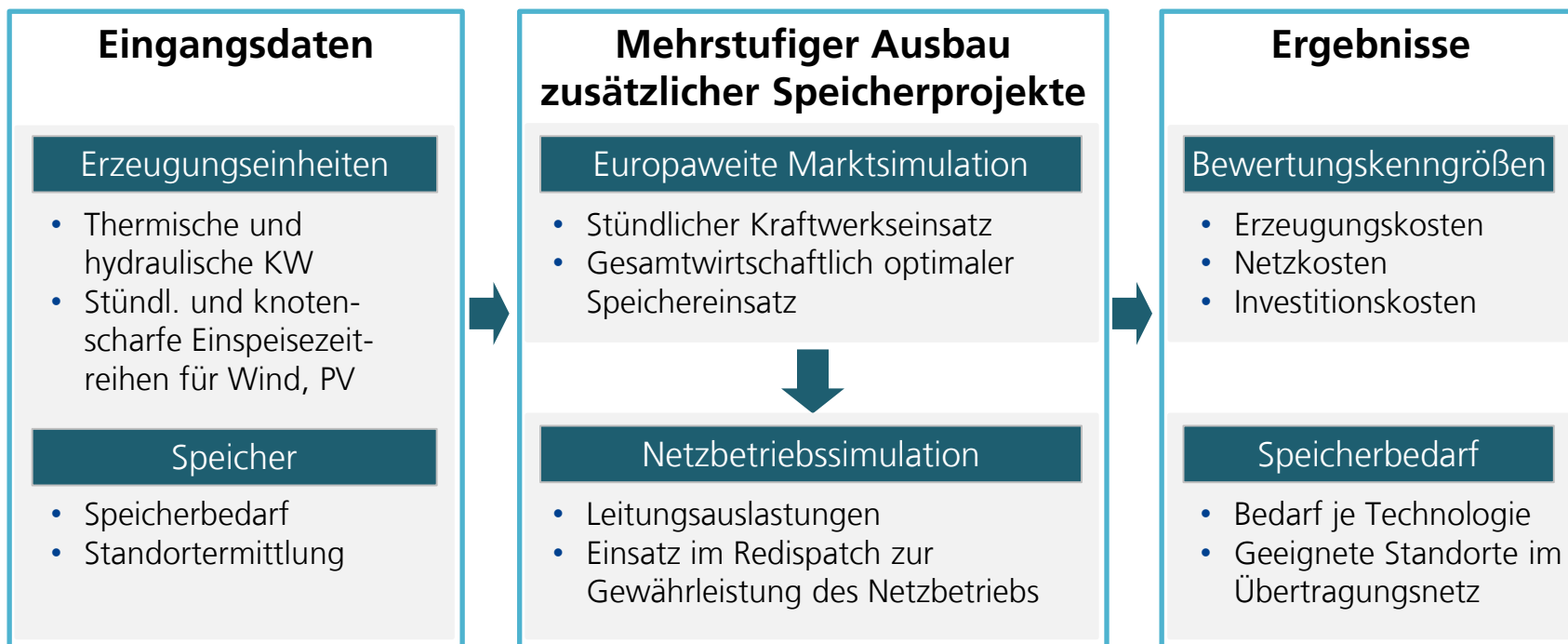
- Berechnung von
  - stündlichem KW-Einsatz
  - Strompreisen
  - Austausch

- Simulation von
  - Überlastungen
  - Redispatch

# Methodik zur gesamtwirtschaftlichen Bewertung (ii)

## Iterative Ermittlung des Speicherbedarfs

- Zielfunktion: minimale gesamtwirtschaftliche Kosten



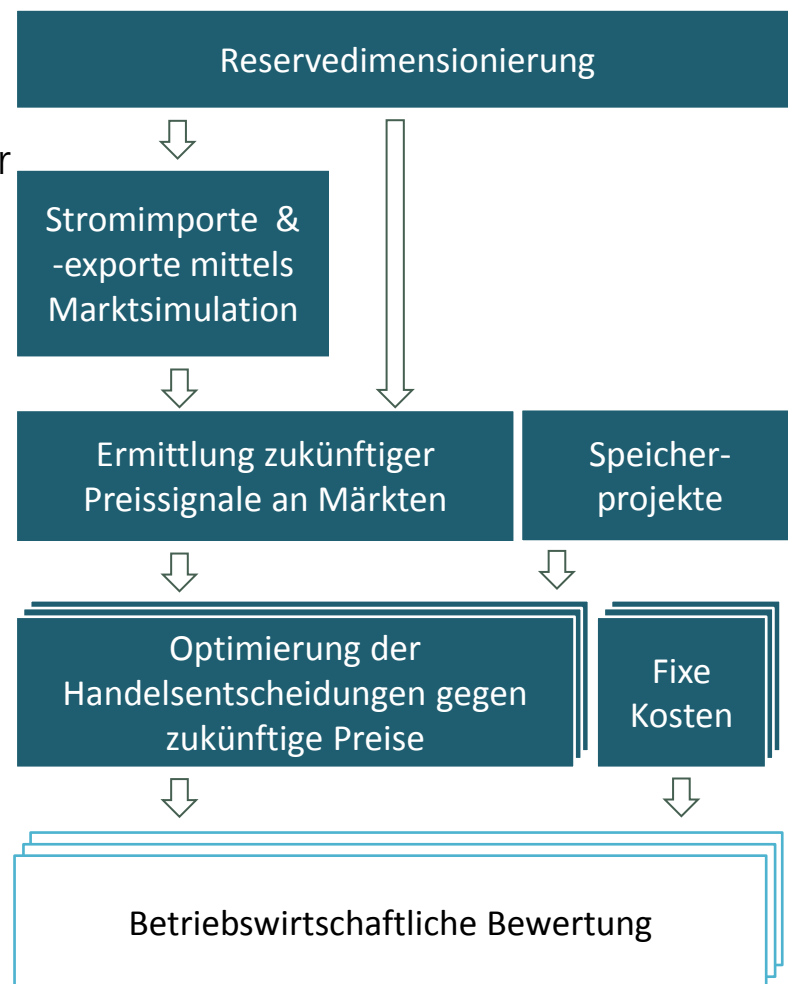
➔ Gesamtwirtschaftlich sinnvoller Bedarf zusätzlicher Stromspeicher aus Markt- und Netzsicht



# Methodik zur betriebswirtschaftlichen Bewertung

## Exemplarischer Speicher

- Vergleich der Erlöse für ein Stützjahr mit den annuitätischen Kosten exemplarischer Speicher
    - Erlösbestandteile: Fahrplan und Reserve
    - Kostenbestandteile: Fixe Betriebskosten und Kapitalkosten, ggf. Netznutzungsentgelte
  - Berücksichtigung möglicher Vermarktungsmöglichkeiten von Speichern
    - Spotmarkt
    - Alle Regelreservemärkte inkl. PRR
      - Präqualifikation technologieabhängig
      - Berücksichtigung techn. Restriktionen
    - Keine Betrachtung möglicher Erlöse durch Schwarzstartfähigkeit o.ä.
- ➔ Ableitung der Rentabilität von Investitionsentscheidungen in Speicherprojekten



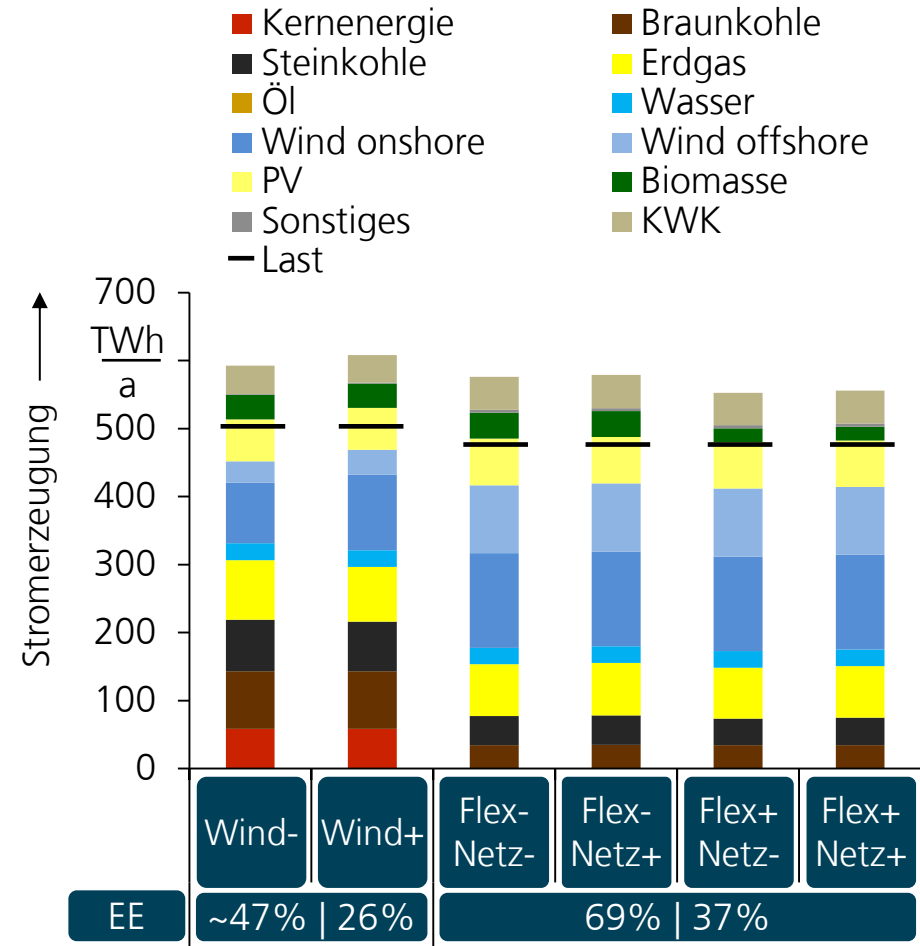
# Marktsituation in Deutschland

## EE-Anteil: 45-50%

- Szenario *Wind+* führt zu sinkender Erzeugung aus Gas
- Steigende Exportbilanz

## EE-Anteil: 69%

- Geringe Erzeugung auf Basis von Braun- und Steinkohle in allen Szenarien
  - Höhere Austauschkapazitäten (*Netz+*) führen zu leichter Steigerung der Erzeugung in Deutschland
  - Geringere Erzeugung bei flexibleren Kraftwerken (*Flex+*)
- ➔ Strukturelle Veränderung der Erzeugungssituation



# Engpasssituation in Deutschland

- Anspruchsvollere Übertragungsaufgabe durch veränderte Last-/Einspeisesituation
- Aber grundsätzlich entspannte Netzsituation bei Umsetzung des geplanten Netzausbaus nach NEP

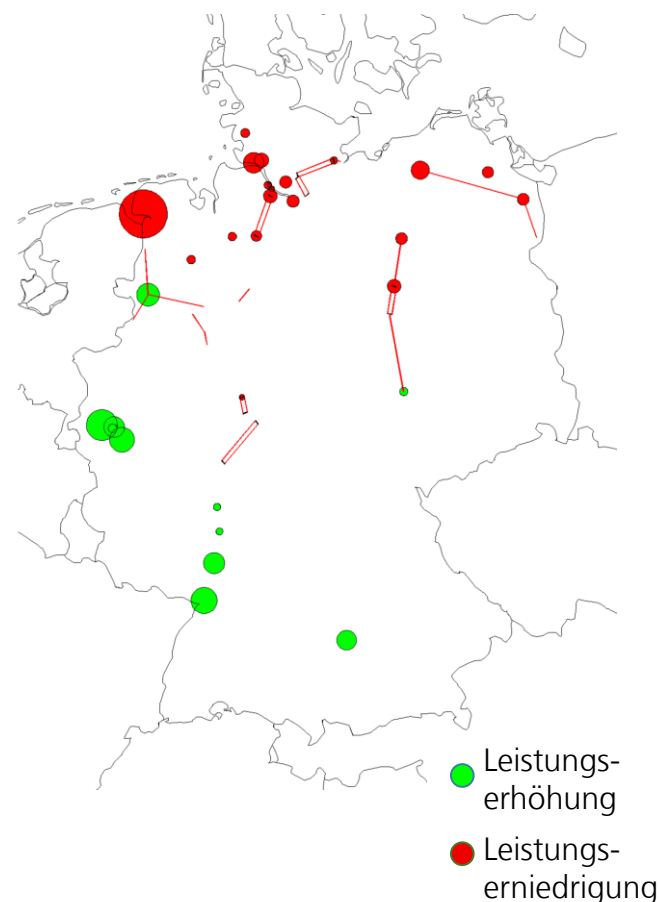
## EE-Anteil: 45-50%

- Lokal vereinzelt Engpässe sowie geringe Redispatchkosten von 60 Mio.€/a
- ➔ Ein rein netzbedingter Ausbau von Speichern erscheint nicht sinnvoll

## EE-Anteil: 69%

- Vermehrtes Auftreten von Engpässen abhängig von bestehender Flexibilität sowie Ausbausituation
- Engpässe an Netzanschlusspunkten der Offshore-Parks sowie entlang der Nord-Süd-Trassen

Exemplarischer Redispatch 69%



# Engpasssituation in Deutschland

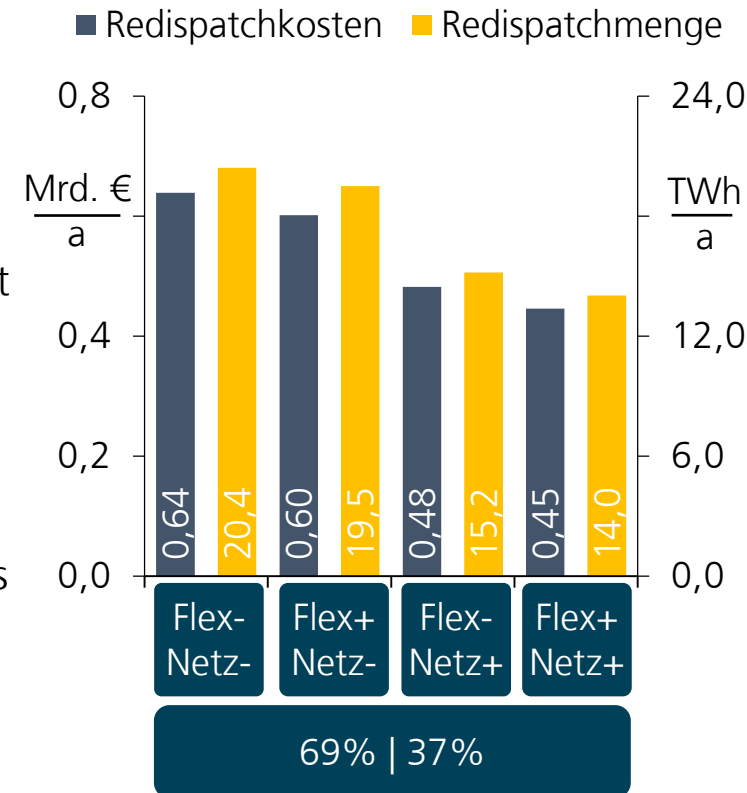
- Anspruchsvollere Übertragungsaufgabe durch veränderte Last-/Einspeisesituation
- Aber grundsätzlich entspannte Netzsituation bei Umsetzung des geplanten Netzausbaus nach NEP

## EE-Anteil: 45-50%

- Lokal vereinzelt Engpässe sowie geringe Redispatchkosten von 60 Mio.€/a
- ➔ Ein rein netzbedingter Ausbau von Speichern erscheint nicht sinnvoll

## EE-Anteil: 69%

- Vermehrtes Auftreten von Engpässen abhängig von bestehender Flexibilität sowie Ausbausituation
- Engpässe an Netzanschlusspunkten der Offshore-Parks sowie entlang der Nord-Süd-Trassen
- ➔ Zubau von Speichern zur räumlichen/zeitlichen Entkopplung der Einspeisung zu untersuchen



# Zusätzliche Speicher im Energieversorgungssystem

## Untersuchte Zubauvarianten

- Zunächst Integration eines typischen PSKW
  - Ähnliche Kostenstruktur wie Batterien in den kommenden Jahren
  - Höherer Nutzen bei ähnlichen Wirkungsgraden und größerer Speicherkapazität
  - Höchstes Nutzen-Kosten-Verhältnis aus Marktsicht zu erwarten
- Zusätzliche Bewertung des Ausbaus von PtG-Anlagen zur räumlichen und zeitlichen Entlastung des Netzbetriebs bei 69% EE-Anteil

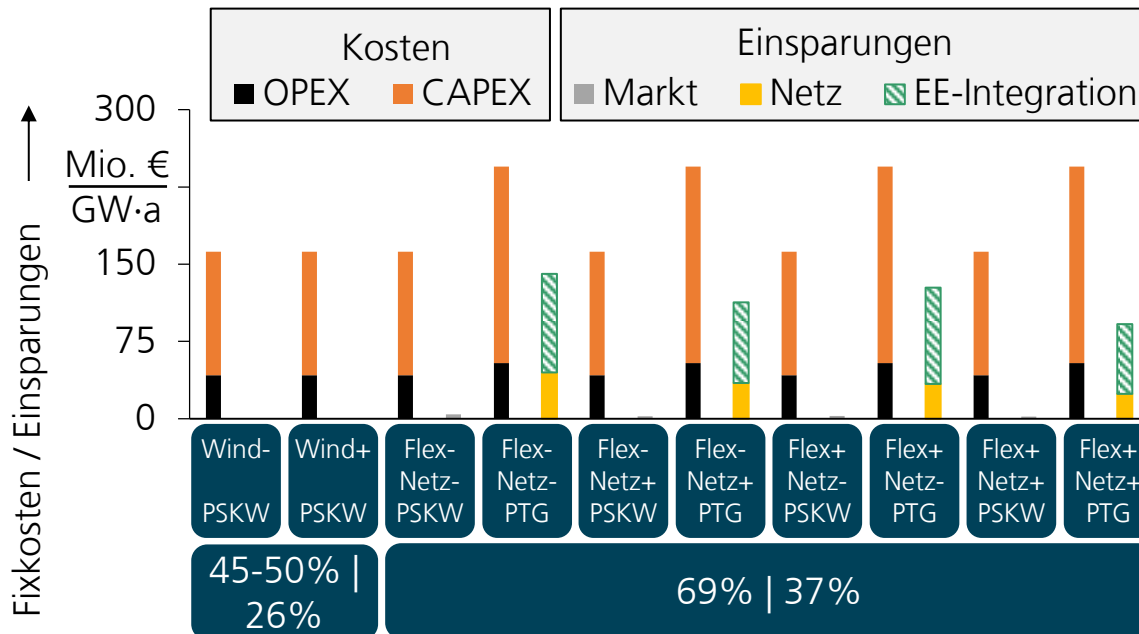
## Markt- und netzseitiger Nutzen zusätzlicher Stromspeicher

- Vernachlässigbarer Nutzen in Strommärkten durch geringe Einsparungen an Erzeugungskosten in allen Szenarien
- Bei hohen EE-Anteilen deutliche Vorteile der PtG-Anlagen in Netzbetrieb
  - Einsparungen von Redispatchkosten von 30%
  - Weitere Integration von EE durch reduzierte Abregelung
- Möglicher Nutzen jedoch durch geplanten Netzausbau begrenzt
- Erneute Simulation der europäischen Strommärkte und der Übertragungsnetze

# Gesamtwirtschaftliche Bewertung

## Kosten-Nutzen-Bilanzierung

- Gegenüberstellung der Investitionskosten und Betriebskosten
- Berücksichtigung von zusätzlich integrierter Einspeisungen aus EE



### Fazit

- ➔ Potenziale deutlich von Flexibilitätsoptionen und Netzausbau abhängig
- ➔ Größter Nutzen durch höhere EE-Integration bei verzögertem Netzausbau
- ➔ Kosten überwiegen mögl. Nutzen in allen Szenarien

➔ Mittelfristig keine zusätzlichen Stromspeicher gesamtwirtschaftlich sinnvoll

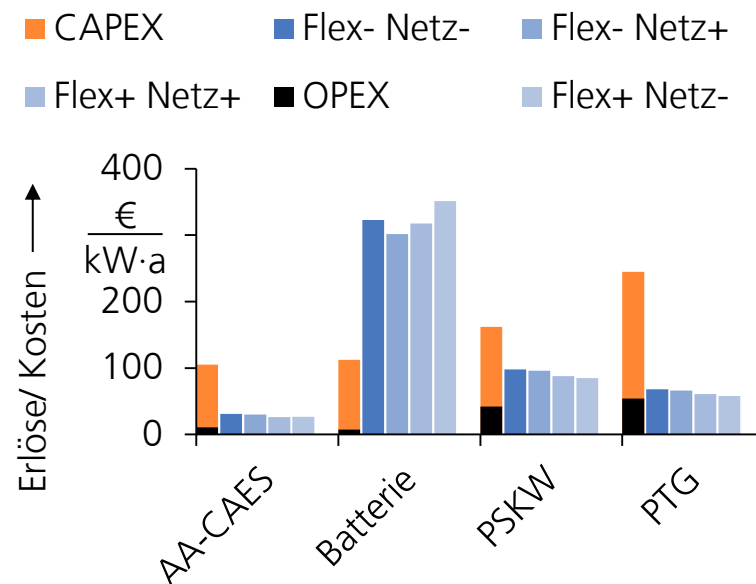
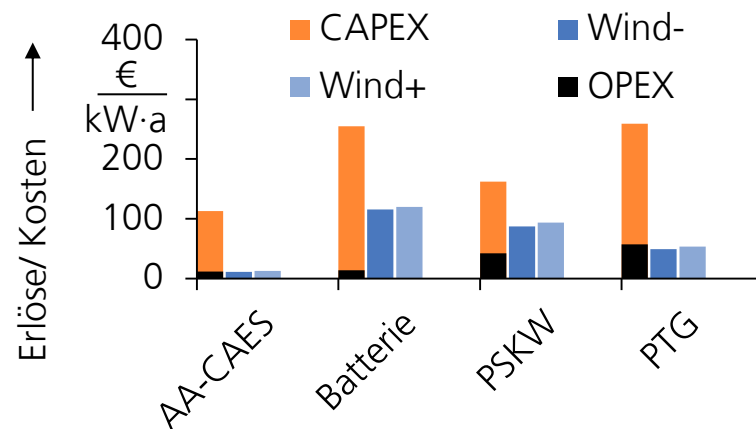
# Betriebswirtschaftliche Gesamtbewertung

## EE-Anteil: 45-50%

- Erlöse von Speichern hauptsächlich aus PRR & SRR
  - Wesentlich geringeres Erlöspotenzial durch Peakshaving (Spotmarkt) oder Minutenreserve
- ➔ Keine der untersuchten Technologien wirtschaftlich

## EE-Anteil: 69%

- Starker Anstieg von PRR-Preisen und moderater Anstieg an SRR-Preisen
  - Aufgrund von PRR Erlösen und starker Kostendegression Wirtschaftlichkeit von Batteriespeicher
- ➔ Lediglich Batterie-Speicher mittelfristig wirtschaftlich
- ➔ Jedoch PRR Marktvolumen auf 500 - 600 MW begrenzt und zukünftig keine deutliche Zunahme zu erwarten



# Wesentliche Erkenntnisse

## Mittelfristiger Speicherbedarf in Deutschland

- Geringe Einsparungen über den Strommarkt aufgrund von
  - vorrangigem Einsatz der Flexibilität im DSM und hoher Flexibilität in thermischen Erzeugungsanlagen und KWK
  - vernachlässigbarer Abregelung von EE im Strommarkt
- ➔ Starke Abhängigkeit der Nutzenpotenziale von zukünftiger Entwicklung anderer Flexibilitätsoptionen
- Möglicher netzseitiger Nutzen bedingt durch
  - lokale Engpasssituationen bei verzögertem Netzausbau
  - standortspezifische EE-Abregelung bei Verzögerung einzelner Ausbaumaßnahmen
  - Ausbaustufen der Offshore-Windparks
- ➔ Bei kompletter Umsetzung der Netzinfrstrukturmaßnahmen trotz hohem EE-Ausbau kein netzseitiger Speicherbedarf zu erwarten

## Langfristige Investitionsentscheidungen

- Mittelfristig keine Speichertechnologie wirtschaftlich, da in diesem Zeitbereich noch keine gesamtwirtschaftliche Notwendigkeit für Stromspeicher
- ➔ Wenn jedoch Speicher langfristig erforderlich, sind zur notwendigen Kostendegression Maßnahmen zur Einführung dieser Technologien zu schaffen

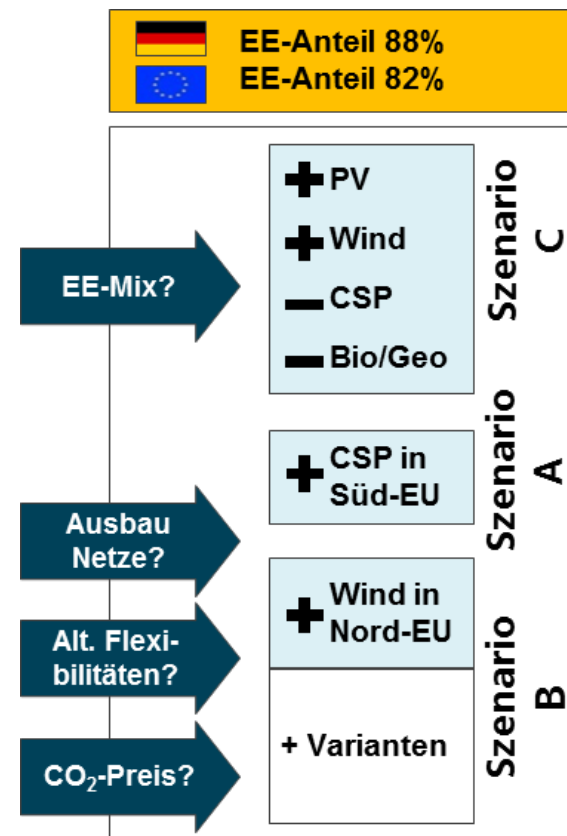


Norman Gerhardt, Fraunhofer IWES

# LANGFRISTIGER SPEICHERBEDARF

# Hauptfragen für den langfristigen Speicherbedarf

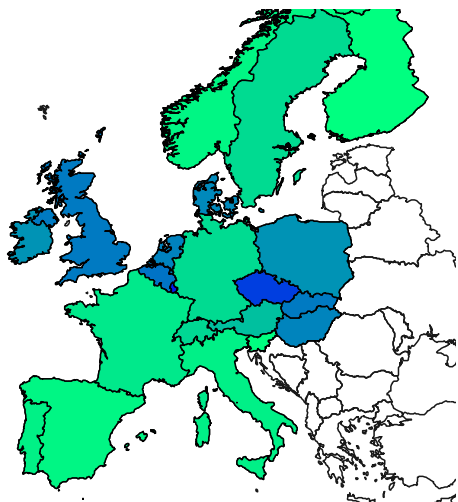
- Auswirkung des EE-Mixes?
    - Verhältnis Wind – PV
    - Anteil flexibler EE oder Grundlast-EE
  - Weiterer Ausbau des europäischen Übertragungsnetzes
  - Umsetzung Lastmanagement
  - Auswirkung höherer CO<sub>2</sub>-Zertifikatepreise
- Lösung der komplexen Einflüsse mittels einer Ausbauplanung zur Minimierung des Systemkosten



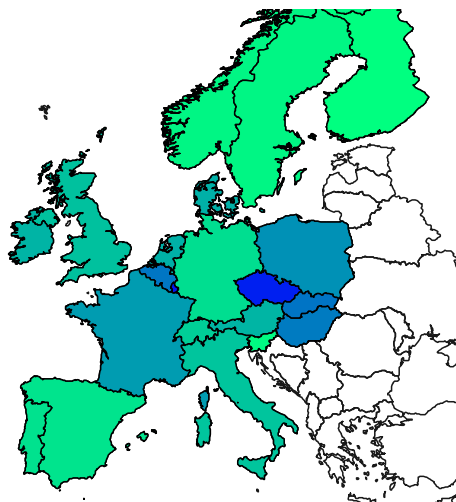
# EE-Anteile in den Szenarien

- Dynamischer Ausbau in Deutschland – aber EU-Bilanz ist entscheidend
- Szenario A – Südeuropa
- Szenario B und C – Nordeuropa

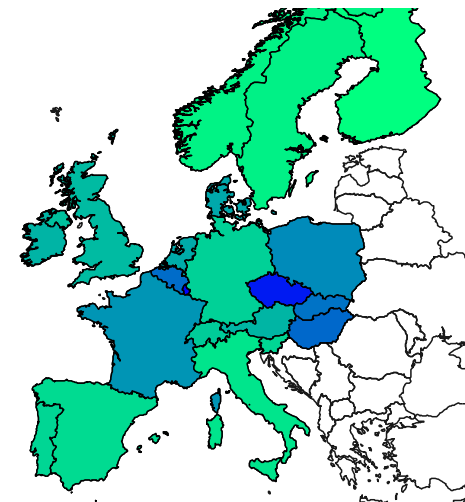
Szenario A



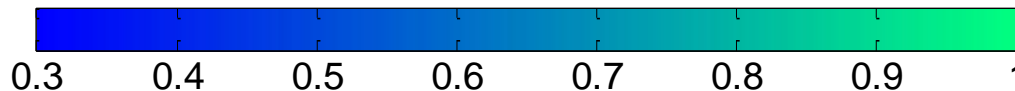
Szenario B



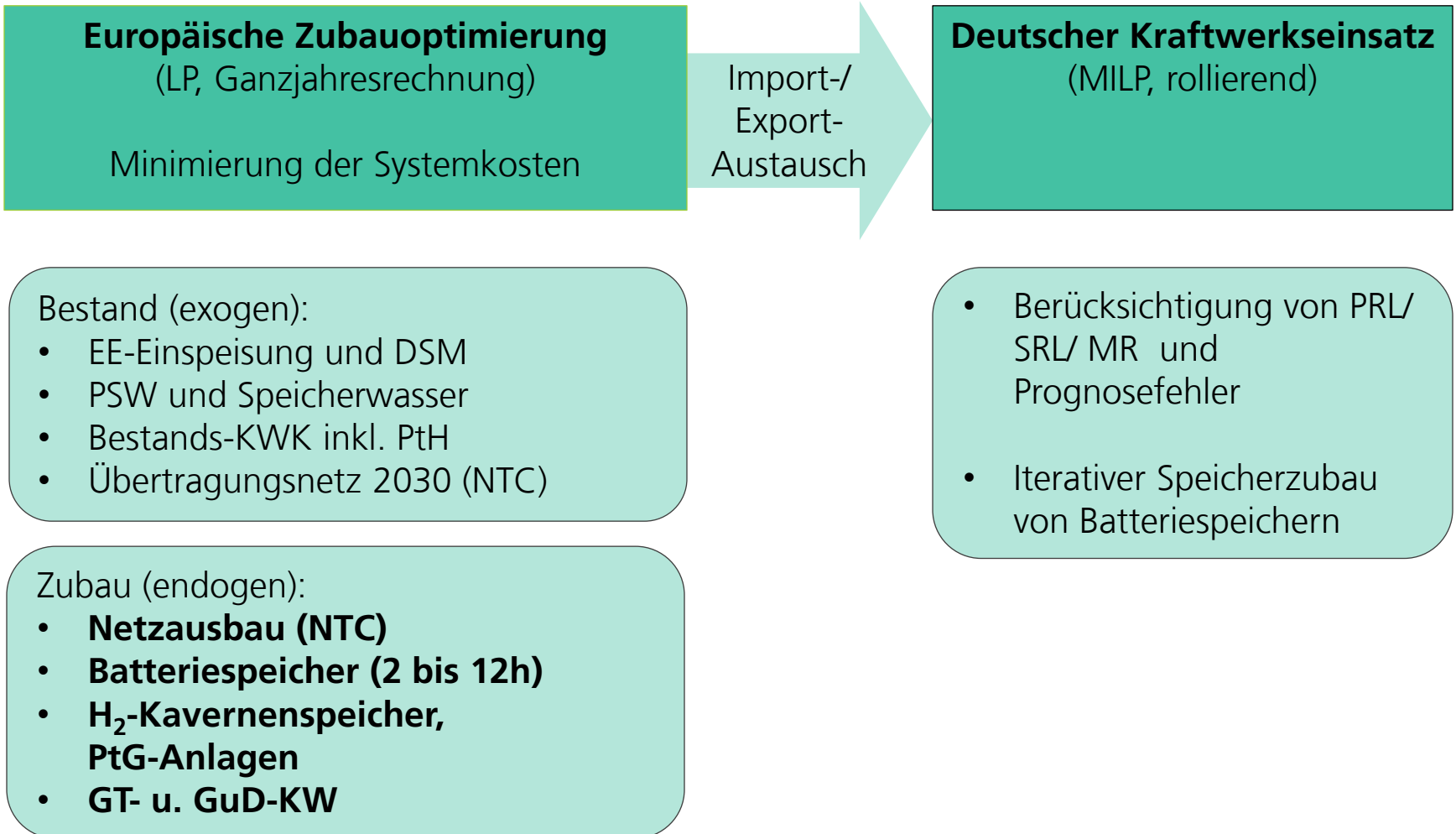
Szenario C



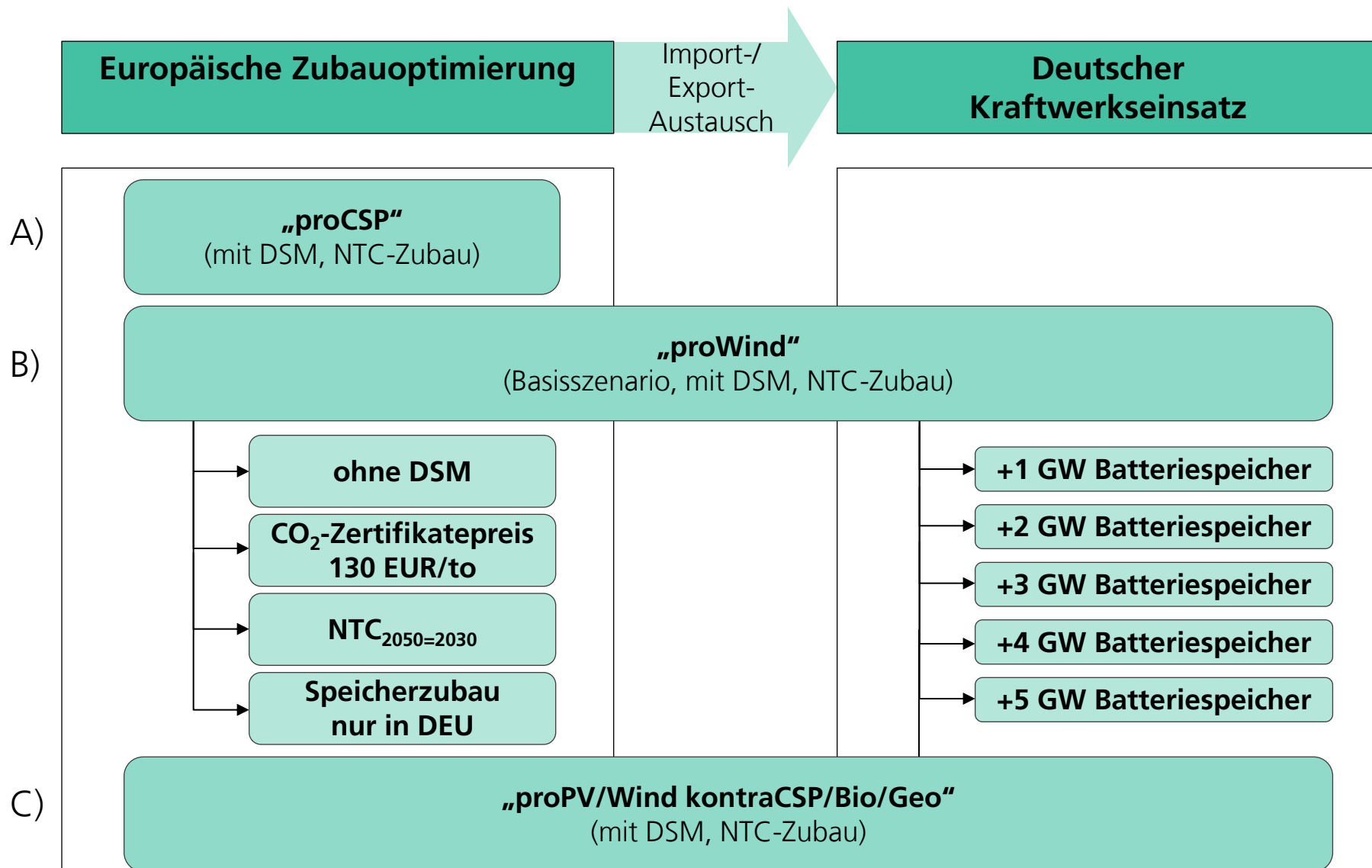
Anteil der EE am  
Bruttostromverbrauch



# Methodik



# Methodik



# Methodik

## Europäische Zubauoptimierung

(LP, Ganzjahresrechnung)

Minimierung der Systemkosten

Bestand (exogen):

- EE-Einspeisung und DSM
- PSW und Speicherwasser
- Bestands-KWK inkl. PtH
- Übertragungsnetz 2030 (NTC)

Zubau (endogen):

- Netzausbau (NTC)
- Batteriespeicher (2 bis 12h)
- H<sub>2</sub>-Kavernenspeicher, PtG-Anlagen
- GT- u. GuD-KW

Import-/  
Export-  
Austausch

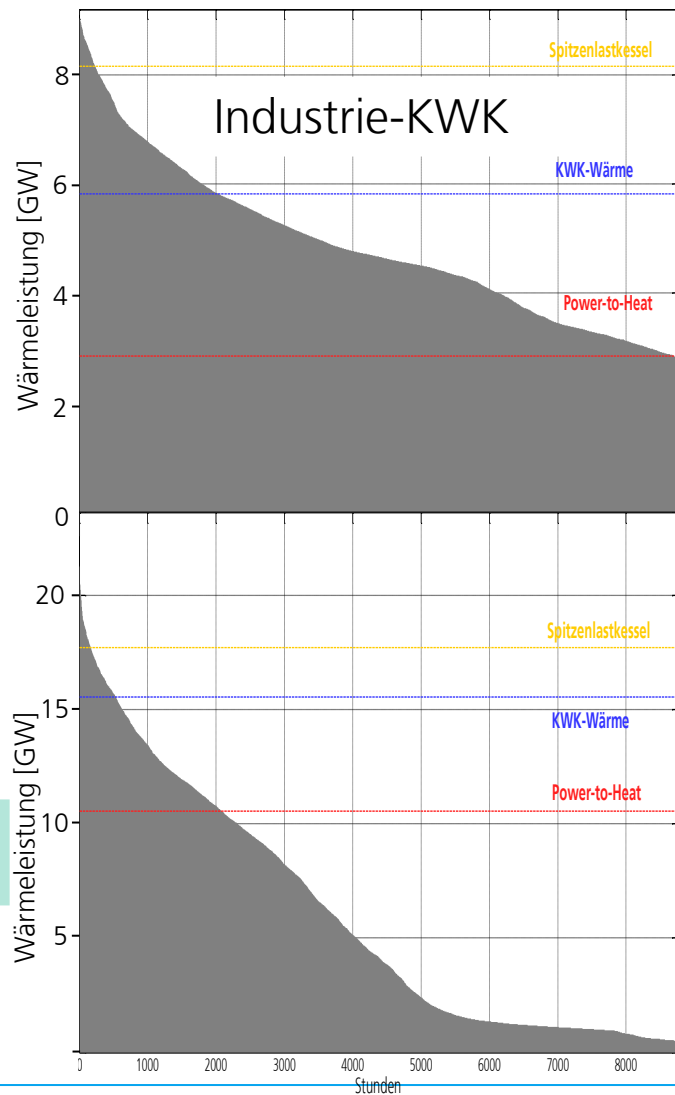
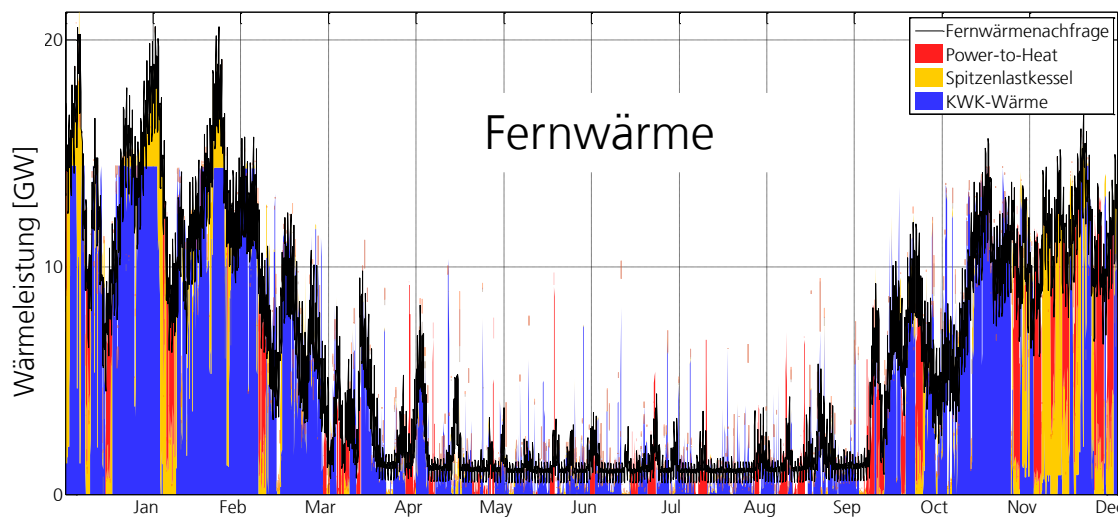
## Deutscher Kraftwerkseinsatz

(MILP, rollierend)

- Berücksichtigung von PRL/ SRL/ MR und Prognosefehler
- Iterativer Speicherzubau von Batteriespeichern

# Grundsätzlicher Einflussfaktor Power-to-Heat (PtH)

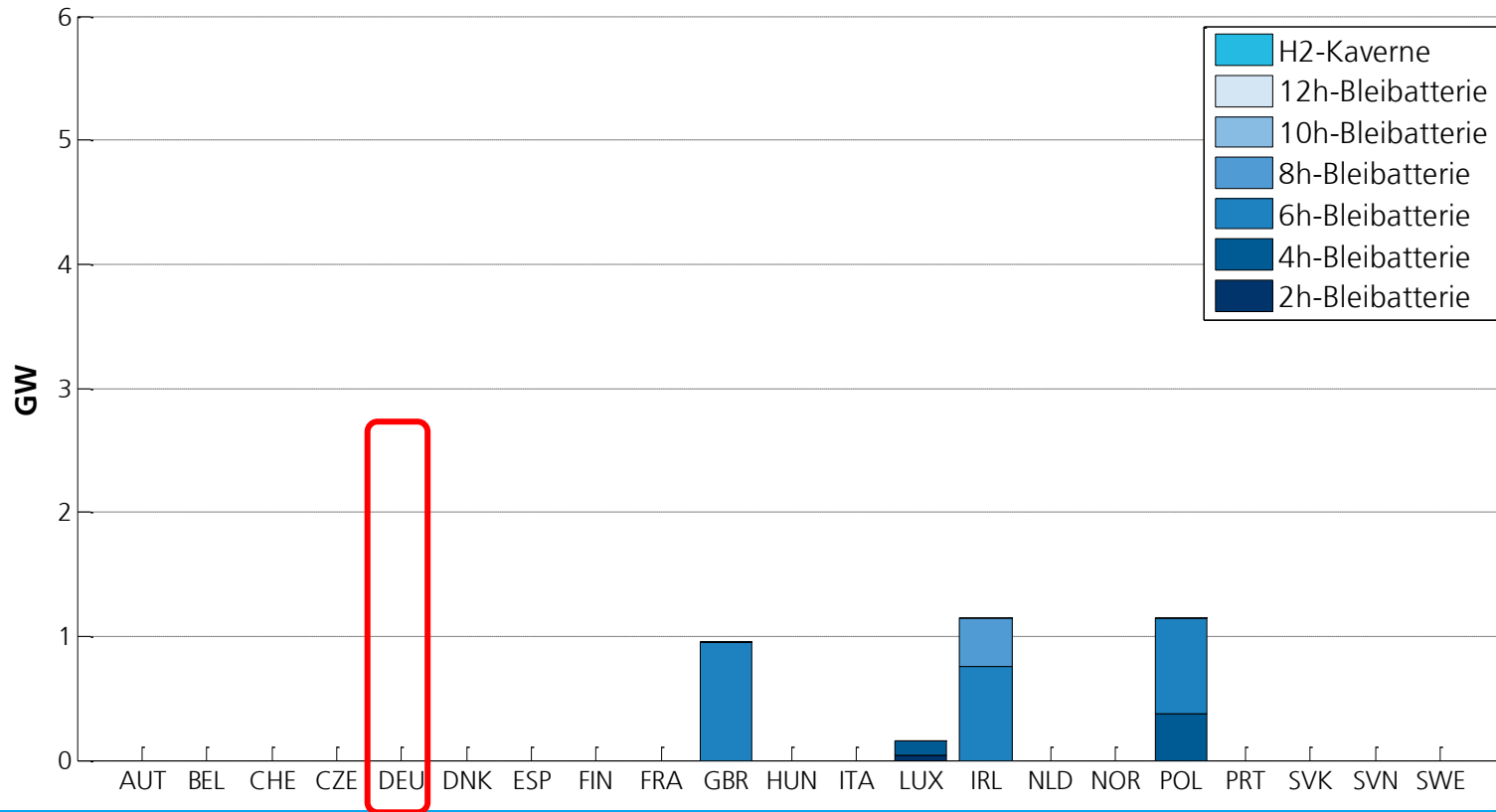
- Die Berücksichtigung von PtH in der Simulation hat einen **großen Einfluss** auf den Speicherbedarf
- **Funktion** - Flexibilisierung KWK und Aufnahme von überschüssigem EE-Strom
- Beispiel Deutschland:
  - 11 GW PtH in der Fernwärme
  - 3 GW PtH in der Industrie



# Szenario A – Hoher Anteil Solarthermischer Kraftwerke

- **Hohe unterstellte Flexibilität solarthermischer Kraftwerke (CSP)**
  - großzügig dimensionierte thermische Speicher (18h)
  - Überdimensionierung Kollektorfeld (Solar Multiple 4)

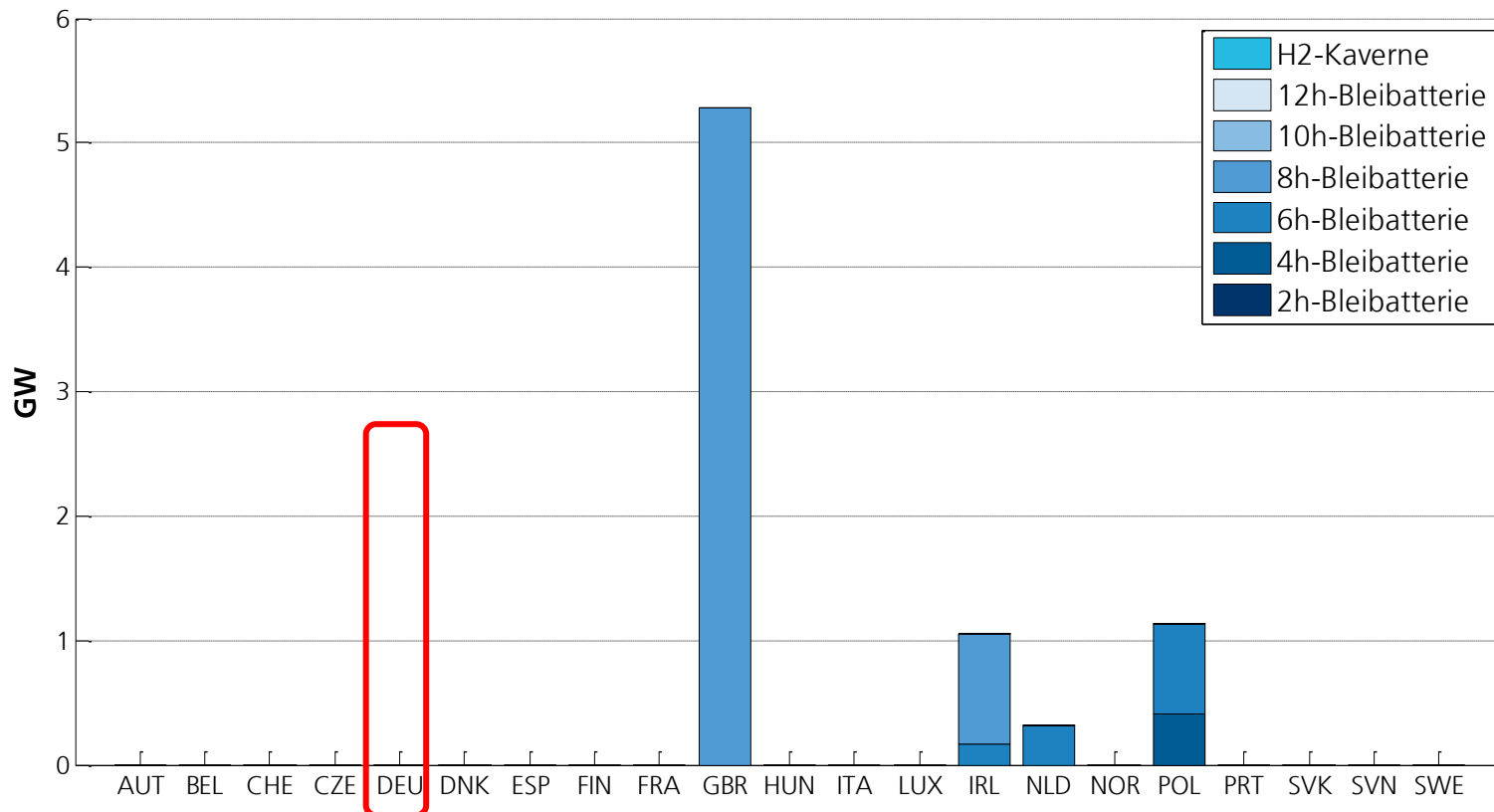
- Geringer Speicherbedarf in Europa
- Kein Speicherbedarf in Deutschland





# Szenario B – Hoher Anteil Windenergie, geringerer Anteil Solarthermischer Kraftwerke

- Vor **allem windenergiebedingter Speicherbedarf in Großbritannien**
- Kein Speicherbedarf in Deutschland



## Szenario B: Einflussfaktor CO<sub>2</sub>-Zertifikatepreis – statt 56 €/tCO<sub>2</sub> → 130 €/tCO<sub>2</sub>

- Höherer Anteil von effizienten GuD-Kraftwerken statt Gasturbinen
- Ermöglicht **nur geringen Einsatz von PtG** im Ausland (Irland) und geringen Mehrbedarf an Kurzzeitspeichern

Aber: Keine Betrachtung der Rückkopplung  
CO<sub>2</sub>-Preis ↔ klimapolitische Ziele

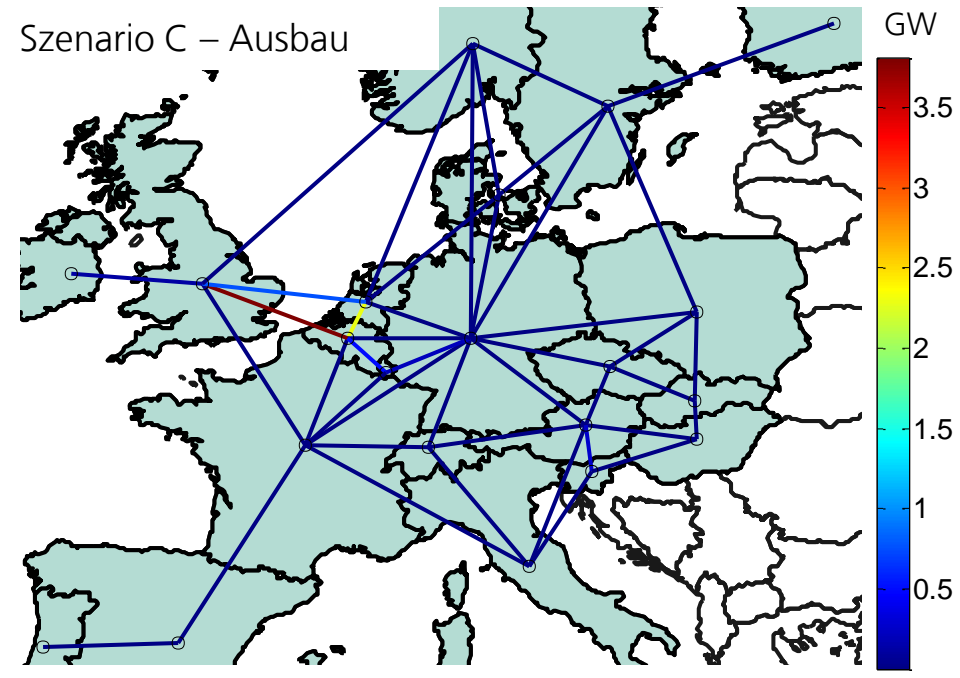
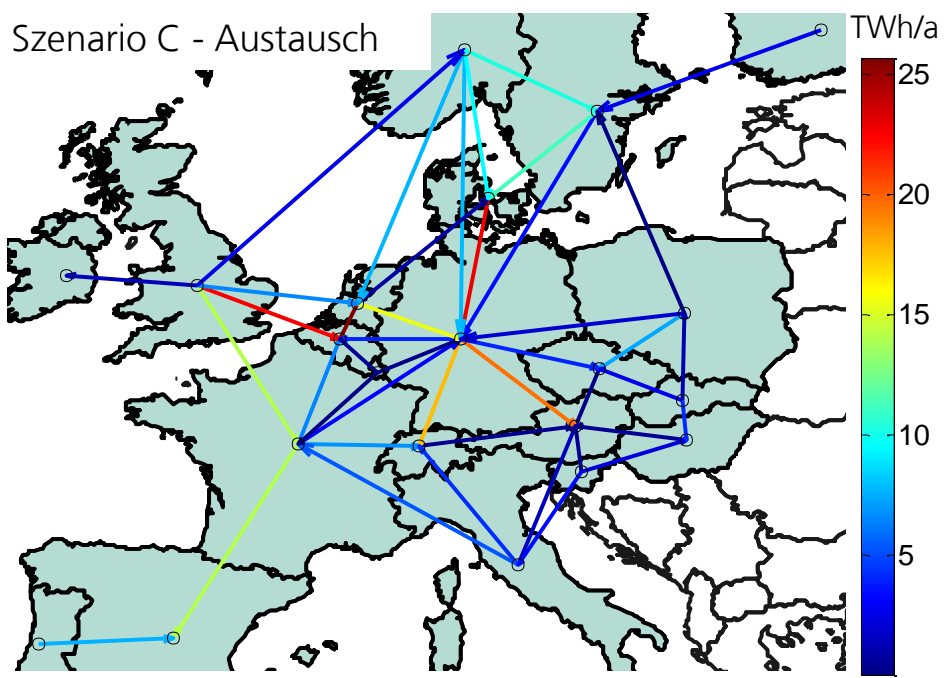
- Sehr **geringer Anteil an EE-Abregelung** – für Deutschland < 1,1%

Szenario - Deutschland	Abregelung [TWh]	EE-Erzeugung [TWh]	Anteil [%]
Szenario A	1,0	456	0,2%
Szenario B	2,9		0,6%
Szenario B - Hohe CO <sub>2</sub> -Kosten	2,5		0,5%
Szenario C	4,9		1,1%

# Szenario B

## Einflussfaktor Netzausbau

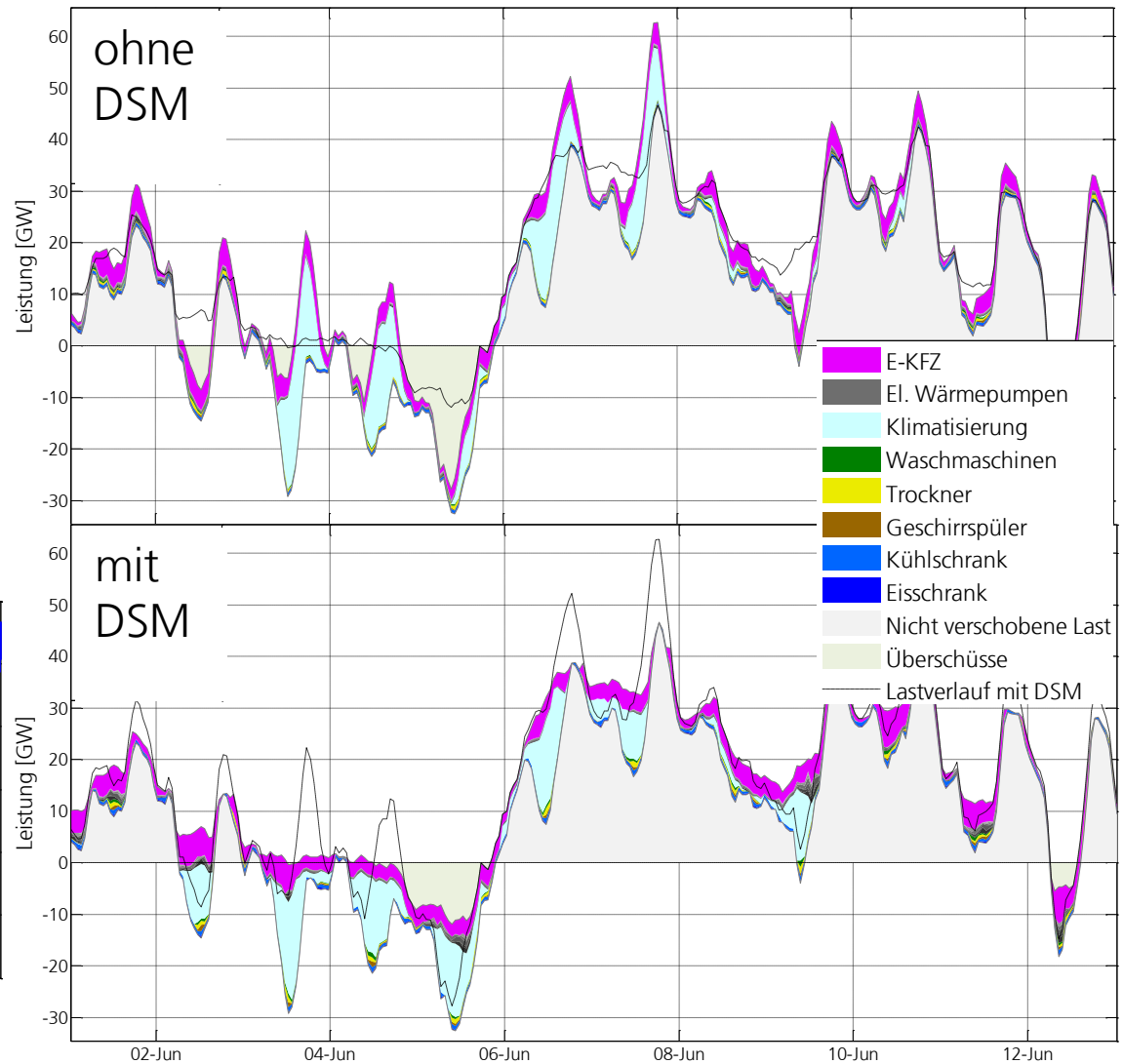
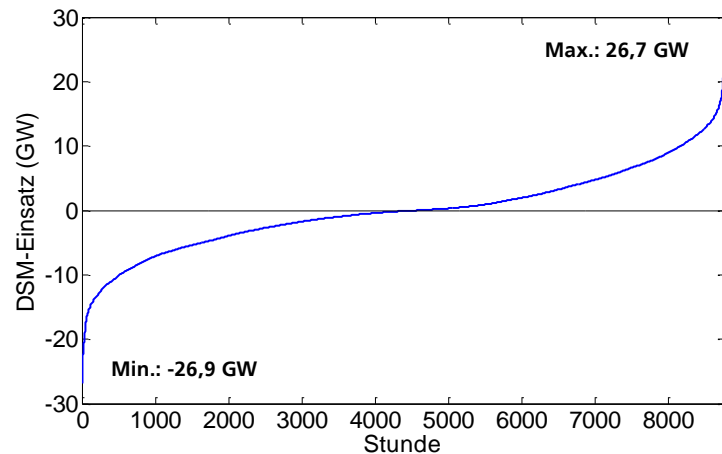
- Erweiterung Basisnetz 2030
- Es ist nur ein **geringer zusätzlicher Netzausbau** für ein kosteneffizientes Energieversorgungssystem **notwendig**
- Simulationsrechnungen mit Basisnetz erhöhen nicht den Speicherbedarf
- Zentrale Lage Deutschlands → Durchleitung und hoher Ausgleich



# Szenario B

## Einflussfaktor DSM

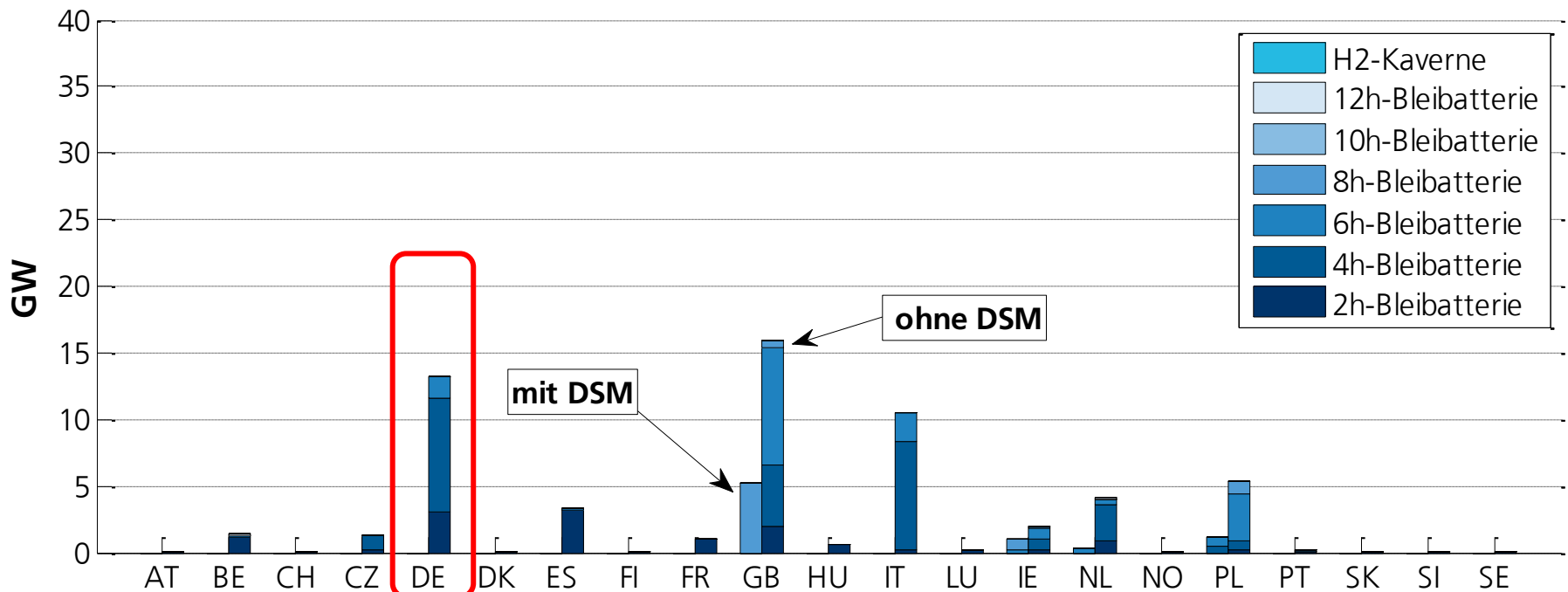
- Der Kurzzeitspeicherbedarf reagiert sehr sensitiv auf DSM insbesondere der **neuen Verbraucher**
- **Speicherfunktion**
- Sehr hohe Anschlussleistung, reduzierte Verfügbarkeit



# Szenario B

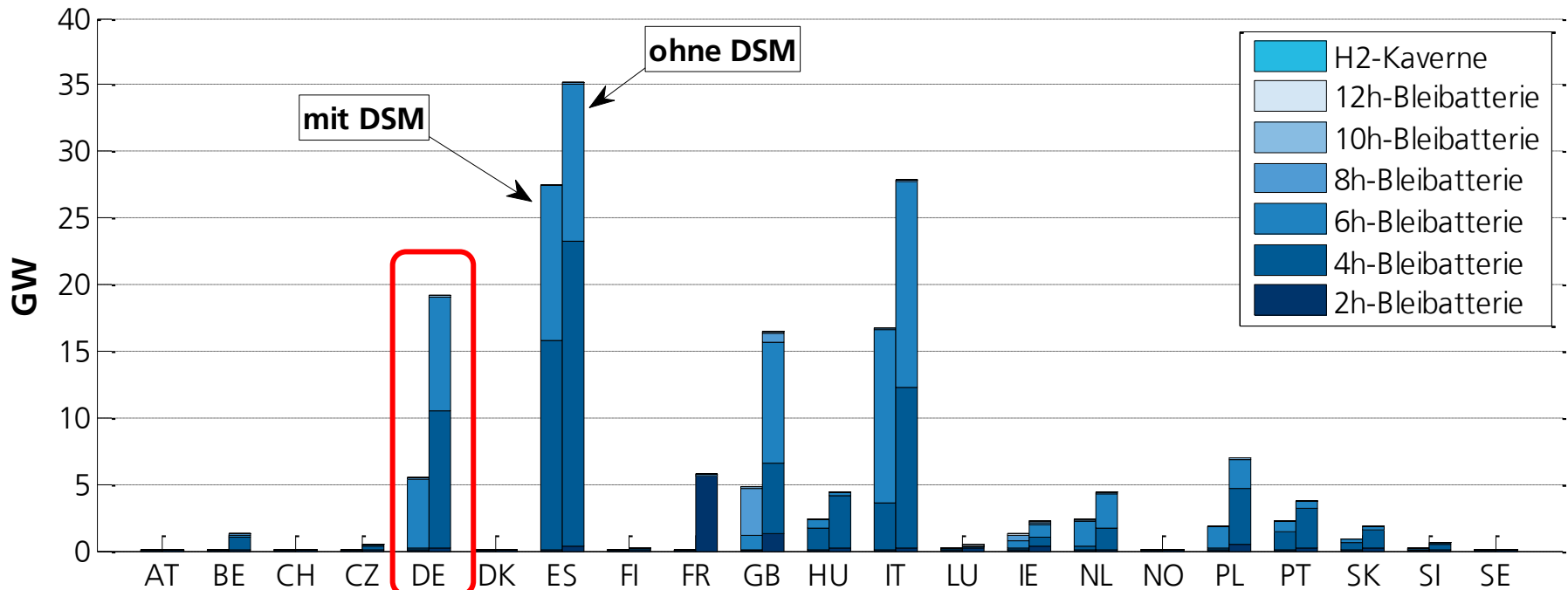
## Einflussfaktor DSM

- Ökonomisches Speicherpotenzial von **13 GW** Kurzzeitspeicher in DE
- Speicherkapazität von **2 bis 4 Stunden**



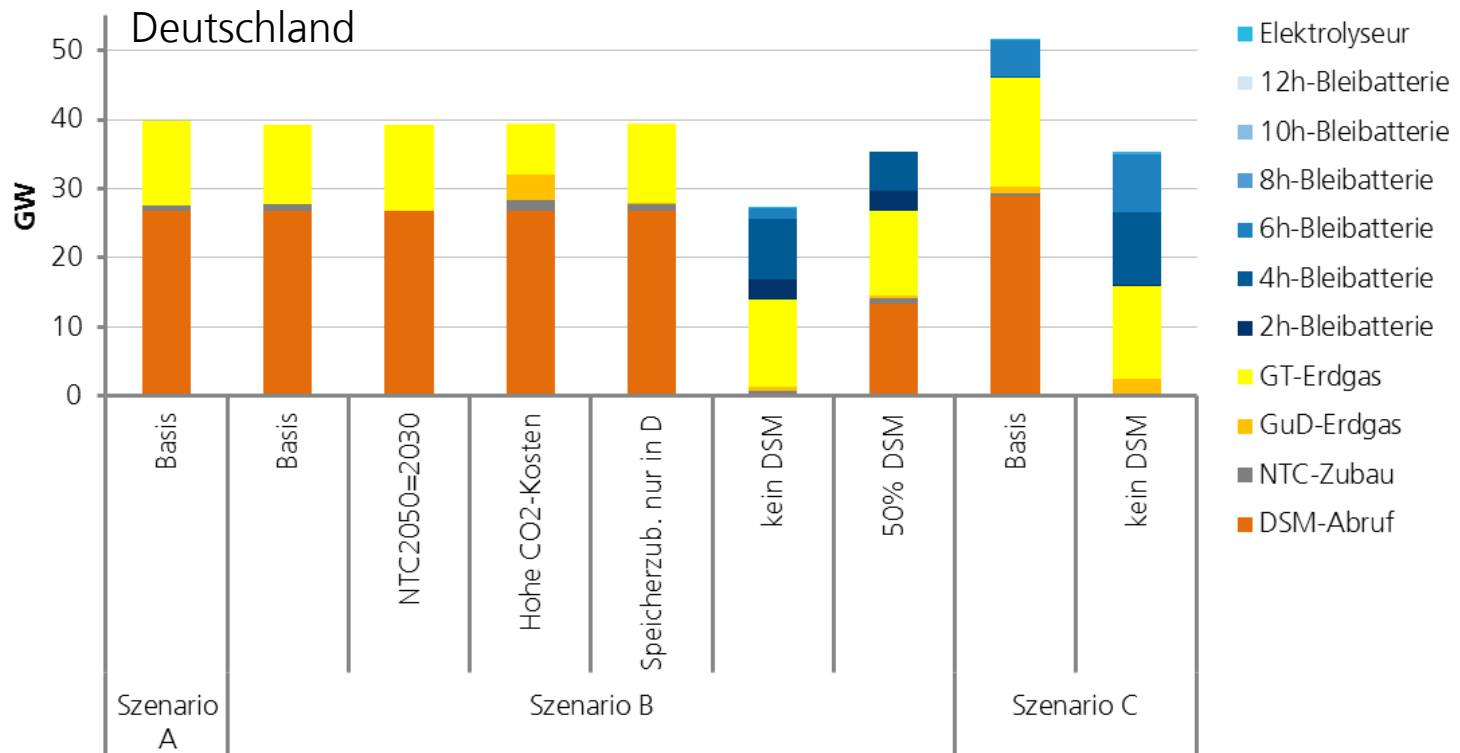
# Szenario C – Hoher Anteil PV und Windenergie, geringerer Anteil Biomasse, kein CSP und kein Geothermie

- Ökonomisches Speicherpotenzial von **5,5 GW** Kurzzeitspeicher in DE
- Speicherkapazität von **4 - 6 Stunden**
- Hoher PV-Anteil (32% der EE-Erzeugung in Europa) – zusätzliche **Speicherleistung ist deutlich geringer als installierte PV-Leistung**
- Hohe Stromgestehungs-Kosten von CSP, Biom., Geoth. gegenüber PV



# Vergleich der Flexibilitätsoptionen

- **Hohe Flexibilität des Systems** durch europäischen Binnenmarkt, flexible Biomasse oder PtH
- **Hoher Einfluss von DSM.** Auch bei nur 50% Umsetzung besteht ein überproportionaler Speicherbedarf



# Methodik

## Europäische Zubauoptimierung

(LP, Ganzjahresrechnung)

Minimierung der Systemkosten

Import-/  
Export-  
Austausch

## Deutscher Kraftwerkseinsatz

(MILP, rollierend)

Bestand (exogen):

- EE-Einspeisung und DSM
- PSW und Speicherwasser
- Bestands-KWK inkl. PtH
- Übertragungsnetz 2030 (NTC)

Zubau (endogen):

- Netzausbau (NTC)
- Batteriespeicher (2 bis 12h)
- H<sub>2</sub>-Kavernenspeicher, PtG-Anlagen
- GT- u. GuD-KW

- Berücksichtigung von PRL/ SRL/ MR und Prognosefehler
- Iterativer Speicherzubau von Batteriespeichern

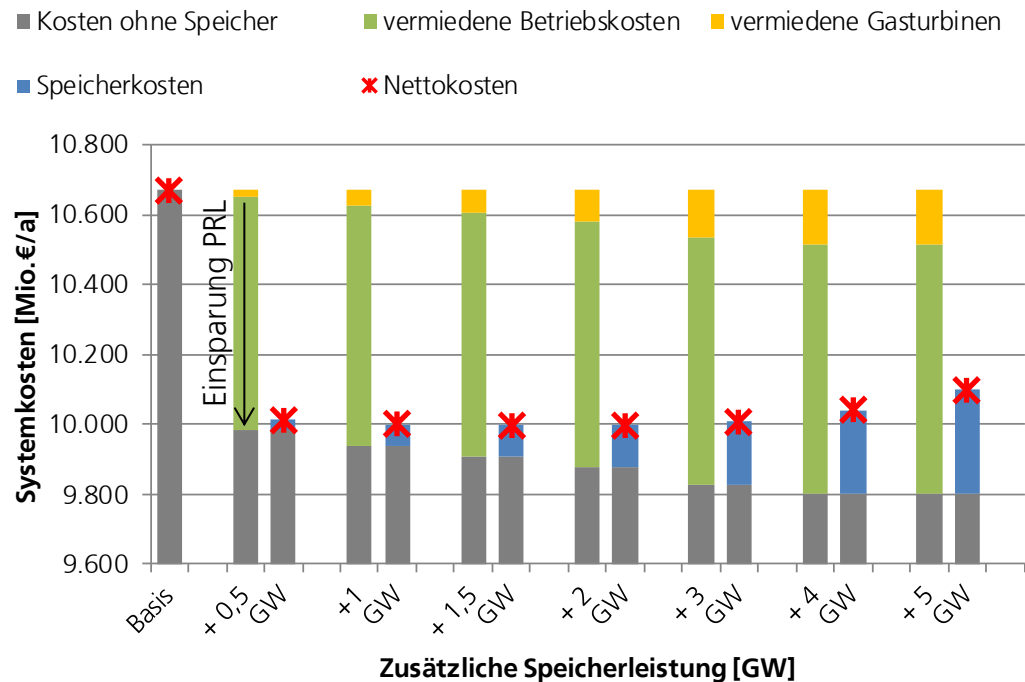
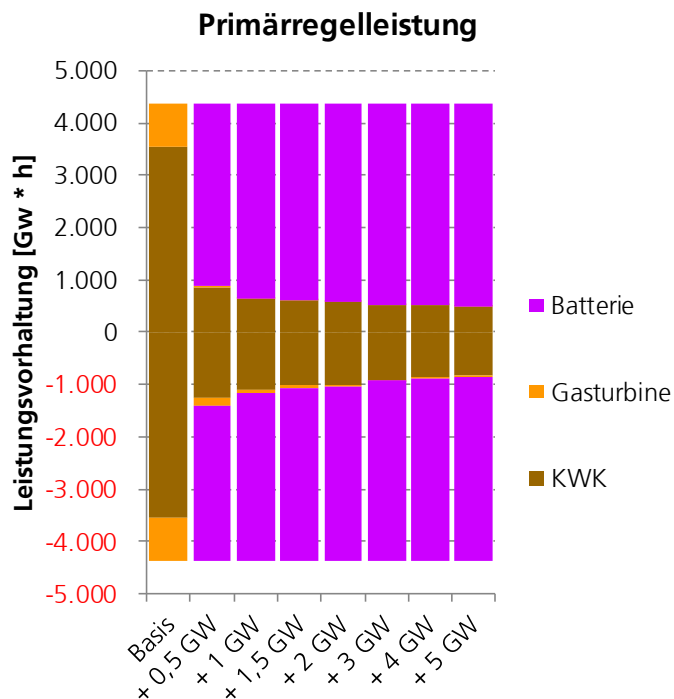


# Modell - Kraftwerkseinsatzplanung mit erhöhtem Genauigkeitsgrad

- Berücksichtigung von Regelleistungsbedarf und kostenoptimierter Regelleistungsvorhaltung sowie Regelleistungsabruf
  - Berücksichtigung des Prognosefehlers der EE-Einspeisung und der Last (3 Tage Prognosehorizont, 4-stündliche Aktualisierung)
  - Restriktionen Kraftwerkspark (Mindestzeiten, Anfahrkosten, Mindestteillast, Teillastverluste)
- Realitätsnahe Abbildung der Anforderungen fluktuierender EE**

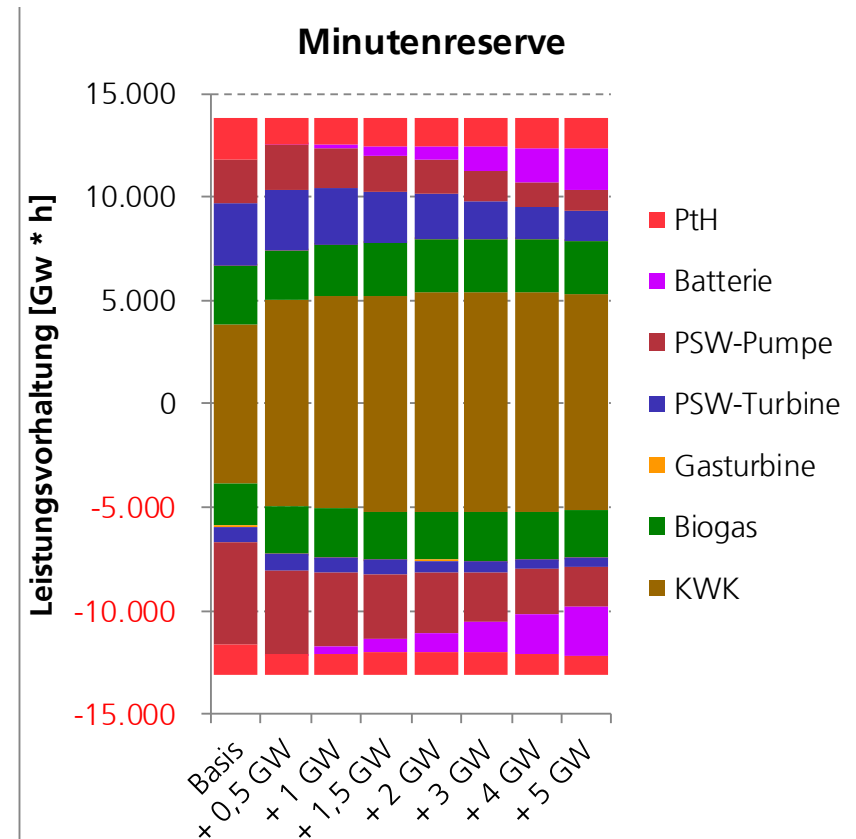
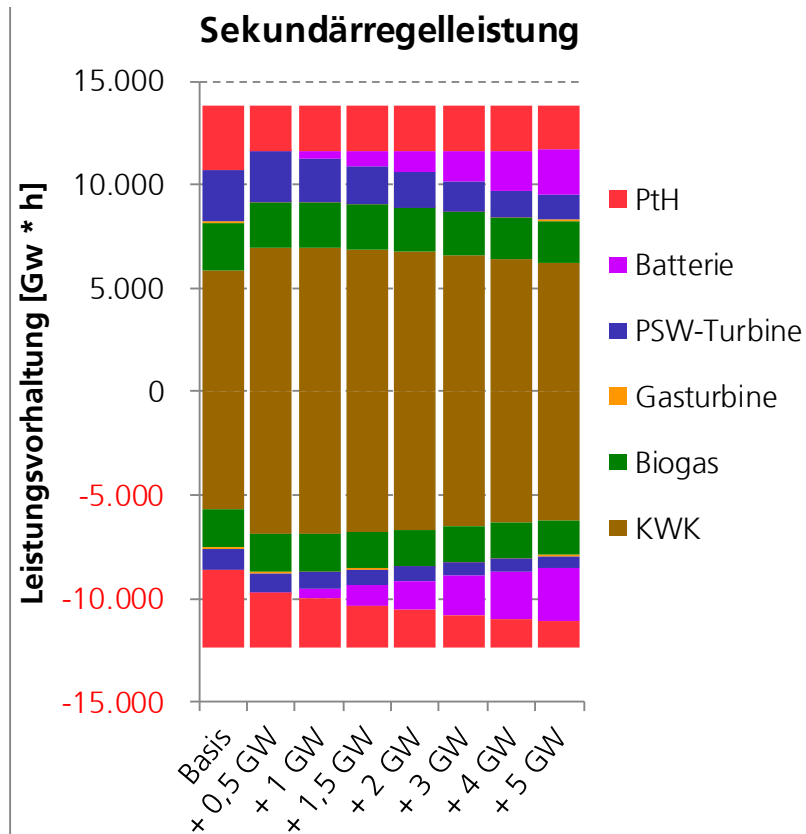
# Szenario B – Hoher Anteil Windenergie, geringerer Anteil Solarthermischer Kraftwerke

- **Hohe Einsparungen** lassen sich durch die ersten 500 MW Batteriespeicher erzielen
  - Vorhaltung und Abruf von **Primärregelleistung** (bestehende PSW nur am Markt für Sekundärregelleistung und Minutenreserve)
  - Substitution von konventionellen must-run-units
- Durch vermiedene Brennstoffkosten und effektiven Rückbau von Gasturbinen, lässt sich ein **Speicherzubau von 2 GW** realisieren



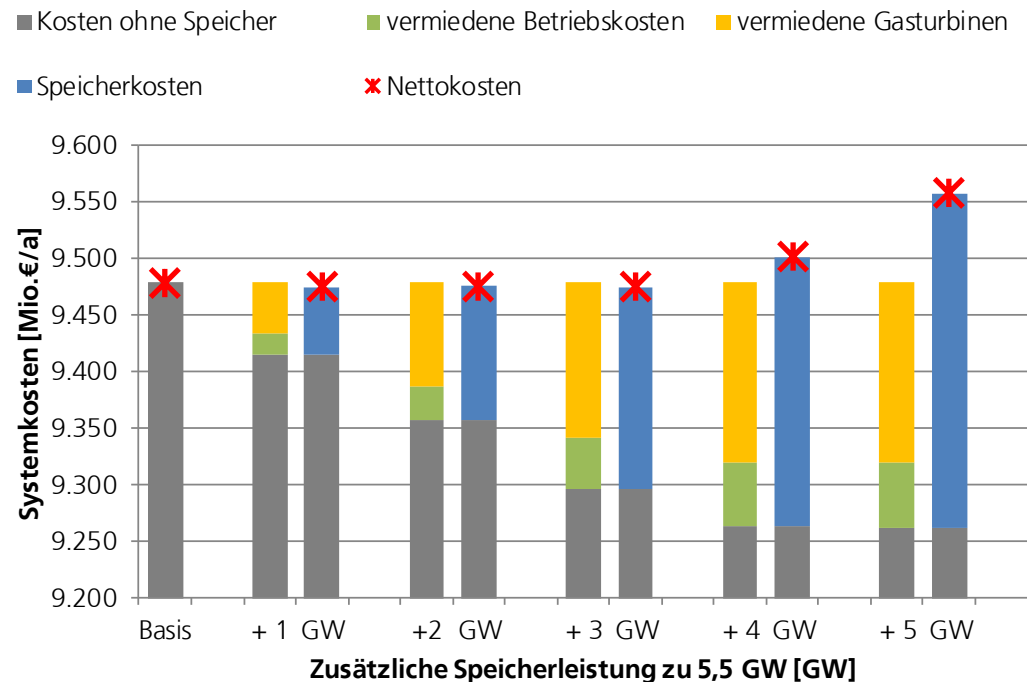
# Szenario B

- Hohe Bedeutung von Speichern zur Regelleistungsvorhaltung
- **Wettbewerb mit Pumpspeichern** im Bereich SRL, MRL
- **Reduktion von Power-to-Heat**



# Szenario C – Hoher Anteil PV und Windenergie, geringerer Anteil Biomasse, kein CSP und kein Geothermie

- Berücksichtigung von zusätzlichen 5,5 GW Kurzzeitspeichern in der Basisrechnung → stehen bereits für Primärregelleistung zur Verfügung
- Durch vermiedene Brennstoffkosten und effektiven Rückbau von Gasturbinen, lässt sich ein Speicherzubau von **3 GW** realisieren
- In Summe ergibt sich ein ökonomisches Speicherpotenzial von 8,5 GW



# IMBISS – 30 MINUTEN

Prof. Dr. Albert Moser, IAEW

# KERNAUSSAGEN

# Kernaussage 1

**Zur Erreichung der Ziele der Energiewende spielt Flexibilität im Stromversorgungssystem zukünftig eine zentrale Rolle. Diese kann durch Netzausbau und den europäischen Strommarkt sowie durch Lastmanagement, flexible Biogasanlagen, Kraft-Wärme-Kopplung und Power-to-Heat zu großen Teilen gedeckt werden**

- Steigender Bedarf an Flexibilität
    - Zeitlicher und räumlicher Ausgleich von Erzeugung und Nachfrage
    - Volatilität und Gradienten in Einspeisung aufgrund Dargebotsabhängigkeit
    - Zeiten hoher Erzeugung durch EE
  - Bereits große Flexibilitätsoptionen verfügbar
    - Räumlicher Ausgleich durch Netzausbau in Deutschland und Europa
    - Steuerung von Nachfrage (DSM) und Erzeugungsanlagen (PSKW, Biogas, KWK)
    - Sektorenübergreifender Ausgleich bspw. durch Power-to-Heat
- ➔ Bei Nutzung dieser Flexibilitätsoptionen Sicherstellung der Energieversorgung möglich

# Kernaussage 3

**Auch bei hohen EE-Anteilen an der Stromerzeugung (ca. 90% in Deutschland und über 80% in Europa) kann bei Flexibilisierung von Erzeugung und Nachfrage der notwendige Ausgleich weitgehend ohne zusätzliche Stromspeicher gedeckt werden. Dabei ist der Anteil abgeregelter EE-Erzeugung mit ca. 1% gering.**

- Angenommene Rahmenbedingungen
  - Hohe Flexibilität der Nachfrage
  - Flexibler Einsatz von Erzeugungskapazitäten (konventionelle Kraftwerke, KWK, Power-to-Heat und CSP)
  - Umsetzung der geplanten Netzinfrstrukturmaßnahmen
- Auch bei hohen Anteilen von EE in Deutschland und Europa Ausgleich von Erzeugung und Nachfrage zu jeder Zeit möglich
- Lediglich geringe Abregelung von EE erforderlich



# Kernaussage 4

**Sollte es in diesem Szenario zukünftig zu einer fehlenden Flexibilisierung der Nachfrage kommen, wird sich ein Bedarf für Stromspeicher mit einem sehr kurzfristigen Zeitbereich ergeben. Bei einem hohen Anteil von PV- und Windenergieanlagen werden ebenfalls zusätzliche Tagesspeicher zur Bereitstellung von Flexibilität benötigt. Dabei ist der Bedarf im Vergleich zur EE-Erzeugungsleistung niedrig und stellt gegenüber der alternativen Stromerzeugung aus Biomasse, Geothermie oder CSP-Anlagen keinen ausschlaggebenden Kostenfaktor dar.**

- Fehlende Flexibilisierung im Lastmanagement
  - Keine flexible Einbindung von Verbrauchern (Elektrofahrzeuge, Wärmepumpen und Klimatisierung)
  - Speicherbedarf mit Speicherzeiten im Bereich von 2-4 Stunden
  - Ausbaupotenzial von 13 GW in Deutschland
- Bei hoher PV-Durchdringung (ca. 32% der EE-Stromerzeugung in Europa)
  - deutlich geringere Anteile an flexibler oder grundlastfähiger EE-Erzeugung
  - flexibilisierte Integration von Verbrauchern
  - Speicherbedarf im Zeitbereich von 6-8 Stunden
  - Zubau von insgesamt 5,5 GW Kurzzeitspeichern, bei unflexibler Integration der Verbraucher sogar ca. 20 GW

# Kernaussage 5

**Der Ausbau des Übertragungsnetzes ist in einem gewissen Maß erforderlich, um die Ziele der Energiewende zu erreichen. Anderenfalls kann es zu großen Engpässen im Übertragungsnetz innerhalb von Deutschland kommen, wodurch mögliche Einspeisungen von Erzeugungsanlagen auf Basis dargebotsabhängiger Ressourcen eingeschränkt werden.**

- Bei verzögertem Netzausbau
  - Vor allem Engpässe an Netzanschlusspunkten der Offshore-Windparks
  - Engpässe entlang der Nord-Süd-Trassen aufgrund weiträumigem Energietransport
- Großer Einfluss des Ausbaus der innerdeutschen HGÜs auf die Engpasssituation

# Kernaussage 8

**Eine wichtige Voraussetzung für die zukünftige Wirtschaftlichkeit der Stromspeicher ist die Kostendegression. Hierzu sind konkrete Strategien und Maßnahmen zur Einführung der Technologien gegebenenfalls durch eine politische Begleitung zu schaffen.**

- Langfristige Integration von Stromspeichern im Energieversorgungssystem
  - Gesamtwirtschaftliche Effizienz nur bei geringeren Investitionskosten
  - Kostendegression bei Speichertechnologien erforderlich
- Notwendige Technologien bereits jetzt meist vorhanden
- Kommerzialisierung zur wirtschaftlichen Nutzung anzustreben

## Kernaussage 9

**Da jede Speicherung mit Kosten und zum Teil sehr hohen Wirkungsgradverlusten verbunden ist, ist eine direkte Nutzung des Stroms einer Zwischenspeicherung sowohl ökonomisch als auch klimapolitisch vorzuziehen. Speicherung im Vergleich zu alternativen Lösungen ist dann sinnvoll, wenn nur mit einer Speicherung die Ziele erreicht werden können oder die mit der Speicherung verbundenen Vorteile die zusätzlichen Kosten zumindest aufwiegen.**

- Direkten Nutzung von EE-Erzeugung aufgrund von Wirkungsgradverlusten durch Ein- und Ausspeicherung vorzuziehen
- Zwischenspeicherung gesamtwirtschaftlich nicht effizient

# Kernaussage 11

**Die genehmigungsrechtliche Situation für Stromspeicher hängt stark von der jeweiligen Technologie ab und zeigt sich etwa bei Pumpspeicherkraftwerken als durchaus problematisch.**

- Zu beachtendes Genehmigungsrecht technologieabhängig
  - PSW → Wasserrecht
  - Druckluftspeicherkraftwerke → Bergrecht
  - Elektrolyse/Methanisierung → Immissionsschutzrecht
- Für Pump- und Druckluftspeicherkraftwerke kein einheitlicher Genehmigungstatbestand vorhanden
- Hohe Anforderungen im Wasser- und Naturschutzrecht
- Rechtliche Unsicherheiten hinsichtlich konkreter Anforderungen
- Genehmigungspraxis teilweise unterschiedlich

# Kernaussage 12

**Die Kosten- und Abgabensituation für Stromspeicher ist im regulatorischen, rechtlichen sowie marktlichen Rahmen teilweise uneinheitlich und im Detail bisweilen umstritten. Der Gesetzgeber hat jedoch bereits etliche Privilegierungen für Speicher geschaffen.**

- Privilegierung u.a. bei Netzentgelten, Stromsteuer, EEG-Umlage
- Anforderungen unterschiedlich:
  - Investition/Betrieb
  - technologiespezifisch/-neutral
  - Rückverstromungserfordernis
  - Netzdienliches Nutzungsverhalten
- Rechtliche Unsicherheiten
- Tatsächliche Unsicherheiten bzgl. Speicher erfordern „lernfähiges“ Recht, das Flexibilität in verschiedene Entwicklungspfade erlaubt und Erprobung ermöglicht

Fraunhofer IWES, IAEW, Stiftung Umweltenergierecht

# DISKUSSION

Moderator: Prof. Michael Sterner

# PODIUMSDISKUSSION



# BACKUP - KERNAUSSAGEN

## Kernaussage 2

**Bis zu einem EE-Anteil von ca. 60% ist der Ausbau von Stromspeichern keine Voraussetzung für den weiteren Ausbau von Windenergie- und PV-Anlagen, wenn eine Abregelung geringer Mengen von Erzeugungsspitzen akzeptiert wird.**

- Flexibilitätsmaßnahmen bei EE-Anteilen von bis zu 60% ausreichend
- Kein zwingender Ausbau von Stromspeichern erforderlich
- Weiterer Ausbau von Erzeugungsanlagen auf Basis von Windenergie und Solarenergie möglich

## Kernaussage 6

**Der netzdienliche Einsatz von Stromspeichern kann bei einem verzögerten Netzausbau Nutzen im Engpassmanagement bringen. Aufgrund der zeitlichen und räumlichen Entkopplung von Ein- und Ausspeicherung weisen Power-to-Gas-Anlagen hierbei den größten Nutzen auf, dem jedoch höhere Investitionskosten gegenüberstehen. Bei einem abgeschlossenen Netzausbau werden diese netzdienlichen Stromspeicher jedoch für diese Funktion nicht mehr benötigt.**

- Engpässe im Übertragungsnetz bei verzögertem Netzausbau
- Weiträumiger Energietransport durch Gasnetz möglich
  - Einspeicherung in Power-to-Gas-Anlagen in Stark-Wind-Zeiten im Norden
  - Ausspeicherung in Gasturbinen/GuD-Kraftwerke in Lastzentren im Süden
- Reduktion von erforderlichem Redispatch, jedoch hohe Investitionskosten
- Zukünftiger Nutzen begrenzt durch lokale Potenziale in Engpassgebieten

# Kernaussage 7

**Zukünftig werden die Anforderungen an die Bereitstellung von Systemdienstleistungen im Energieversorgungssystem steigen. Speicher können hierzu neben anderen Technologien einen nennenswerten Beitrag leisten.**

- Zunahme von Reservebedarf in kommenden Jahren erwartet
- Herausforderung der Bereitstellung weiterer Systemdienstleistungen aufgrund sinkender Kapazitäten konventioneller Kraftwerke
- Mögliche Bereitstellung von Schwarzstartfähigkeit, Frequenzstützung, Blindleistung, etc. durch Stromspeicher
- Batteriespeicher als effiziente und wirtschaftliche Technologie zur Bereitstellung von Primärregelleistung
  - Niedriges Verhältnis von Kapazität zu Leistung
  - hohe Zyklenfestigkeit
- **Aber:** begrenztes Marktvolumen und Rückwirkung auf PRL-Preise durch Speicherausbau zu erwarten

# Kernaussage 10

**Ungünstige Regelungen und rechtliche Unsicherheiten wirken sich auf die Investitionsentscheidung in Stromspeichern aus. Dies betrifft die Planungs- und Genehmigungsphase ebenso wie die spätere Betriebsphase. Der Rechtsrahmen für Stromspeicher stellt sich als teilweise inkonsistent dar und ist angesichts der bestehenden tatsächlichen Unsicherheiten beim künftigen Stromspeicherbedarf weniger von einem gesetzgeberischen Gesamtkonzept geprägt, als vielmehr von einer Vielzahl punktueller Regelungen.**

- Zum Teil ungünstige Regelung und rechtliche Unsicherheiten im Genehmigungsrecht und Energiewirtschaftsrecht
- Teilweise inkonsistente Regelung
- Speicherrecht besteht aus vielen punktuellen Regelungen in verschiedenen Gesetzen
- Kein gesetzgeberisches Gesamtkonzept wegen tatsächlicher Unsicherheiten hinsichtlich zukünftiger Speicherbedarf und Rahmen der Elektrizitätsversorgung

# Kernaussage 13

**Bei der Ausgestaltung einer finanziellen Förderung von Speichern sind zur Verhinderung von Wettbewerbsverzerrungen insbesondere das europäische Beihilferecht und ggf. die neuen Umwelt- und Energiebeihilfeleitlinien zu beachten sowie daneben auch gewisse verfassungsrechtliche Grenzen einzuhalten.**

- Europäisches Beihilferecht bei staatlichen Beihilfen
- Neue Umwelt- und Energiebeihilfeleitlinien für Energieinfrastruktur
- EU-Warenverkehrsfreiheit
- Verfassungsrecht

# Kernaussage 14

**Eine Speicherförderung nach dem Vorbild des EEG durch Gewährung bestimmter Vergütungssätze und/oder Prämien ist nicht geeignet. Es entstünden Fehlanreize, unabhängig von der energiewirtschaftlichen Sinnhaftigkeit möglichst viel Strom zwischenzuspeichern. Ein „Speichergesetz“ wird im jetzigen Stadium nicht empfohlen. Es braucht angesichts der tatsächlichen Ungewissheiten „lernfähiges“ Recht, das eine gewisse Flexibilität in verschiedenen Entwicklungspfaden erlaubt und eine Erprobung ermöglicht.**

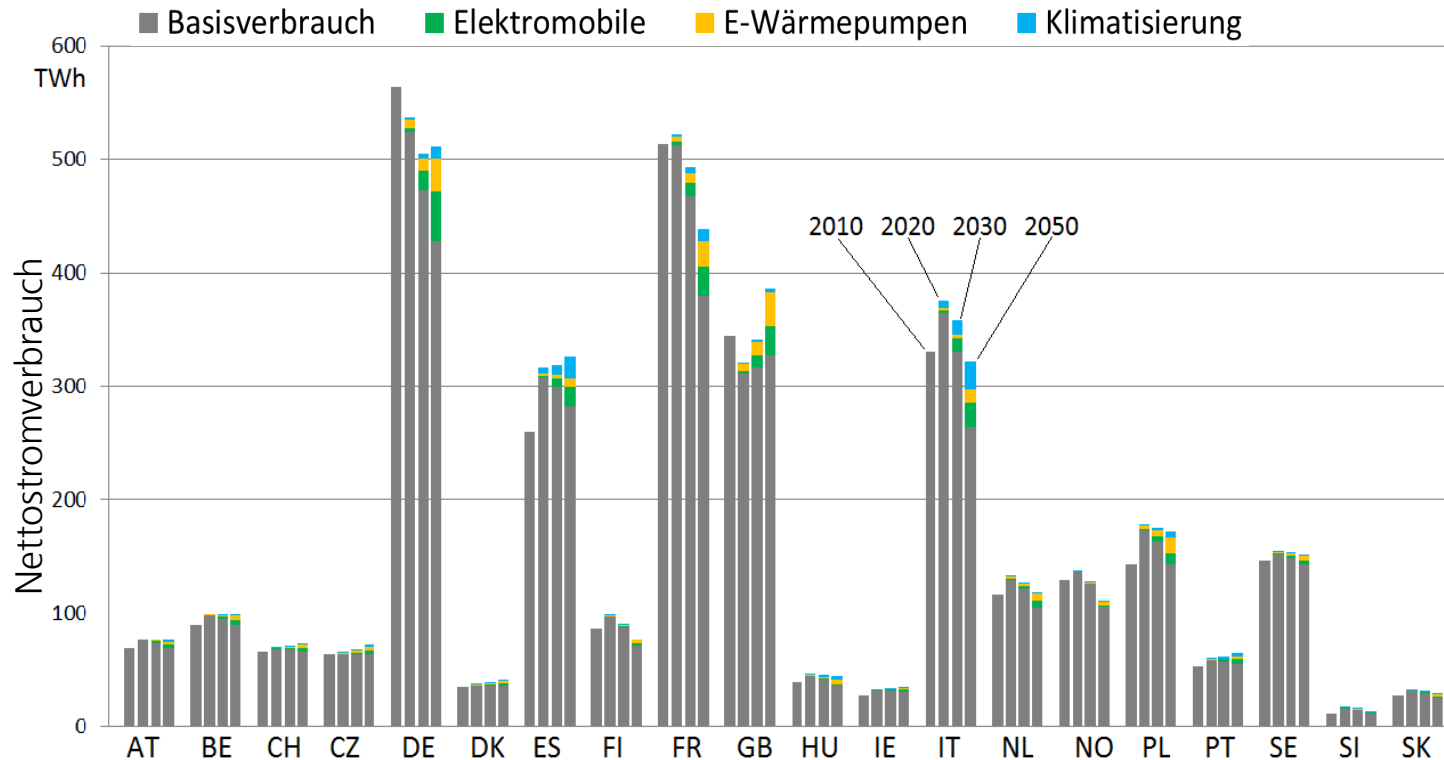
- Förderung nach EEG-Vorbild für Speicher ungeeignet
- Vermeidung von Fehlsteuerung durch Fehlanreize, Unwissenheit oder Vorfestlegung
- Speicher als flexible Antwort auf fluktuierende Energiequellen vs. unflexibler „Grundlast-Speicher-Einsatz“
- Kein Bedarf nach „Speichergesetz“
- Eher Bedarf nach „lernfähigem“ Recht mit Flexibilität in unterschiedliche Entwicklungspfade und Erprobungsmöglichkeiten

# BACKUP



# Stromnachfrage - Europa

- Effizienzscenario: abgeleitet von Szenario A' der Langfristszenarien  
→ Reduktion des Stromverbrauchs um 25% ohne neue Verbraucher bis 2050
- Basisstromverbrauch mit zeitl. Charakteristik des heutigen Verbrauchs
- Neue Verbraucher nehmen im erheblichen Umfang am DSM teil (Sensitivität)



# Kontakte und Ansprechpersonen bei Rückfragen

## **Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES), Kassel (Projektleitung)**

Dr. Carsten Pape

carsten.pape(at)iwes.fraunhofer.de

Tel.: +49 (0) 561 7294-265

## **Institut für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft (IAEW), RWTH Aachen**

Tim Drees

td(at)iaew.rwth-aachen.de

Tel.: +49 (0) 241 80-96734

## **Stiftung Umweltenergierecht, Würzburg**

Frank Sailer

sailer(at)stiftung-umweltenergierecht.de

Tel.: +49 (0) 931 7940-77