

Optimale Systemkonfiguration für Primärregelleistung mit Batterien und Power-to-Heat

Wie groß sollte meine Batterie sein?

Dr. Uli Schlachter

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.

Institut für Vernetzte Energiesysteme

Abteilung Energiesystemtechnologie

Oldenburg

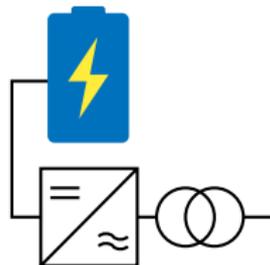
21.02.2020

Wissen für Morgen



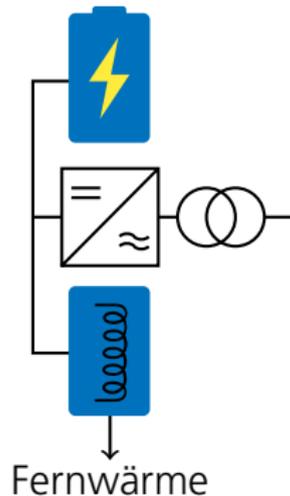
HyReK 2.0 – Das Hybridregelkraftwerk

- Primärregelleistung mit Batteriespeicher



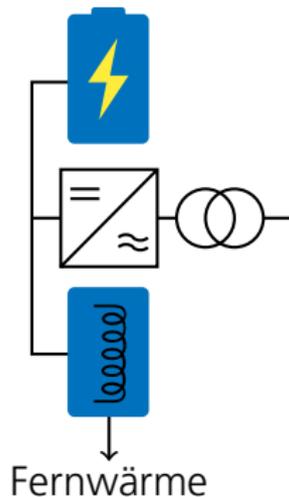
HyReK 2.0 – Das Hybridregelkraftwerk

- Primärregelleistung mit Batteriespeicher + Power-to-Heat-Modul (PtH)



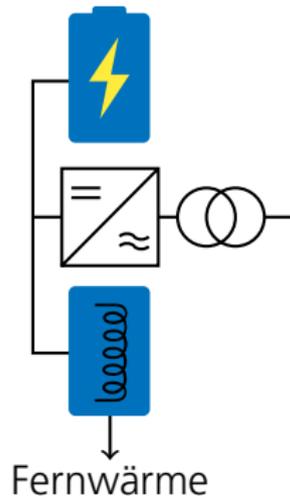
HyReK 2.0 – Das Hybridregelkraftwerk

- Primärregelleistung mit Batteriespeicher + Power-to-Heat-Modul (PtH)
- negative Regelleistung durch PtH
- damit kleinere Batteriekapazität möglich
⇒ geringere Investitionskosten



HyReK 2.0 – Das Hybridregelkraftwerk

- Primärregelleistung mit Batteriespeicher + Power-to-Heat-Modul (PtH)
- negative Regelleistung durch PtH
- damit kleinere Batteriekapazität möglich
⇒ geringere Investitionskosten



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

swb

AEG

POWER
SOLUTIONS



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Förderkennzeichen: 03ET6147C



Einleitung

Fragestellungen

- Was ist die beste Batteriegröße?
- Was ist die beste Betriebsweise?
 - hinsichtlich der Freiheitsgrade der Primärregelleistung



Einleitung

Fragestellungen

- Was ist die beste Batteriegröße?
- Was ist die beste Betriebsweise?
 - hinsichtlich der Freiheitsgrade der Primärregelleistung

Methodik

- Simulation
 - verschiedener Systemkonfigurationen
 - mit Frequenzdaten eines Jahres
 - Hochrechnung der Ergebnisse auf 15 Jahre Batterielebenszeit
- Bewertung mit Kapitalwert
 - auch bekannt als: Nettobarwert, net present value (NPV)
 - Kennzahl der Investitionsrechnung



Einleitung

Abgaben/Umlagen/Steuern

- auf Batterie ca. 10 €/MWh
- auf Power-to-Heat ca. 157 €/MWh



Einleitung

Abgaben/Umlagen/Steuern

- auf Batterie ca. 10 €/MWh
- auf Power-to-Heat ca. 157 €/MWh

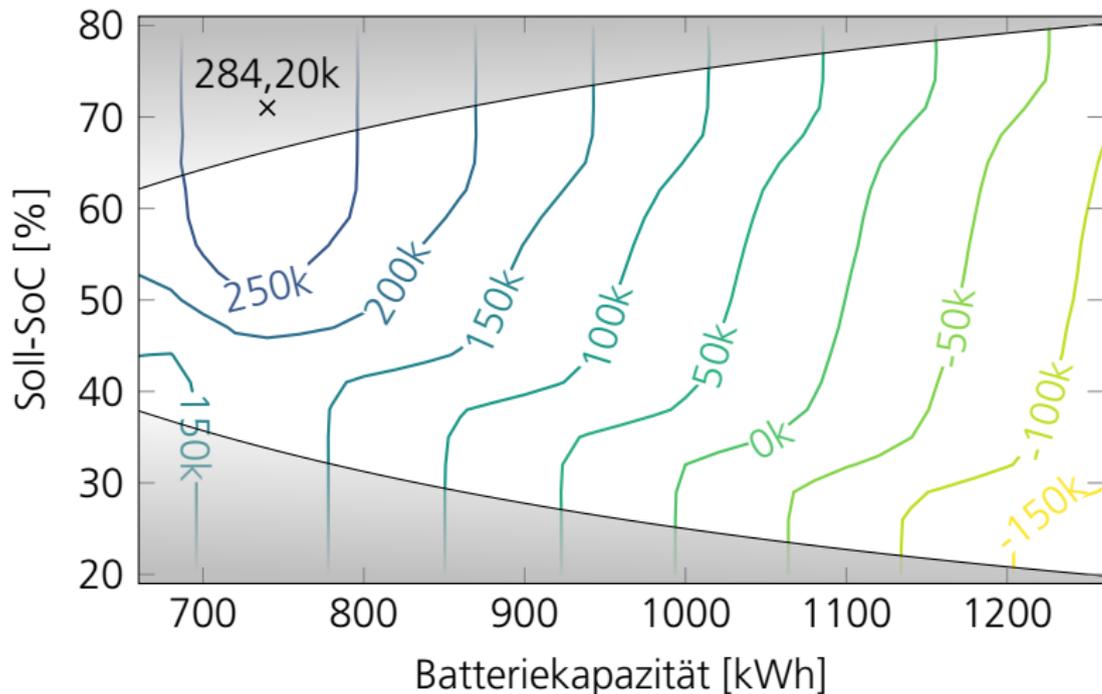
Drei Systemvarianten

1. nur Batterie
2. HyReK
3. HyReK mit Verkauf



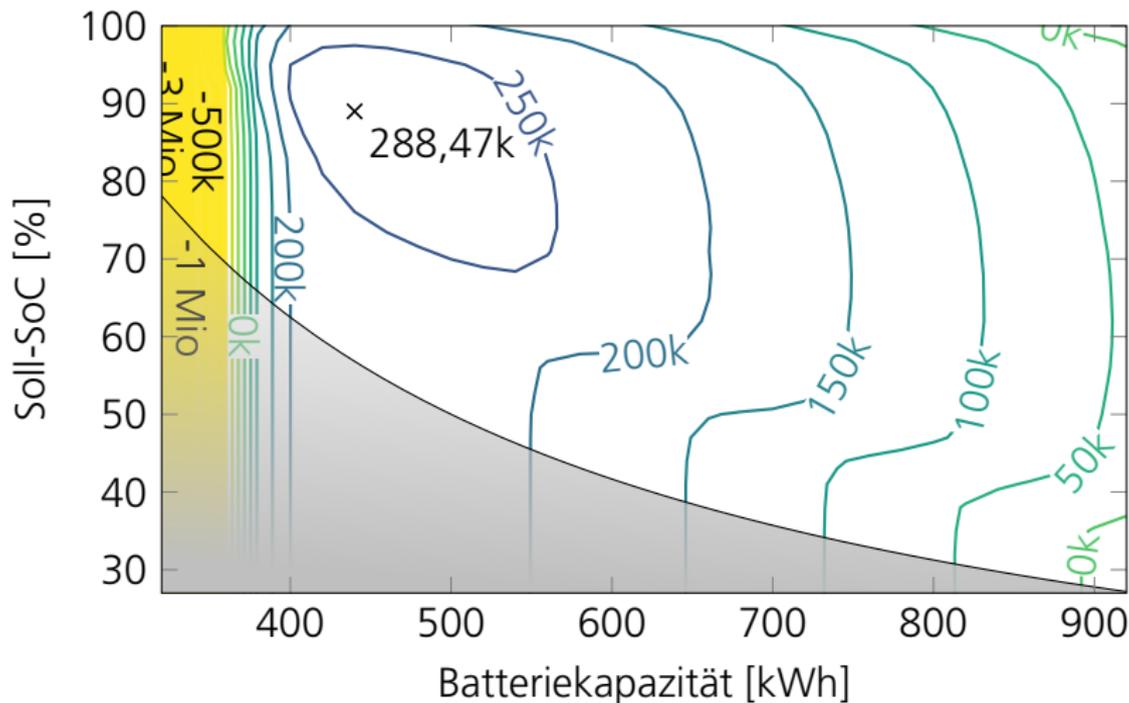
Kapitalwert

Systemvariante: nur Batterie



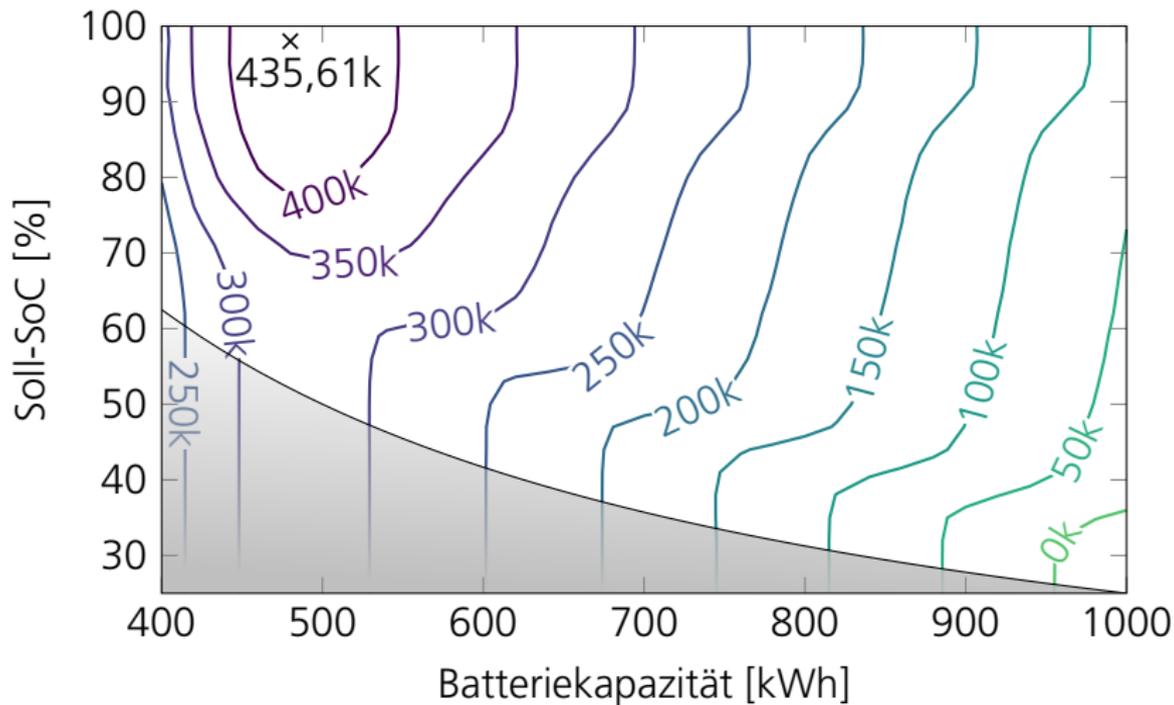
Kapitalwert

Systemvariante: HyReK

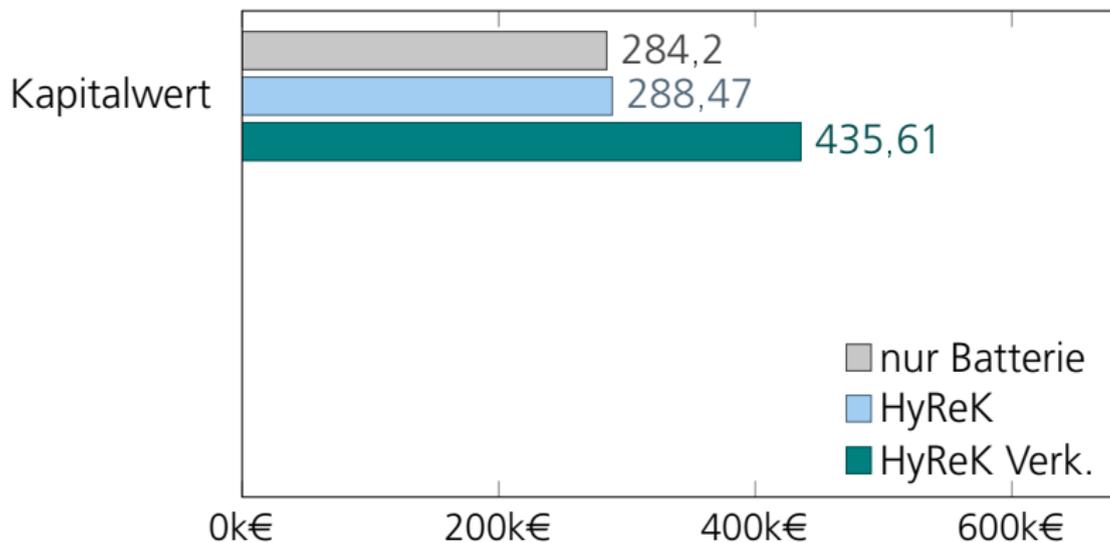


Kapitalwert

Systemvariante: HyReK mit Verkauf



Zusammenfassung

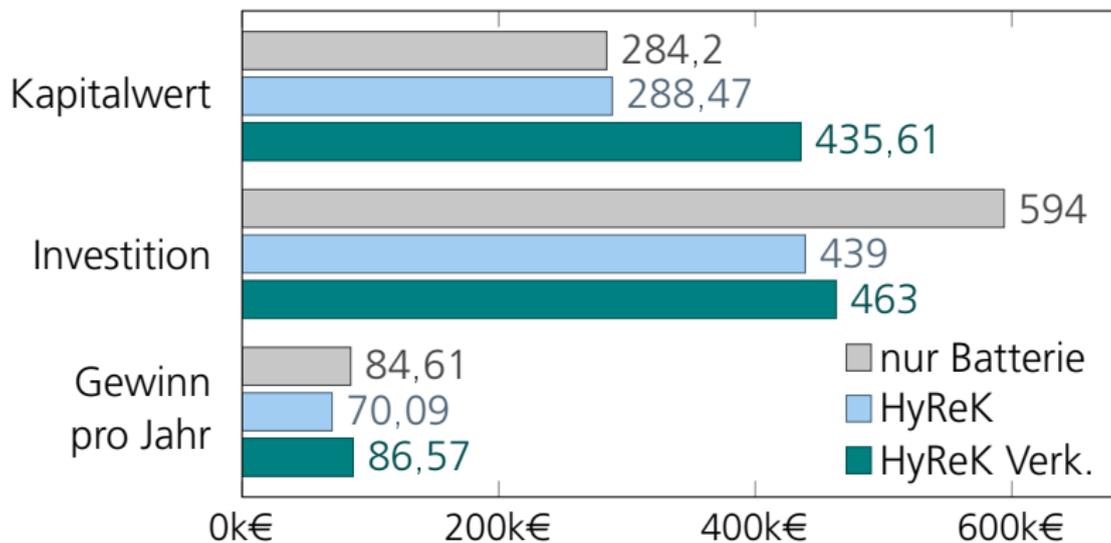


Bildquellen:

- https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c8/Icons8_flat_charge_battery.svg (CC0 1.0)
- <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/74/G1%C3%BChdraht%2CHeizdraht.svg> (MIT)



Zusammenfassung

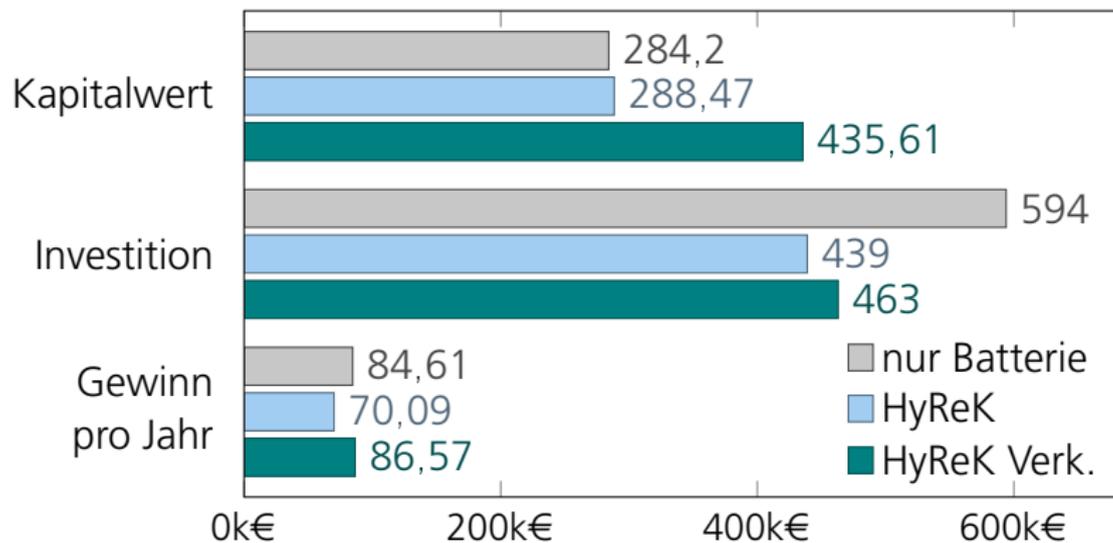


Bildquellen:

- https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c8/Icons8_flat_charge_battery.svg (CC0 1.0)
- <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/74/G1%C3%BChdraht%2Cheizdraht.svg> (MIT)



Zusammenfassung



- Fazit: Optimum bei kleiner Batteriegröße & hohem Ziel-SoC
- Ausblick: Berücksichtigung Batteriealterung

Bildquellen:

- https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c8/Icons8_flat_charge_battery.svg (CC0 1.0)
- <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/74/G1%C3%BCdraht%2CHeizdraht.svg> (MIT)



Anhang

- Freiheitsgrade
- Nutzung der Freiheitsgrade
- 15-Minuten-Kriterium
- Simulationsparameter



Simulationsparameter I

- Szenario:
 - Primärregelleistung: 1 MW
 - Simulationszeitraum: 01.07.2018 – 30.06.2019
 - Frequenzdaten der Dr. Gobmaier GmbH
 - Ladestandsmanagement per kontinuierlichem Handel
 - Viertelstunden Kontrakte
 - Handelsschluss 5 Minuten vor physischer Lieferung
 - Lag \leq 20 Minuten, d.h. jeweils 1/12 MWh Energiereserve
- Wirkungsgrade:
 - Batterie: 95 % beim Be- & Entladen, d.h. ca. 90 % round-trip
 - Power-to-Heat: 99 %
- Kapitalwertmethode:
 - Lebenszeit: 15 Jahre
 - Zinssatz: 5 %
- Schrittweiten: 20 kWh für Batteriegröße, 3 % für Soll-SoC



Simulationsparameter II

- Investition:
 - Batterie: 600 k€/MWh
 - Power-to-Heat: 25 k€
 - Sonstiges: 150 k€
- Fixe Geldströme:
 - Wartungskosten: 2 % der Investition pro Jahr
 - Erlös aus Primärregelleistung: 100.393 €/Jahr
- Variable Geldströme:
 - Stromaufnahme Batterie: 9,9484 €/MWh
 - Stromaufnahme Power-to-Heat 157,77702 €/MWh
 - Fernwärmeerlös: 10 €/MWh
 - historische Strommarktpreise
- 15-Minuten-Kriterium: jeweils Energiereserve von 1/4 MWh

[Zurück zum Anhang](#)



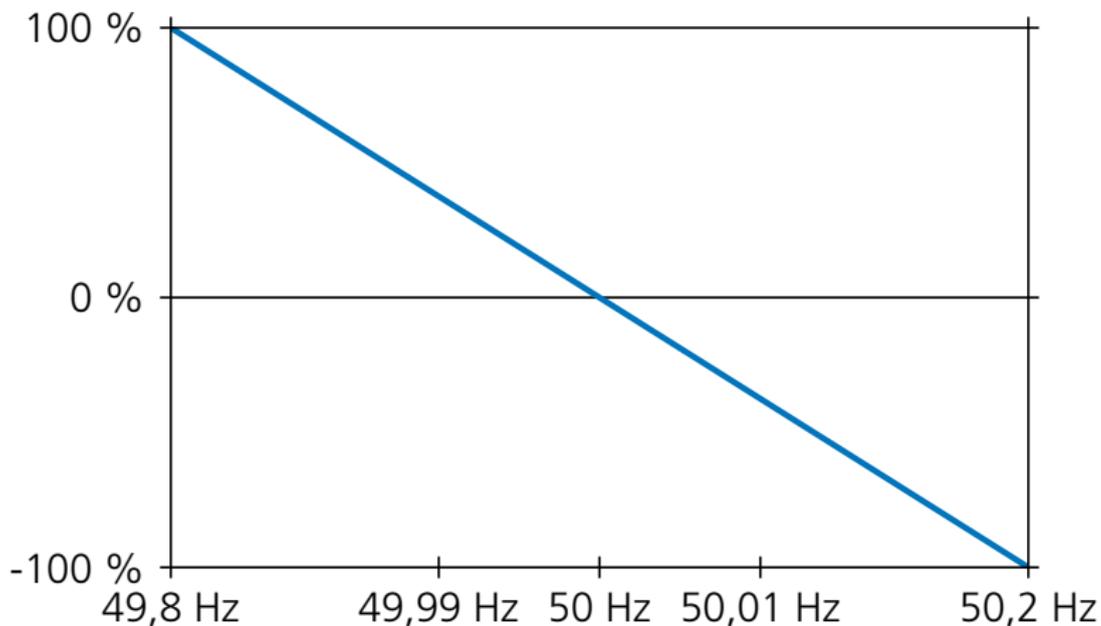
Verletzungen des 15-Minuten-Kriteriums

- Anteil der Zeit, die das 15-Minuten-Kriterium verletzt wird
 - 1 % \equiv insgesamt 3,65 Tage pro Jahr
 - 0,1 % \equiv insgesamt 8,76 Stunden pro Jahr
- nur Batterie:
 - Bis zu 5,2 % der Zeit bei kleinen Batteriegrößen
 - Unter 0,4 % ab 700 kWh
 - Unter 0,05 % ab 740 kWh
- HyReK:
 - immer unter 0,04 % der Zeit
- HyReK mit Verkauf:
 - Bis zu 3,2 % der Zeit bei sehr kleinen Batteriegrößen
 - Unter 0,6 % ab 440 kWh
 - Unter 0,1 % ab 460 kWh

[Zurück zum Anhang](#)



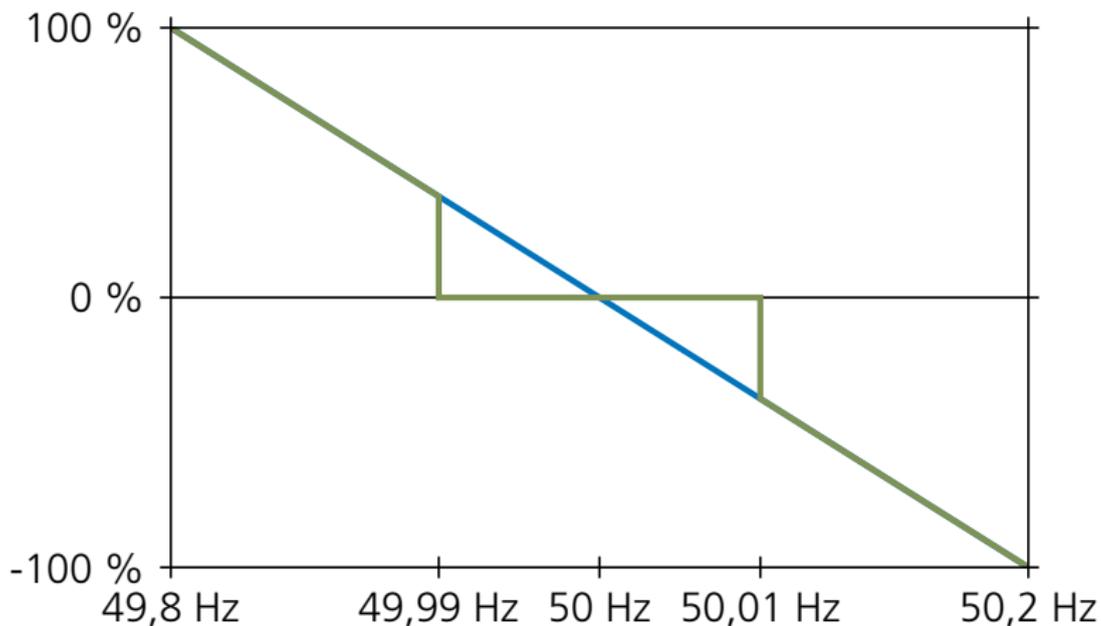
Freiheitsgrade bei Primärregelleistung



[Zurück zum Anhang](#)



Freiheitsgrade bei Primärregelleistung

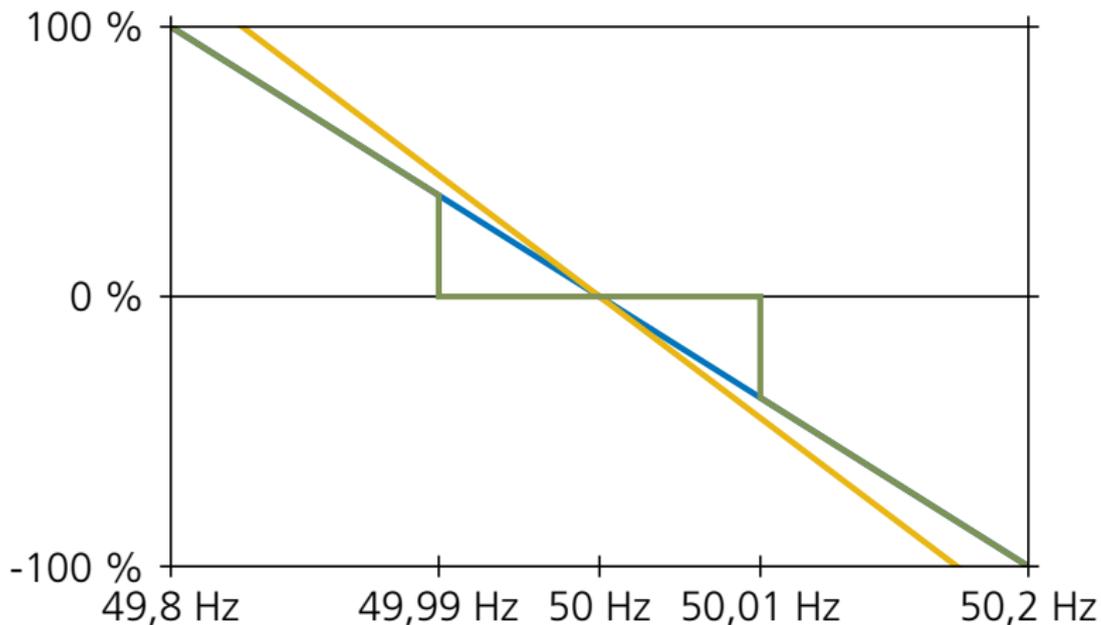


Totband

[Zurück zum Anhang](#)



Freiheitsgrade bei Primärregelleistung

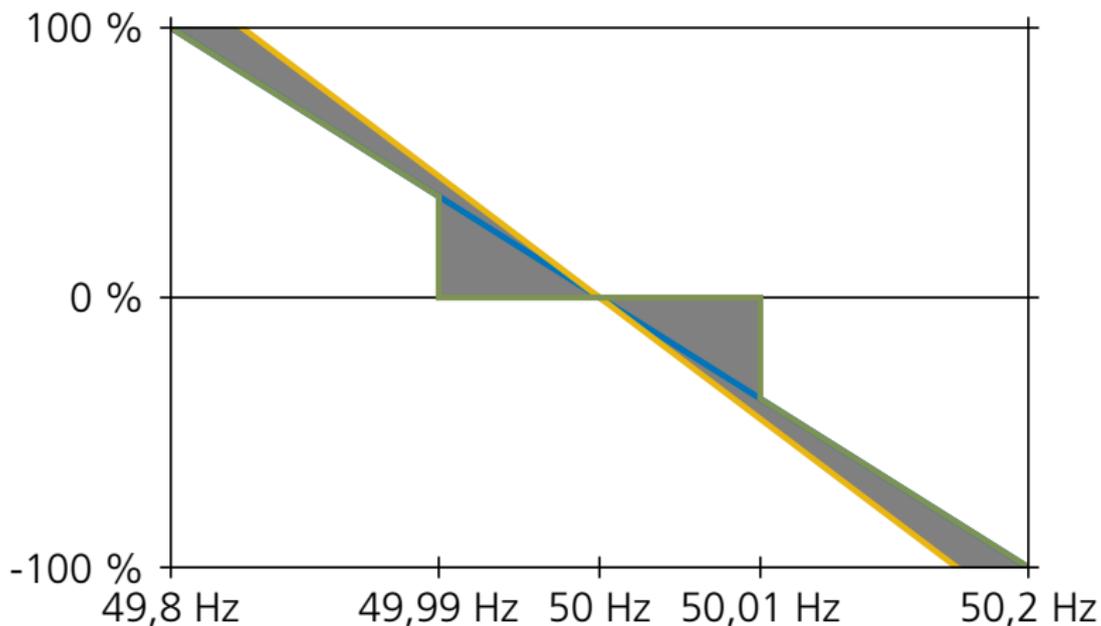


Übererfüllung

[Zurück zum Anhang](#)



Freiheitsgrade bei Primärregelleistung

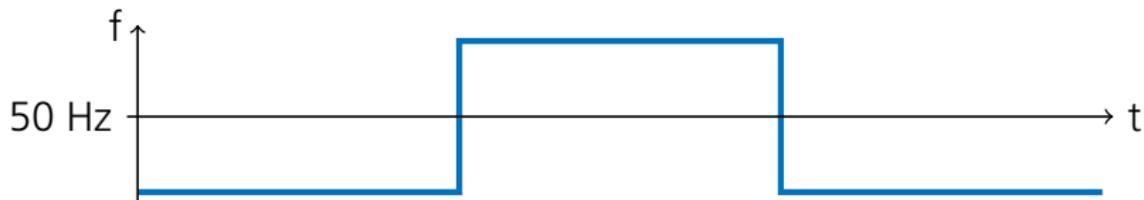


Gültiger Arbeitsbereich

[Zurück zum Anhang](#)



Nutzung der Freiheitsgrade der Primärregelleistung



Zurück zum Anhang



Nutzung der Freiheitsgrade der Primärregelleistung

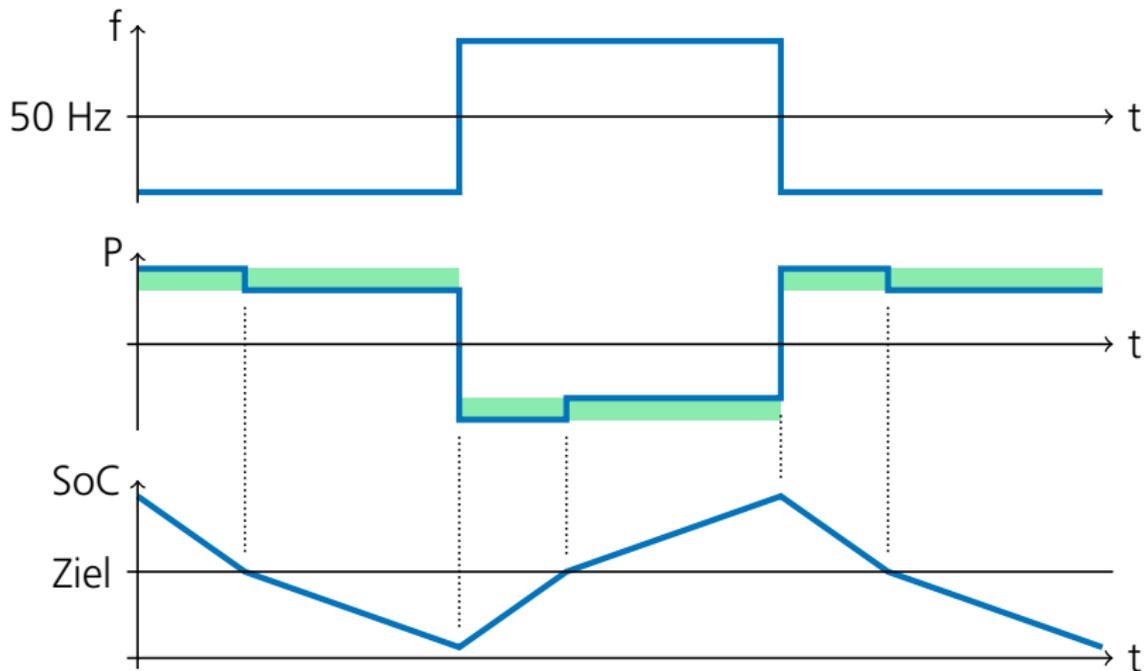


Von Freiheitsgraden erlaubter Bereich

Zurück zum Anhang



Nutzung der Freiheitsgrade der Primärregelleistung



Durch Ziel-SoC gewählte Leistung

[Zurück zum Anhang](#)

