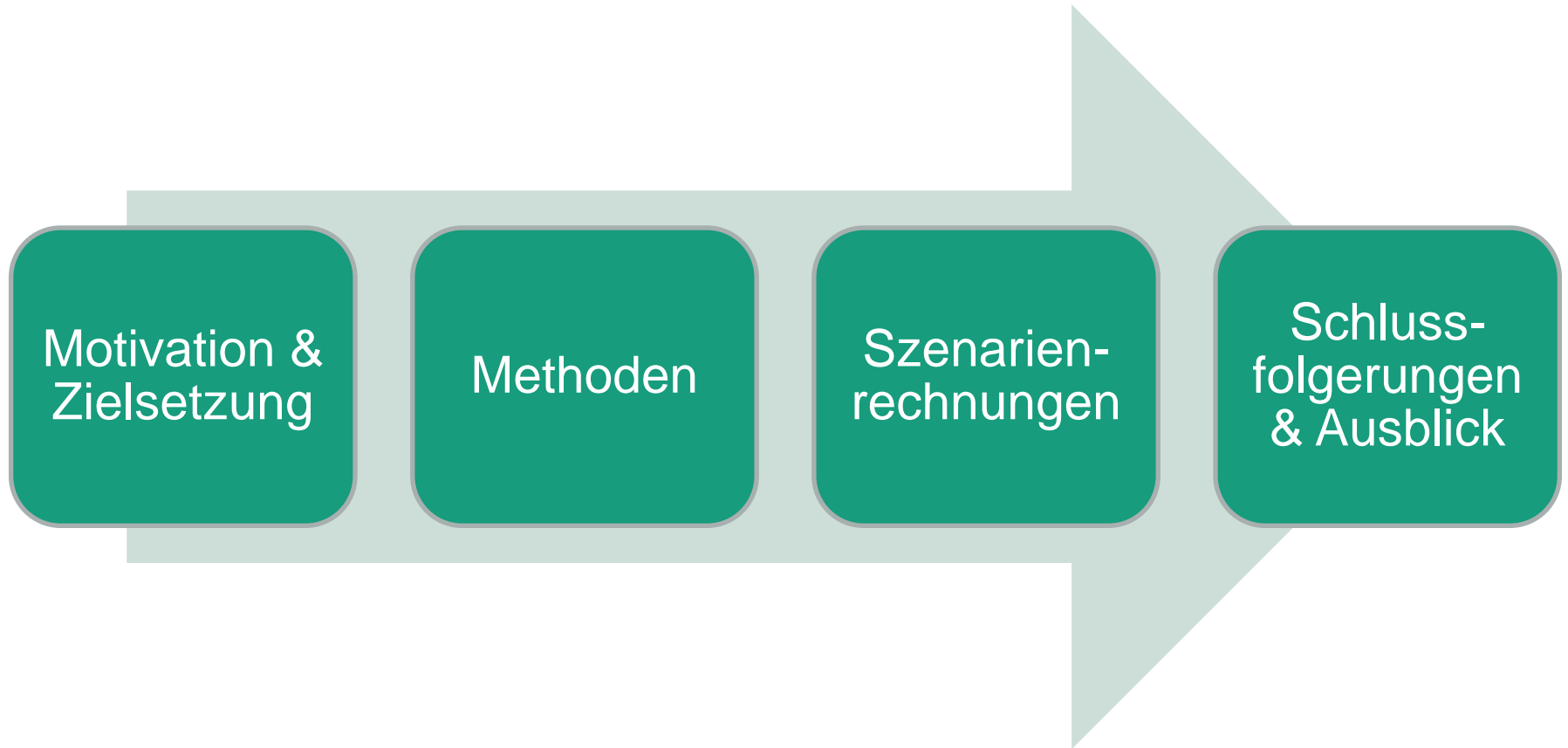

Techno-ökonomische Bewertung von Anwendungen für Stromspeicher

Vortrag im Rahmen der EnInnov 2014

Annedore Kanngießer
Graz, 14. Februar 2014

Gliederung des Vortrags



Aktuelle Forschungsfelder im Bereich Energiespeicher

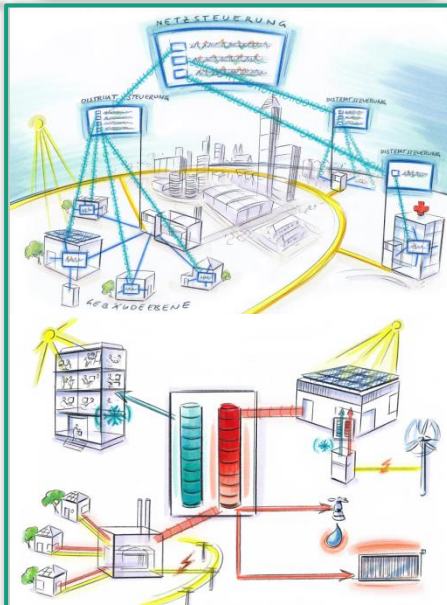
Speichertechnologie

➤ Echte Speicher:
Technologische
Neu- und Weiter-
entwicklung

➤ Virtuelle Speicher:
Aggregation de-
zentraler Flexibi-
litätstechnologien



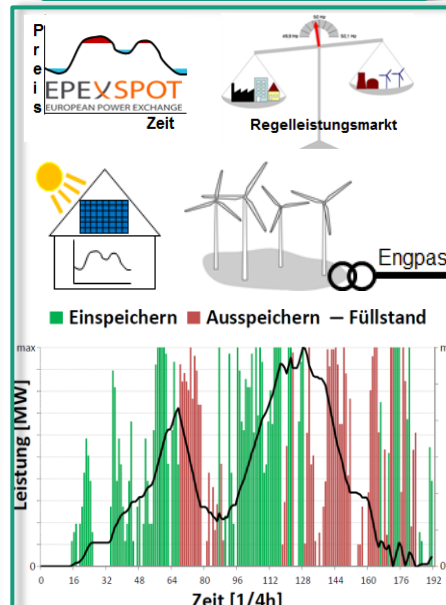
© Fraunhofer UMSICHT



© Fraunhofer UMSICHT

Speichieranwendung

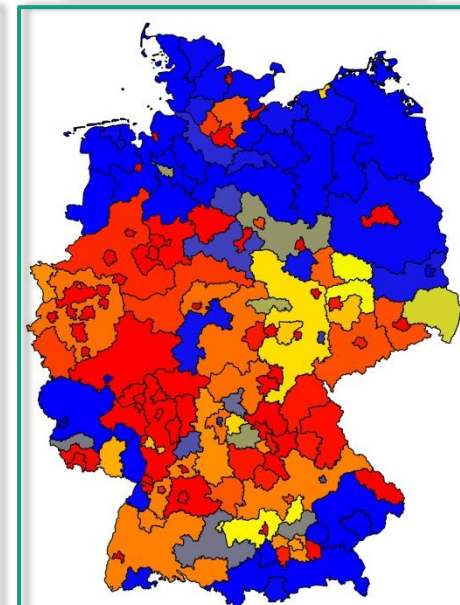
➤ Wie/Wo sollte der
Speicher einge-
setzt werden für
maximalen Erlös?



© Fraunhofer UMSICHT

Speicherbedarf

➤ Wo existiert wann
wie viel positiver
bzw. negativer
Energieaus-
gleichsbedarf?

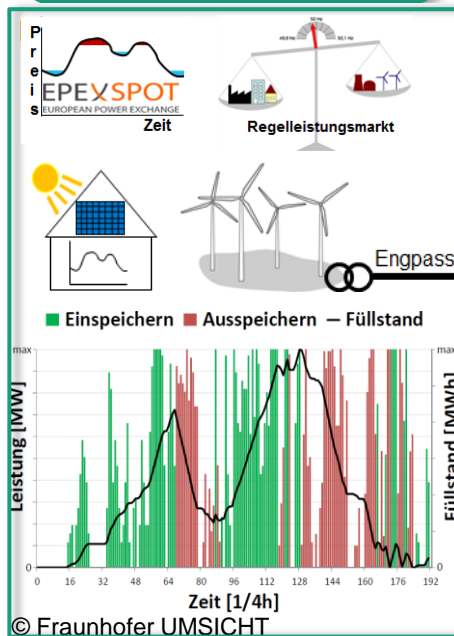


© Fraunhofer UMSICHT

Forschungsfeld „Speicheranwendung“

Speicheranwendung

- Wie/Wo sollte der Speicher eingesetzt werden für maximalen Erlös?

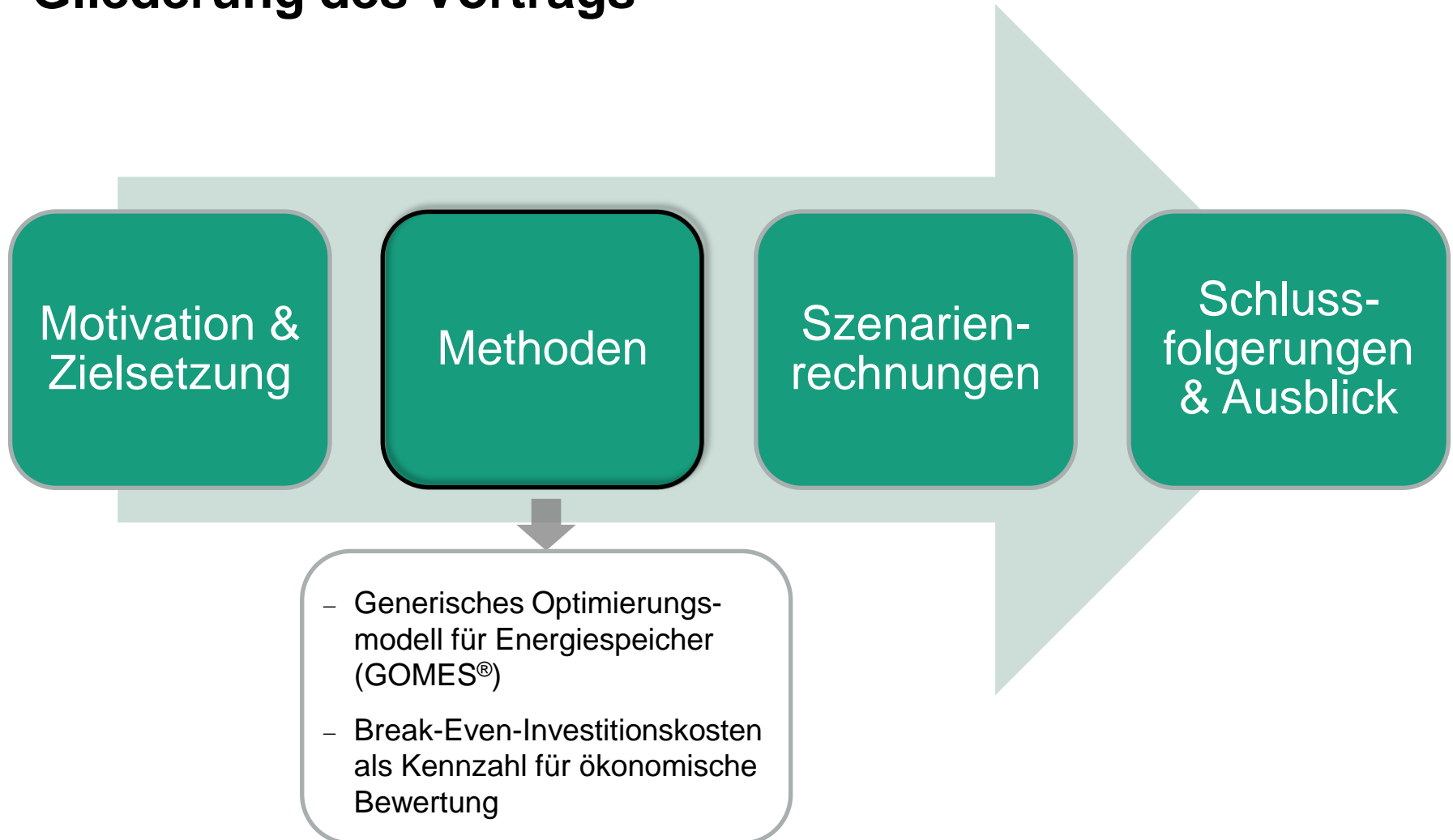


- Gedankliche Ausgangssituation: potenzieller Investor denkt über Bau und Betrieb eines Speichers nach
- Offene Fragen aus betriebswirtschaftlicher Sicht
 - Welche Speicheranwendungen bzw. Märkte gibt es?
 - In welcher Anwendung bzw. welchem Markt kann wie viel Erlös erzielt werden?
 - Wie hoch dürfen die Investitionskosten für den Speicher sein, damit Wirtschaftlichkeit möglich?
 - Welche Speichertechnologie ist am vorteilhaftesten?
 - Welche Dimensionierung sollte der Speicher haben (Verhältnis inst. Kapazität zu inst. Leistung)?

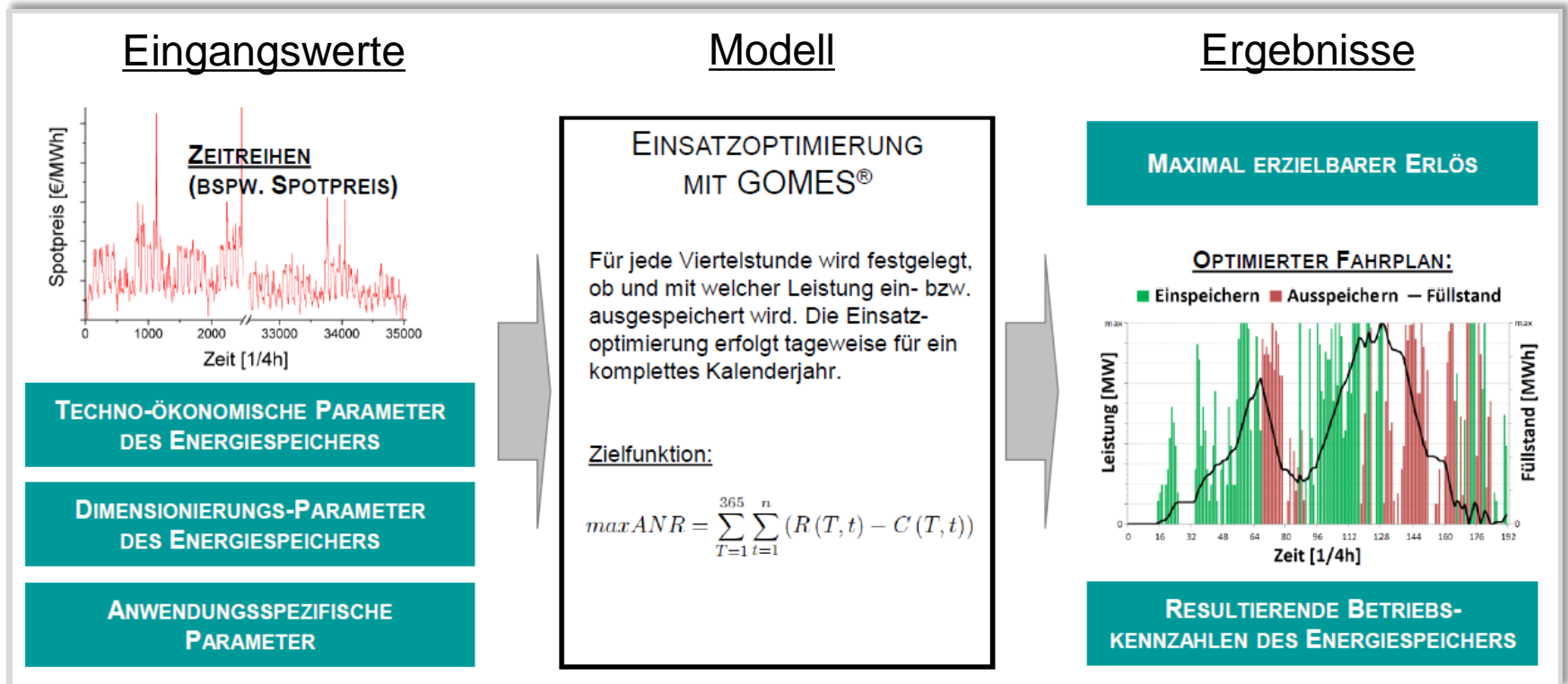


„Techno-ökonomische Bewertung von Speicheranwendungen“

Gliederung des Vortrags



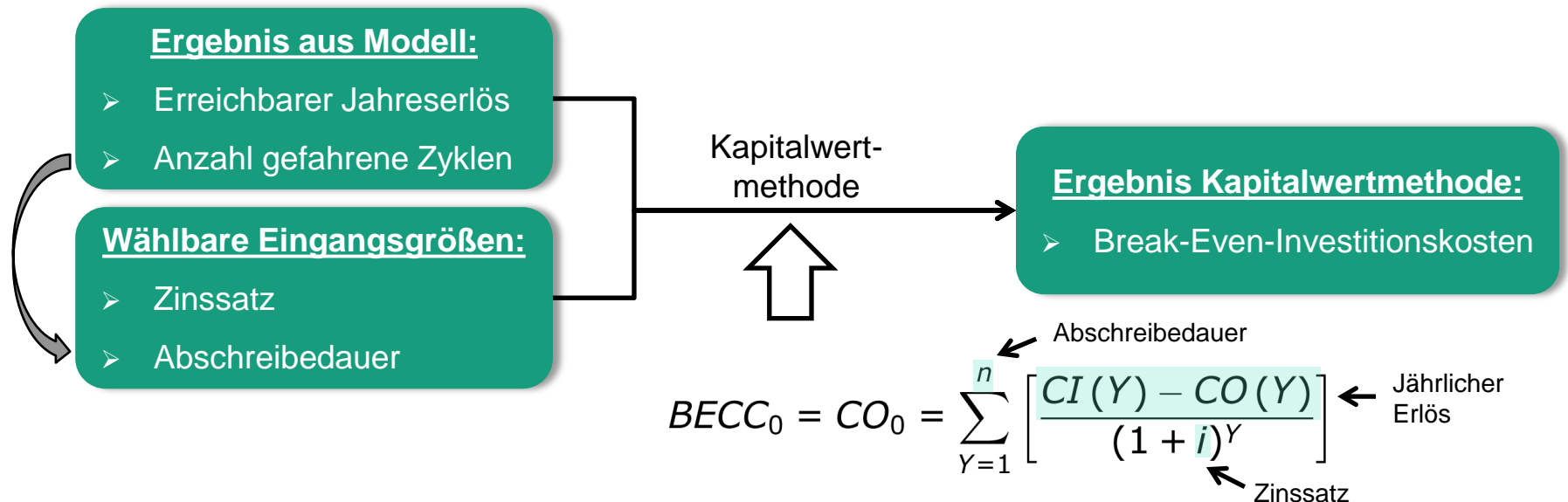
Funktionsprinzip GOMES®



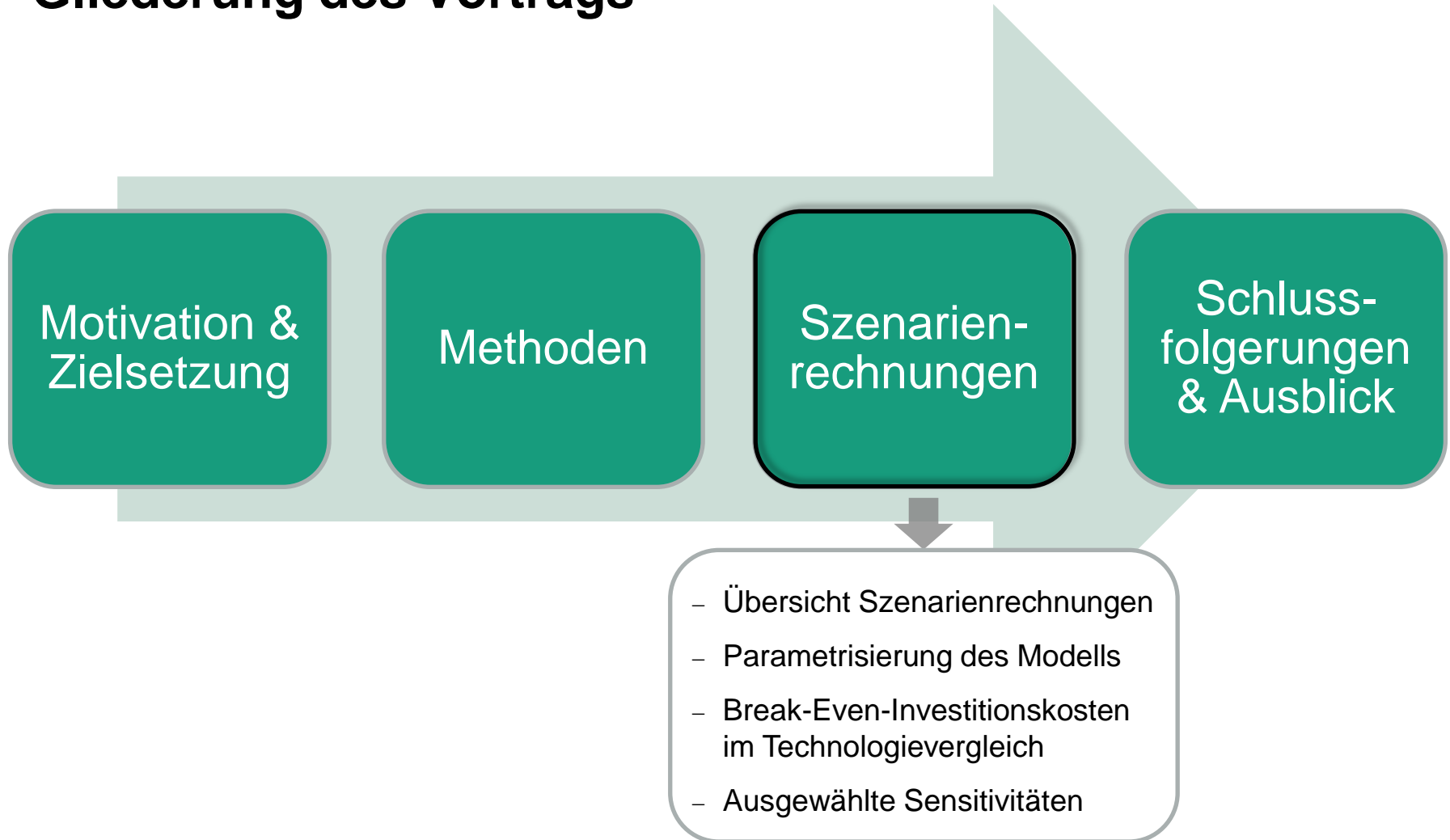
- Speicher ist Preis-Nehmer
→ Einfluss des Speicherbetriebs auf Markt wird nicht berücksichtigt

Break-Even-Investitionskosten als Kennzahl für ökonomische Bewertung

- Für Kapitalwert = 0, Umstellen der Kapitalwertformel nach den anfänglichen Investitionskosten \longrightarrow Break-Even-Investitionskosten ($BECC_0$)
- Wirtschaftlichkeit gegeben, wenn gilt:
Reale Investitionskosten < Break-Even-Investitionskosten



Gliederung des Vortrags



Übersicht Szenarienrechnungen

■ Betrachtete Technologien

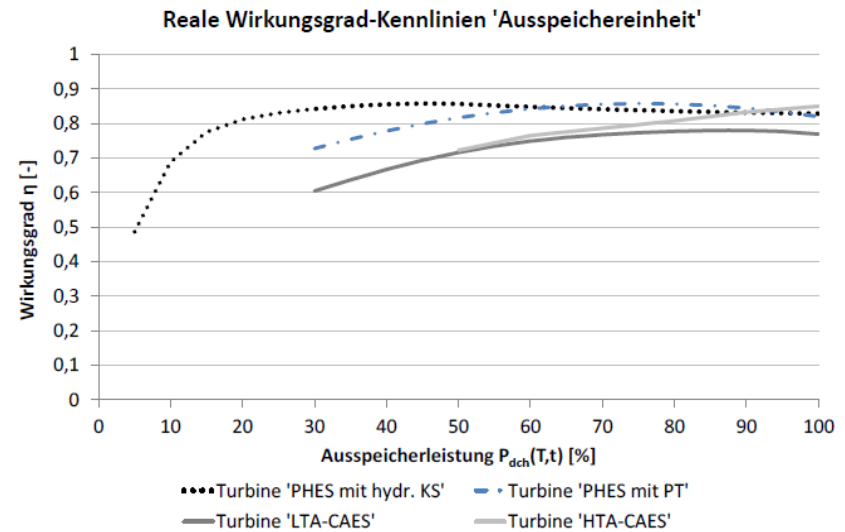
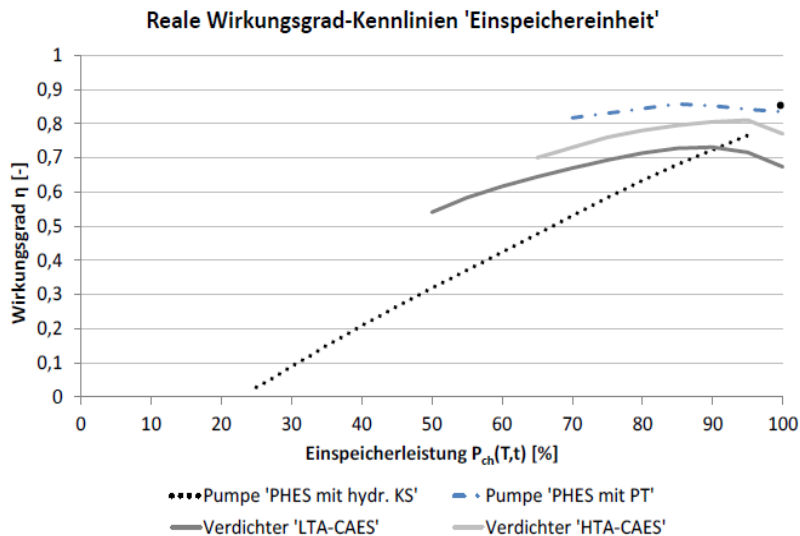
- Pumpspeicherkraftwerk (Typen: Pumpturbine, Tandemsatz mit hydr. Kurzschluss)
- Druckluftspeicherkraftwerk (Typen: LTA-CAES, HTA-CAES)
- Idealer Speicher = Referenz
- Idealer Speicher mit einzelnen nicht-idealen Parametern für Sensitivitätsanalyse

■ Betrachtete Anwendungen

- Handel am Day-Ahead-Spotmarkt: ‚Spot‘
- Bereitstellung von Regelleistung mit parallelem Handel am Spotmarkt: ‚Spot+negMRL‘, ‚Spot+posMRL‘, ‚Spot+negSRL‘, ‚Spot+posSRL‘

Parametrisierung des Modells (1)

	Idealer Speicher	Pumpspeicher-kraftwerk	Druckluftspeicher-kraftwerk
Zykluswirkungsgrad [%]	100	Siehe Abbildungen	Siehe Abbildungen
Untere Teillastgrenze [% v. P_{max}]	0,1	Siehe Abbildungen	Siehe Abbildungen
Selbstentladerate [%/d]	0	0	0,5
Var. Betriebskosten [€/MWh]	0	0,5	2
Var. Anfahrkosten [€/(MW*Start)]	0	2	4

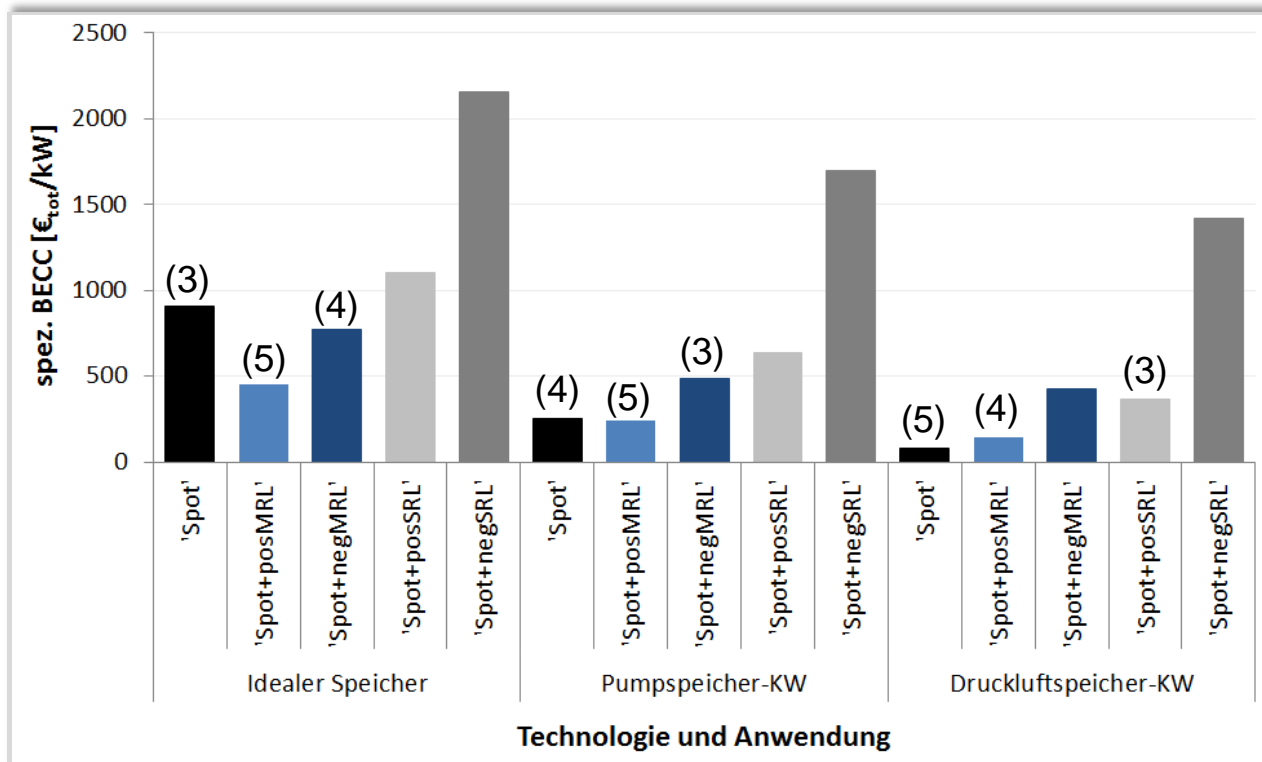


Parametrisierung des Modells (2)

	‚Spot‘	‚Spot+ negMRL‘	‚Spot+ posMRL‘	‚Spot+ negSRL‘	‚Spot+ posSRL‘
Verhältnis von inst. Kapazität zu inst. Leistung [Wh/W]	7	11	3	13	6
Angebotsstrategie RL (Zeitscheibe und angebotene Leistung)	–	00-08 Uhr, $P_{ch,max}$	08-20 Uhr, $P_{dch,max}$	Nebenzeit, $P_{ch,max}$	Hauptzeit, $P_{dch,max}$
Angebotsstrategie RL (Angebotener Leistungs- und Arbeitspreis)	–	LP: Ø der Angebote mit Zuschlag in Zeitscheibe, AP: Jährlicher Median der ¼-stdl. Grenz-Arbeitspreise			

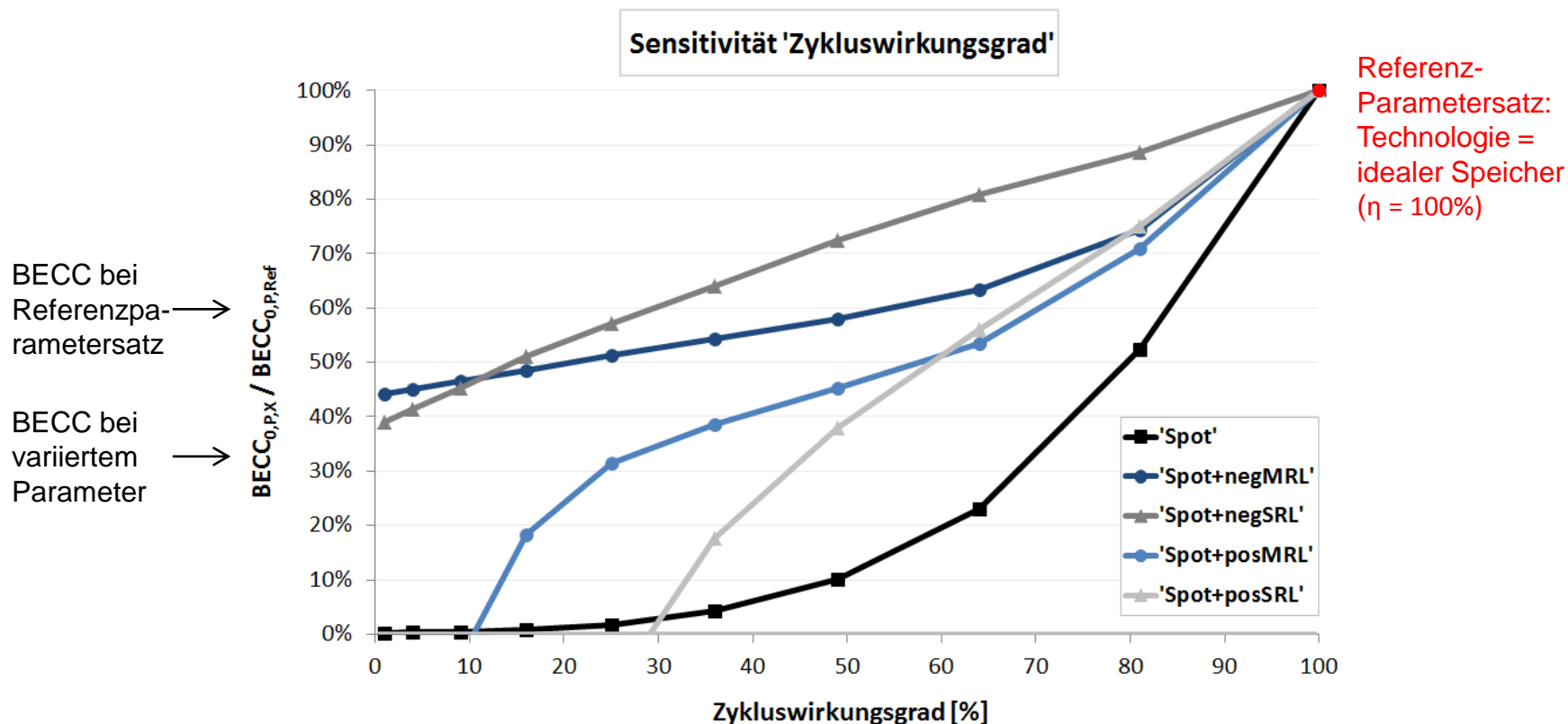
- Gewählte Parameter für Kapitalwertmethode
 - Abschreibedauer = 30 Jahre
 - Kalkulations-Zinssatz = 6%
 - Technologiespezifisches Kostenverhältnis = 0,07

BECC im Technologievergleich



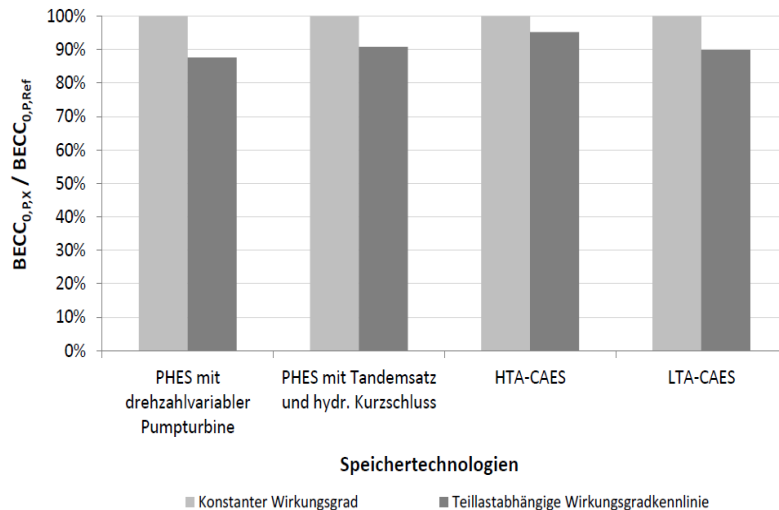
- In 2011 ist ‚Spot+negSRL‘ wirtschaftlich deutlicher attraktiver als andere Anwendungen
- $BECC_{\text{Idealer Speicher}} > BECC_{\text{Pumpspeicher-KW}} > BECC_{\text{Druckluftspeicher-KW}}$
- Rangfolge der Anwendungen verschiebt sich technologieabhängig, Grund: unterschiedliche Sensitivitäten der Anwendungen auf techno-ökonomische Parameter

Sensitivitäten – Beispiel Zykluswirkungsgrad



- Unterschiedliche Mechanismen ‚Spot+negRL‘ vs. ‚Spot+posRL‘ erkennbar
- ‚Spot‘ reagiert über weite Bereiche sensitiver auf Eingangsparameter Zykluswirkungsgrad als ‚Spot+RL‘

Sensitivitäten – Beispiel konstanter Wirkungsgrad vs. teillastabhängige Wirkungsgradkennlinie

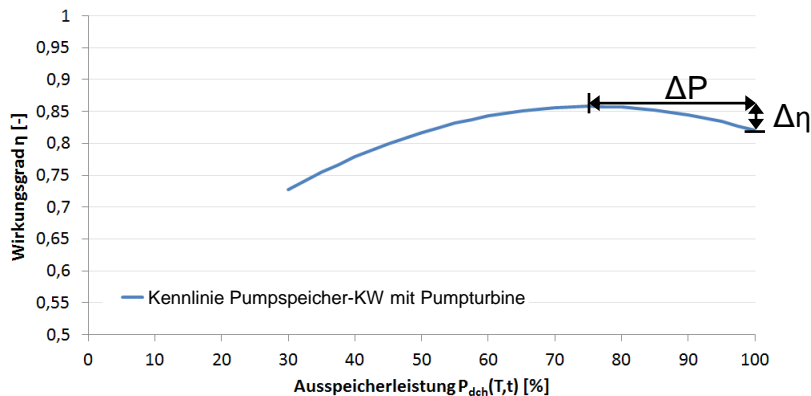


Beispiel: Speicheraanwendung ‚Spot‘

- Bei Verwendung eines konstanten Wirkungsgrades: systematische Überschätzung der resultierenden BECC um ca. 5 bis 14%

■ Kriterien für Stärke der Überschätzung:

- $\Delta P = |P_{\max}' - P \text{ bei } \eta_{\max}'|$
- $\Delta \eta = |\eta_{\max}' - \eta \text{ bei } P_{\max}'|$
- Mit P_{\max} = bevorzugter Betriebspunkt in Anwendung ‚Spot‘



Überblick über weitere Sensitivitäten

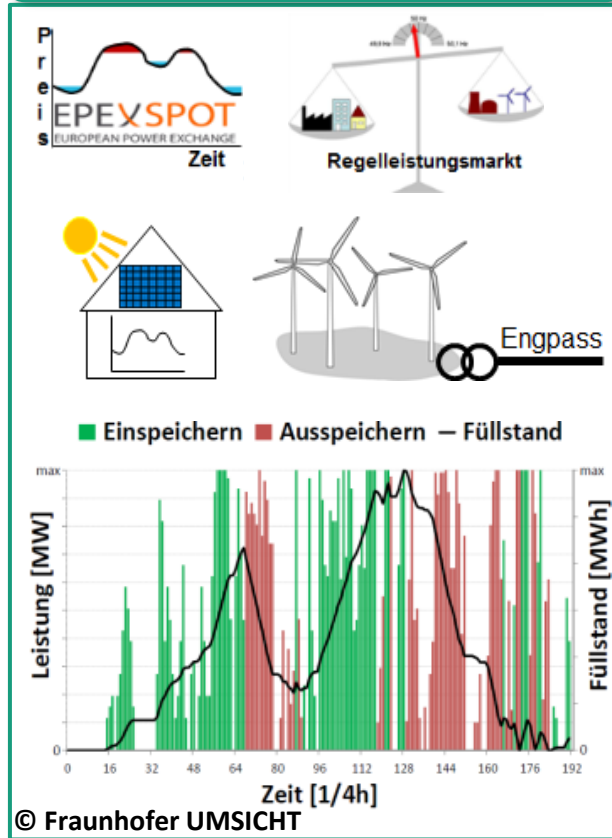
Geringer Einfluss	Mittlerer Einfluss	Hoher Einfluss
<ul style="list-style-type: none">- Weitere techno-ökonomische Parameter	<ul style="list-style-type: none">- Parameter für Investitionskostenrechnung- Angebotsstrategie am Regelleistungsmarkt	<ul style="list-style-type: none">- Gewähltes Zeitreihen-Jahr

Schlussfolgerungen

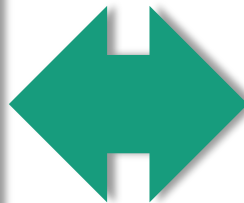
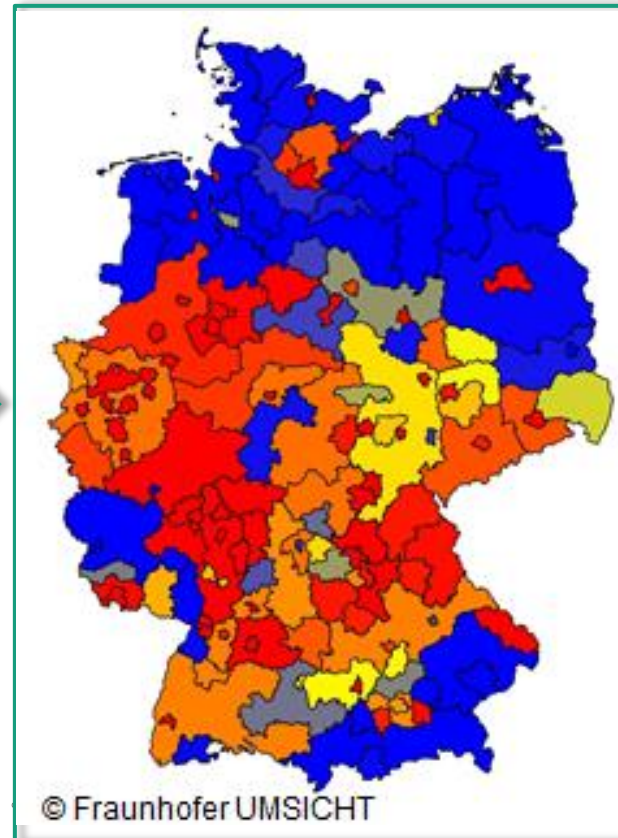
- Bereits Variation einzelner Eingangsparameter kann großen Einfluss auf erzielbaren Jahreserlös und damit auf resultierende Break-Even-Investitionskosten ausüben
 - ➔ Bei Interpretation von Studienergebnissen zu Erlösmöglichkeiten von Stromspeichern immer mitberücksichtigen
- Bei hier betrachteten Kombinationen aus Anwendung & Technologie sind der Zykluswirkungsgrad und das gewählte Jahres-Zeitreihe Parameter mit hohem Einfluss
- Erreichbare Erlössteigerung durch bspw. technologische Verbesserung des Zykluswirkungsgrades ist stark anwendungsabhängig
 - ➔ Individuelle Gegenüberstellung Mehrerlös und Mehrinvestitionskosten nötig
- Systematische Überschätzung des Erlöses bei Verwendung konstanter Wirkungsgrad
- Unabhängig von Sensitivitäten und Technologie besitzt derzeit die Anwendung ‚Spot+negSRL‘ die höchsten Erlösmöglichkeiten für Stromspeicher
 - ➔ Aussage über Wirtschaftlichkeit wird erhalten durch Gegenüberstellung reale Investitionskosten an hier berechneten Break-Even-Investitionskosten

Ausblick

Speicheranwendung



Speicherbedarf



Techno-ökonomische Bewertung von Anwendungen für Stromspeicher

Vortrag im Rahmen der EnInnov 2014

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Annedore Kanngießer,
Gruppenleiterin Energiesystemoptimierung,
Tel. +49 (0) 208 8598 1373, annedore.kanngiesser@umsicht.fraunhofer.de
