


# Regelenergie: Zusatzerlöse für Betreiber von Wind- und PV-Anlagen

Olaf Kötz





# Regelenergie: Zusatzerlöse für Betreiber von Wind- und PV-Anlagen

- 1 Der Regelenergiemarkt erklärt
- 2 Status Quo und Ausblick für den Regelenergiemarkt
- 3 Erlöspotentiale
- 4 Technische Anforderungen und Präqualifikation



# 1 Der Regelenergiemarkt erklärt



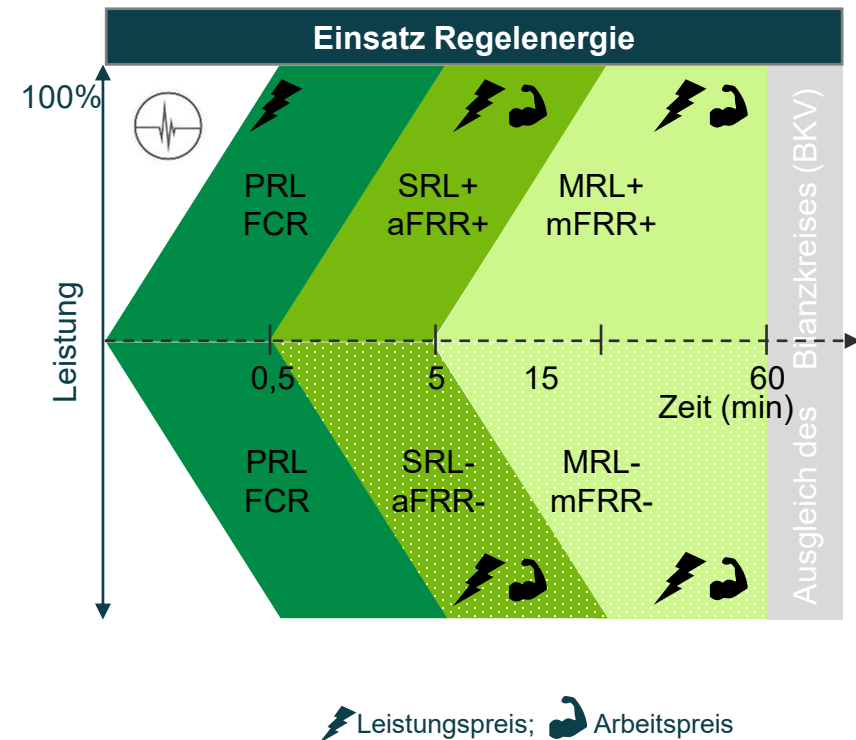


# Warum wird Regelenergie benötigt? Die Haltung der Netzfrequenz von 50 Hz durch die Übertragungsnetzbetreiber ist notwendig, damit das Stromnetz stabil bleibt

## Key Facts des Regelenergiemarktes

Flexibilität vorhalten und bei Bedarf, d. h. bei einem konkreten Abruf der ÜNB, aktivieren

- Anlagen hochfahren bzw. Verbrauch reduzieren, wenn die Netzfrequenz sinkt oder Anlagen herunterfahren
- Verbrauch erhöhen, wenn Netzfrequenz steigt
- Das Ziel ist es, die Netzfrequenz stets bei 50 Hz zu halten
- Positive und negative Minutenreserve, positive und negative Sekundärregelleistung und Primärregelleistung in allen vier Regelzonen
- Die Vergütung der Bereitschaft erfolgt über den sogenannten Leistungspreis (€/MW)
- Die Vergütung der tatsächlichen Erbringung bei einem Abruf erfolgt über den Arbeitspreis (€/MWh)





# Eckpunkte Regelenergie

PRL: Primärregelleistung  
 SRL: Sekundärregelleistung  
 MRL: Minutenreserveleistung

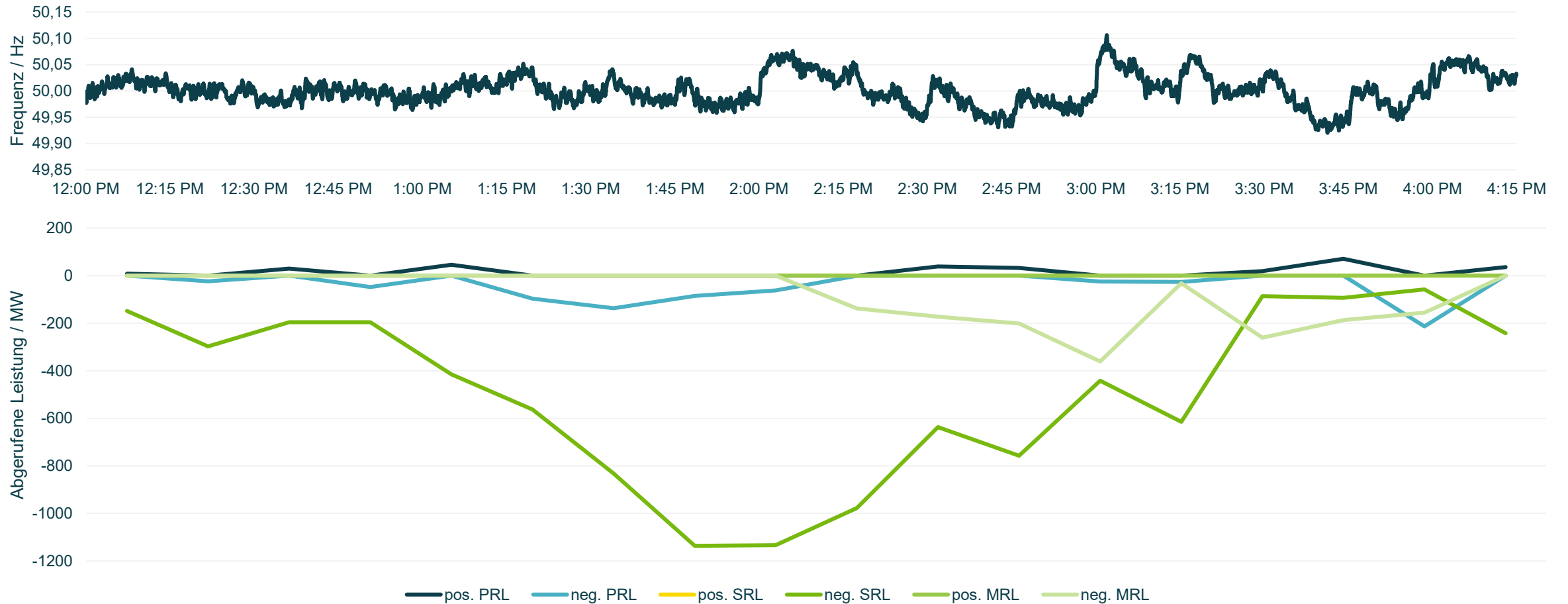
	<b>FCR (PRL)</b> Frequency Containment Reserve	<b>aFRR (SRL)</b> automatic Frequency Restoration Reserve		<b>mFRR (MRL)</b> manual Frequency Restoration Reserve	
	Kombinierter Markt	Regelleistungsmarkt	Regelarbeitsmarkt	Regelleistungsmarkt	Regelarbeitsmarkt
<b>Aktivierungszeit</b>	30 Sekunden	5 Minuten		15 Minuten	
<b>Mindestangebotsgröße</b>	1 MW (+ und -)	1 MW (+ oder -)		1 MW (+ oder -)	
<b>Ausschreibungszeitraum</b>	8 Uhr tägl. für den nächsten Tag	9 Uhr tägl. für den nächsten Tag	GCT t-25min	10 Uhr tägl. für den nächsten Tag	GCT t-25min
<b>Tageszeitunterteilung</b>	6x4 Stundenblöcke	6x4 Stunden	96 x 15 Min	6x4 Stunden	96 x 15 Min
<b>Vergütung</b>	Pay-as-cleared (Leistungspreis)	Pay-as-bid (Leistungspreis)	Pay-as-cleared (Arbeitspreis)	Pay-as-bid (Leistungspreis)	Pay-as-cleared (Arbeitspreis)
<b>Kraftwerke</b>	Bspw. Kohlekraftwerke, BESS, Pumpspeicherkraftwerke...	Bspw. BHKWs, Pumpspeicherkraftwerke, Gasturbinen, Netzersatzanlagen, BESS, power-to-heat,...		Bspw. BHKWs, Pumpspeicherkraftwerke, Gasturbinen, BESS, power-to-heat,...	

- Der deutsche Regelenergiemarkt wird von 4 Übertragungsnetzbetreibern in 4 Regelzonen verwaltet
- Die Teilnahme am RE Markt erfordert eine Präqualifizierung der Anlage beim Übertragungsnetzbetreiber – bei diesem Test wird geprüft, ob die Anlage den Anforderungen standhält, sodass sie bei Abrufen auch tatsächlich die geforderte Leistung bzw. Arbeit erbringen kann
- Jede Anlage muss einzeln präqualifiziert werden



# Beispiel (06.04.2025) aus der Regelenergie: Regelenergieaktivierung an einem sonnigen Tag

Frequenz





## ② Status Quo und Ausblick für den Regelenergiemarkt

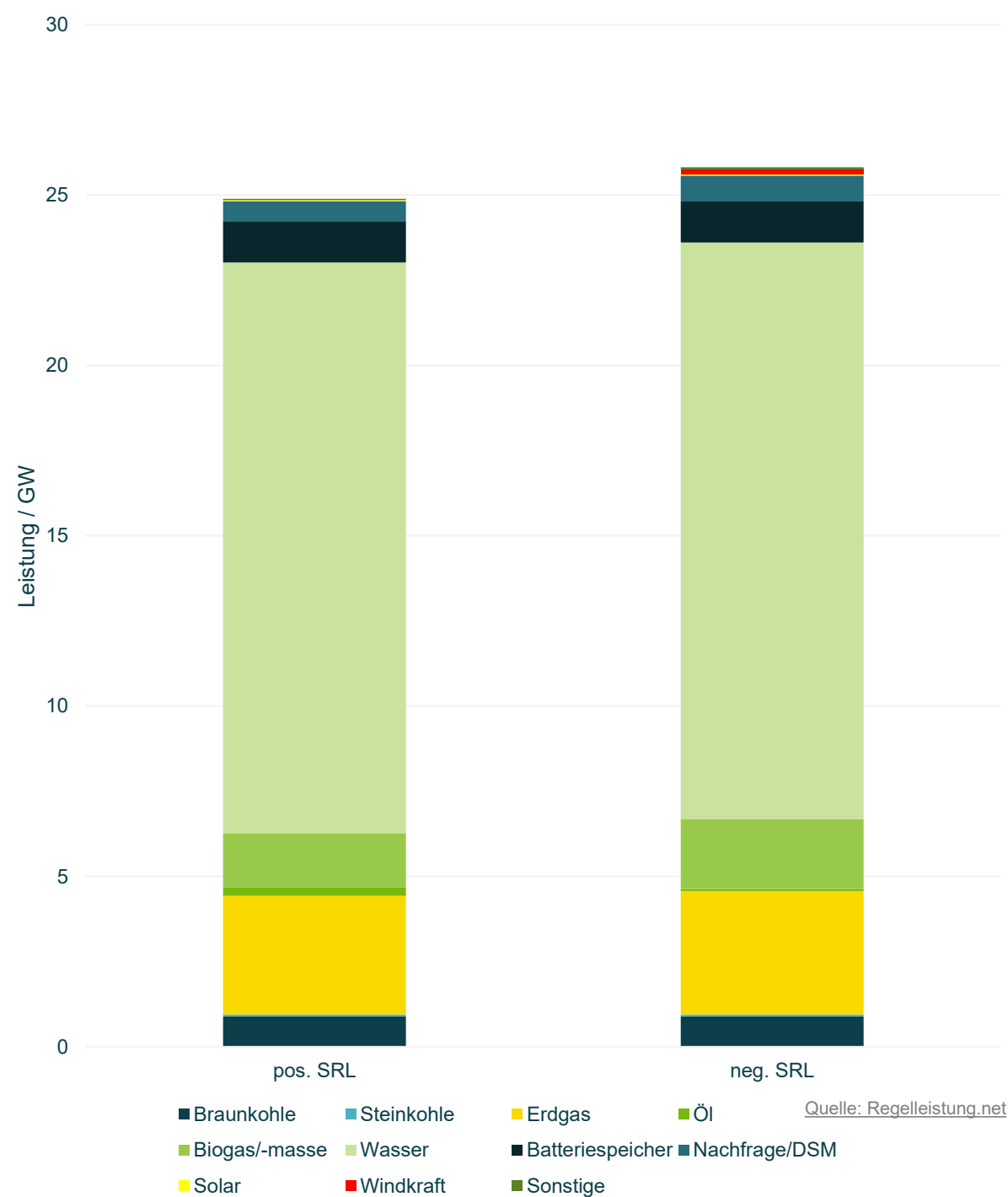




# Präqualifizierte SRL in Deutschland

Primärenergieträger	pos. SRL / GW	neg. SRL / GW
Braunkohle	0,89	0,89
Steinkohle	0,06	0,06
Erdgas	3,48	3,62
Öl	0,25	0,06
Biogas/-masse	1,59	2,06
Wasser	16,75	16,92
Batteriespeicher	1,2	1,2
Nachfrage/DSM	0,6	0,76
Solar	0,03	0,03
Windkraft	0	0,15
Sonstige	0,04	0,07
Summe	24,89	25,82

Die aktuelle Dimensionierung der SRL beläuft sich auf ca. 2 GW

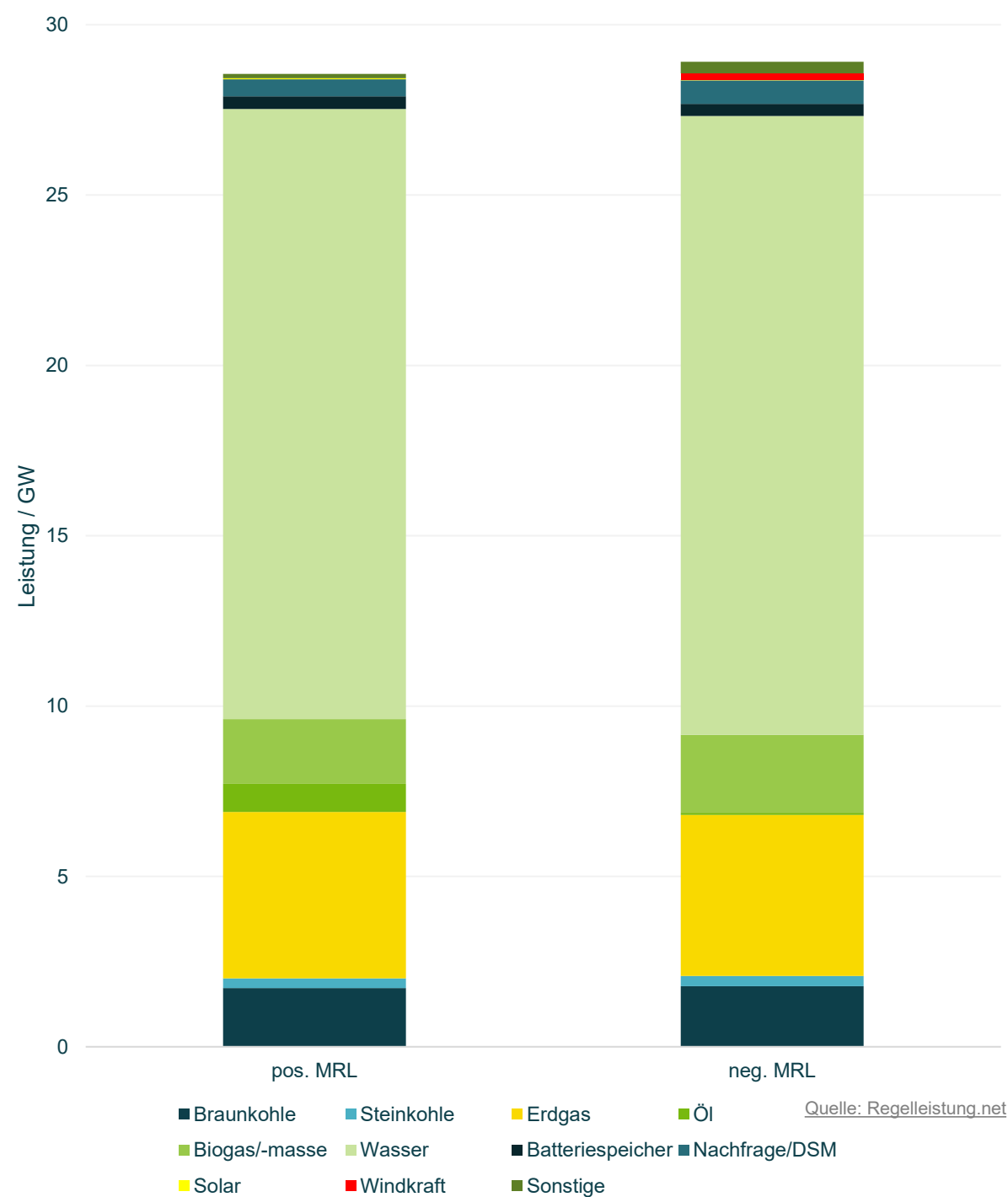




## Präqualifizierte mFRR in Deutschland

Primärenergieträger	pos. MRL / GW	neg. MRL / GW
Braunkohle	1,72	1,78
Steinkohle	0,29	0,3
Erdgas	4,88	4,73
Öl	0,83	0,06
Biogas/-masse	1,9	2,29
Wasser	17,91	18,16
Batteriespeicher	0,37	0,36
Nachfrage/DSM	0,5	0,69
Solar	0,03	0,03
Windkraft	0	0,17
Sonstige	0,13	0,34
Summe	28,52	28,9

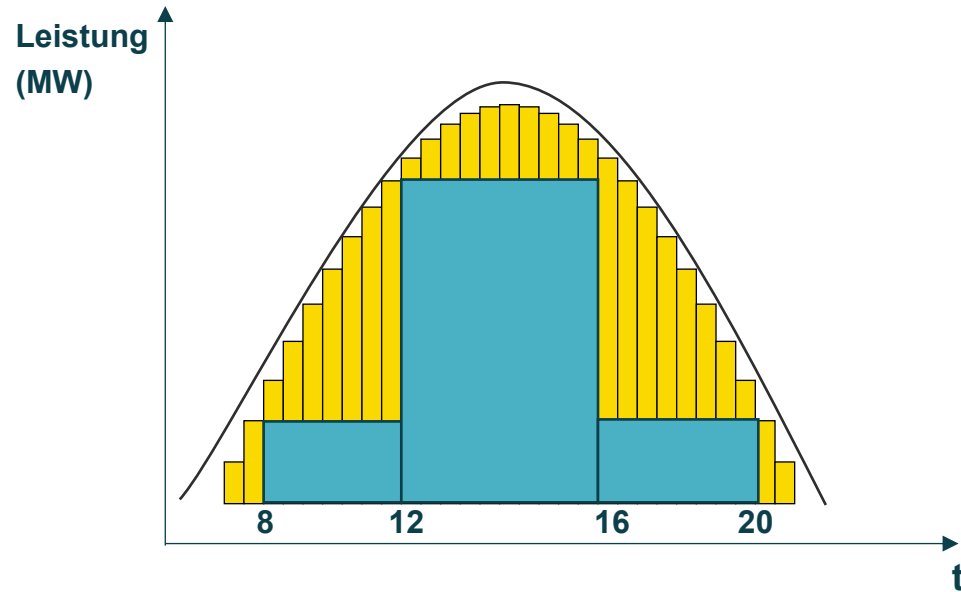
Die aktuelle Dimensionierung der MRL beläuft sich auf ca. 0,6 GW



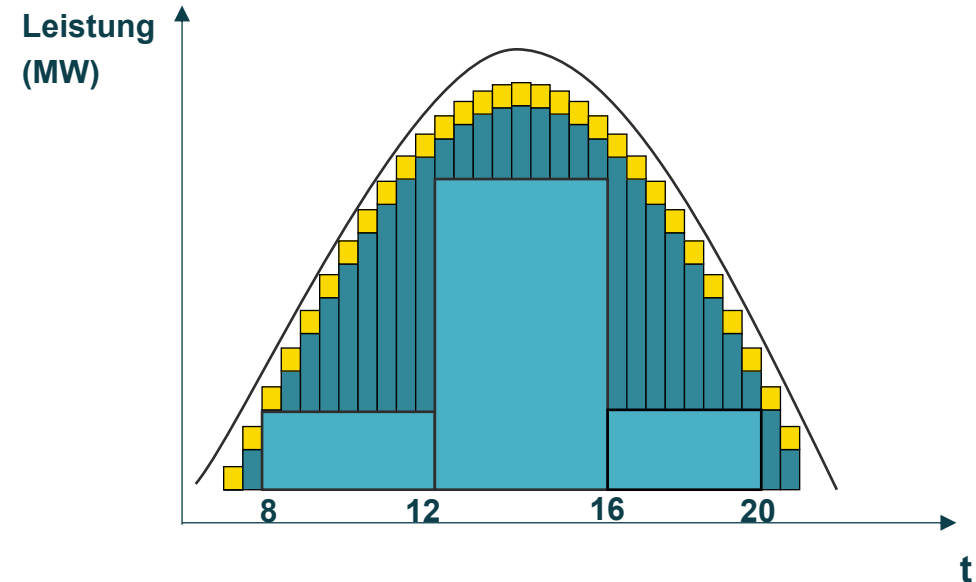


# Änderung des Marktdesigns: Mitte des Jahres soll der Regelleistungsmarkt auf 15 Minuten Zeitscheiben erweitert werden

### 4 h Leistungsmarkt



### 4 h & 15 Minuten Leistungsmarkt



- Die Anpassung des Marktdesigns kann es PV-Anlagen ermöglichen auch in den Rampenzeiten mehr Regelleistung vorhalten zu können



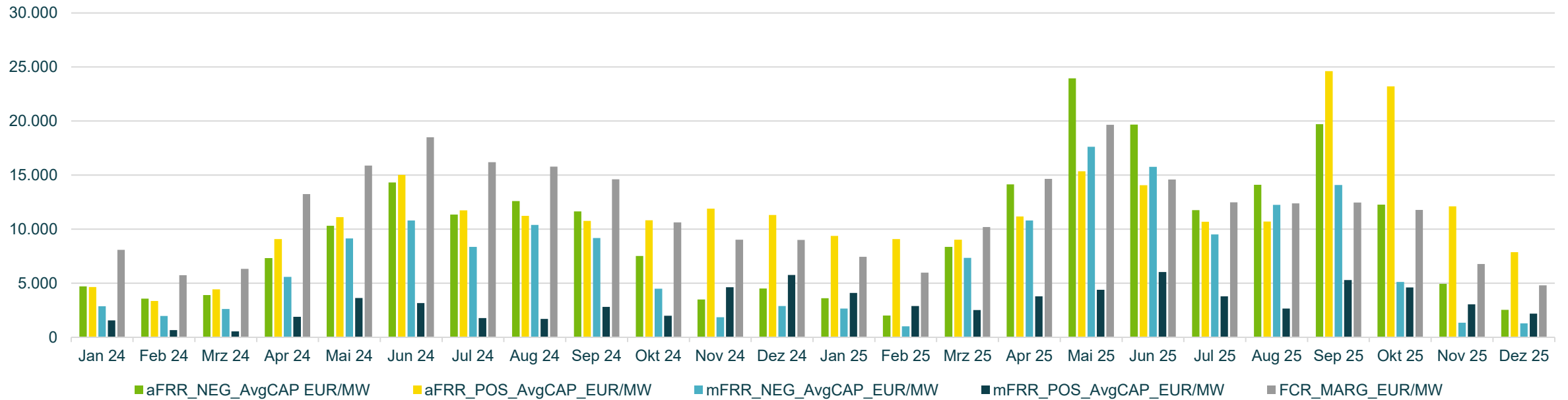
### 3 Erlöspotentiale





# Kapazitätspreis Entwicklung 2024/2025

Vorhaltungserlös 1MW 2024/2025

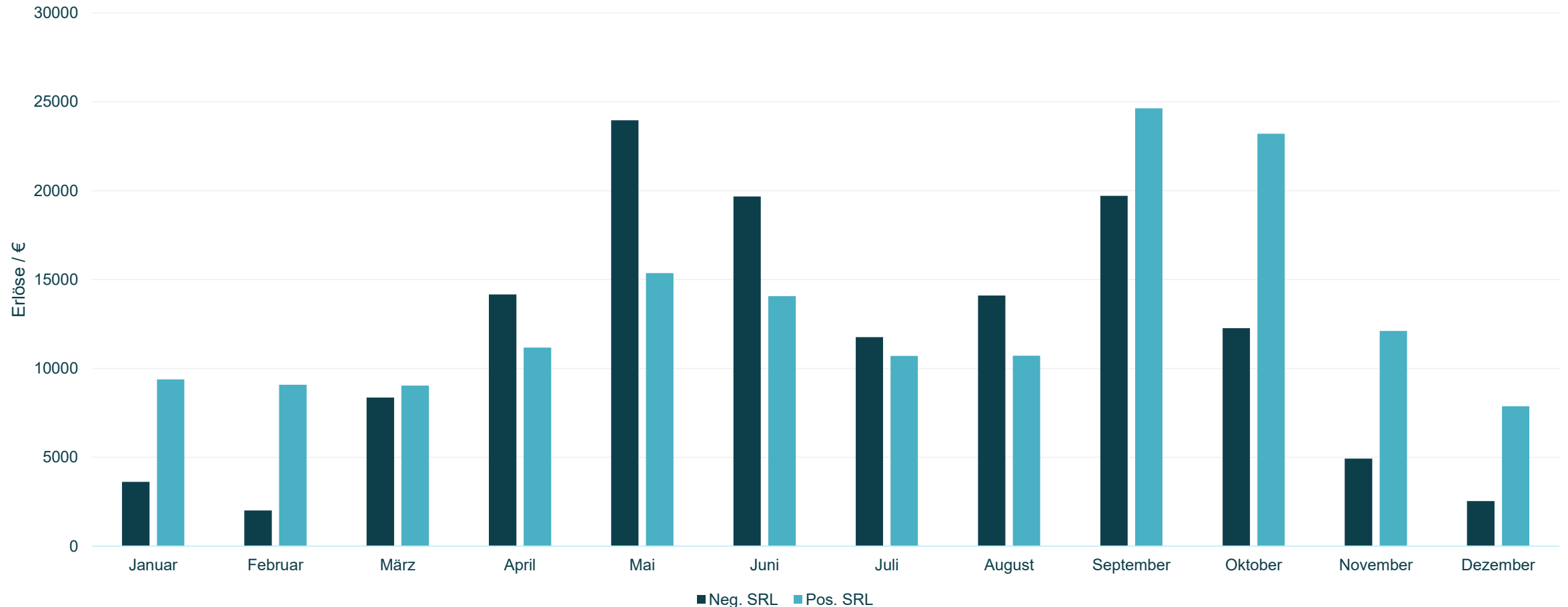


Jahr	PRL / €/MW	pos. SRL / €/MW	neg. SRL / €/MW	neg. MRL / €/MW	pos. MRL / €/MW
2024	143.046	115.428	95.258	70.163	30.159
2025	142.401	120.162	94.161	69.956	32.687



## Der attraktivste Markt für die Windkraft- und PV-Anlagen ist der SRL-Markt. Primär die negative SRL. Die Preise unterliegen saisonalen Schwankungen.

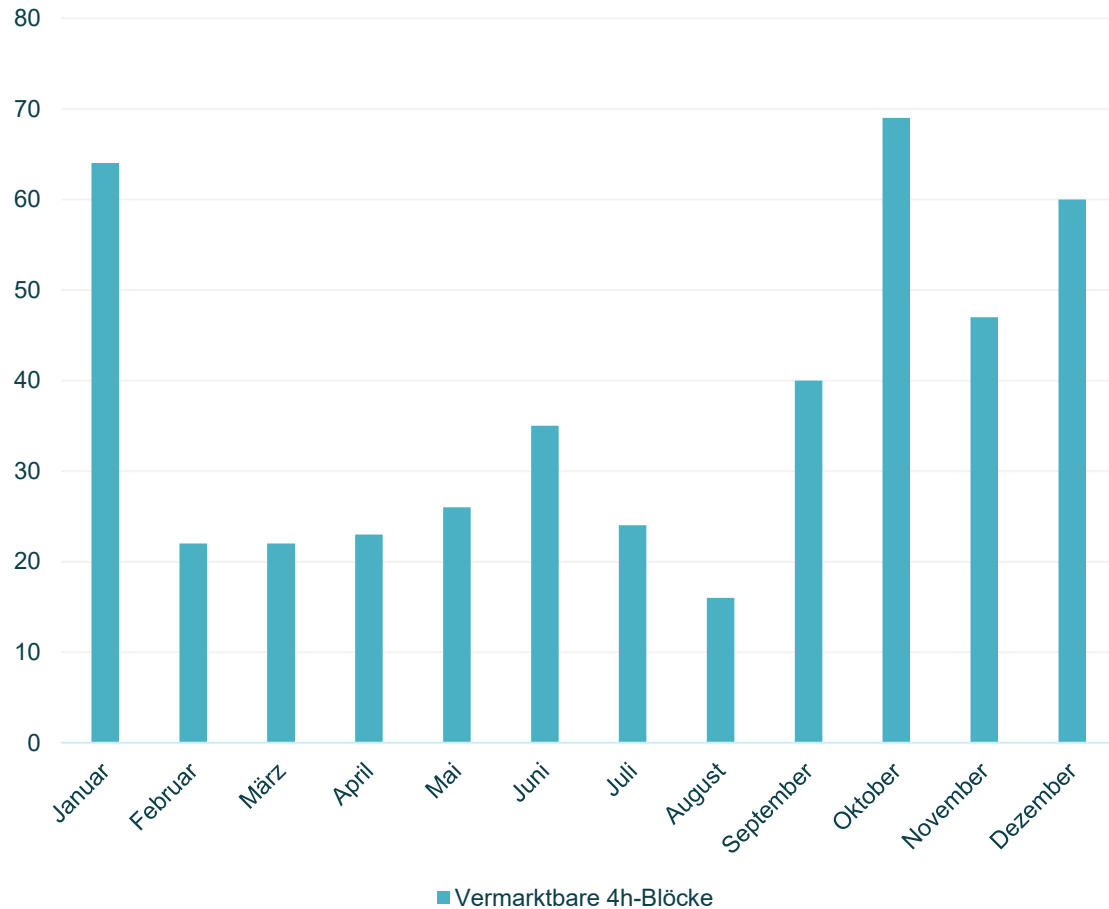
Durchschnittliche Erlöse pro MW in 2025



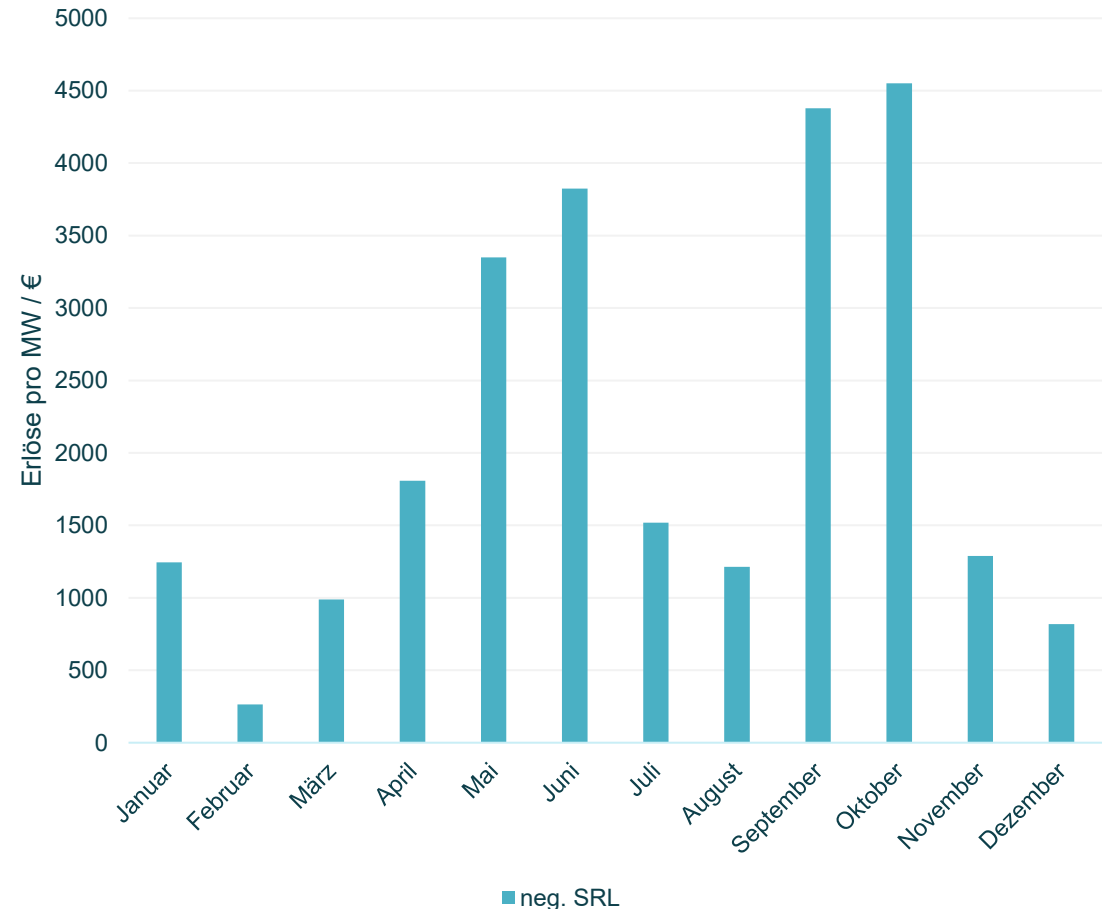


# Erlöspotential einer Windkraftanlage für das Jahr 2025 anhand einer Referenzanlage: 25.000 €/MW in der negativen SRL

Vermarktbare 4h-Blöcke

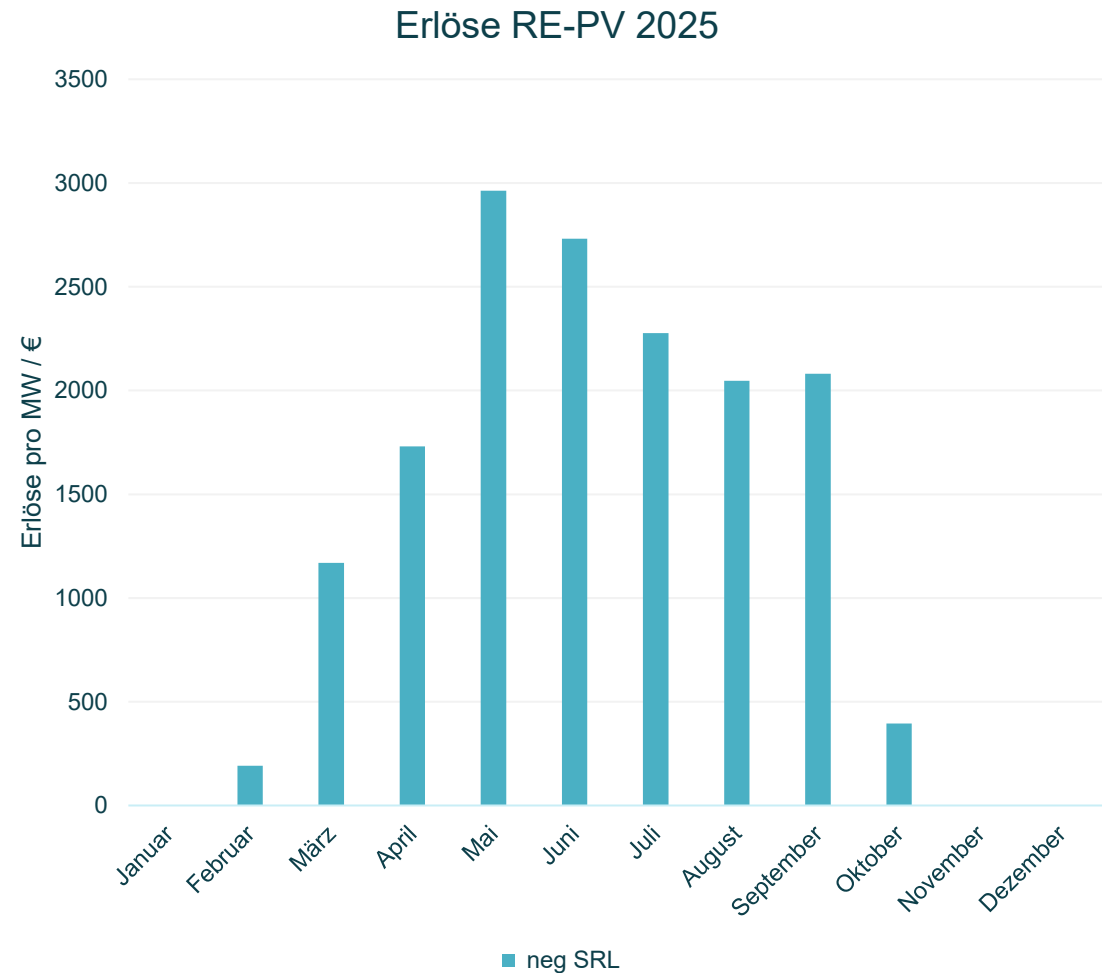
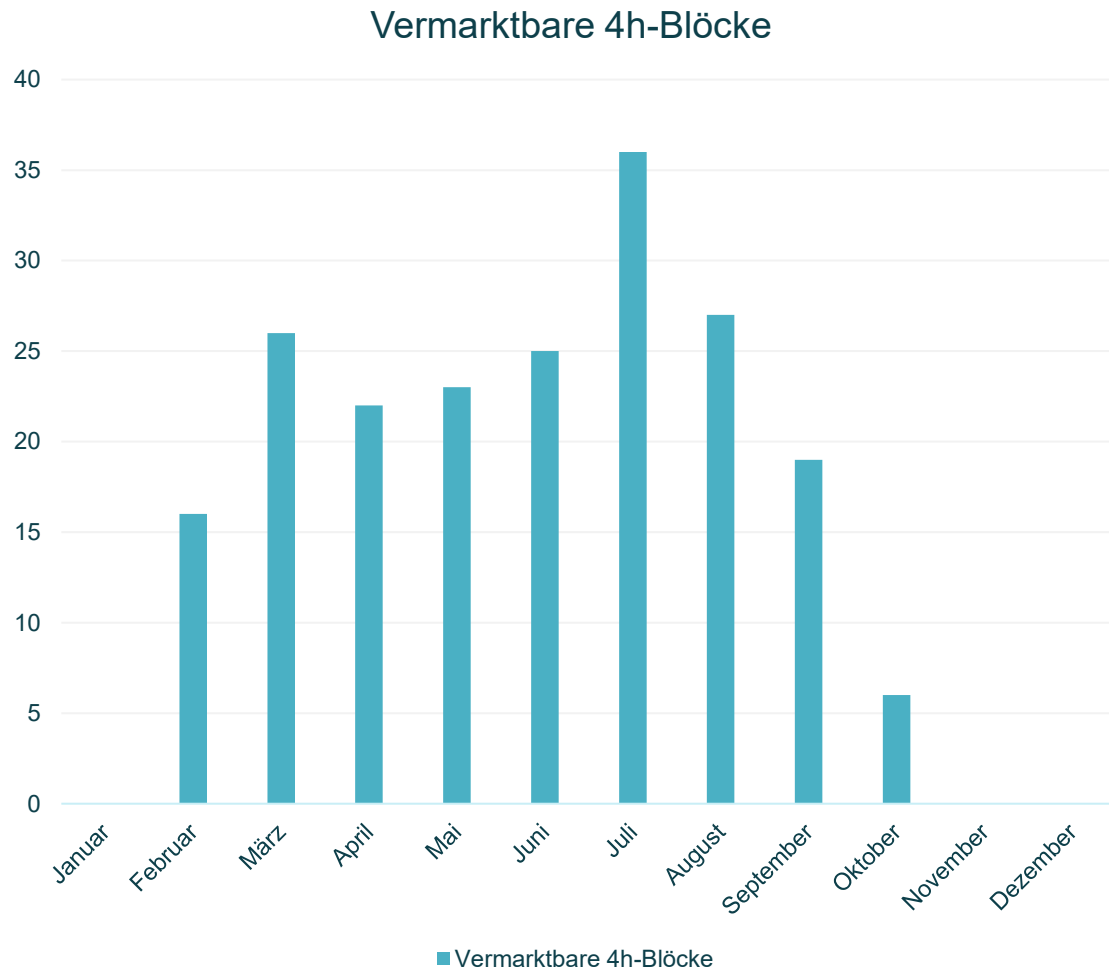


Erlöse RE-Wind 2025





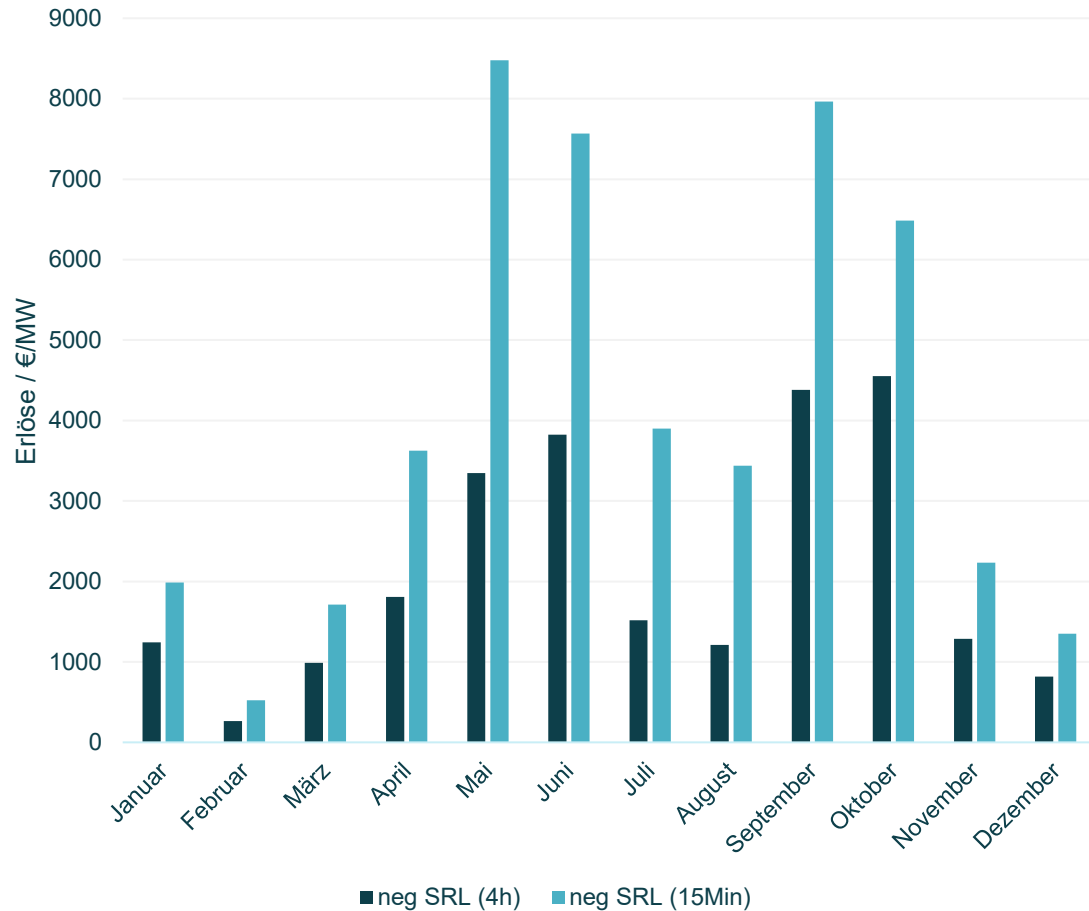
# Erlöspotential einer PV-Anlage für das Jahr 2025 anhand einer Referenzanlage: 15.000 €/MW in der negativen SRL



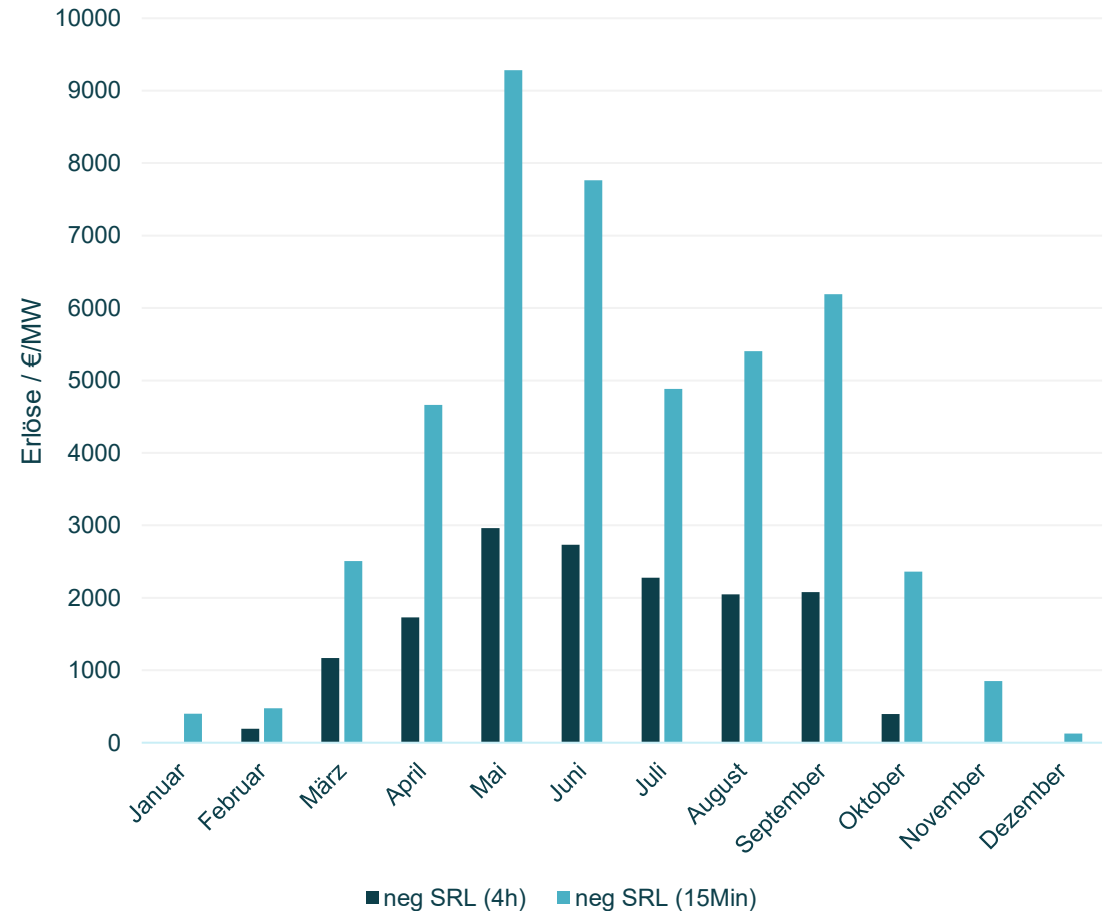


# Erlöse mit 15 Minuten-Zeitscheiben in 2025; Anzahl vermarktbarer Zeiträume steigt (vereinfachte Annahme) Wind: 49.000 €/MW; PV: 44.000 €/MW Aber: Durch 15 Minuten-Produkt sind niedrigere Leistungspreise zu erwarten

### Erlöspotential Wind



### Erlöspotential PV



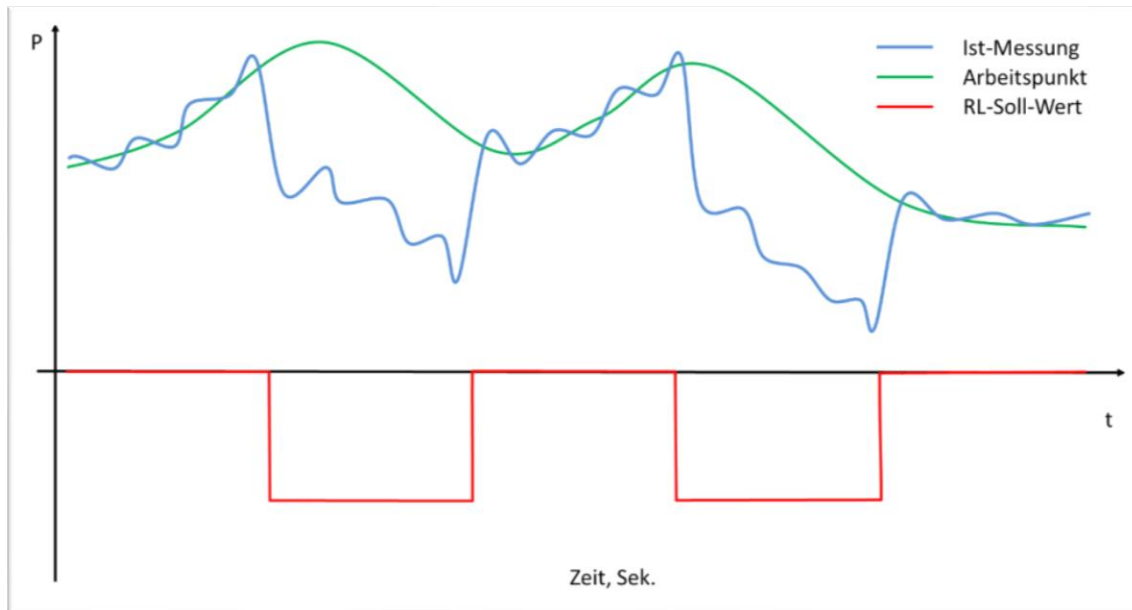


## 4 Technische Anforderungen und Präqualifikation



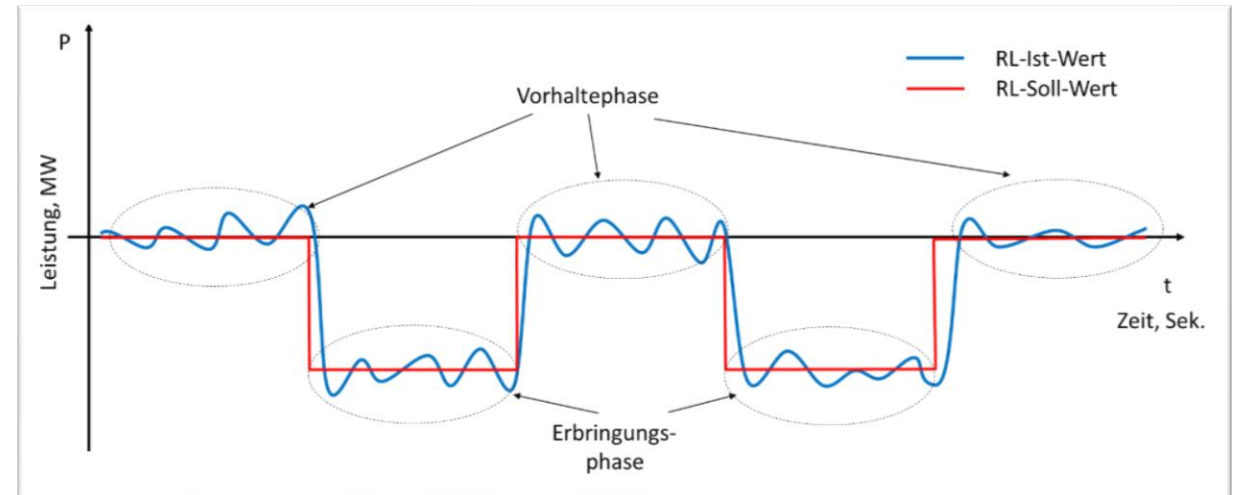


# Der Doppelhub-Test: Betriebsfahrt, mit der die Regelleistungsfähigkeit der Anlage nachgewiesen wird



Für SRL und MRL gelten unterschiedliche Anforderungen:

	SRL	MRL
Vorhaltephase	> 10 Minuten	> 10 Minuten
Erbringungsphase	> 10 Minuten	> 10 Minuten
Rampe	< 5 Minuten	< 12,5 Minuten
Reaktionszeit	< 30 Sekunden	-
Erlaubtes Intervall der Messwerte	+/- 5 %	+/- 10 %



Quelle: PQ-Bedingungen

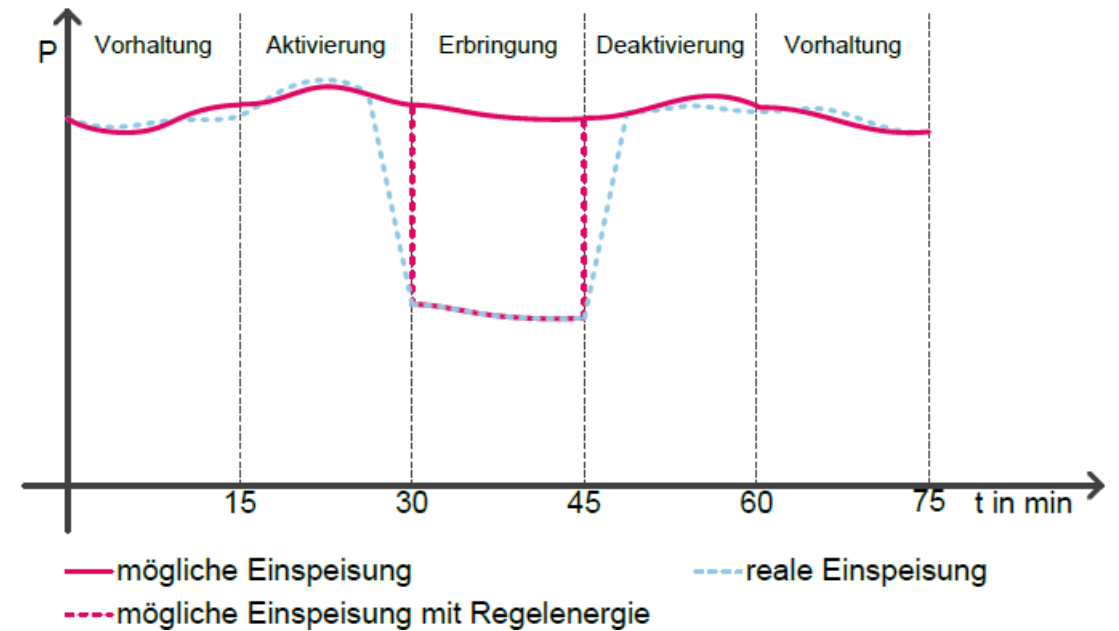


# Die mögliche Einspeisung: Der entscheidende Parameter für die Präqualifikation von fluktuierenden Anlagen

- Mögliche Einspeisung (=Arbeitspunkt) dient als Referenzpunkt, um im Fall eines Regelenergieabrufs die tatsächliche Regelleistung zu bestimmen
- Entweder wird die mögliche Einspeisung im Park bestimmt oder über entsprechende Messungen im VPP berechnet
- Mögliche Einspeisung muss als Livemesswert übermittelt werden
- Qualität der möglichen Einspeisung muss dem ÜNB nachgewiesen werden:
  - 10.000 zusammenhängende Werte mit Leistungswerten  $> 10\%$  Pinst
  - Nicht im abgesenkten Betrieb
  - Mittelwert des Erbringungsfehlers darf nicht größer als  $1\%$  der zu präqualifizierenden Leistung sein

## Verschiedene Methoden, um die mögliche Einspeisung zu bestimmen:

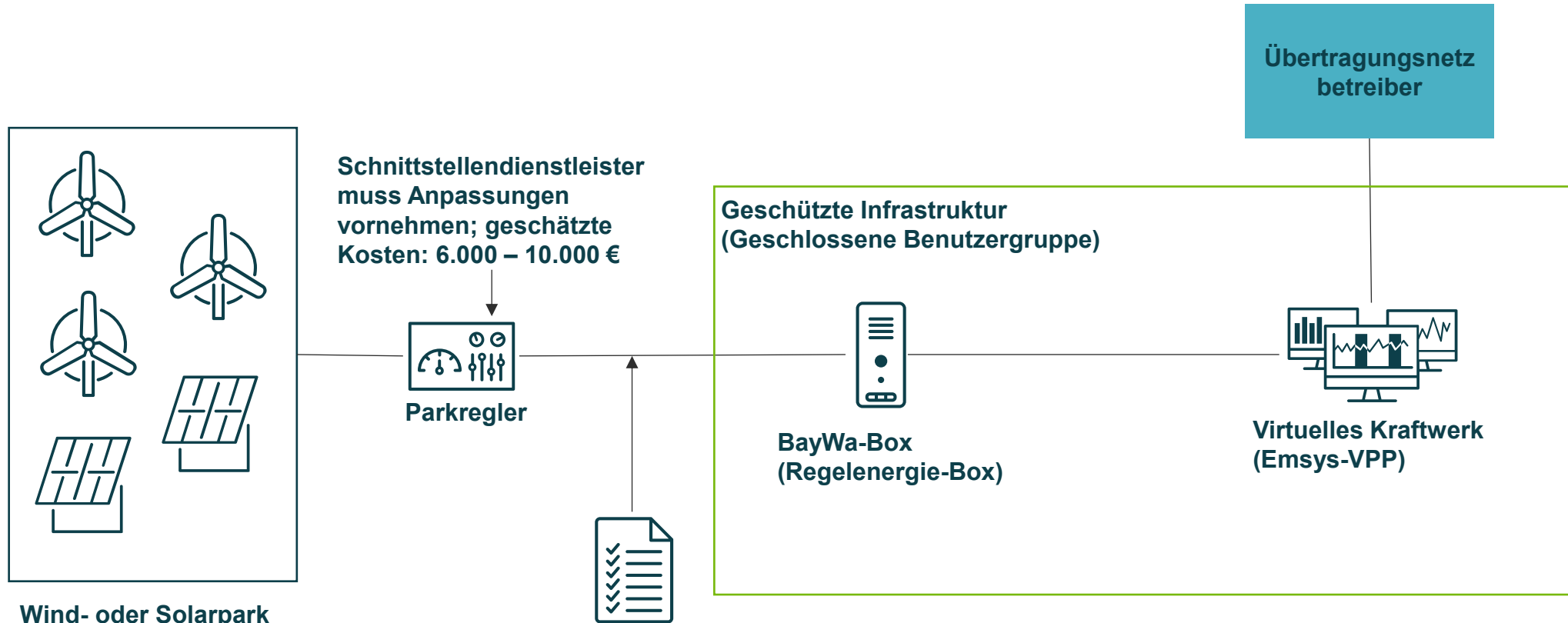
- Berechnung über lokale Sensordaten (Anemometer/Pyranometer), Wetterdaten und Anlagenkennlinien
- Bestimmung über Referenzanlagen/-module, die nicht abgeregelt werden
- Bei PV-Anlagen über physikalische Messwerte (Abhängigkeit von Spannung und Stromstärke)
- Bei PV-Anlagen mit Wolkenkameras (bisher nicht erfolgreich umgesetzt)



Quelle: PQ-Bedingungen



## Technische Anbindung des Parks: Für die Einbindung in die Regelenergie benötigt der Park eine neue Kommunikationsanbindung



- „Medienbruch“ zwischen Anlage und Box erforderlich:
  - Unterbrechung des Internetprotokolls
  - ModbusRTU- oder ProfibusDP-Schnittstelle
- **Angepasste Datenpunkte: Mögliche Einspeisung übermitteln**



# Fragerunde

**Olaf Kötz**

**Product Development Manager**

**[olaf.koetz@baywa-re.com](mailto:olaf.koetz@baywa-re.com)**