

Technologiespezifische Bereitstellung von Momentanreserve

Marc Wöstefeld

Hendrik Vennegeerts

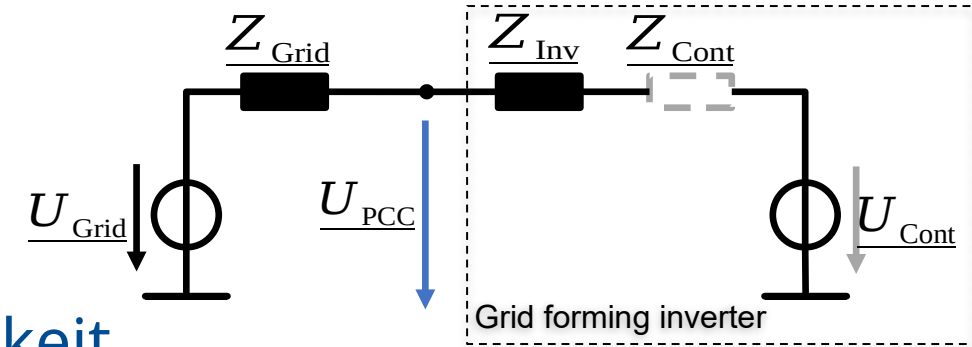
Graz, 15.02.2024, 18. Symposium Energieinnovation

- **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

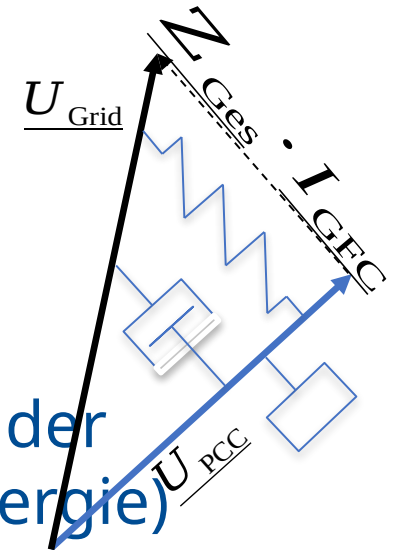
▪ Netzbildendes Verhalten:

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



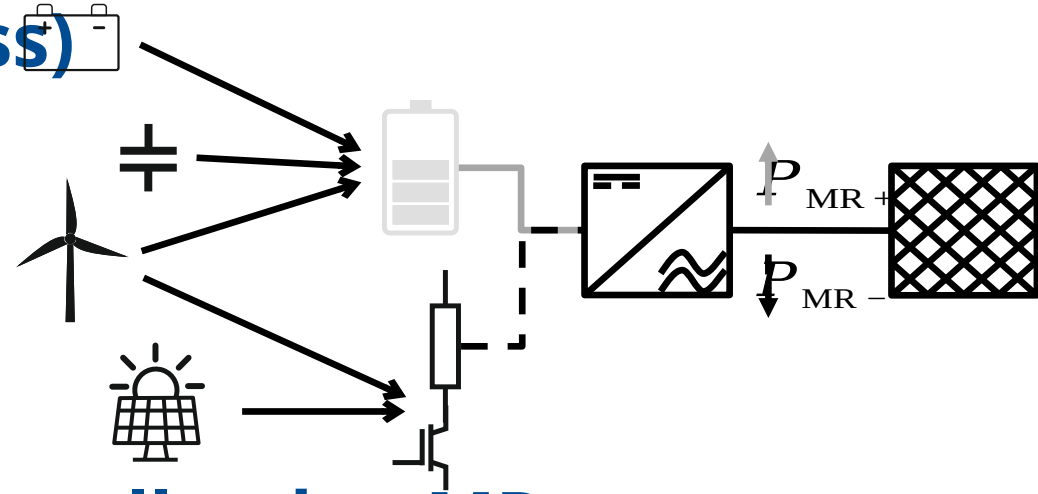
▪ Momentanreserve (MR):

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



▪ Technologieabhängig (Primärprozess)

- Speicheranlagen
- STATCOM-Anlagen
- Photovoltaikanlagen
- Windenergieanlagen

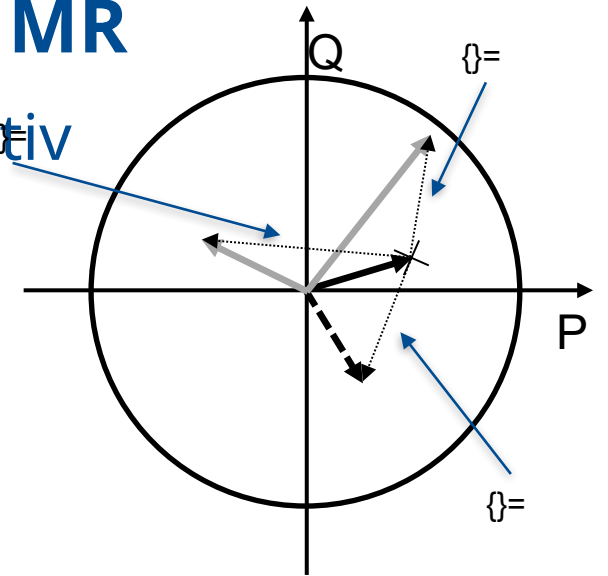


▪ Richtungsabhängigkeit der bereitzustellenden MR

- Aufsplittung der Momentanreserve in positiv und negativ

▪ Arbeitspunktbestimmung

- Strombegrenzung, Leistungs-, Energiereserven



- Instantane Abweichung vom vorherigen Arbeitspunkt (AP)
→ Differenzleistung

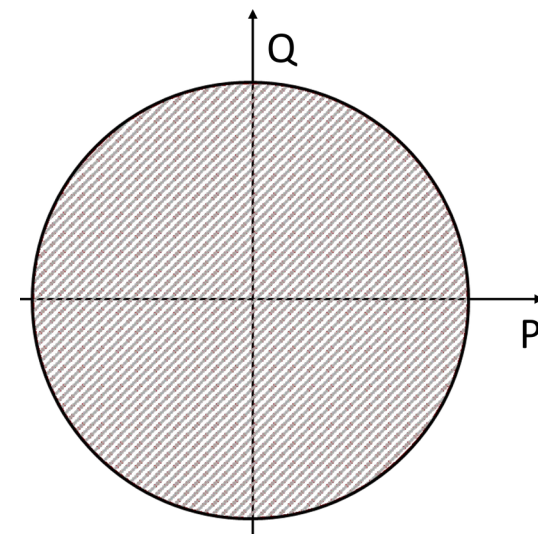
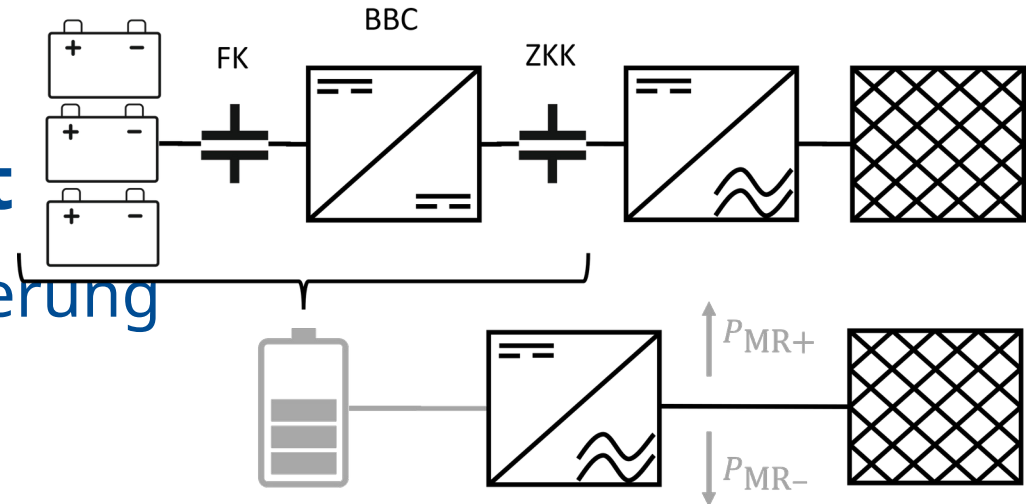
- Initiale Zwischenspeicherung: Zwischenkreiskondensator
- Anpassung des AP vom Primärprozesses

- 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

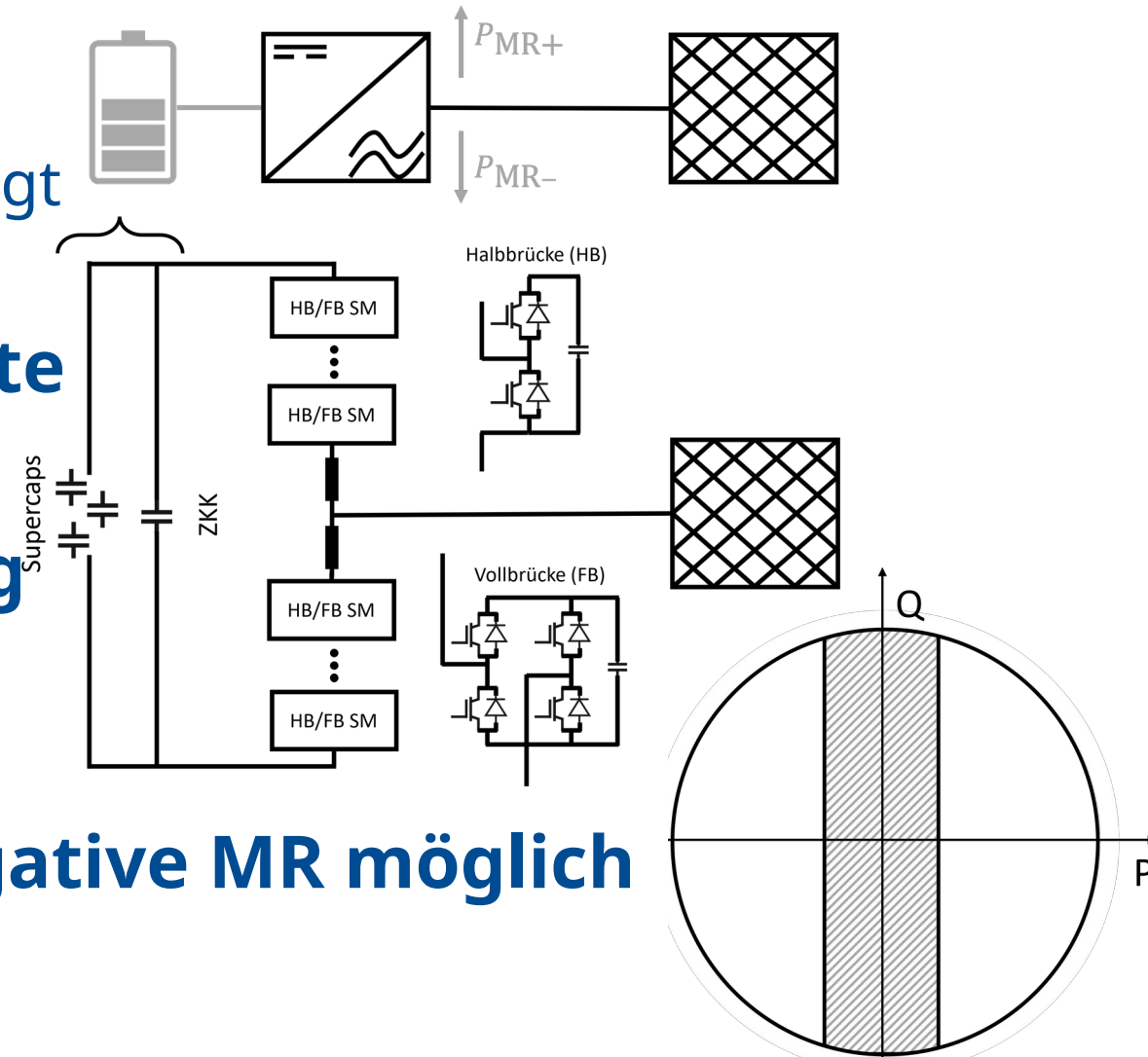
- **Erweiterbar um Speicherelemente**

- 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

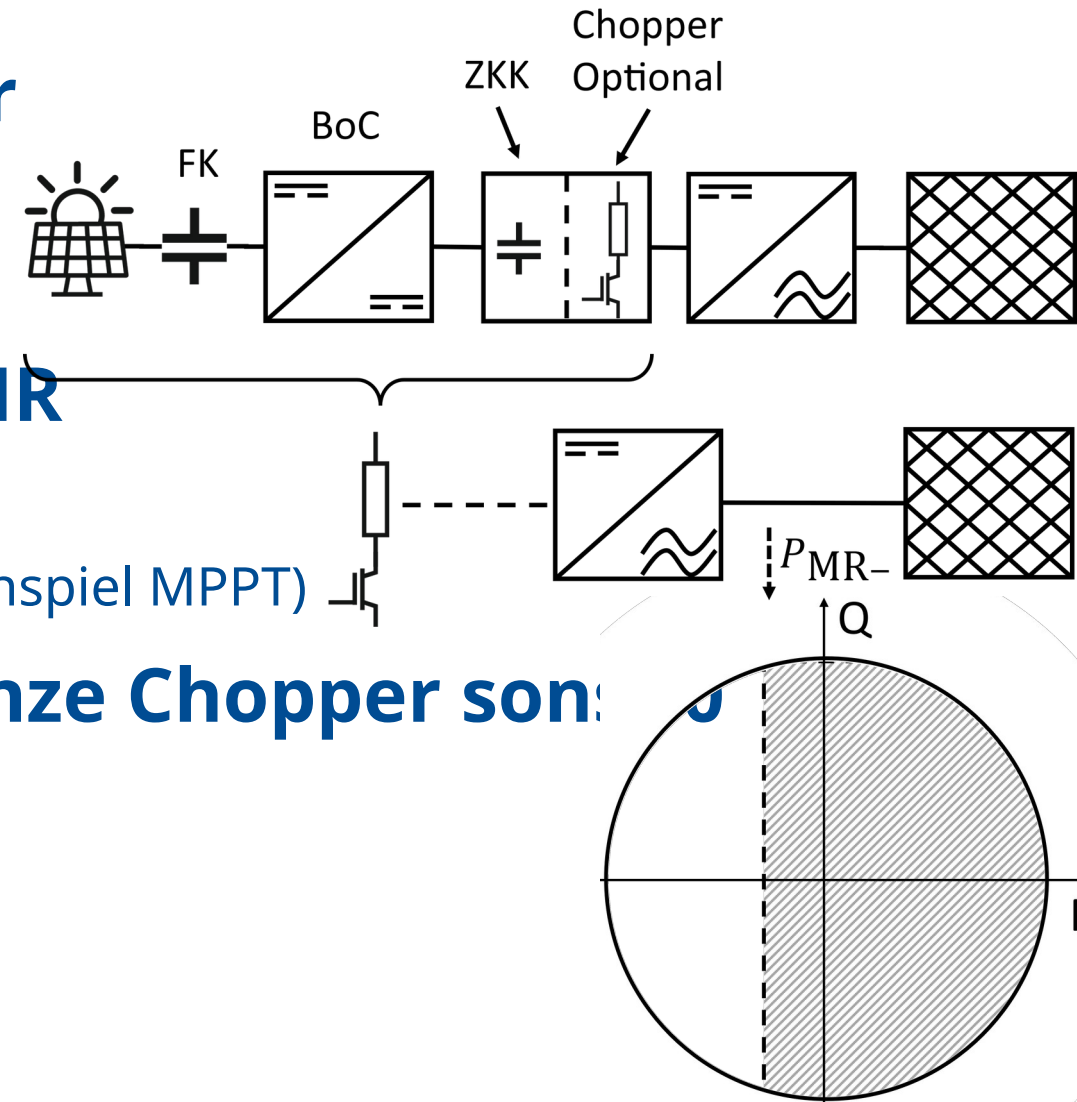
- Vorhaltung von Leistungsreserven
- Adaption mit Park-Anlagen

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

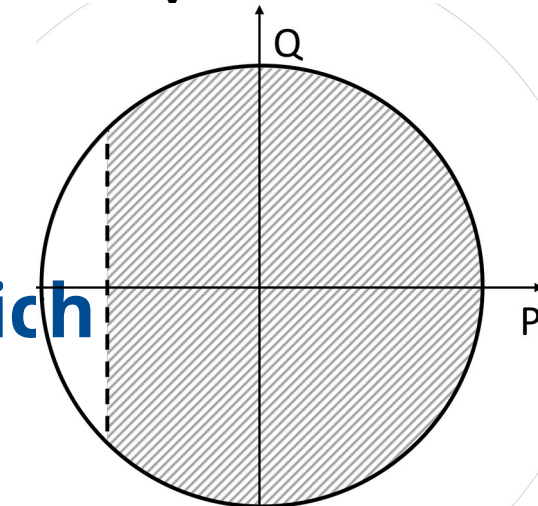
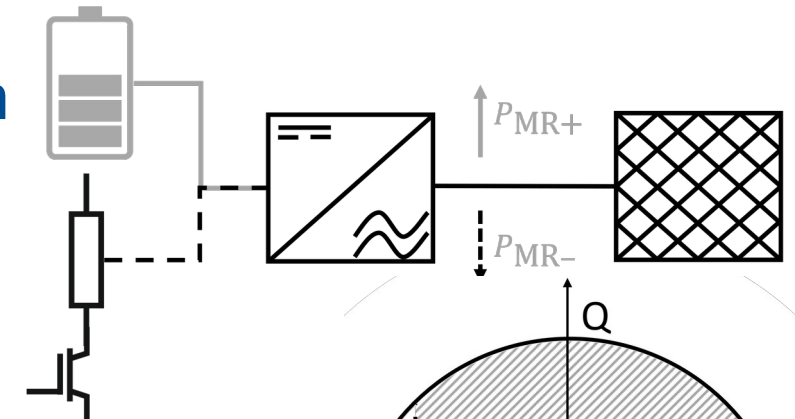
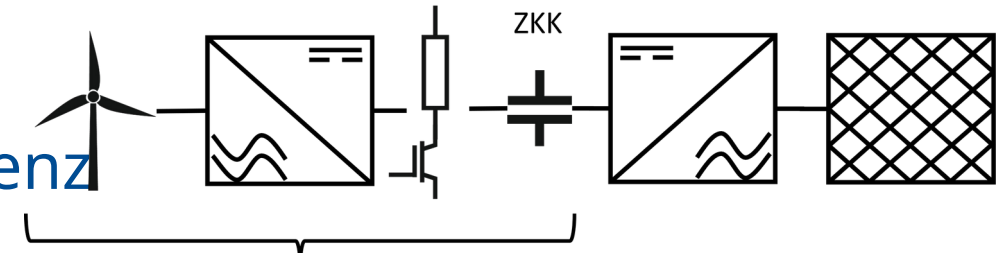
- **Dynamik begrenzt (positive MR)**

- 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!