



## Kombinierte Veräußerung von PV-Strom an Spot- und Regelleistungsmarkt

Julia Seidel, M.Sc.

11. Februar 2016

# Gliederung

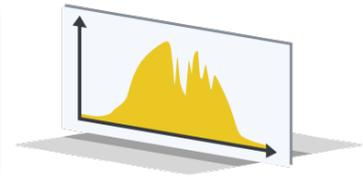
1

Motivation



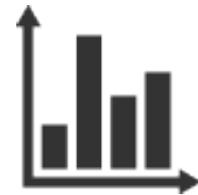
2

Ausgangslage



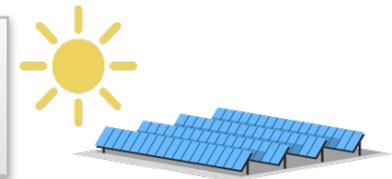
3

Simulationen und Ergebnisse



4

Zusammenfassung und Ausblick



# Regelleistung aus dezentralen Energieanlagen ist notwendig

- Trend seit 2000: steigende Anzahl erneuerbarer Erzeugungsanlagen
- Bereitstellung von Regelleistung bislang (größtenteils) aus konventionellen Kraftwerken
  - Geringere Betriebszeiten konventioneller Kraftwerke
  - Vollständige Deckung des Regelleistungsbedarfs durch aktiven Kraftwerkspark zukünftig nicht mehr möglich



## Ziel

Zukünftige Bereitstellung von Regelleistung mit **dezentralen Energieanlagen**, um die Must-Run-Units zu reduzieren

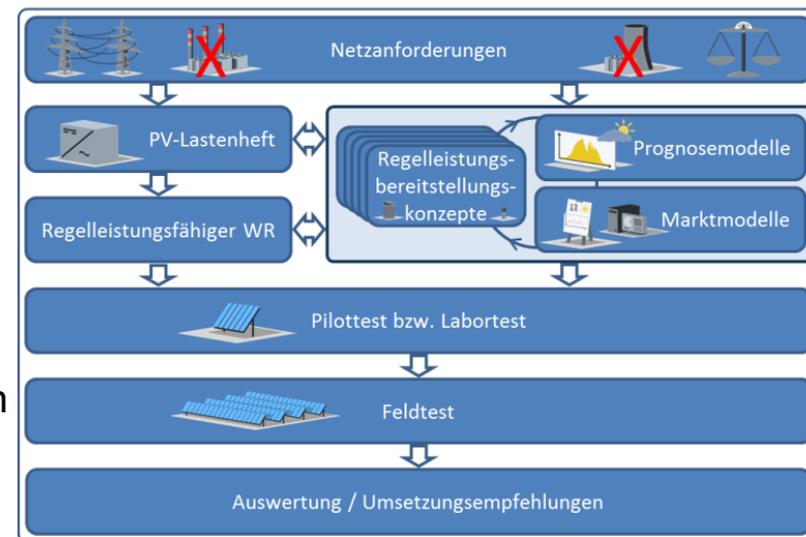
Die **technische Eignung** von Photovoltaikanlagen zur Regelleistungsbereitstellung ist gegeben.  
Eine **Marktteilnahme** von fluktuierenden Erzeugern ist in Deutschland bislang nicht möglich.

# PV-Regel - Entwicklung von Konzepten und Lösungen zur Regelleistungserbringung mit Photovoltaikanlagen

## Projektziele (u.a.):

- Umsetzungsempfehlungen zur Regelleistungsbereitstellung
  - Präqualifikation und Marktbedingungen
  - Nachweisverfahren
- Entwicklung regelleistungsfähiger PV-Systemlösungen
- Demonstration anhand von Labor- und Feldtests
- Austausch mit Entscheidungsträgern & Interessenvertretern

→ Ganzheitliches Konzept zur Regelleistung aus PV



## Geförderte Projektpartner:



## Weitere Partner:



# Gliederung

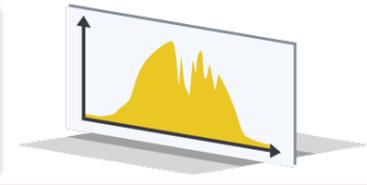
1

Motivation



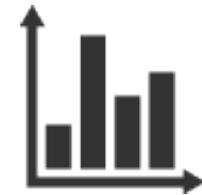
2

Ausgangslage



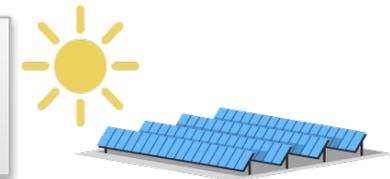
3

Simulationen und Ergebnisse

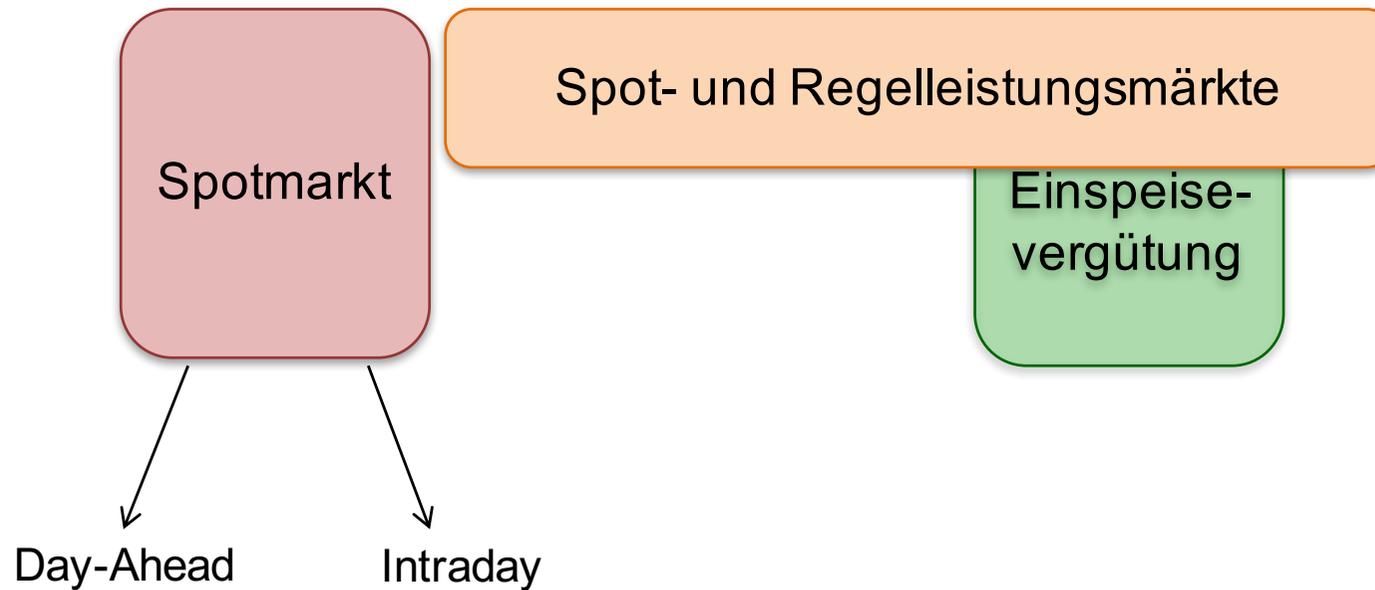


4

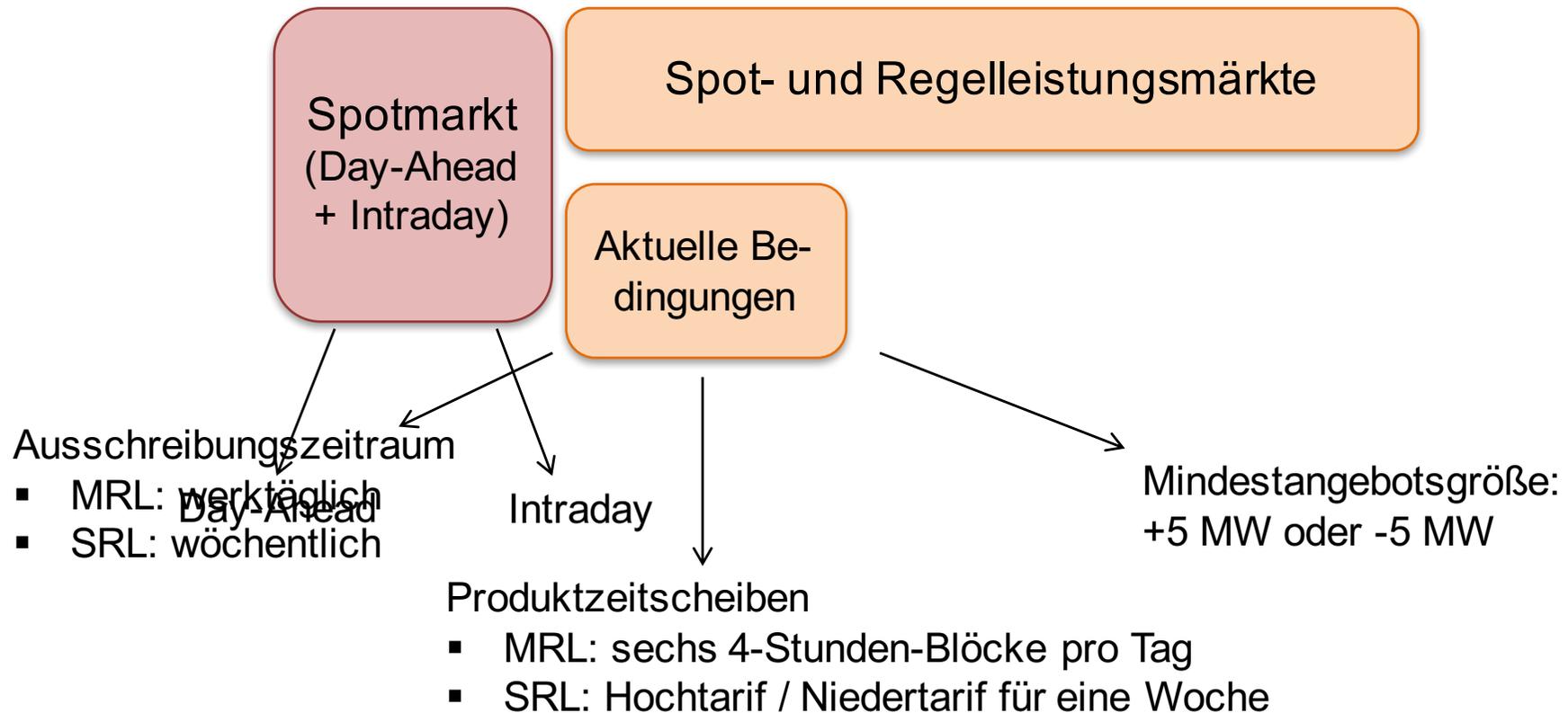
Zusammenfassung und Ausblick



# Wichtigste Einnahmequelle für die Photovoltaik (PV) wird zukünftig der Spotmarkt

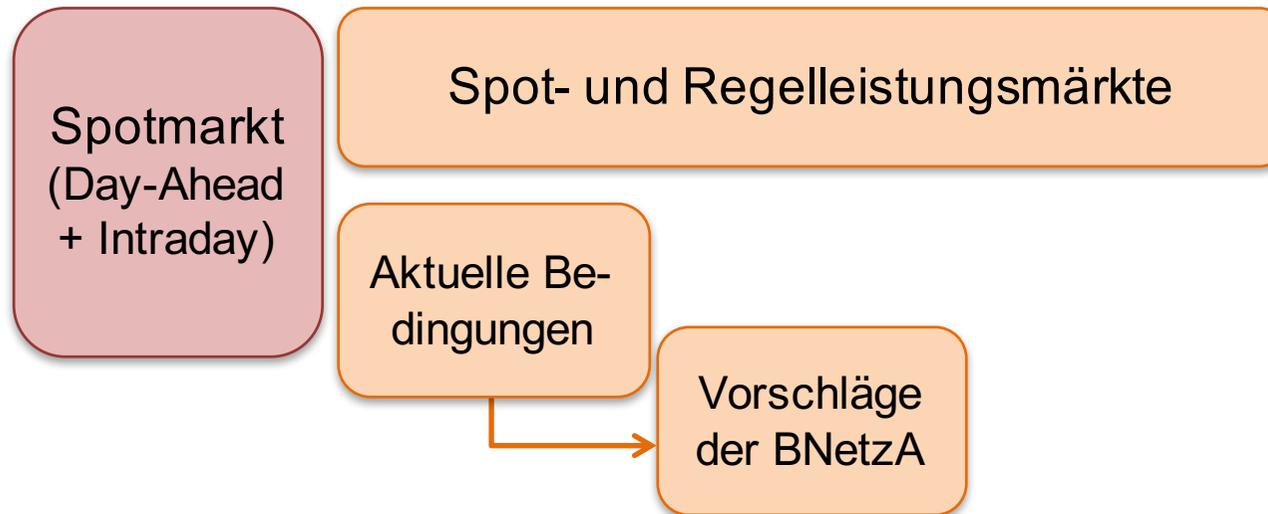


# Die Kombination aus Spot- und Regelleistungsmarkt scheitert an den heutigen Rahmenbedingungen



**Aktuelle Rahmenbedingungen des Regelleistungsmarktes für PV nicht geeignet**

# Die Bundesnetzagentur schlägt Anpassungen vor

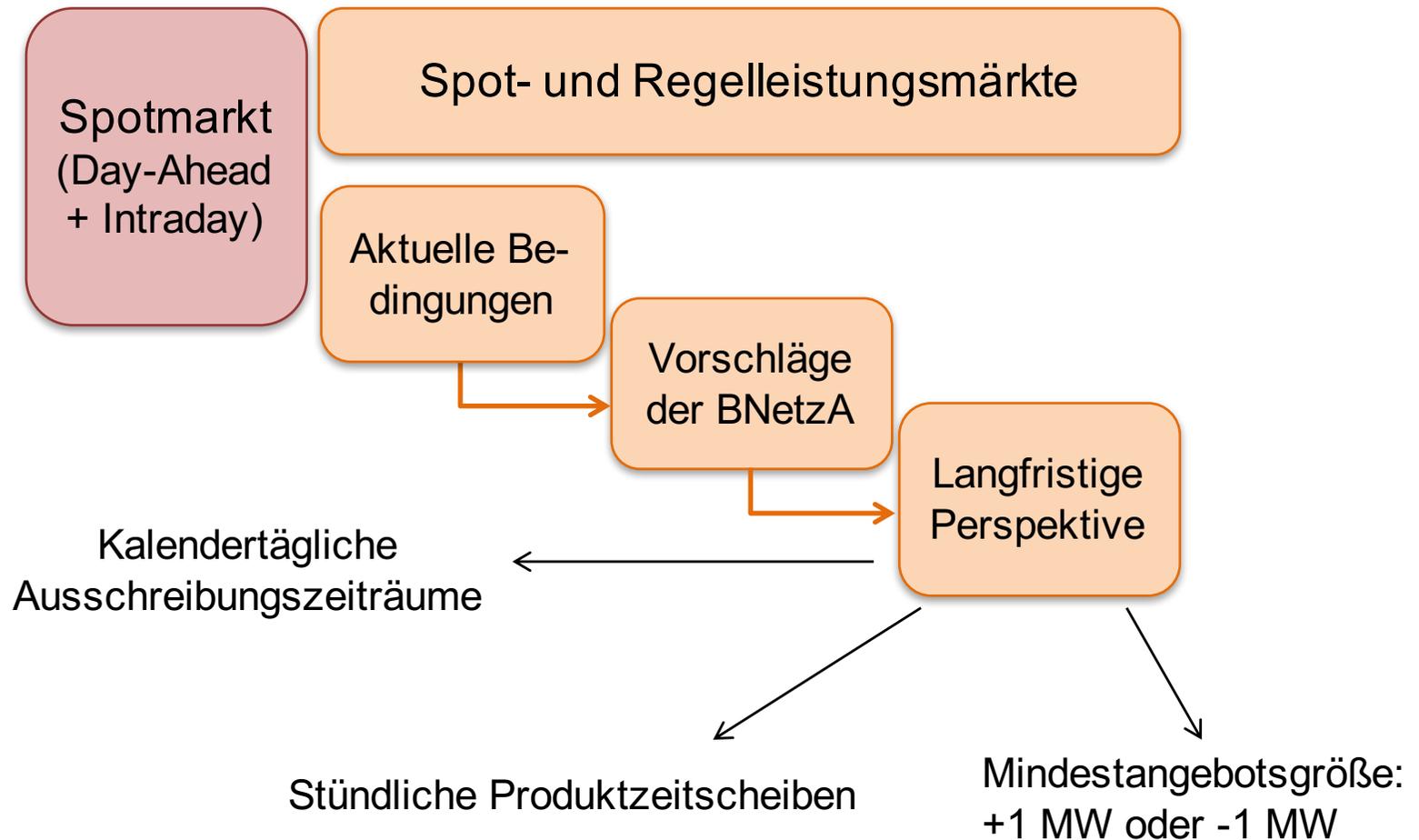


## Festlegungsverfahren zur Weiterentwicklung der Ausschreibungsbedingungen und Veröffentlichungspflichten für Sekundärregelung und Minutenreserve

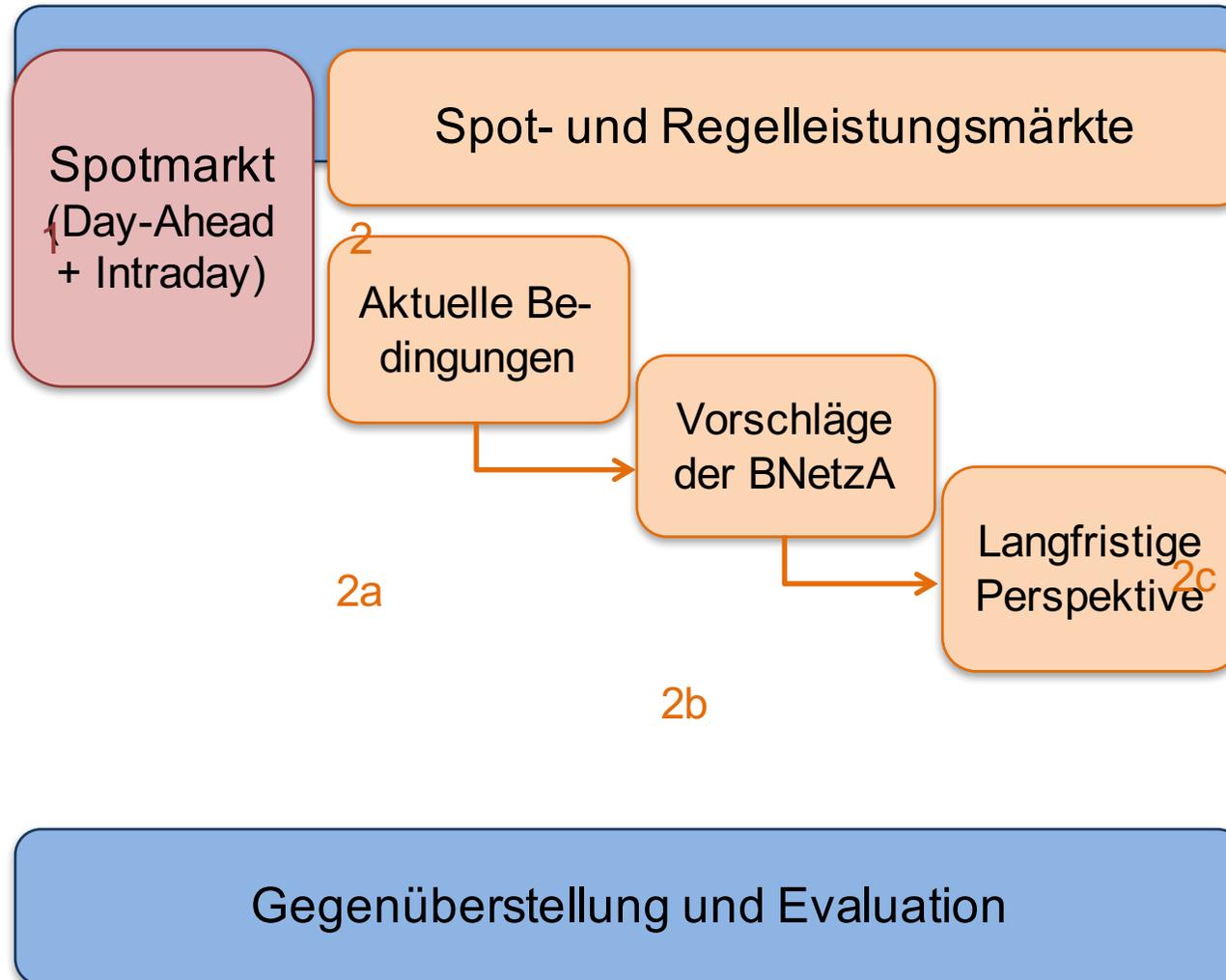
Angleichung der Märkte für SRL und MRL

- Kalendertägliche Ausschreibungszeiträume
- Produktzeitscheiben: Sechs 4-Stunden-Blöcke pro Tag
- Mindestangebotsgröße: ab +1 MW oder -1 MW

# Langfristig sollten die Marktbedingungen noch weiter entwickelt werden



# Bewertung der verschiedenen Marktbedingungen aus ökonomischer Sicht



# Gliederung

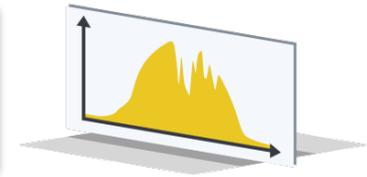
1

Motivation



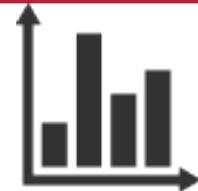
2

Ausgangslage



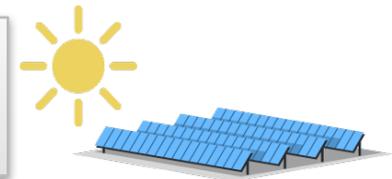
3

Simulationen und Ergebnisse



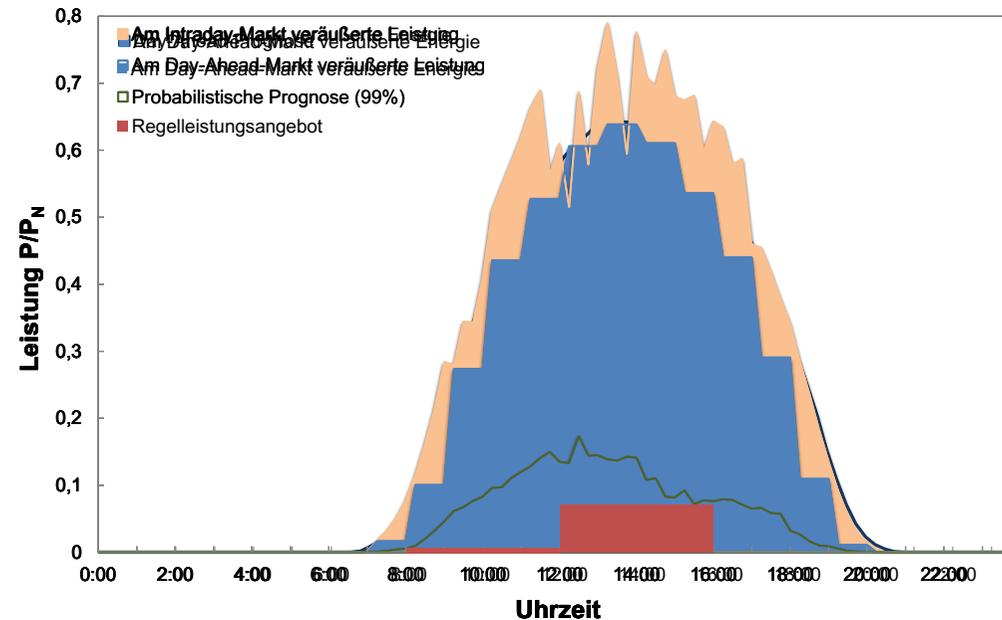
4

Zusammenfassung und Ausblick



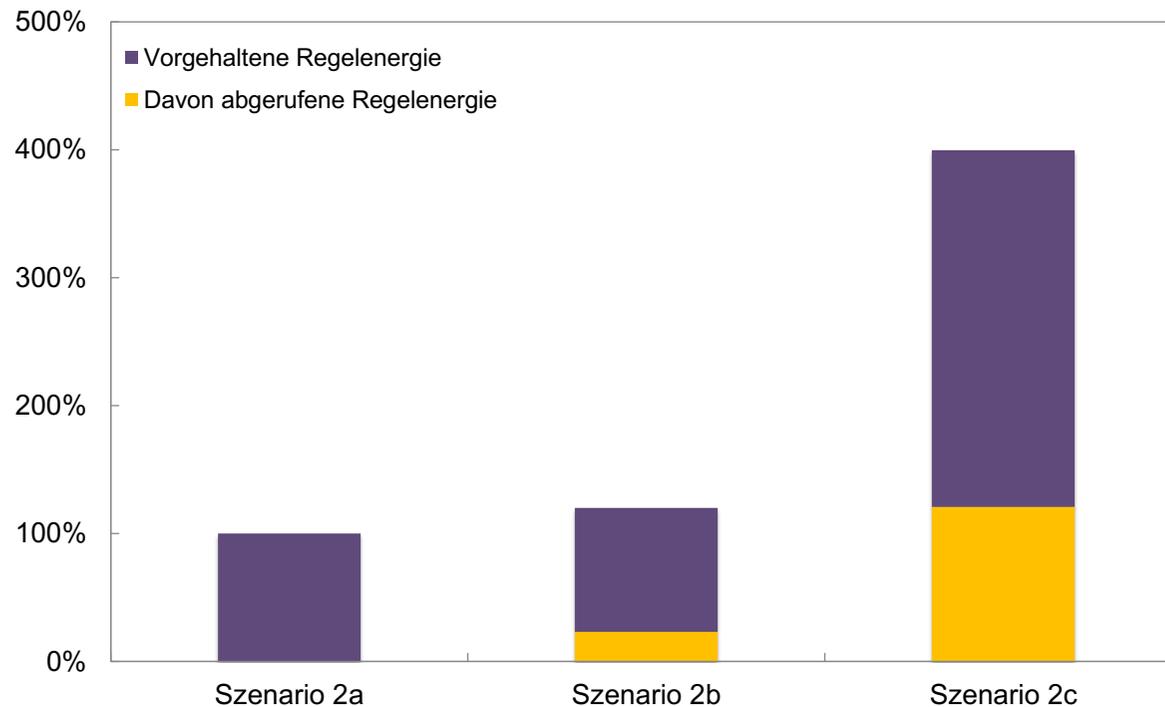
# Angebote am Regelleistungsmarkt werden mit probabilistischen Prognosen erstellt

- PV-Pool (360 MWp) in der Regelzone 50Hertz
- Day-Ahead- und Intraday-Prognose → Veräußerung am Spotmarkt → Angebot für Regelleistung



- Regelleleistungsangebot auf Basis probabilistischer Prognosen
- Diese geben an, welcher Wert zu jedem Zeitpunkt mindestens erreicht wird
- Gewählte Zuverlässigkeit: 99 %
- Trainingsdaten geclustert nach Sommer, Winter und Übergang
- Betrachtungszeitraum: je zwei Wochen der drei „Jahreszeiten“

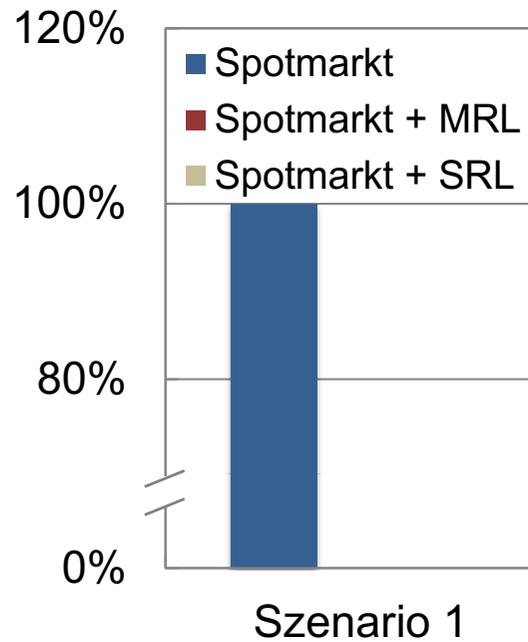
# Die vorgehaltene Regelenergie kann um den Faktor 4 gesteigert werden



- Kalendertägliche Ausschreibungen (2b) führen zu einer Steigerung der Regelenergie um 20%
- In Szenario 2c kann sogar die vierfache Energie im Vergleich zu Szenario 2a vorgehalten werden
- Höhere Anzahl der Abrufe → entscheidend für die Wirtschaftlichkeit bei SRL

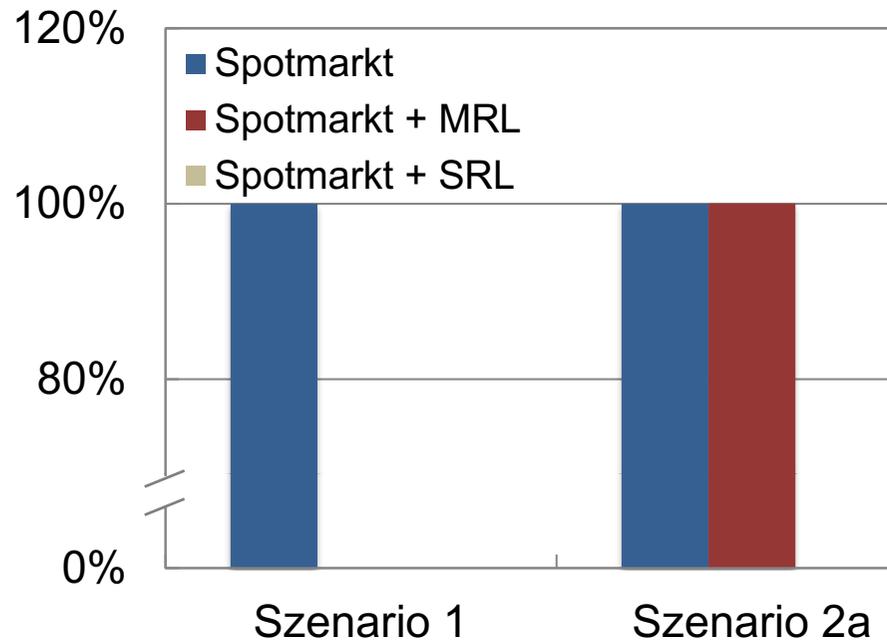
Unter angepassten Marktbedingungen kann deutlich mehr Regelenergie bereitgestellt werden.

# In Szenario 1 wird die erzeugte Leistung am Spotmarkt veräußert



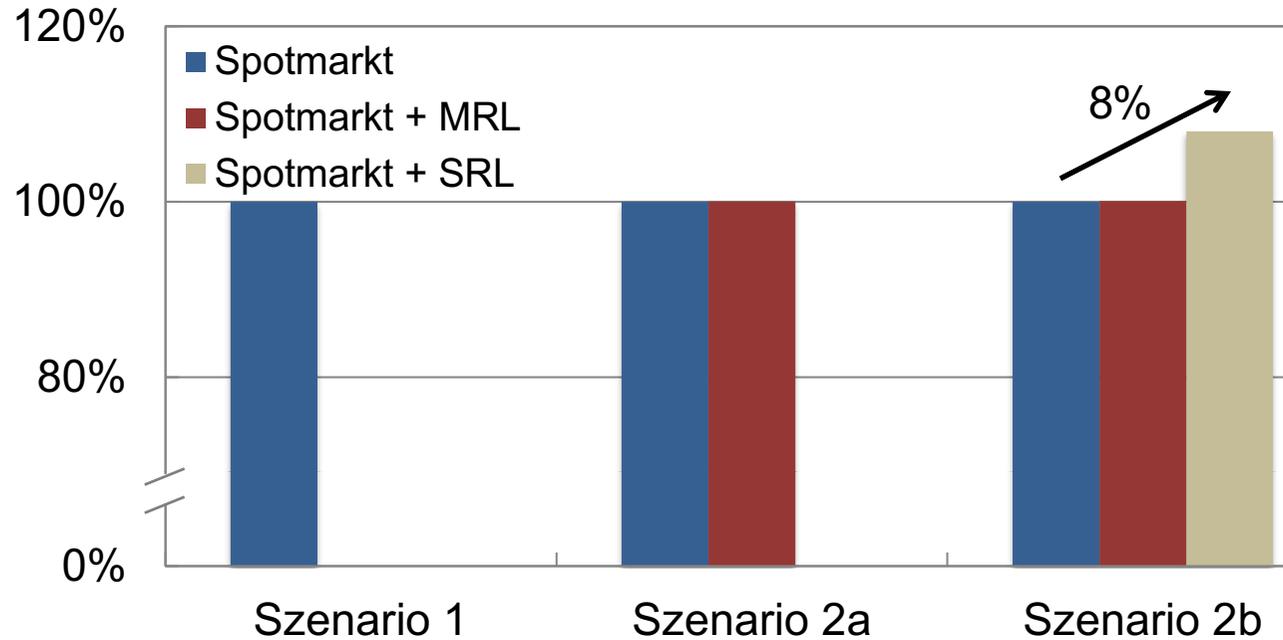
- Sommer ist deutlich ertragreicher als die Übergangszeit und der Winter

# Unter aktuellen Marktbedingungen ist lediglich eine minimale Steigerung der Erlöse möglich



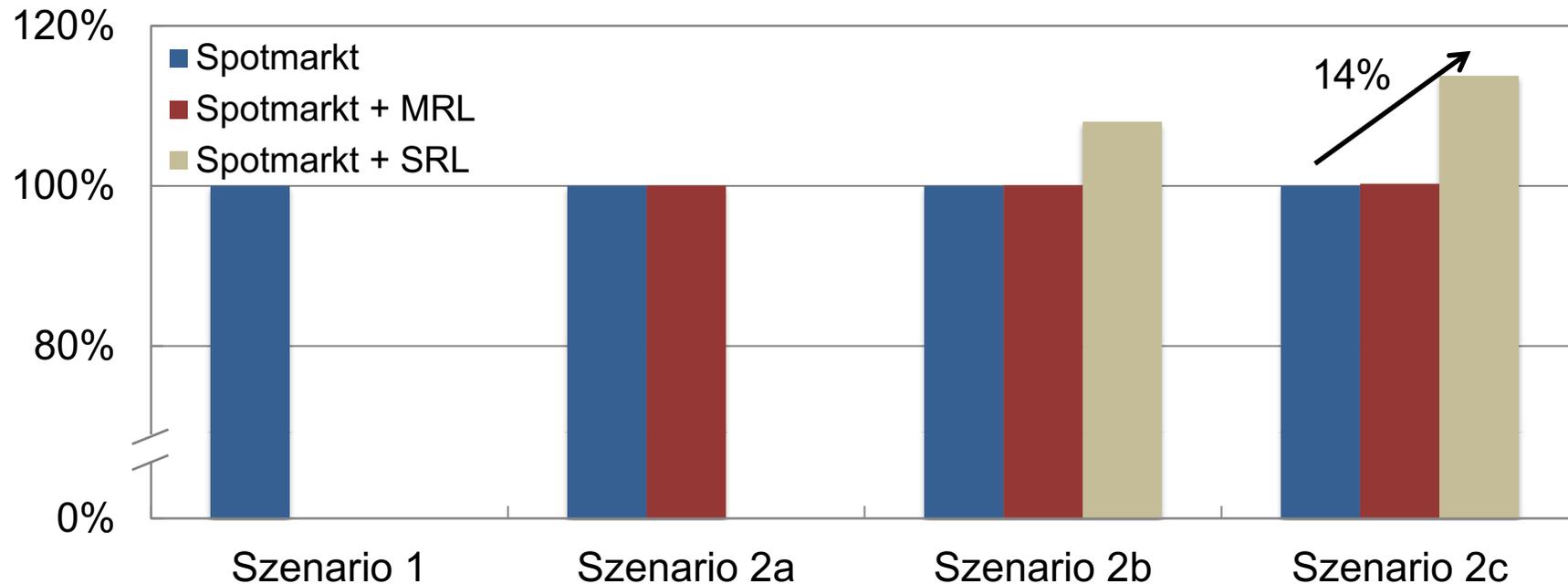
- Angebot ausschließlich für MRL möglich (von Di.-Sa.)
- Mindestangebotsgröße wird nur im Sommer erreicht
- Minimale Steigerung der Erlöse über Vorhaltung (< 1%)

# Das Angebot von SRL bietet ein höheres Potential als von MRL



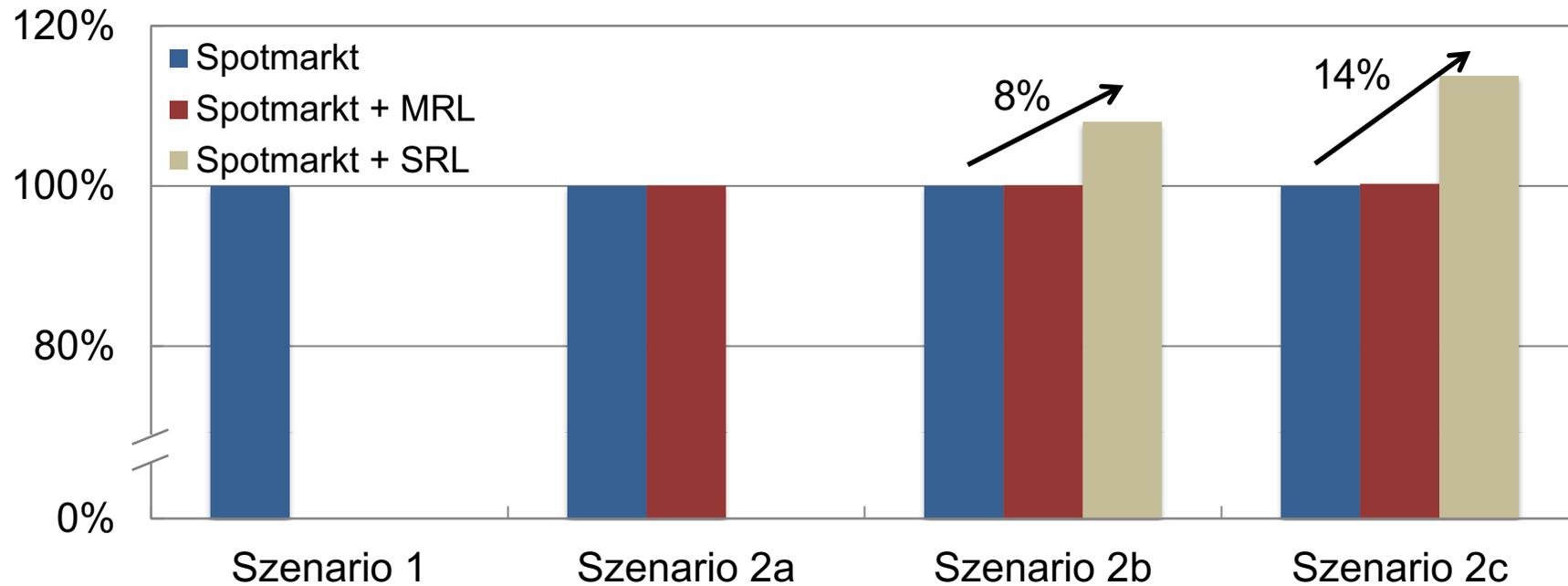
- Angebot von MRL und SRL möglich (Mo.-So.)
- Mindestangebotsgröße wird nur im Sommer erreicht
- Erlöse bei SRL sehr viel höher als bei MRL (15% im Sommer)
- Einnahmen werden für SRL vornehmlich über den Abruf erzielt

# Die höchste Erlössteigerung wird in Szenario 2c mit der Kombination aus Spotmarkt und SRL-Markt erzielt



- Stündliche Zeitscheiben erhöhen das Angebotspotential deutlich
- Höchste Erlöse werden über die Kombination aus Spotmarkt und SRL-Markt erzielt
- Bezogen auf den Sommer ist bei SRL eine Erlössteigerung um 26% möglich
- Bei MRL werden 0,3% Mehreinnahmen im Betrachtungszeitraum erreicht

# Kalendertägliche Ausschreibungen und stündliche Zeitscheiben ermöglichen Zusatzeinnahmen



Eine Weiterentwicklung der Marktbedingungen zur Schaffung notwendiger Anreize ist Voraussetzung zur Ablösung der Must-Run-Units.

Ziel sollte ein Angebot von SRL sein.

# Gliederung

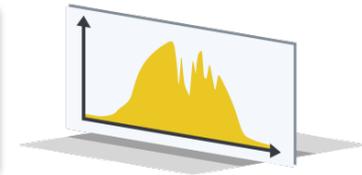
1

Motivation



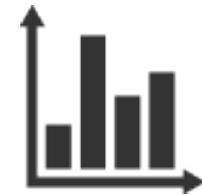
2

Ausgangslage



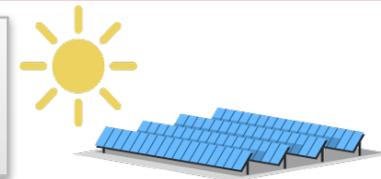
3

Simulationen und Ergebnisse



4

Zusammenfassung und Ausblick



# Zusammenfassung und Ausblick

- Die Erbringung von **Regelleistung** aus dezentralen, insbesondere fluktuierenden, Erzeugungsanlagen ist notwendig
- Die aktuellen **Rahmenbedingungen** des Regelleistungsmarktes sind hinderlich für die Teilnahme von PV und müssen angepasst werden
- Mit **stündlichen Zeitscheiben** und **kalendertäglichen Ausschreibungen** kann etwa die **vierfache** Menge an Regelenergie bereitgestellt werden wie unter aktuellen Marktbedingungen
- Weiterhin können **signifikante Erlössteigerungen** erzielt werden (bis zu 14% im Betrachtungszeitraum)
- Die größten wirtschaftlichen Vorteile gegenüber einer alleinigen Vermarktung an den Strombörsen bietet die **Kombination aus Spot- und SRL-Markt**
- Erschließung zusätzlichen Potentials durch die Einführung eines **Regelmarktes**

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**

## **Kontakt**

Julia Seidel, M.Sc.

E-Mail: [j.seidel@tu-braunschweig.de](mailto:j.seidel@tu-braunschweig.de)

Telefon: (0531) 391-9720



Technische Universität Braunschweig  
Institut für Hochspannungstechnik und  
Elektrische Energieanlagen – elenia  
Schleinitzstraße 23  
38106 Braunschweig

<https://www.elenia.tu-braunschweig.de/>



Technische  
Universität  
Braunschweig

# Backup



# Aktuelle Rahmenbedingungen des Regelleistungsmarktes

- Regelleistungsprodukte werden über gemeinsame Internetplattform der ÜNB auktioniert
- Zur Teilnahme muss die vorgeschriebene Präqualifikation erfüllt werden

	<b>Primärregelleistung (PRL)</b>	<b>Sekundärregelleistung (SRL)</b>	<b>Minutenreserveleistung (MRL)</b>
<b>Ausschreibungszeitraum</b>	Wöchentlich	Wöchentlich	Werktäglich
<b>Produktzeitscheiben</b>	Eine Woche	Hochtarif (Mo.-Fr. 8-20 Uhr, kein Feiertag) und Niedertarif	Sechs 4-Std.-Blöcke pro Tag
<b>Produktdifferenzierung</b>	Keine	Pos. oder neg. SRL	Pos. oder neg. MRL
<b>Mindestangebotsgröße</b>	±1 MW	+5 MW oder -5 MW	+5 MW oder -5 MW
<b>Vergütung</b>	Leistungspreis (Pay-as-bid)	Leistungs- und Arbeitspreis (Pay-as-bid)	Leistungs- und Arbeitspreis (Pay-as-bid)

# Zuverlässigkeiten der probabilistischen Prognose

