

# Technologiespezifische Bereitstellung von Momentanreserve

**Marc Wöstefeld**

**Hendrik Vennegeerts**

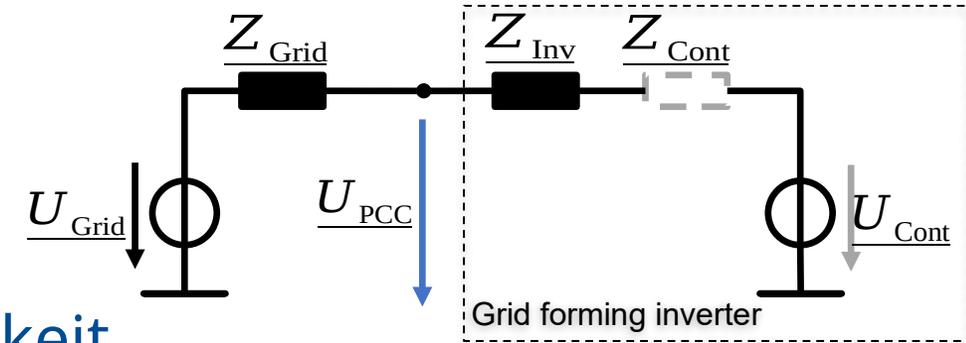
***Graz, 15.02.2024, 18. Symposium Energieinnovation***

- **Substitution von konventionellen Kraftwerken mit umrichterbasierten Anlagen → Reduktion von Momentanreserve**
  - Weiterhin Synchronmaschinen am Netz
    - Summe und regionale Verteilung nicht ausreichend
- **Möglicher Lösungsansatz: Netzbildendes Verhalten**
  - Keine festen Definitionen & Technologieoffenheit
    - breites Feld an Konzepten und Lösungsvarianten

**→ Identifizierung von Potenzialen und Limitierungen umrichterbasierter Anlagen**

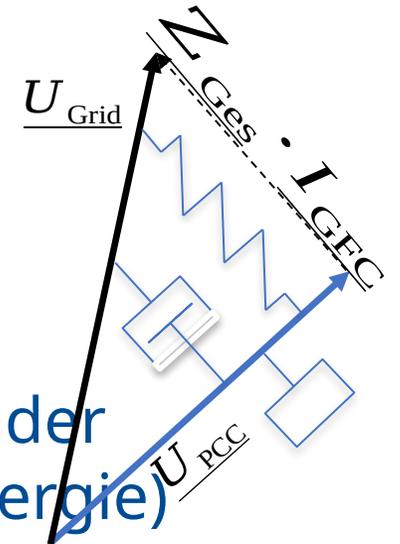
## ▪ Netzbildendes Verhalten:

- Ideale Spannungsquelle hinter Impedanz (Thévenin-Äquivalent)
- Beschränkte Winkeländerungsgeschwindigkeit
- Ziel: Natürlich auftretende Ströme bei Änderung des komplexen Netzspannungszeigers



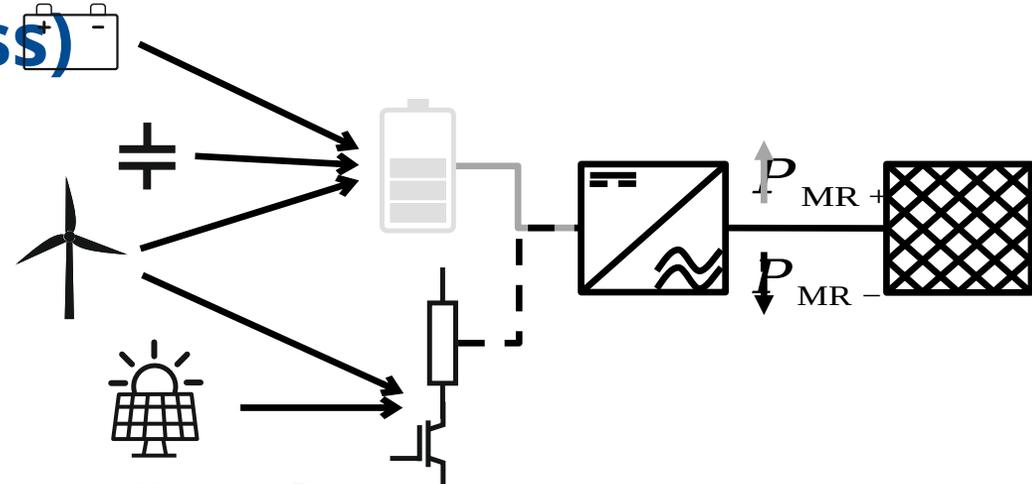
## ▪ Momentanreserve (MR):

- Wirkleistungsänderung aufgrund von kontinuierlich ändernder Netzfrequenz (Anlehnung Synchronmaschine – Rotationsenergie)



## ▪ Technologieabhängig (Primärprozess)

- Speicheranlagen
- STATCOM-Anlagen
- Photovoltaikanlagen
- Windenergieanlagen

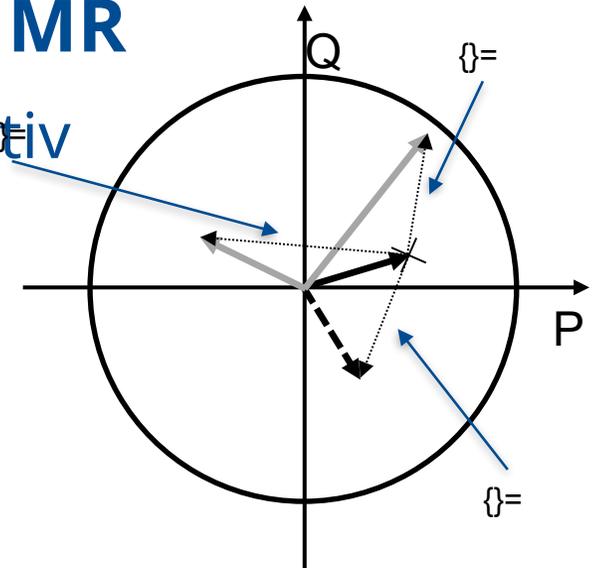


## ▪ Richtungsabhängigkeit der bereitzustellenden MR

- Aufsplittung der Momentanreserve in positiv und negativ

## ▪ Arbeitspunktbestimmung

- Strombegrenzung, Leistungs-, Energiereserven



- Instantane Abweichung vom vorherigen Arbeitspunkt (AP)  
→ Differenzleistung

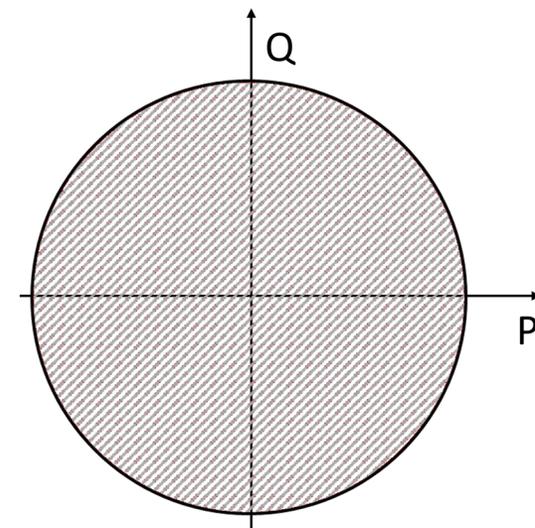
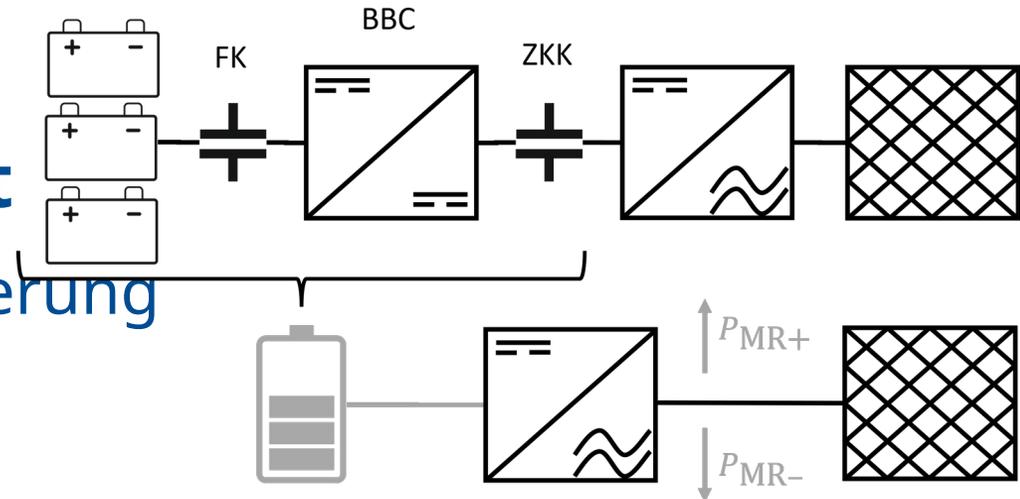
- Initiale Zwischenspeicherung: Zwischenkreiskondensator
- Anpassung des AP vom Primärprozesses

- Arbeitspunktabhängigkeit:

- Strombegrenzung (AP 1 & 5)
- Leistungsmarge (AP 2 & 4)
- Ungehinderter Betrieb (AP 3)

Arbeitspunkt (AP)	Negative MR	Positive MR
①	Ja	Nein
②	Ja	Teilweise
③	Ja	Ja
④	Teilweise	Ja
⑤	Nein	Ja

- **Speichertechnologie austauschbar**
  - **Ladezustand und Leistungsfähigkeit**
    - Vertragliche, oder marktgestützte Zusicherung  
→ Keine Einschränkung
  - **BBC stellt Differenzleistung bereit**
    - Bidirektional mit ausreichend schneller Reaktion
  - **Maximale Leistungsgrenzen limitierend**
    - Anpassung bei Arbitrage oder Spannungsstützung
- **Positive und negative MR möglich**



- **Häufig MMC-Struktur**

- Modul-Kondensator minimal ausgelegt
- Höhere Ausnutzung möglich

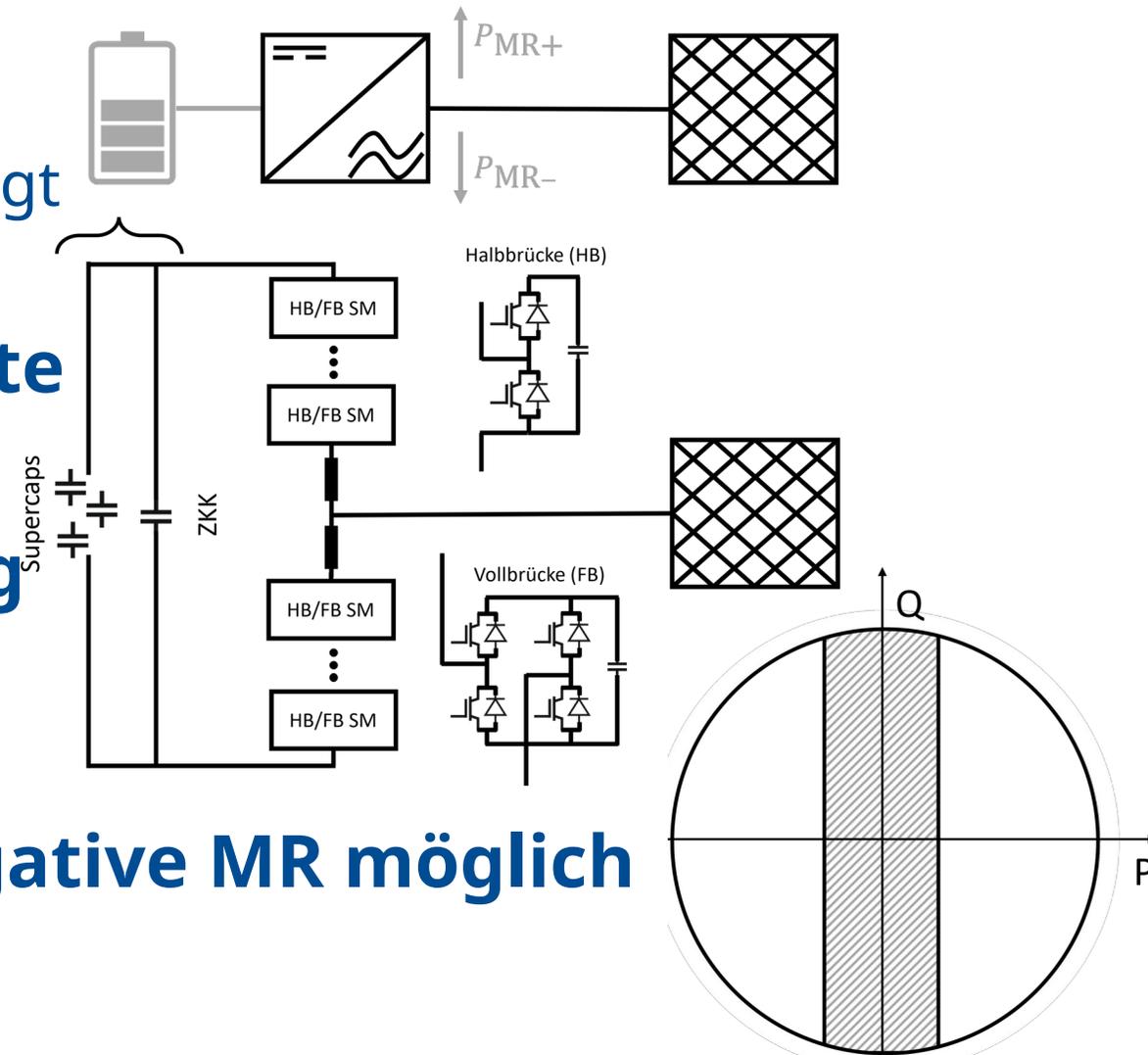
- **Erweiterbar um Speicherelemente**

- Ohne: Nur einige Perioden MR

- **Primäres Ziel: Spannungshaltung**

- MR abhängig von Blindleistungs-AP
- Reduktion von Blindleistungsband

→ **Eingeschränkte positive und negative MR möglich**



## Keine zusätzlichen Energiespeicher

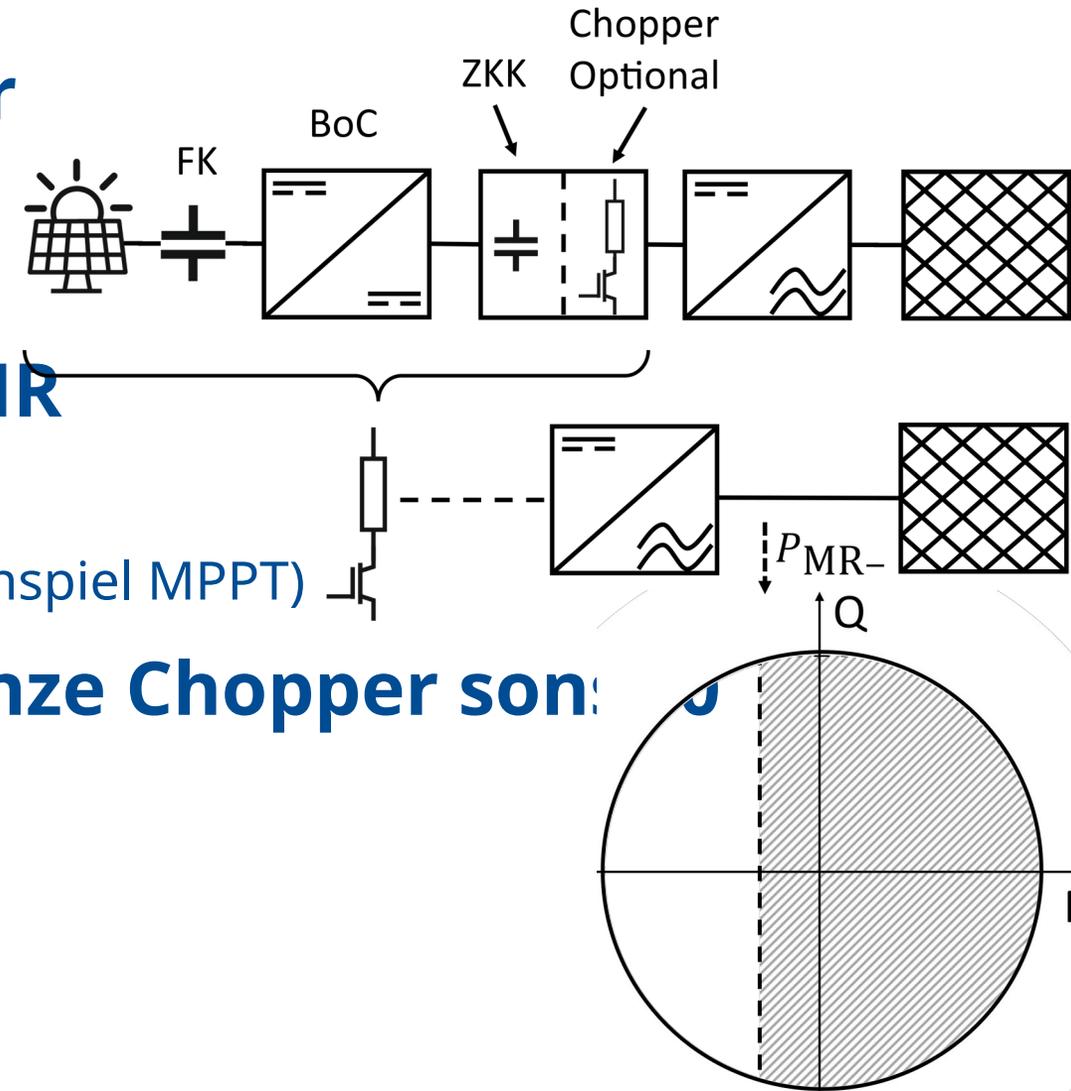
- Vorhaltung von Leistungsreserven
- Adaption mit Park-Anlagen

## Leistungsauftrennung: Negative MR

- Differenzleistung: BoC schnell genug
  - Anpassung an Algorithmen nötig (Zusammenspiel MPPT)

## Leistungsaufnahme: Leistungsgrenze Chopper son:

→ Negative MR möglich



- **Inhärenter mechanischer Speicher**

- Energieinhalt unabhängig von Netzfrequenz

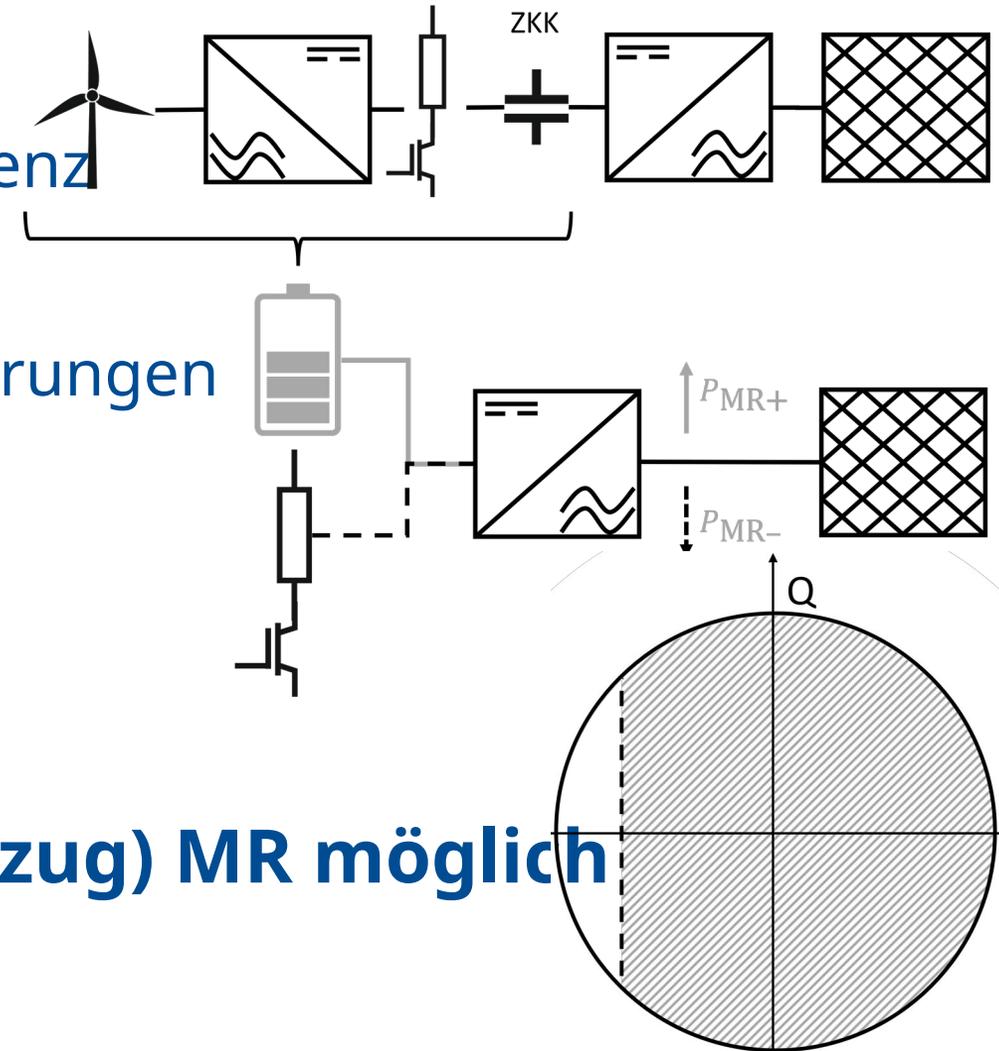
- **Dynamik begrenzt (positive MR)**

- Hohe Dynamik = hohe Drehmomentänderungen  
→ Negativer Einfluss auf Lebensdauer

- **Maschinenseitiger Umrichter stellt Differenzleistung bereit**

- Recovery-Effekte

→ **Positive und negative (auch Netzbezug) MR möglich**



- **Alternativtechnologien zu Batterie-/Speichersystemen vorhanden**
- **Technologiespezifische Limitationen und Potenziale zur Erbringung von MR**
  - Batterieanlage: Volle Bereitstellung positiver und negativer MR möglich
  - STATCOM-Anlage: Stark begrenzte Energie ohne zusätzliche Speicher
  - Photovoltaikanlage: Bereitstellung negativer MR möglich
  - Windenergieanlage: Volles Potenzial zur Bereitstellung positiver und negativer MR
- **Praxistaugliche Umsetzung erfordert Durchmischung der Technologien**

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**