

Charakterisierung des Spannungsquellenverhaltens von GFM in einem experimentellen Laborprüfstand



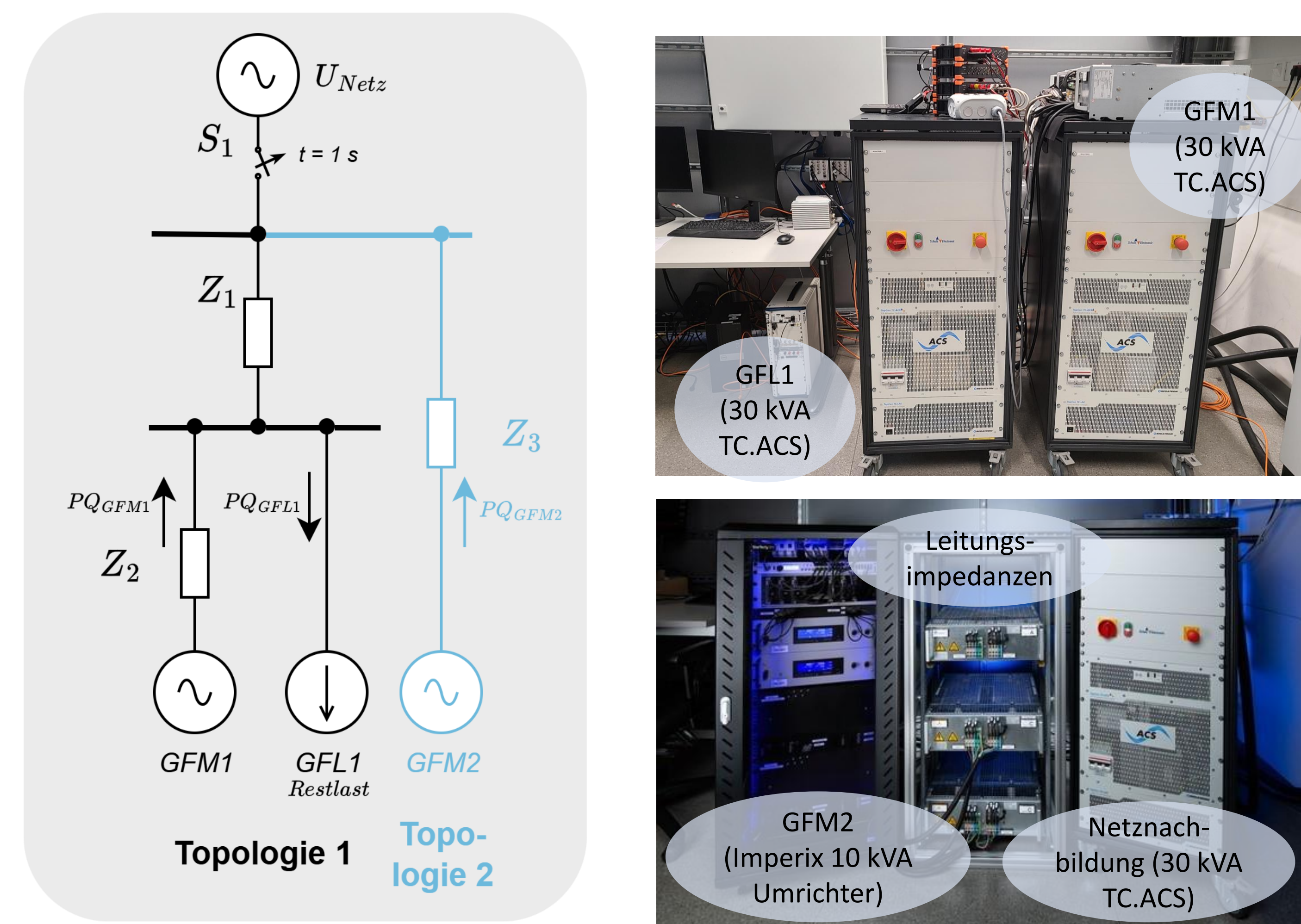
Nauman Beg^{1,2}, Enno Wieben¹, Frank Schuldt², Gerrit Bremer²

¹EWE NETZ GmbH, ²German Aerospace Center (DLR), Institut für Vernetzte Energiesysteme, Oldenburg, Deutschland

Motivation

Die ausreichende Bereitstellung netzbildender Eigenschaften durch Umrichtertechnik (Grid-Forming Inverters, GFMs) stellt einen wesentlichen Baustein für die Versorgungssicherheit sowie das dynamische Systemverhalten bei Spannungs- und Frequenzstörungen in Leistungselektronik-dominierten Netzen dar. Anlagen zur Bereitstellung dieser Eigenschaften müssen die technischen Anforderungen der VDE-FNN-Richtlinie [1] beziehungsweise deren verbindlicher Nachfolgeregelungen erfüllen. Diese Arbeit präsentiert einen Vergleich der Unterschiede im charakteristischen Spannungsverhalten einer dominanten netzbildenden Anlage, wenn diese parallel mit anderen nicht-dominanten netzbildenden Anlagen betrieben wird. Es wird gezeigt, dass das aktuelle Nachweisverfahren für die Herausforderungen bei der Anlagenparametrierung zur stabilen Netzfürung in realen Netzszenarien mit mehreren nicht-dominanten GFM-Anlagen möglicherweise nicht ausreichend ist.

Laboraufbau und Versuchsbeschreibung



Gerät	P _{soll} in p.u.	Q _{soll} in p.u.	U _{Statik}	
			Szenario 1	Szenario 2
GFL1	0,5	0	Nicht anwendbar	
GFM1	0,7	0	1,5 %	50 %
GFM2	0,7	0	30 %	30 %

Spannungssteifigkeit bestimmt den Dominanzgrad

Abbildung 1: Laboraufbau und Ablauf der charakteristischen Messungen mit GFMs.

Versuchsablauf

1. Auswertung der Spannungsstabilität: Im stationärem Arbeitspunkt wird durch Abschaltung des Netzes (U_{Netz}) ein Inselnetz erzeugt
2. Netzbildende Einheit(en) speisen die Restlast in der Netzeinsel
3. Der Versuch wird für Topologie 1 und Topologie 2 wiederholt

Messergebnisse

Das Spannungsquellenverhalten von GFM1 wird für beide Topologien und zwei unterschiedliche Werte des Dominanzgrades der Umrichter während der Inselbildung mit der Restlast untersucht.

Abb. 2 bzw. Abb. 3 zeigen die Spannungs- und Leistungsantworten von GFM1 während des Inselereignisses, das durch das Öffnen von LS1 bei $t = 1$ s ausgelöst wird. Werden die Spannungssteifigkeiten von GFM1 und GFM2 auf ein vergleichbares Niveau eingestellt (Topologie 2 in Abb. 3), treten Spannungsoszillationen auf. Die Prüfumgebung in Topologie 1, gemäß Referenz [1] (Abb. 3), ist jedoch nicht ausreichend, um diesen Effekt zu erkennen.

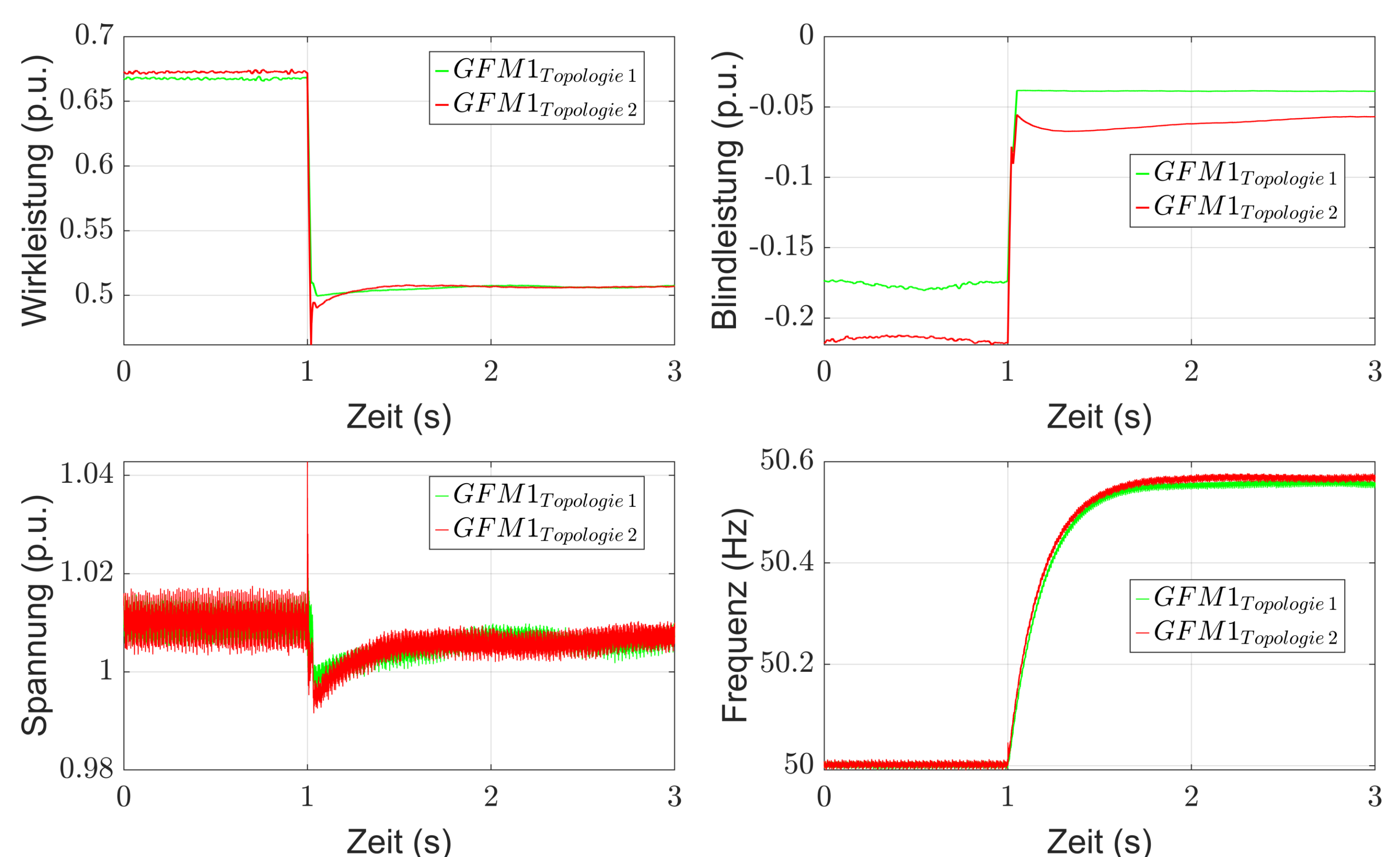


Abbildung 2: Vergleich charakteristischer Messgrößen bei dominanter GFM1-Anlage in Netztopologien (Szenario 1)

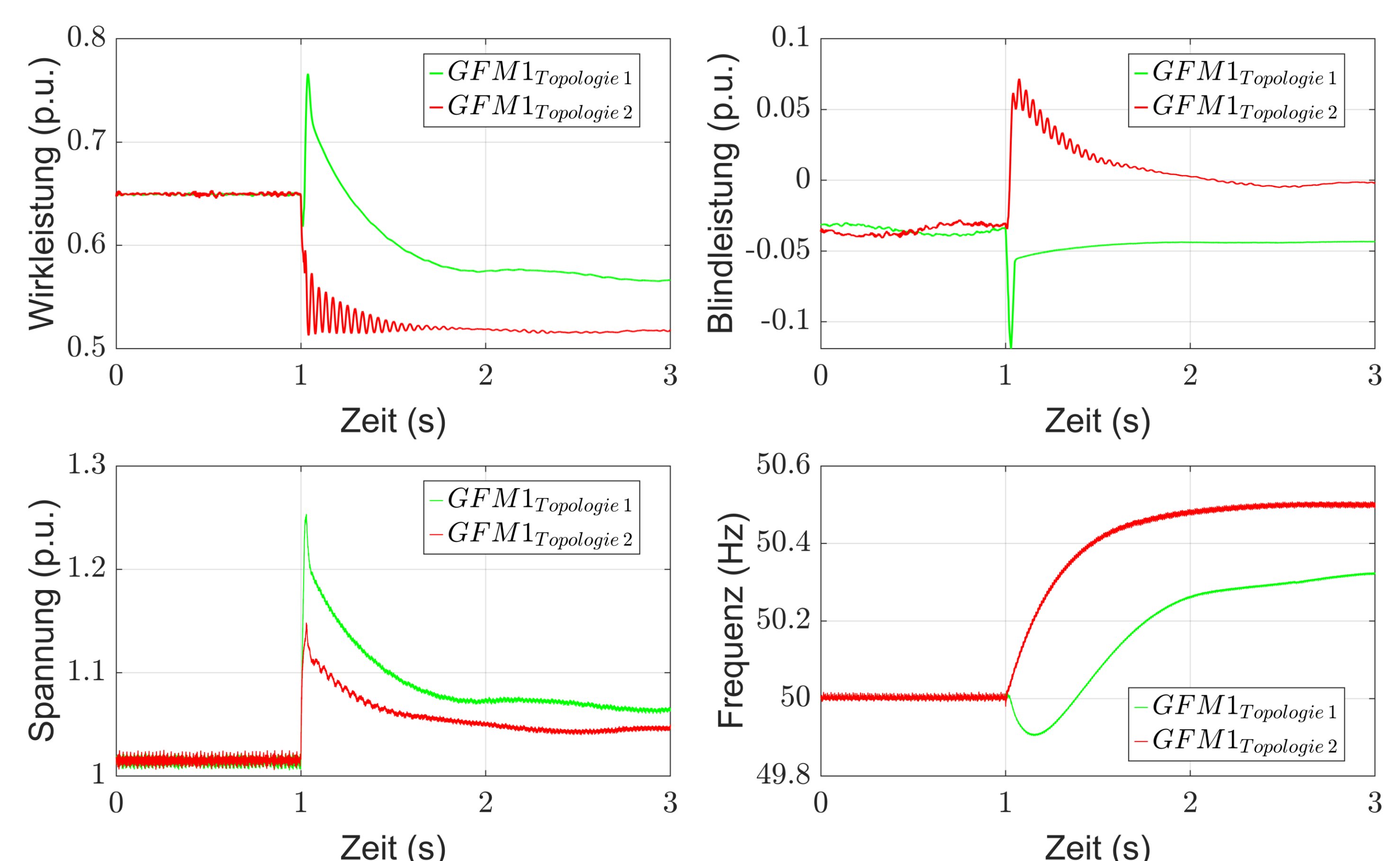


Abbildung 3: Vergleich charakteristischer Messgrößen bei nichtdominanter GFM1-Anlage in Netztopologien (Szenario 2)

Zusammenfassung

Das aktuelle Prüfverfahren zur Zertifizierung von GFM-Anlagen ist vermutlich nicht ausreichend, um deren Systemverhalten mit mehreren nicht-dominanten GFM-Anlagen hinreichend zu charakterisieren.

Das Spannungsverhalten weicht deutlich ab, wenn mehrere nichtdominante GFM-Anlagen mit geringer Spannungssteifigkeit parallel betrieben werden. Dieser Effekt stellt eine Herausforderung in der Anlagenparametrierung für einen stabilen Netzbetrieb mit mehreren netzbildenden Anlagen dar.

[1] VDE FNN Hinweis Technische Anforderungen an netzbildende Eigenschaften inklusive der Bereitstellung von Momentanreserve, Version 2.1, 01/2026