

## Motivation: Reduzierung Ausfallarbeit

Mit ca. 6,5 TWh Ausfallarbeit wurde im Jahr 2019 ein neuer Höchstwert der engpassbedingten Abregelung von Erneuerbaren-Energien-Anlagen (EE-Anlagen) zur Stromerzeugung erreicht [1]. Da der zur Integration größerer EE-Mengen notwendige Netzausbau lediglich mit großer zeitlicher Verzögerung umsetzbar ist, gilt es vermehrt, bestehende Übertragungskapazitäten möglichst effizient auszunutzen. Diese Arbeit untersucht drei verschiedene Ansätze zur Weiterentwicklung des Einspeisemanagements mit dem Ziel, die Menge an notwendiger Ausfallarbeit bei gleichzeitiger Gewährleistung der Netzsicherheit zu reduzieren. Die betrachteten Ansätze umfassen eine feinere Granularität der Abregelungsstufen, die Implementierung netzebenenübergreifender Optimierungsansätze sowie eine kurative Netzbetriebsführung. Sämtliche Ansätze werden hinsichtlich der resultierenden Ausfallarbeit mit dem derzeitigen State-of-the-Art der Einspeisemanagementumsetzung verglichen.

## Methodik

- Bestimmung der minimal notwendigen Ausfallarbeit über einen Optimal Power Flow (OPF) Ansatz:

$$\min_x f(x) = \sum_{i=1}^{n_u} \Delta P_i$$

- Berücksichtigung von Netzrestriktionen durch verschiedene Nebenbedingungen:

$$h^0(x^0, u^0) \leq F^{max}$$

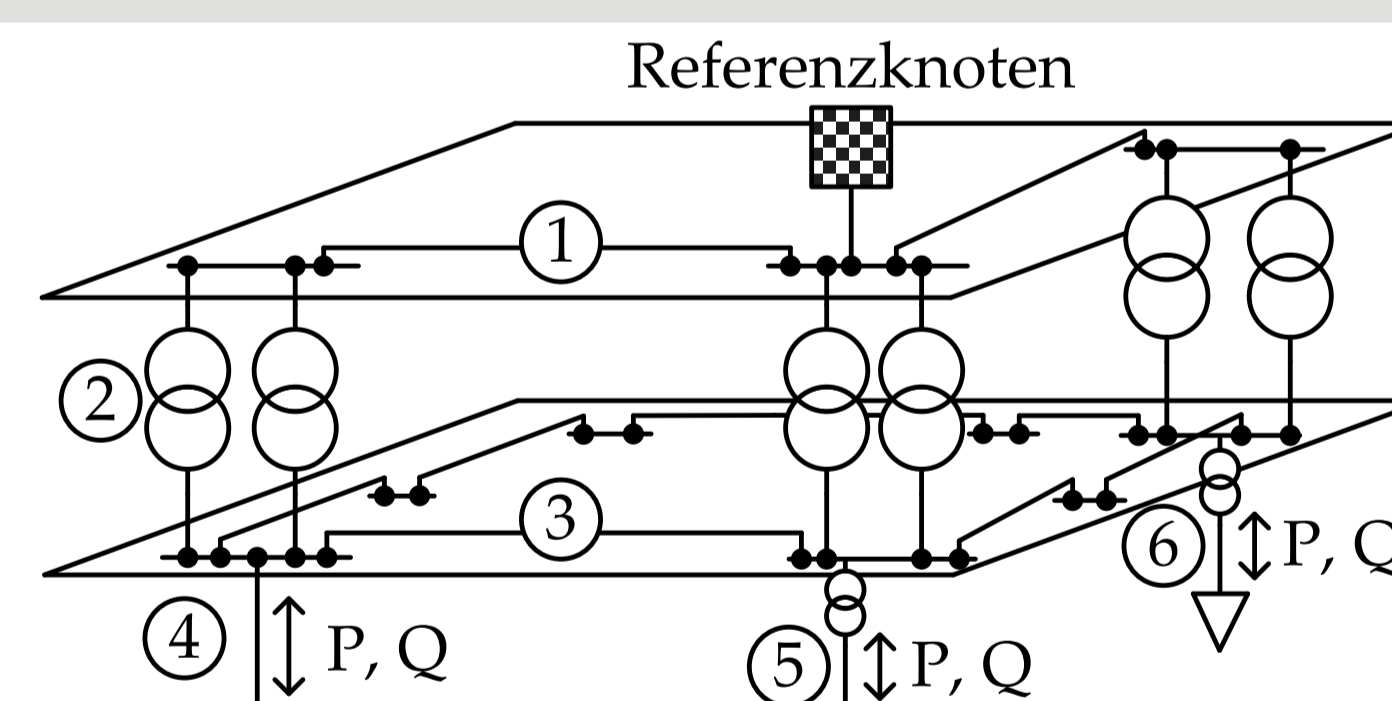
$$h^k(x^k, u^k) \leq \gamma \cdot F^{max}$$

- Berücksichtigung sowohl für ungestörten Netzbetrieb (Index 0) als auch beliebige Ausfallszenarien (Index k)
- Mögliche kurzzeitige Überlastbarkeiten von Netzbetriebsmitteln können über Parameter  $\gamma$  abgebildet werden, für rein präventiven Netzbetrieb gilt:

$$\gamma = 1$$

## Fallstudie: 110kV-Verteilnetz der enera-Region

- Anwendung der entwickelten Methodik auf das 110 kV-Verteilnetzmodells des Verteilnetzbetreibers Avacon Netz
- Vereinfachte Abbildung des überlagerten Übertragungsnetzes zur zusätzlichen Berücksichtigung von Engpässen in der Umspannebene zwischen Übertragungsnetz und Verteilnetz
- Mittelspannungs- und Niederspannungsebene werden aggregiert über gemessene Zeitreihen abgebildet, keine Berücksichtigung von Netzrestriktionen auf diesen Spannungsebenen, da Engpässe in der Realität erst ab 110 kV-Ebene auftreten



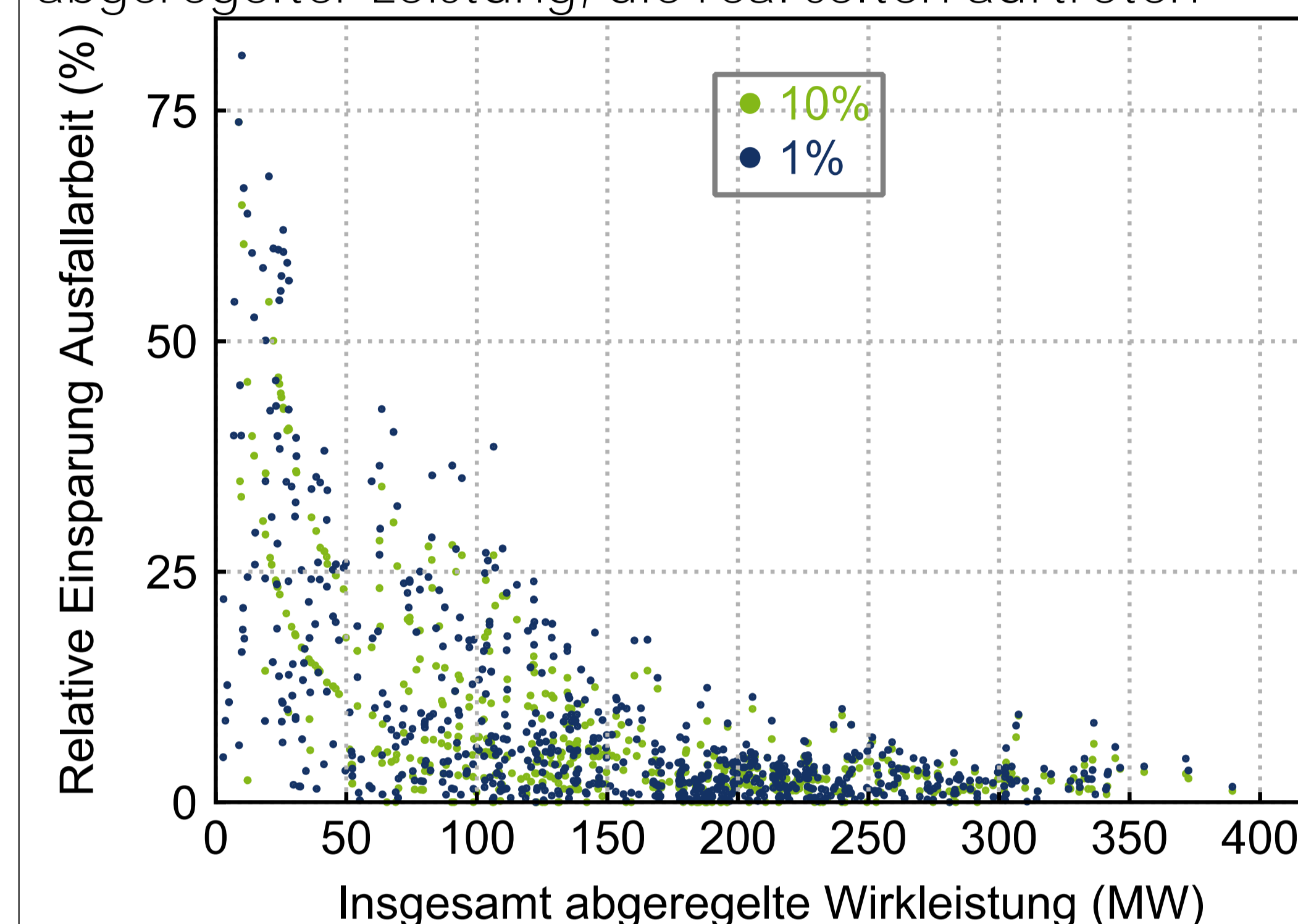
- 220 kV Freileitungen (Typ AL/ST 265-35)
- 220 kV/110 kV Transformatoren
- 110 kV Freileitungen/Kabel
- EE-Anlagen auf 110kV Ebene
- Aggregierte EE-Anlagen auf MS/NS Ebene
- Aggregierte Lasten auf MS/NS Ebene

## Untersuchte Ansätze zur Reduktion von Ausfallarbeit

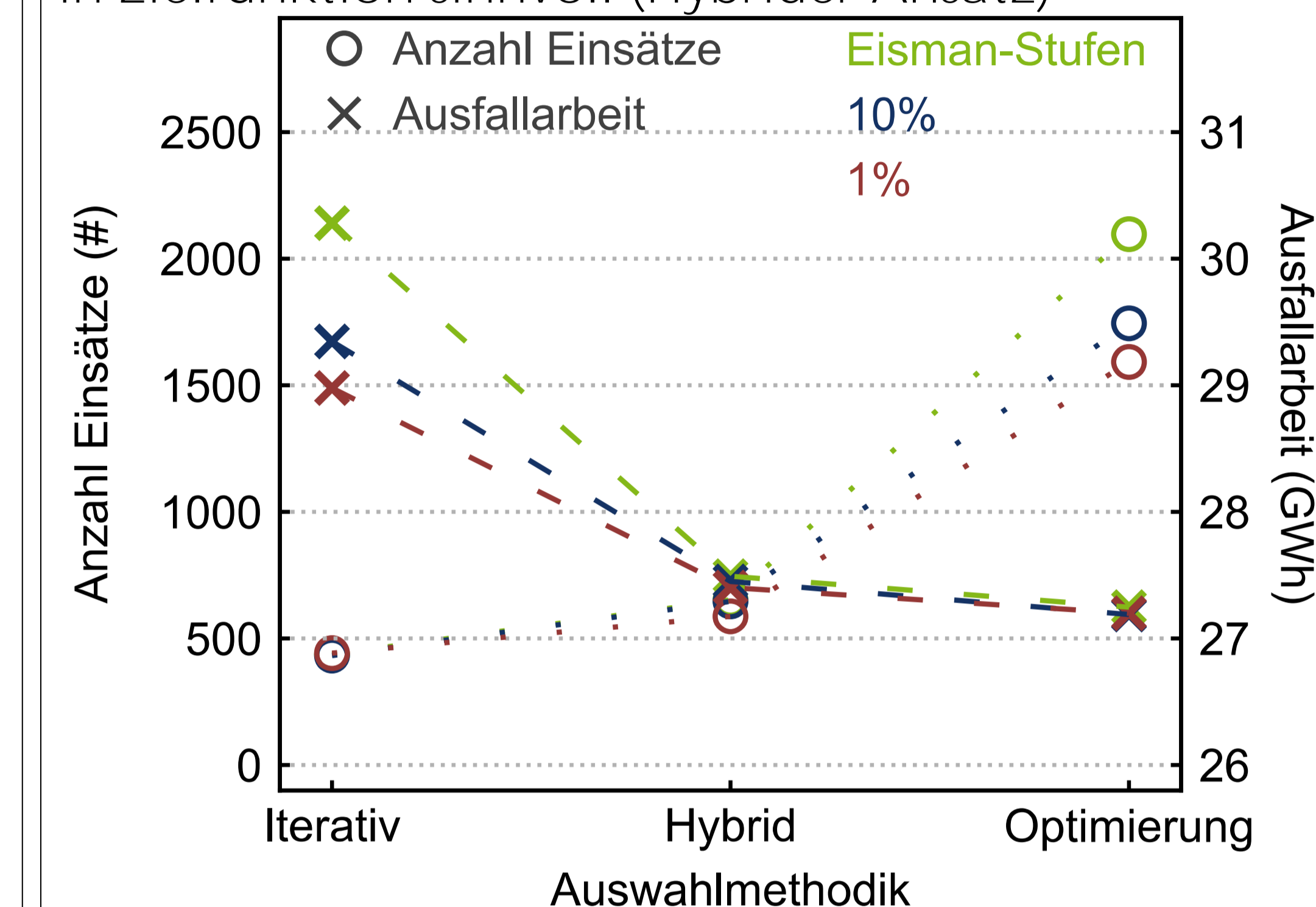
- Erhöhung Regelbarkeit von EE-Anlagen von etablierten Stufen (100%, 60%, 30%, 0%) auf feinere Eisman-Stufung in Schritten von 10% bzw. 1%
- Kooperation von Netzbetreibern durch netzebenenübergreifende Implementierung des entwickelten OPF-Ansatzes
- Implementierung kurativer Netzbetriebsführung durch Erhöhung der maximal zulässigen thermischen Auslastung von Netzbetriebsmitteln in potentiellen Ausfallsituationen

## Resultierende Ausfallarbeit und Potentiale der Ansätze

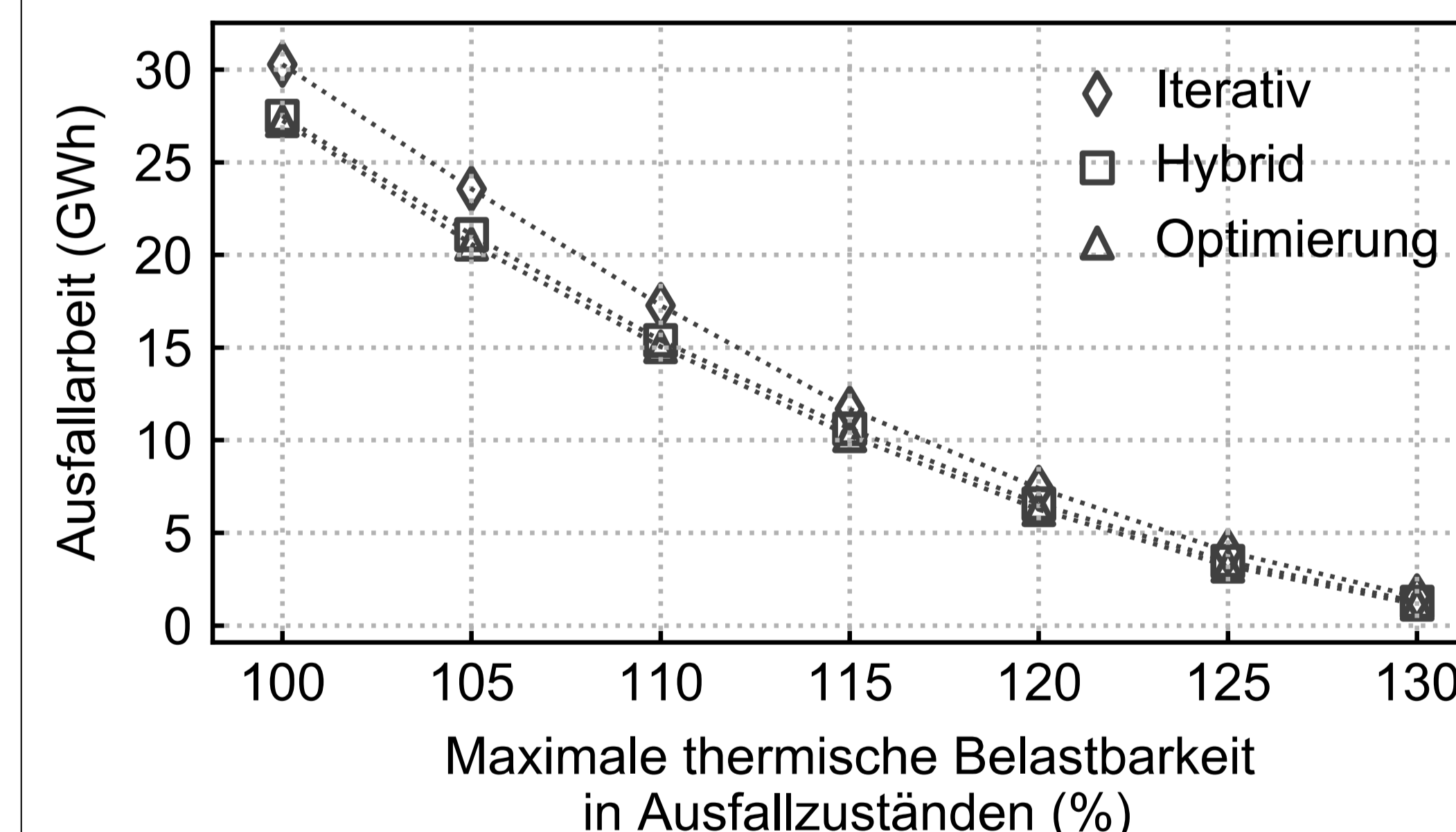
Potential feinerer Eisman-Stufung begrenzt auf weniger schwere Engpasssituationen mit geringer abgeregelter Leistung, die real selten auftreten



Zur Komplexitätsreduktion bei Umsetzung des OPF im Netzbetrieb Berücksichtigung von Einsatzanzahl in Zielfunktion sinnvoll (Hybrider Ansatz)



Durch Erweiterung der thermischen Belastbarkeit von Netzbetriebsmitteln in Ausfallzuständen kann erhebliche Menge an Ausfallarbeit eingespart werden. Dies erfordert jedoch die Implementierung kurativer Maßnahmen



## Ergebniszusammenfassung

- Implementierung feinerer Eisman-Stufen hat relativ geringes Potential Ausfallarbeit zu reduzieren (bis zu 4,3%), IKT-Aufwand der Implementierung allerdings überschaubar, somit sinnvolle Ergänzung zu anderen Ansätzen
- Kooperation zwischen ÜNB und VNB mit gemeinsamer Optimierung sinnvoll, insbesondere im Hinblick auf Einführung von Redispatch 2.0
- Kurative Netzbetriebsführung weist deutlich das höchste Potential zur Reduktion von Ausfallarbeit auf. Allerdings auch der aufwendigste Ansatz, da dadurch neue Betriebsprozesse bzw. Technologien, wie bspw. schnell reagierende Batteriespeicher, notwendig werden

## Fazit und Ausblick

- Reduktion der Ausfallarbeit durch alle untersuchten Ansätze erreichbar
- Kurative Netzbetriebsführung stellt den vielversprechendsten, aber auch aufwendigsten Ansatz dar
- Zukünftig Erforschung der Umsetzbarkeit einer kurativen Netzführung im 110 kV-Netz, beispielsweise hinsichtlich kurzzeitiger Überlastbarkeiten von Betriebsmitteln, notwendig

## Danksagung

