

Herausforderungen bei der dezentralen Regelung von MSCDN während volatiler Übertragungsaufgaben

- Hintergrund und Motivation
- Methodische Vorgehensweise
- Exemplarische Untersuchungen
- Zusammenfassung

Moritz Maercks

Wien, 13. Februar 2019

Hintergrund und Motivation

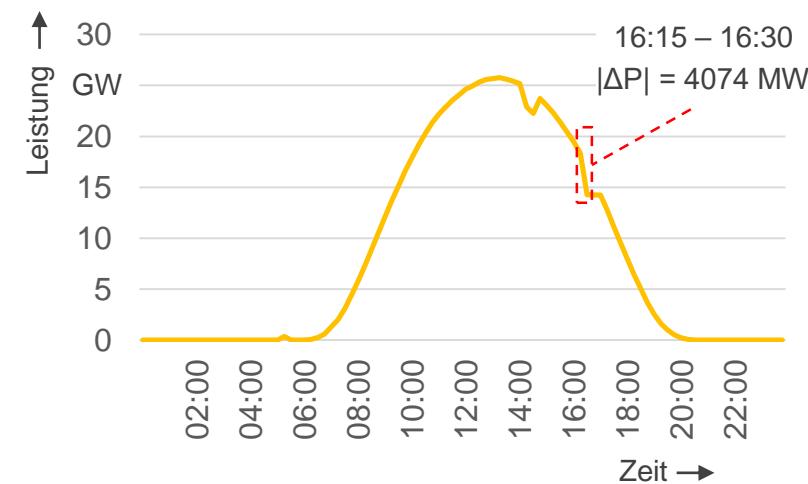
- Vermehrte dargebotsabhängige Erzeugung führt zu
 - ◆ erhöhter Volatilität zu transportierender Leistung über erhöhte elektrische Distanz,
 - ◆ verändertem Blindleistungsbedarf in Verteilnetzen und
 - ◆ Situationen mit wenig konv. Kraftwerken im Betrieb.
- Wandel in den Verteilnetzen verändert Versorgungsaufgabe auch aus Übertragungsnetzsicht
 - ◆ „Smart Grids“: rONTs, Q-Konzepte, dezentrale Märkte, FACDS, flexible Nachfrage
 - ◆ Elektromobilität, Wärmepumpen, Heimspeicher
- ➔ Herausforderungen aus Übertragungsnetzsicht
 - ◆ Erhöhte und volatilere Auslastung des Netzes
 - ◆ Erhöhter und zunehmend volatiler Blindleistungsbedarf des Übertragungsnetzes
 - ◆ Zunehmende Bedeutung des Einsatzes von (stufbaren) MSCDN²
 - ◆ Volatilität erfordert möglicherweise dezentrale Regelung ergänzend zu regelmäßiger Spannungsblindleistungsoptimierung
- ➔ Inwiefern dienen einfache dezentrale Regelungen für den Einsatz stufbarer MSCDN² der adäquaten Spannungshaltung bei volatiler Netzbela

Maximale Einspeisegradienten dargebotsabhängiger Erzeuger 2016¹

Wind (Offshore)	1997
Wind (Onshore)	2284
Photovoltaik	4074

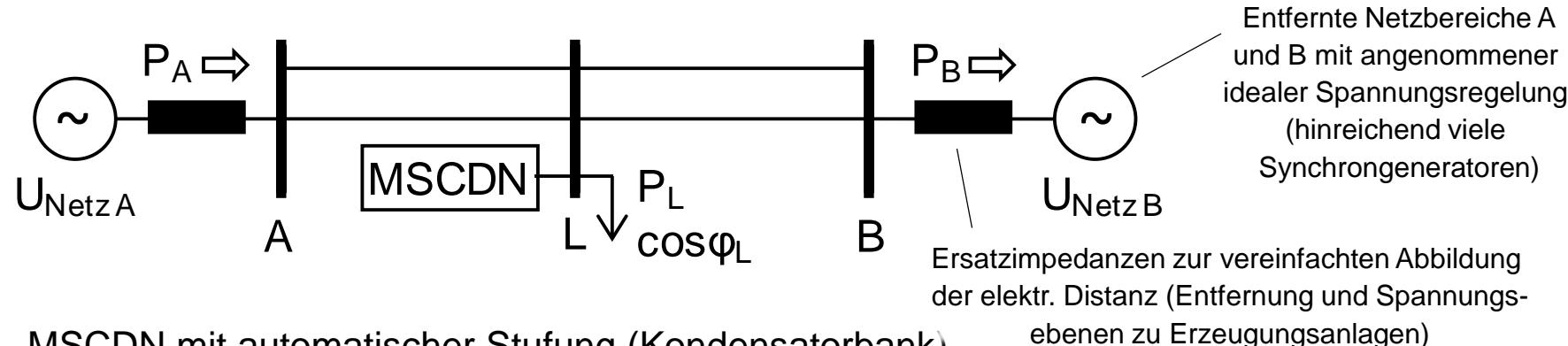
→ $|\Delta MW| / 15 \text{ min.}$

PV-Einspeisung am 24.08.16¹



Methodische Vorgehensweise

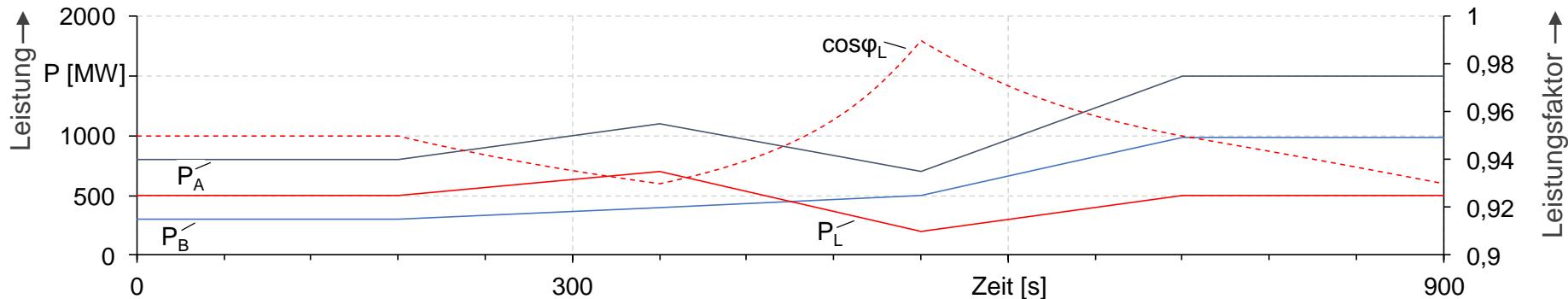
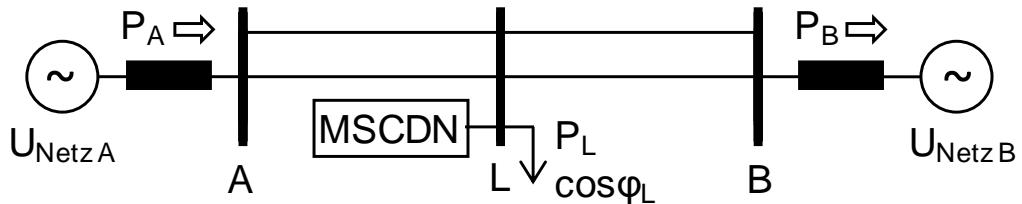
Simulation dezentraler MSCDN-Regelung bei volatiler Übertragungsaufgabe



- MSCDN mit automatischer Stufung (Kondensatorbank)
 - ◆ Spannungsabhängige Blindleistungsbereitstellung $Q = Q_r \cdot \left(\frac{U}{U_r}\right)^2 \cdot \frac{s}{n}$ aktuelle Stufe
 - ◆ Regelung auf Sollspannung U_{soll} maximale Stufe
 - ◆ Vorgabe von Totband und Verzögerungszeiten zur Verringerung der Anzahl von Stufungen
 - ◆ Stufung bei Abweichung von Sollspannung über $\pm \Delta U_{Totband}$ für $T_{Totband}$
 - ◆ Mindestzeit $T_{Schaltabstand}$ zwischen Stufungen
 - ◆ Anzahl zu schaltender Stufen anhand vorzugebender Sensitivität $\frac{dU}{dQ}$
- Versorgung volatiler Last sowie volatile Leistungsübertragung von Netzbereich A in Netzbereich B
- Simulation durch numerisches Lösen der Leistungsflussgleichungen für im Zeitbereich varierte Ein-/Ausspeisesituationen mit Berücksichtigung von Stufungereignissen

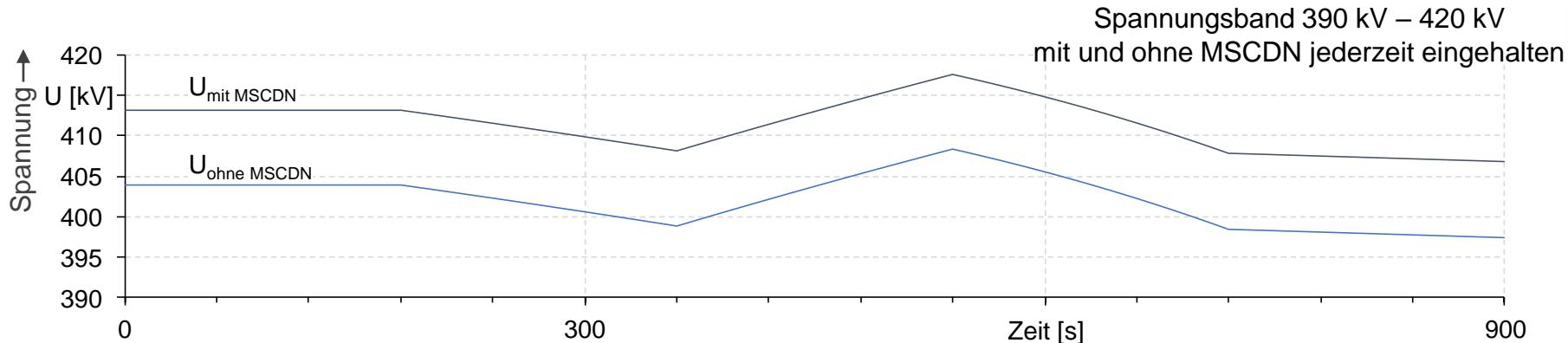
Basisszenario

Übertragungsaufgabe



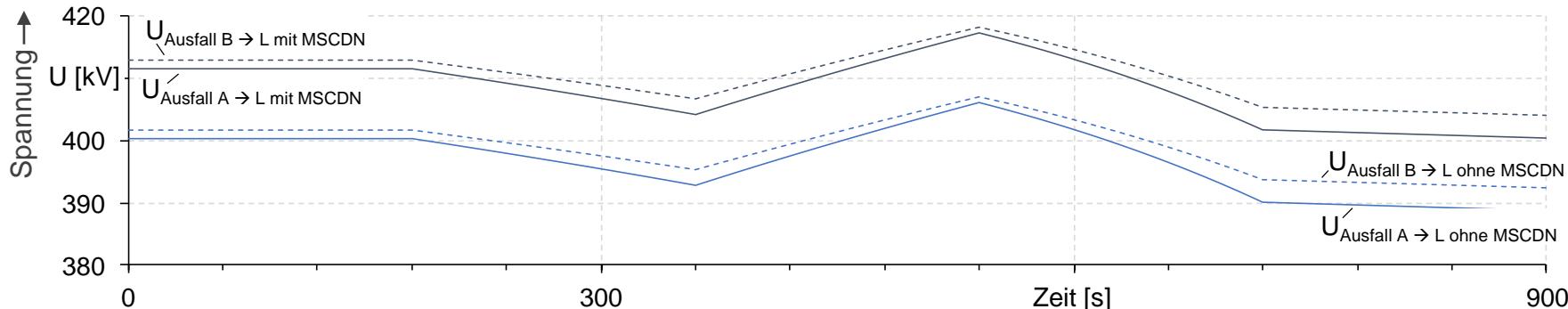
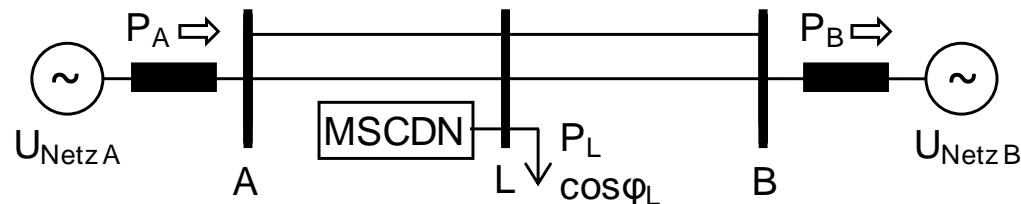
- Betrachtungszeitraum von 15 min mit Stützpunkten alle 3 min
- $U_{\text{Netz A}} = U_{\text{Netz B}} = 405 \text{ kV}$, Ersatzimpedanzen 10Ω , Leitungslängen je 100 km, $Q_r = 300 \text{ Mvar}$, $U_r = 400 \text{ kV}$

Spannungsverlauf an Sammelschiene L mit dauerhaft zu- bzw. abgeschaltetem MSCDN



Basisszenario

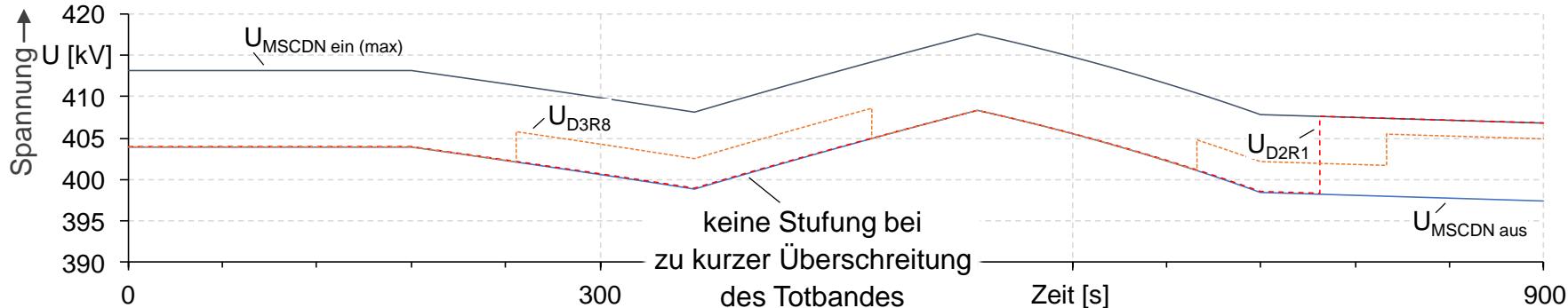
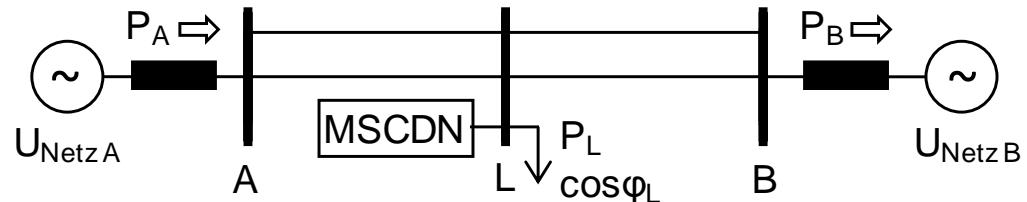
Auswirkung Leitungsausfall



- Simulation unveränderter Übertragungsaufgabe bei Ausfall einer Leitung der Doppelleitung von A nach L bzw. von B nach L mit dauerhaft zu- und abgeschaltetem MSCDN
 - ◆ Keine Betrachtung von Kurzzeiteffekten unmittelbar nach Leitungsausfall
- In (n-1)-Situationen erlaubtes Spannungsband von 380 kV – 420 kV sowohl mit als auch ohne MSCDN jederzeit eingehalten
- Ausfall der Leitung A → L führt zu geringeren Spannungen als Ausfall der Leitung B → L
 - ◆ Leitung A → L überträgt sowohl Leistung zu Last L als auch zu Netzbereich B
 - ◆ Höherer Leistungstransport von A nach L als von L nach B
 - ◆ Erhöhter Blindleistungsbedarf der Leitung A → L gegenüber Leitung L → B
- Blindleistungskompensation mit MSCDN hebt Spannungen auch in (n-1)-Situationen durchgehend über 400 kV

Basisszenario

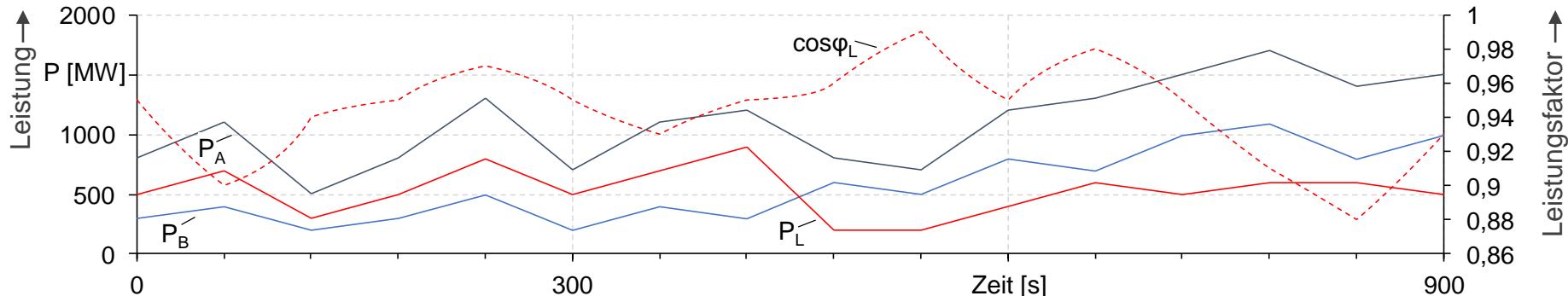
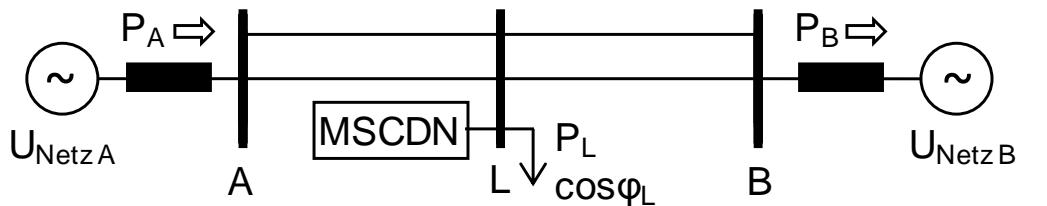
Dezentrale MSCDN-Regelung



- Simulation unveränderter Übertragungsaufgabe bei unterschiedlichen MSCDN-Konfigurationen mit automatischer Stufenregelung
 - ◆ $U_{Soll} = 405 \text{ kV}$ bei allen hier betrachteten Regelungen
 - ◆ Typ D2R1: 2 Stufen je 150 Mvar, $\Delta U_{Totband} = 5 \text{ kV}$, $T_{Totband} = 60 \text{ s}$, $T_{Schaltabstand} = 300 \text{ s}$
 - ◆ Typ D3R8: 5 Stufen je 60 Mvar, $\Delta U_{Totband} = 2 \text{ kV}$, $T_{Totband} = 30 \text{ s}$, $T_{Schaltabstand} = 120 \text{ s}$
 - ◆ Weitere Konfigurationen in der Langfassung
- Verkleinertes Totband sowie geringere Verzögerungszeiten erwartungsgemäß mit erhöhter Schalthäufigkeit und verbesserter Spannungshaltung
- Erhöhung der Stufenzahl führt hier in Kombination mit kurzem Mindestschaltabstand zu verbesserter Einhaltung der Sollspannung

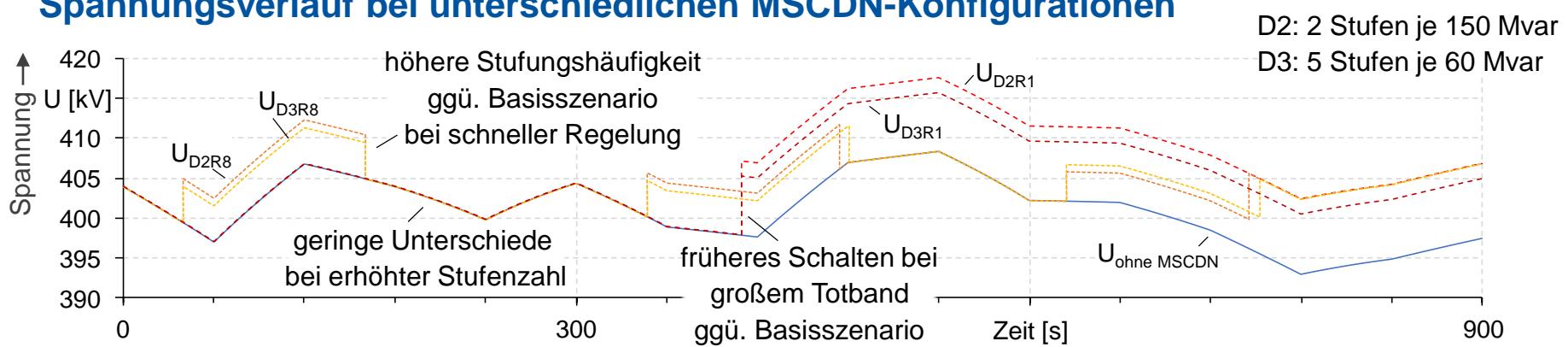
Volatiles Szenario

Übertragungsaufgabe



- Erhöhte Volatilität ggü. Basisszenario, Stützpunkte je 3 min identisch zu Basisszenario

Spannungsverlauf bei unterschiedlichen MSCDN-Konfigurationen

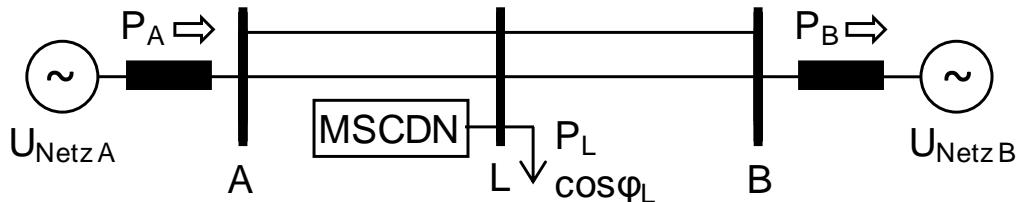


- Hier weitere Kombinationen von Stufenzahl und Regelungen betrachtet

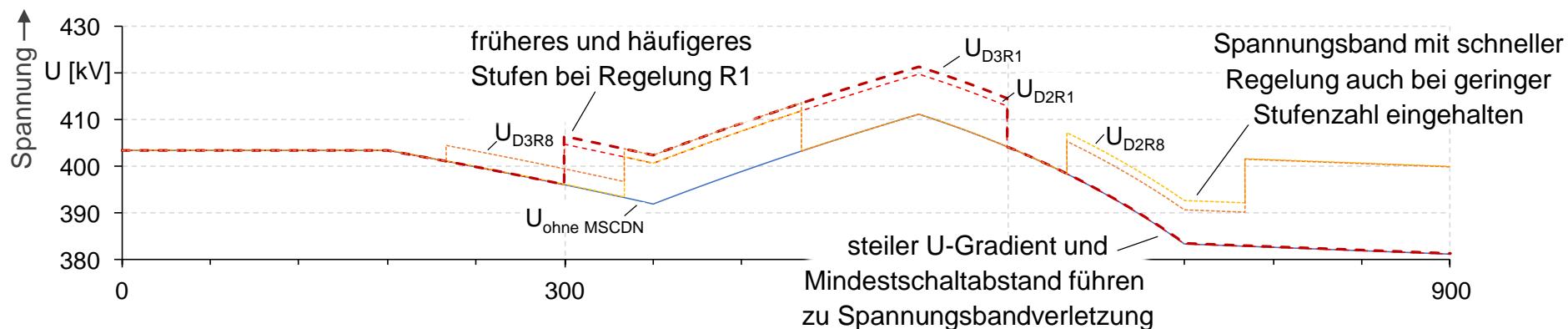
- „langsame“ Regelung R1: $\Delta U_{Totband} = 5 \text{ kV}$, $T_{Totband} = 60 \text{ s}$, $T_{Schaltabstand} = 300 \text{ s}$
- „schnelle“ Regelung R8: $\Delta U_{Totband} = 2 \text{ kV}$, $T_{Totband} = 30 \text{ s}$, $T_{Schaltabstand} = 120 \text{ s}$

Elektrische Distanz

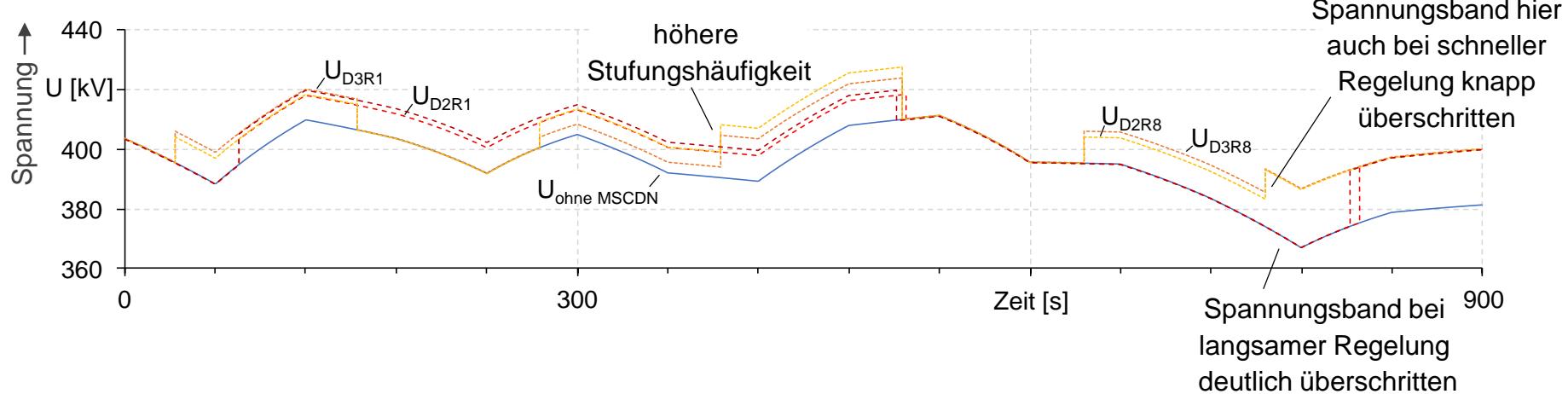
- Erhöhung elektr. Distanz zu Netzbereichen A und B auf 28Ω



Basisszenario



Volatiles Szenario



Zusammenfassung

Untersuchte Fragestellung

- Inwiefern dienen einfache dezentrale Regelungen für den Einsatz stufbarer MSCDN der adäquaten Spannungshaltung bei volatiler Netzbelastung?

Methodische Vorgehensweise

- Simulation dezentraler MSCDN-Regelung bei volatilen Übertragungsaufgaben
- MSCDN mit dezentraler Spannungsregelung mit Verzögerungszeiten und Totband
- Versorgung volatiler Last sowie volatile Leistungsübertragung zwischen Netzbereichen

Exemplarische Untersuchungen und Ausblick

- Einfache dezentrale Regelung verbessert Spannungshaltung in betrachteten Szenarien
- Erhöhte Volatilität, Ausfälle sowie erhöhte elektrische Distanzen verstärken Anforderungen an Auslegung und Reaktionszeit dezentraler Regelungen
- Auswirkungen feinerer Stufungsmöglichkeiten weniger relevant als Regelungskonzept
- Weitergehende Untersuchungen erfordern Betrachtung des Zusammenwirkens weiterer Wechselwirkungen im Zeitbereich wie Verteilnetzbetrieb, Transformatorstufungen sowie spannungsabhängige Lasten und Lasterholung