

**24. FfE-Fachtagung 2013**

# **Szenarien zur Entwicklung der Speicherkapazität in Deutschland**

Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt KW21

Dr.-Ing. Philipp Kuhn

Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Anwendungstechnik

Technische Universität München

München, 30. April 2013

- Beschreibung der Problemstellung
- Basisszenarios
  - Definition
  - Ergebnisse
- Szenarios mit funktionalen Speichern
  - Definition
  - Ergebnisvergleich
- Zusammenfassung und Fazit



### Ausbau der Erneuerbaren Energien (EE)

- wachsende Anteile fluktuierender Stromerzeugung
- Zeitpunkte mit Überangebot an elektrischer Energie nehmen zu
- Integration der EE erfordert Flexibilisierung des Stromsystems



### Ausbau von Stromnetzen

- örtliche Entkopplung von Stromerzeugung und -verbrauch
- sowohl Verteil- und Übertragungsnetze in Deutschland als auch Übertragungsnetze innerhalb Europas



### Ausbau von Energiespeichern

- zeitliche Entkopplung von Stromerzeugung und -verbrauch
- teuer und je nach Technologie teilweise hohe Verluste

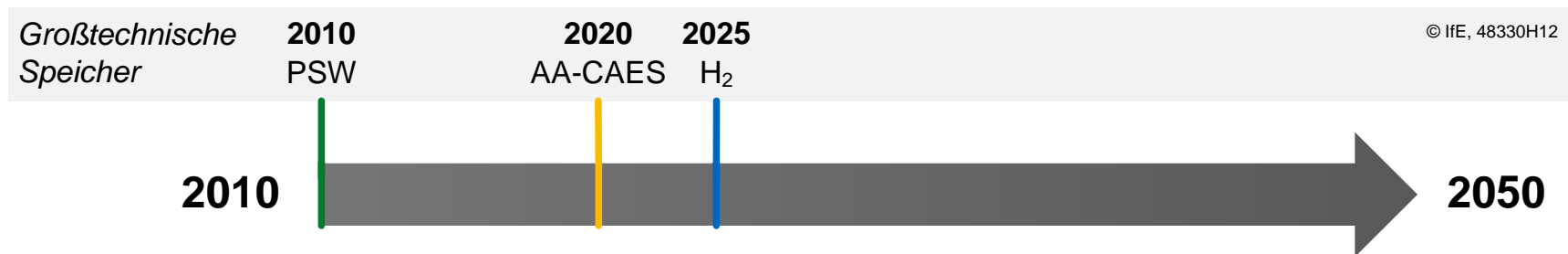


### Ausbau von funktionalen Speichern

- zeitliche Verschiebung des Stromverbrauchs
- Berücksichtigung des Nutzers

### Fragestellung

Welches volkswirtschaftlich sinnvolle Potential ergibt sich für großtechnische Energiespeicher im deutschen Stromsystem für unterschiedliche Szenarios der Lastentwicklung und des Ausbaus erneuerbarer Energien?



### Fixe Rahmenbedingungen

- Kraftwerks- und Speicherbestand heute
- möglicher Ausbau von Gas- und Kohlekraftwerken, keine CCS-Technologien
- ein Preispfad für Brennstoffe und CO<sub>2</sub>-Zertifikate
- Verwendung jeweils einer charakteristischen Zeitreihe für Stromnachfrage und gesetzte Einspeisung aus erneuerbaren Energien und KWK
- gefordertes Zuverlässigkeitsniveau des Erzeugungssystems 99,5 %
- Bonus von 50 % auf Investitionskosten der Speicher

### Pumpspeicherwerke



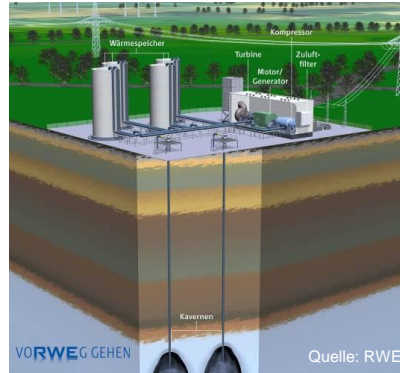
Laden: Pumpe  
 Entladen: Turbine  
 Speicher: Wasserreservoir  
 vol. Dichte<sup>1)</sup>: 0,7 kWh/m<sup>3</sup>

Bestand: 25 PSW  
 6,5 GW Turb.-leistung  
 77 GWh Kapazität

Nutzungs-  
 grad: 80 %

verfügbar: 2010

### Adiabate Druckluftspeicher



Laden: Kompressor  
 Entladen: Heißluftturbine  
 Speicher: Kaverne / Wärmespeicher  
 vol. Dichte<sup>1)</sup>: 2,9 kWh/m<sup>3</sup>

Bestand: -

Nutzungs-  
 grad: 70 %

verfügbar: 2020

### Wasserstoffspeicher



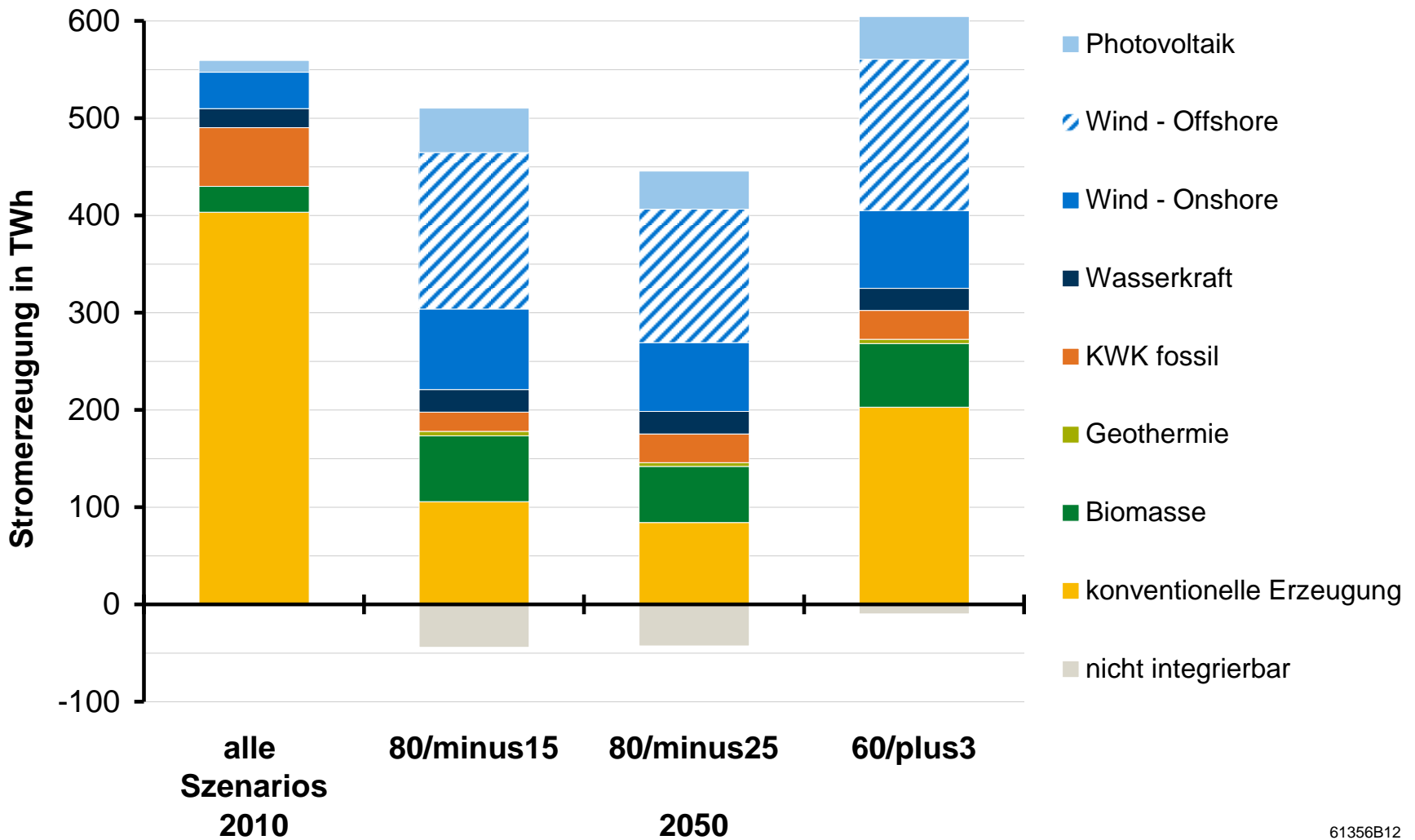
Laden: Elektrolyseur / Kompressor  
 Entladen: GuD-Kraftwerk  
 Speicher: Kaverne  
 vol. Dichte<sup>1)</sup>: 163 kWh/m<sup>3</sup>

Bestand: -

Nutzungs-  
 grad: 40 %

verfügbar: 2025

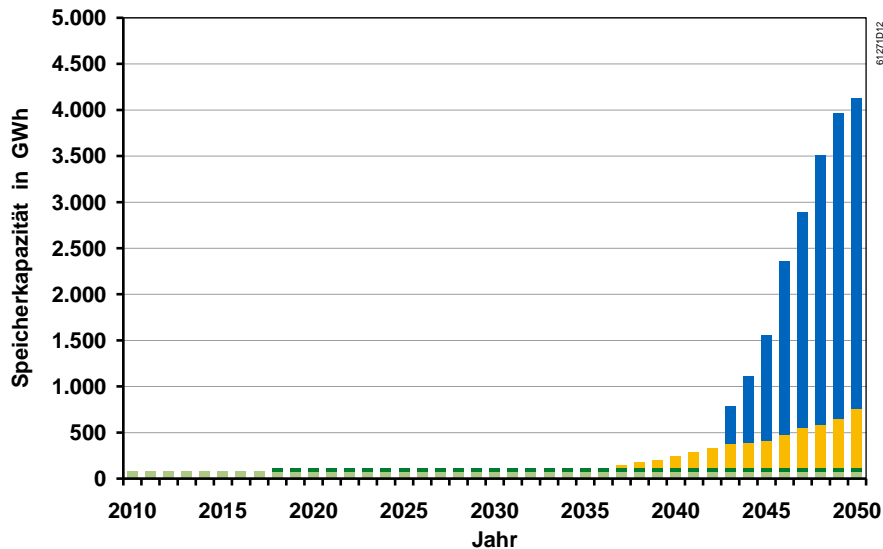
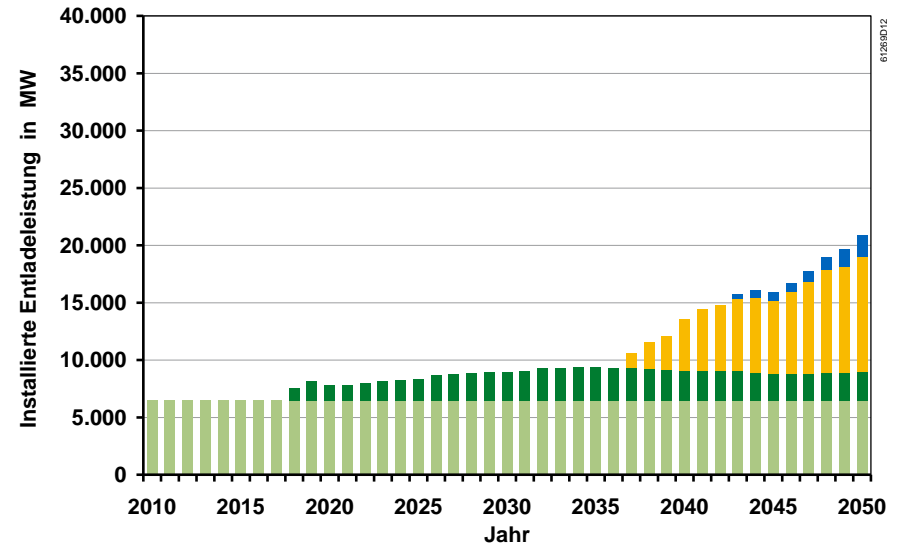
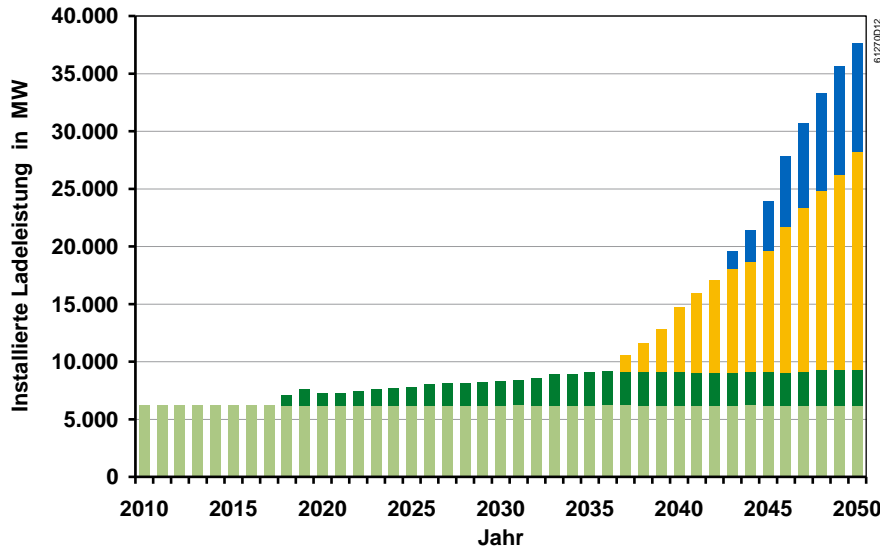
1) Quelle: VDE-Studie „Energiespeicher in Stromversorgungssystemen mit hohem Anteil erneuerbarer Energieträger“, 2009.



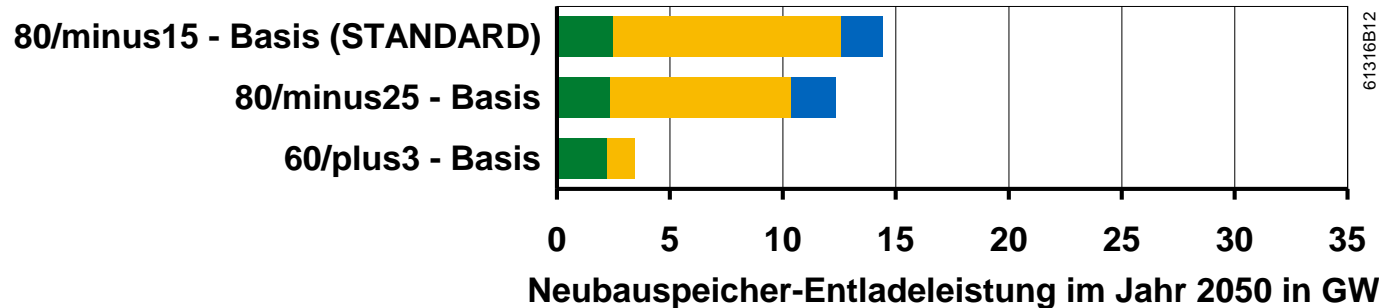
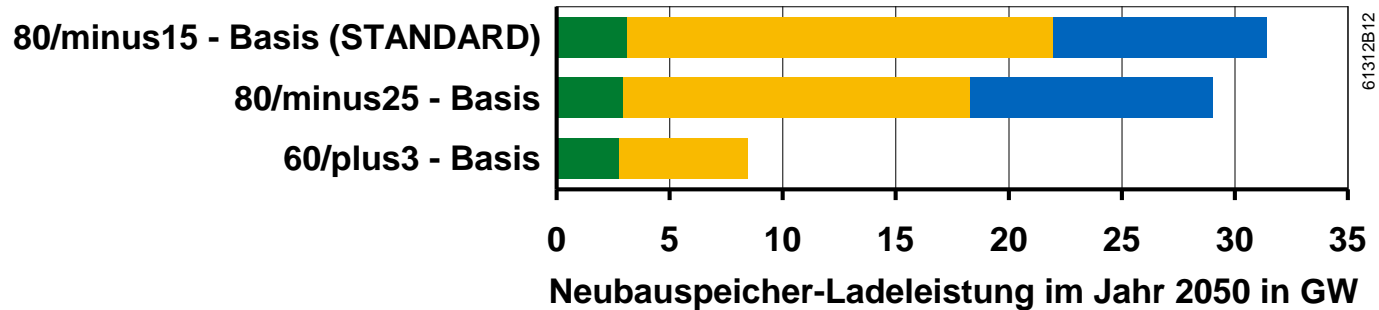
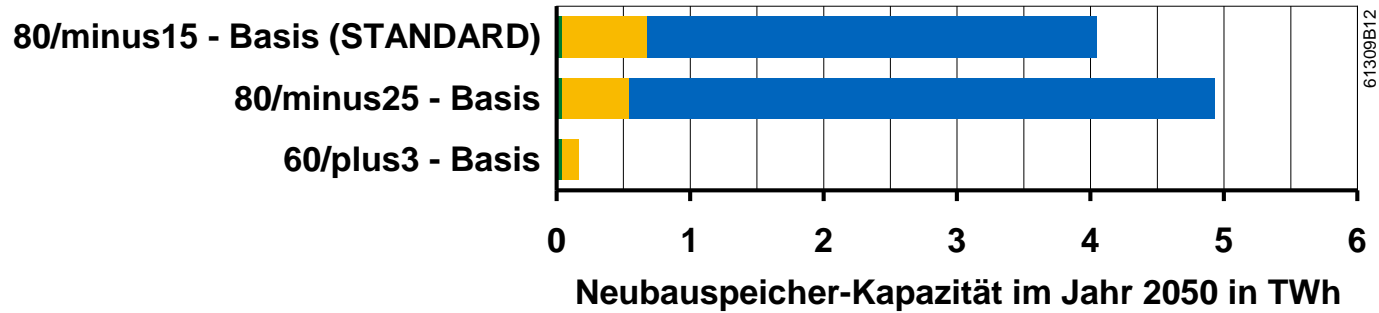
61356B12

# Ergebnisse Basisszenarios

## Entwicklung des Speicherausbaus (80/minus15)



- H2-GuD
- AA-CAES
- PSW
- PSW Bestand



■ PSW   ■ AA-CAES   ■ H2-GuD

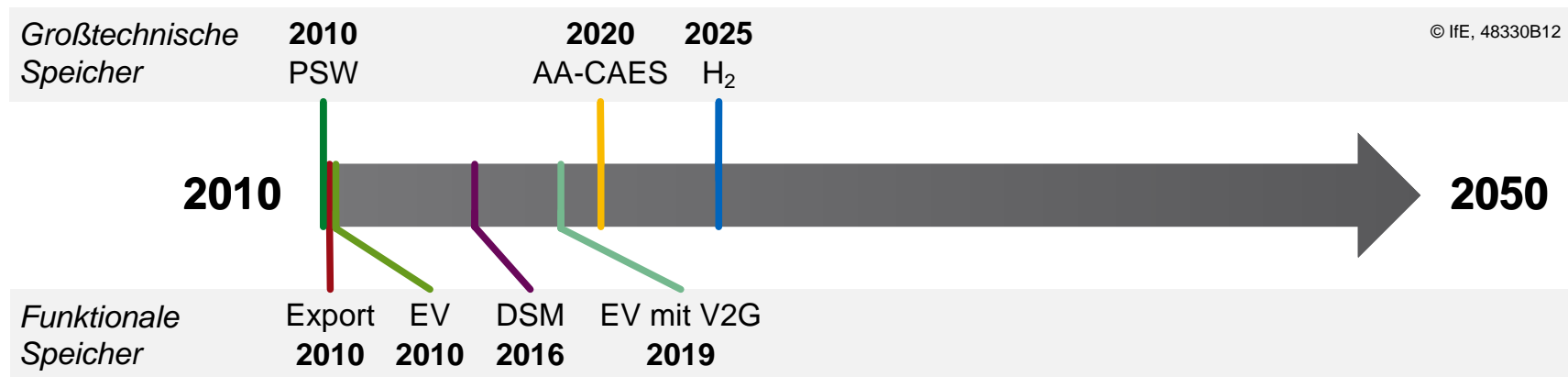


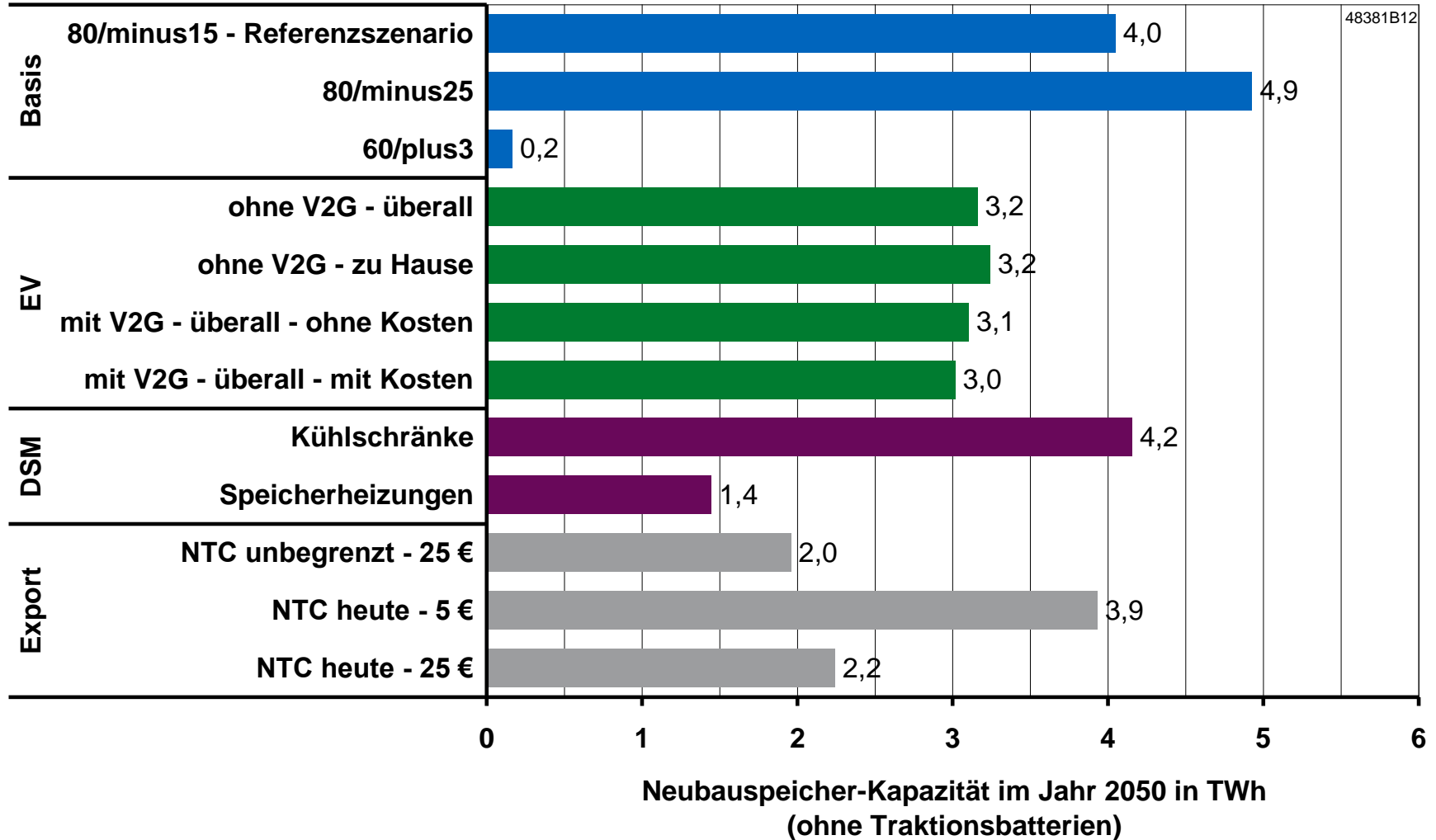
### Fragestellung

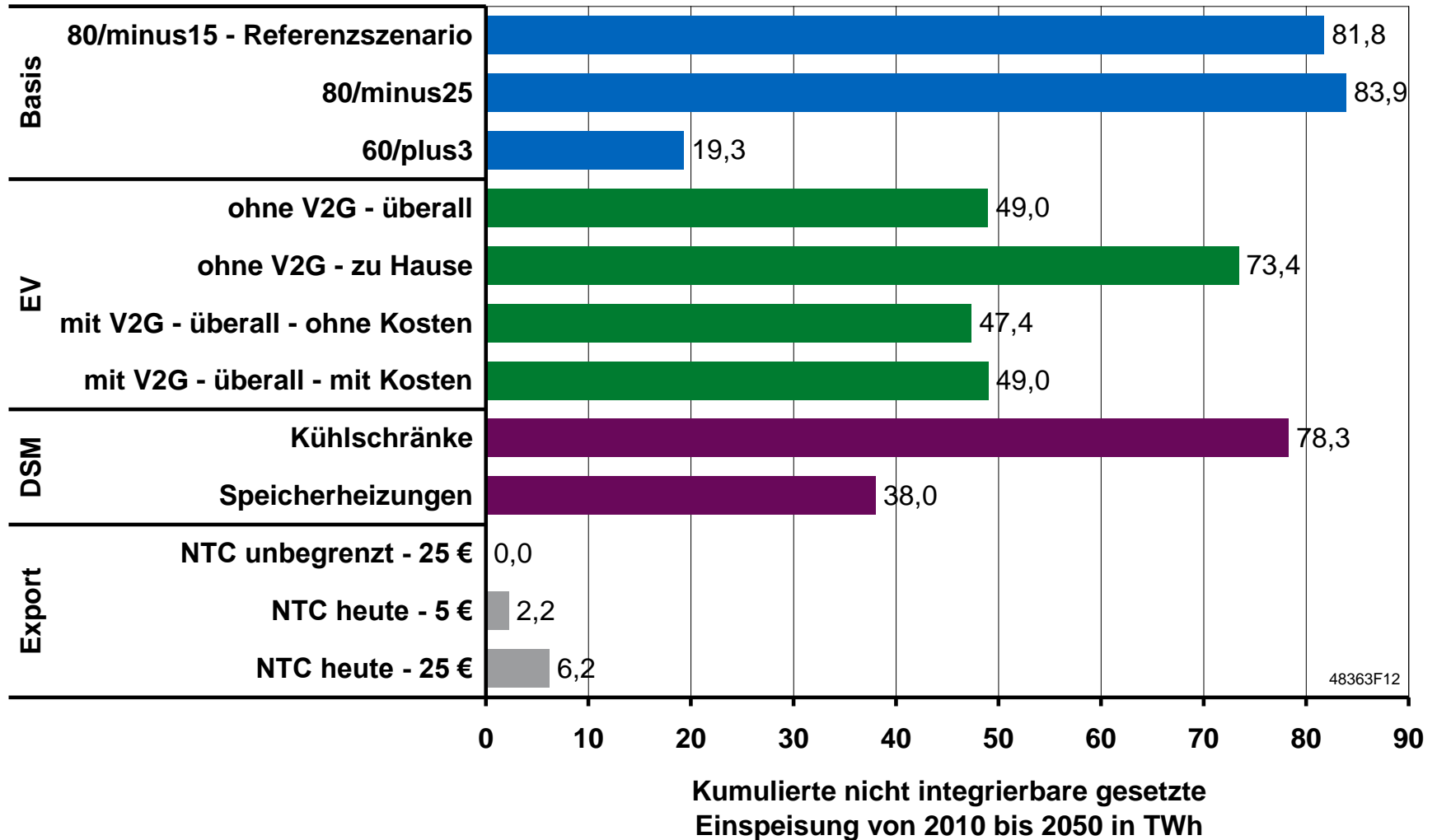
Welche Wechselwirkungen und konkurrierenden Elemente zu großtechnischen Energiespeichern gibt es im Stromsystem?

### Erweiterter Ansatz

Elektrofahrzeuge, DSM-Anwendungen und Export werden als funktionale Speicher modelliert und in die kostenminimale Stromerzeugung einbezogen. Vorgegeben sind die Zeitpunkte der Einführung und die Marktentwicklung dieser Konkurrenztechnologien zu großtechnischen Speichern. Die Elektrofahrzeuge und DSM-Anwendungen, deren Energiebedarf bereits in den Basisszenarios berücksichtigt wurde, werden bei diesem Ansatz flexibel eingesetzt.







### Integration der gesetzten Einspeisung aus EE und KWK

- Überschüsse aus EE und KWK sind Treiber für Ausbau großtechnischer Energiespeicher
- Keine vollständige Integration bei wirtschaftlichem Speicherausbau

### Charakteristik des wirtschaftlichen Speicherpotentials

- Bis zum Jahr 2050 Kapazitäten im einstelligen TWh-Bereich und Leistungen im zweistelligen GW-Bereich wirtschaftlich
- Installierte Kapazitäten um Größenordnungen über heutigem Bestand
- Mehr Ladeleistung als Entladeleistung
- PSW, AA-CAES und Wasserstoffspeicher in fast allen Szenarios im Portfolio
- Integration großer Überschüsse nur mit Wasserstoffspeicher wirtschaftlich darstellbar
- Wirtschaftliches Speicherpotential ohne Annahme zusätzlicher Erlösmöglichkeiten auf dem Regelenergiemarkt deutlich niedriger

### **Einfluss funktionaler Speicher**

- Reduktion des wirtschaftlichen Potentials für großtechnische Speicher
- Verbesserung der Integration der Überschüsse aus EE und KWK

### **Einfluss des funktionalen Speichers „Elektromobilität“**

- Deutliche Reduktion des Speicherpotentials allein durch das gesteuerte Laden der Elektrofahrzeuge
- Geringe Auswirkung einer Rückspeiseoption der Elektrofahrzeuge (V2G) auf das wirtschaftliche Speicherpotential
- Auswirkungen auf wirtschaftliches Speicherpotential maßgeblich abhängig von der Kapazität der Fahrzeugbatterien

### **Einfluss des funktionalen Speichers „Export“**

- Bei theoretisch unbegrenzter Exportleistung verbleibt ein wirtschaftliches Potential für großtechnische Speicher

## Literatur

Der ausführliche Bericht zum Vortrag ist abrufbar unter:

<http://mediatum.ub.tum.de>

**Dr.-Ing. Philipp Kuhn**

[pkuhn@tum.de](mailto:pkuhn@tum.de)