

Ansatz zur kurativen Netzführung für die Erhöhung der Anschlussleistung von erneuerbaren Energien in Verteilnetzen im Rahmen des Projektes SINA-SH

Forschungsgruppe Netzintegration des ITE:

M. Sc. Hamza Kateb

M. Sc. Sinja Roloff

Dr. Nassipkul Dyussembekova

Prof. Dr.-Ing. Reiner Schütt

Smart Systems Conference – Dortmund | 19. & 20. November 2025

- 1 Motivation und Herausforderung
- 2 SINA-SH: Vorstellung des Projekts
- 3 Ansatz zur intelligenten Netzführung
- 4 Untersuchte Netzstruktur & Berechnungsmethode
- 5 Erste Ergebnisse – Großflächiger Rollout
- 6 Fazit
- 7 Ausblick

1 Motivation und Herausforderung**2** SINA-SH: Vorstellung des Projekts**3** Ansatz zur intelligenten Netzführung**4** Untersuchte Netzstruktur & Berechnungsmethode**5** Erste Ergebnisse – Großflächiger Rollout**6** Fazit**7** Ausblick

Einspeisemanagement- Aktivitäten:

Reduzierung der Einspeiseleistung lokaler Erzeugungsanlagen (z. B. WEA), um Netzkomponenten vor Überlastung zu schützen

Redispatch-Aktivitäten:

Kurzfristige Leistungsanpassung konventioneller Kraftwerke auf Anweisung des Übertragungsnetzbetreibers, um Engpässe im Stromnetz zu vermeiden

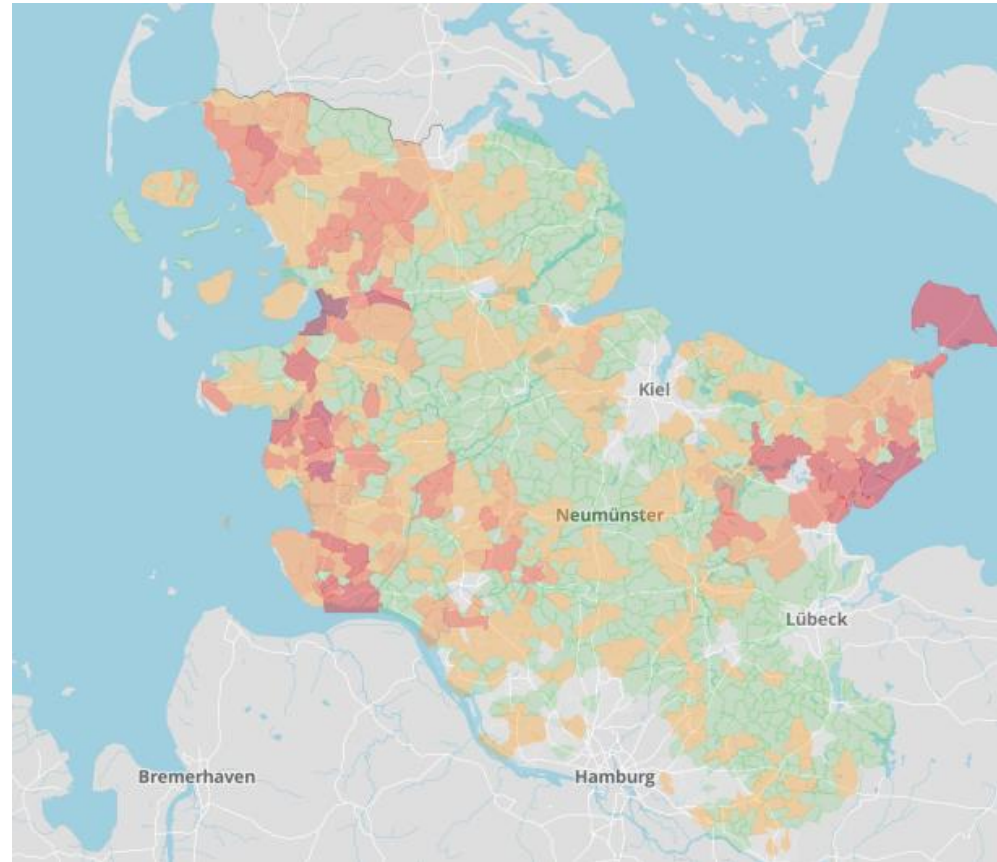


Abb. 1: „SH-Netzampel“ am 01.06.2025, 16:00 Uhr
[Schleswig-Holstein Netz GmbH, 2025]

Verteilnetze in Schleswig-Holstein im Juni 2025:

- Mehr als 40 verschiedene Verteilnetzbetreiber
- Energieverlust in DE aus erneuerbaren Energien durch Einspeisemanagement-Aktivitäten: **2.604 GWh¹**
- Entschädigungszahlungen in DE aufgrund von Feed-In-Management-Aktivitäten: **264,14 Mio. €¹**

¹Bundesnetzagentur, 2025

Motivation und Herausforderung

Planungsrelevante Leistungen im Netzgebiet SH

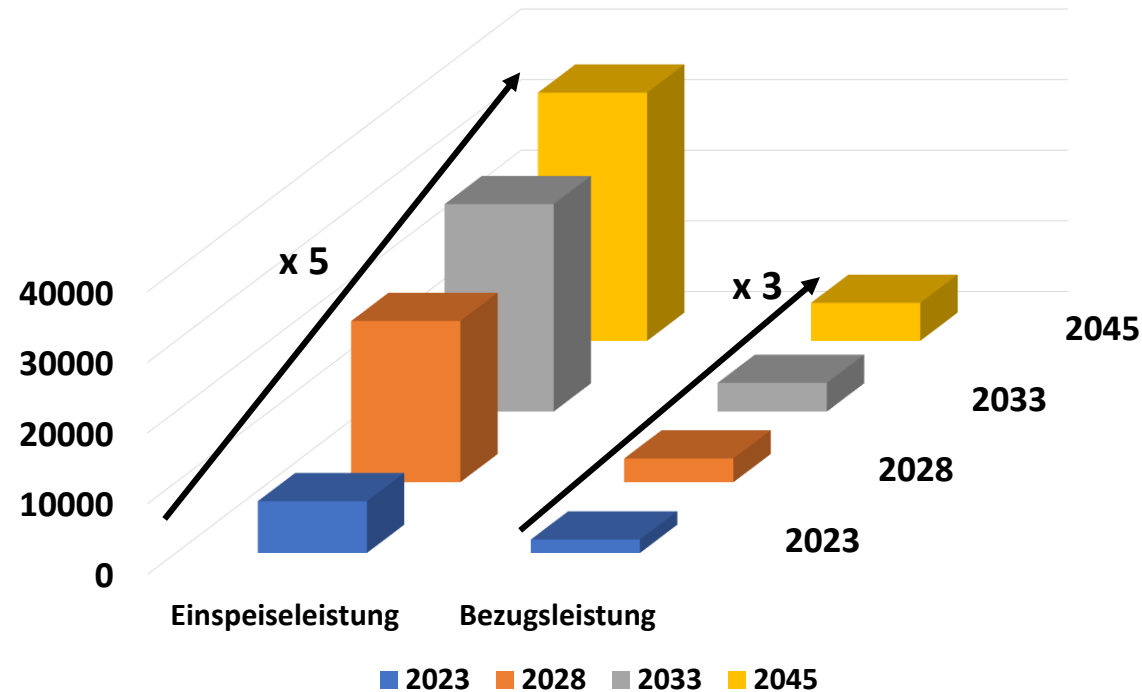


Abb. 2: Planungsrelevante Leistungen in der Hochspannungsebene im Netzgebiet der SH Netz [MW]

[Schleswig-Holstein Netz AG, 2024]

➔ Durch den Anstieg der Einspeiseleistungen sind zusätzliche Engpässe absehbar, was eine vorausschauende Netzführung erforderlich macht

- 1 Motivation und Herausforderung
- 2 SINA-SH: Vorstellung des Projekts**
- 3 Ansatz zur intelligenten Netzführung
- 4 Untersuchte Netzstruktur & Berechnungsmethode
- 5 Erste Ergebnisse – Großflächiger Rollout
- 6 Fazit
- 7 Ausblick



Fakten

- SINA-SH: „Stabilität im Netz bei großflächigem Rollout des Auslastungsmonitorings in Schleswig-Holstein“
- Laufzeit 04/2025 bis 03/2027
- Projektpartner SH Netz 
- Gefördert durch EKSH  



Ziele

- Sicherstellung der Netzstabilität
- Datenbasierte Entscheidungsgrundlagen
- Analyse der Auswirkungen des Auslastungsmonitorings auf die Netzstabilität nach einem großflächigen Rollout

- 1 Motivation und Herausforderung
- 2 SINA-SH: Vorstellung des Projekts
- 3 Ansatz zur intelligenten Netzführung**
- 4 Untersuchte Netzstruktur & Berechnungsmethode
- 5 Erste Ergebnisse – Großflächiger Rollout
- 6 Fazit
- 7 Ausblick

Ansatz der kurativen Systemführung: Mehr Netzleistung bei gleichbleibender Sicherheit

- Zur Vermeidung akuter Gefährdungen der Netzstabilität sind gezielte und kurzfristige Eingriffe erforderlich

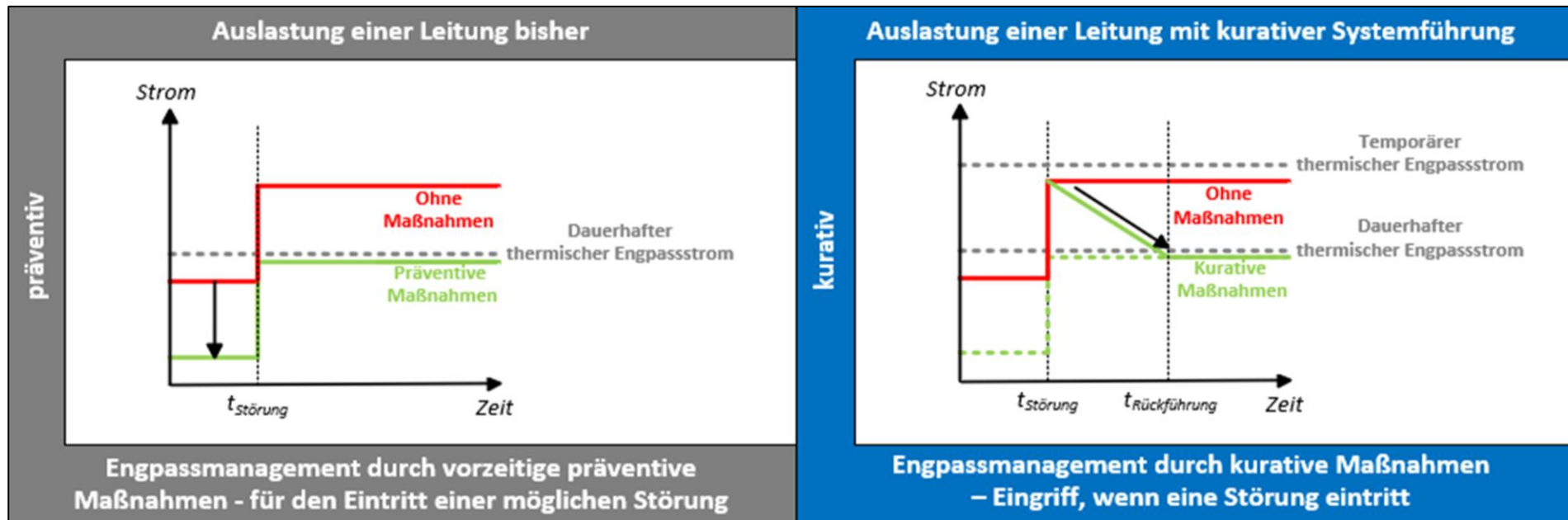


Abb. 3: Ansatz der kurativen Systemführung
 [Eigene Darstellung nach: Lukaschik et al., 2022]

➡ Übergang zur kurativen Reaktion notwendig: Erzeugerabwurf / Lastabschaltung

Ansatz der kurativen Systemführung: Mehr Netzleistung bei gleichbleibender Sicherheit

- Zur Erhöhung der Transportkapazität dezentral erzeugter Energie vom Verteilnetz zum Übertragungsnetz soll die Ausnutzung der durch das N-1-Kriterium vorgehaltenen Kapazitätsreserven gesteigert werden

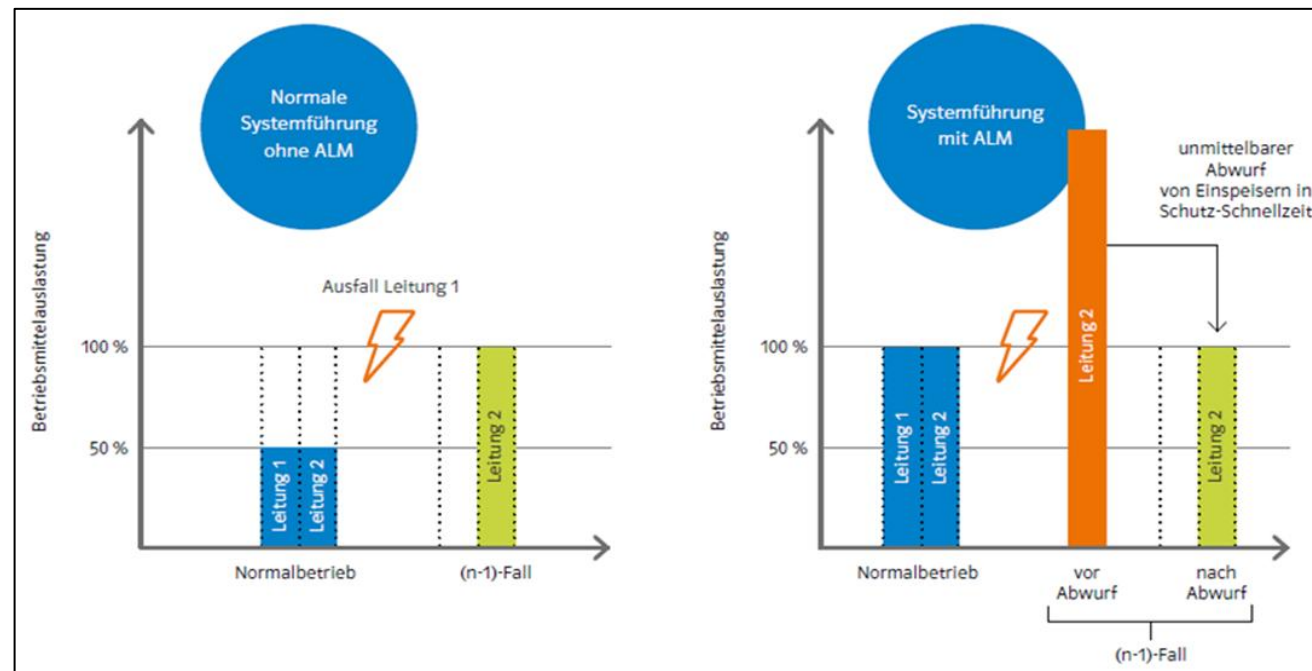


Abb. 4: Vergleich der Systemführung mit und ohne ALM

[Schleswig-Holstein Netz GmbH, o.J.]

- 1 Motivation und Herausforderung
- 2 SINA-SH: Vorstellung des Projekts
- 3 Ansatz zur intelligenten Netzführung
- 4 Untersuchte Netzstruktur & Berechnungsmethode**
- 5 Erste Ergebnisse – Großflächiger Rollout
- 6 Fazit
- 7 Ausblick

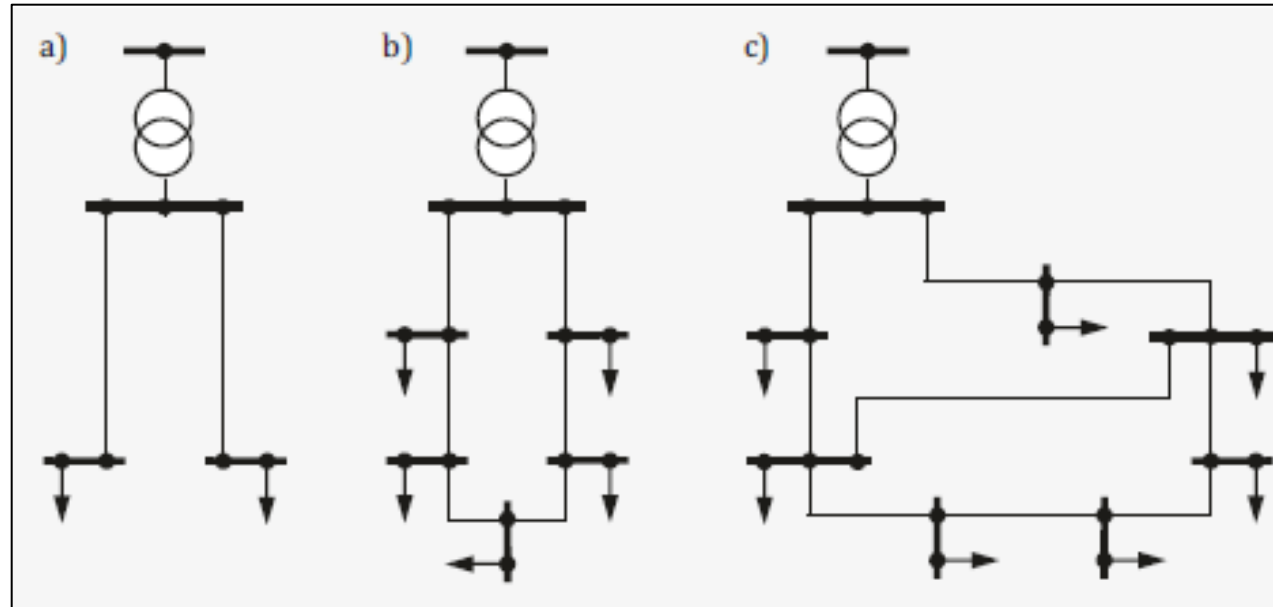


Abb. 5: Verfahren zur Berechnung elektrischer Energieversorgungsnetze
[Schäfer, 2022]

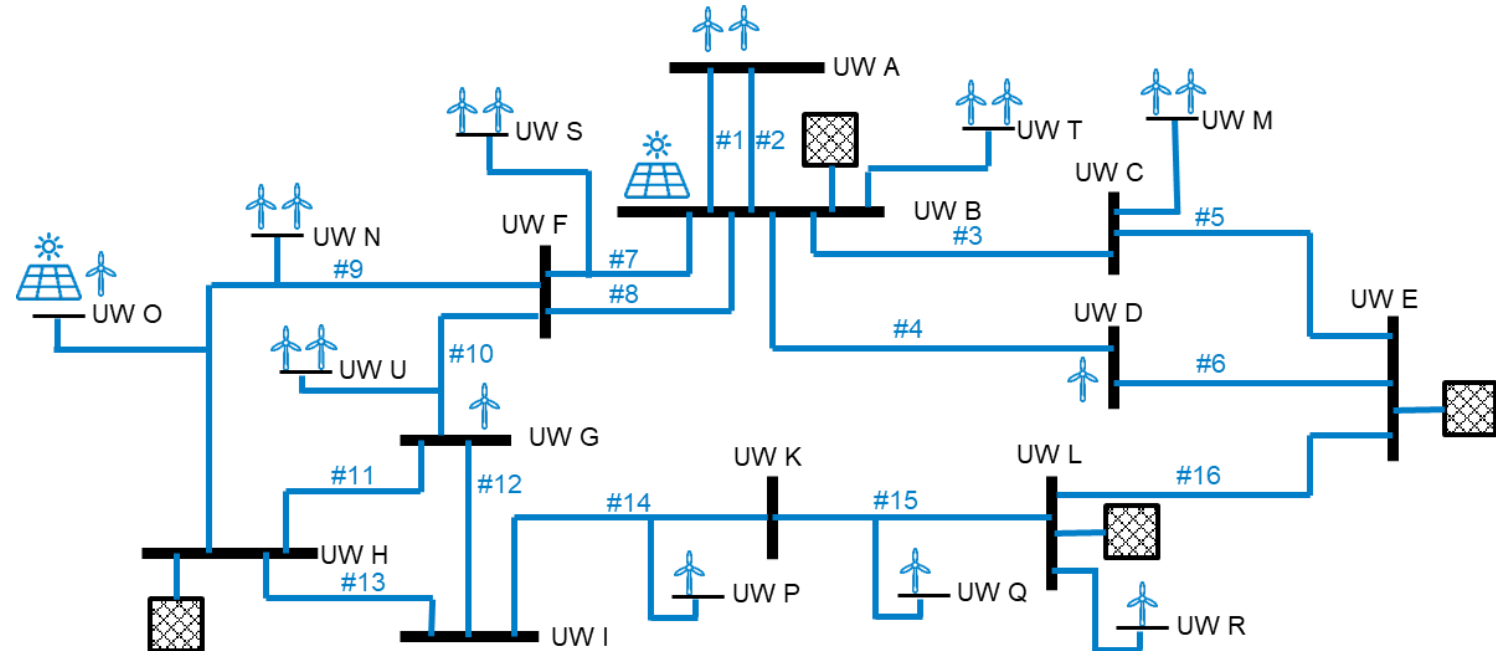
- In **strahl- oder ringförmigen Netzen** lässt sich der Effekt einer Abschaltung gut nachvollziehen
➡ Nahegelegene Elemente beeinflussen den Engpass stärker als weit entfernte
- In **vermaschten Netzen** hingegen ist das Abschaltszenario **ortsunabhängig** – der Zusammenhang zwischen Abschaltung und Engpassauflösung ist **nicht mehr eindeutig erkennbar**

Netzdaten für das Jahr 2023:

Freileitungen	Länge	Typ
#5	24 km	AL/ST 230/30
#6	15 km	AL/ST 230/30
#14	19 km	AL/ST 185/32
#15	23 km	AL/ST 185/30

Umspannwerk	Leistung	WEA/PV
UW D	450 MW	150 MW Wind, 300 MW PV
UW P	416 MW	201 MW Wind, 215 MW PV
UW Q	179 MW	109 MW Wind, 70 MW PV
UW U	178 MW	178 MW PV

Synthetisches Netz zur Engpassanalyse in Anlehnung an ein reales Teilnetz in Schleswig-Holstein:



Newton-Raphson-Iterationsverfahren zur Approximation nichtlinearer Systeme

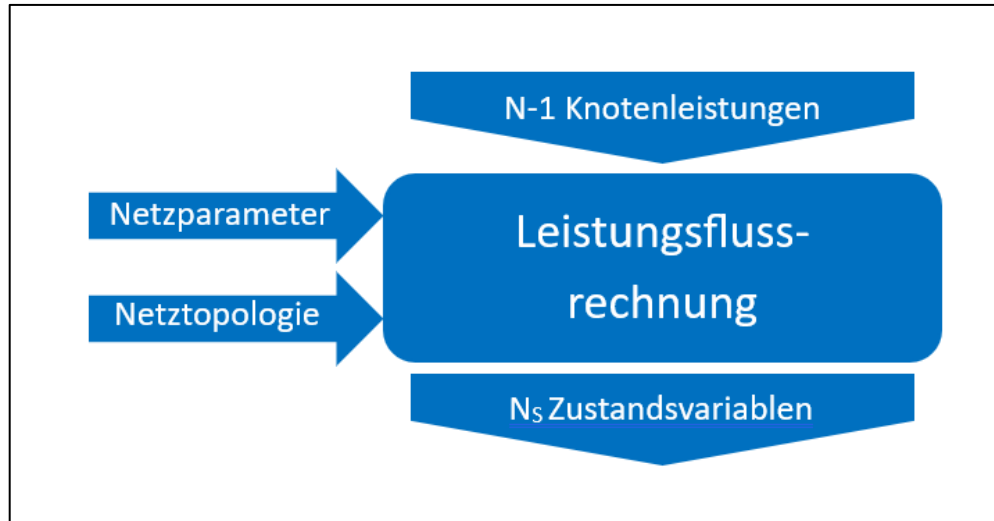


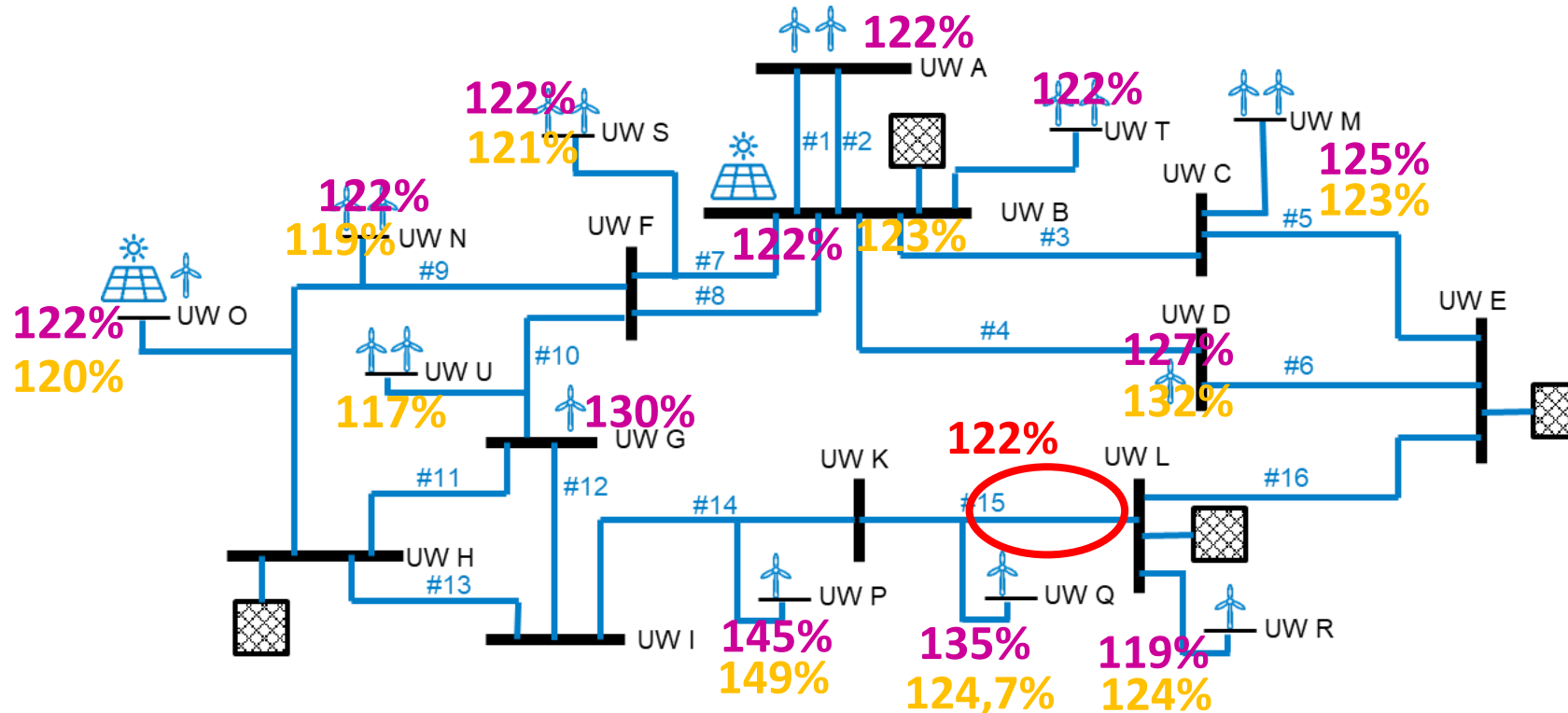
Abb. 6: Modell der Leistungsflussrechnung
[Schäfer, 2022]

- Durch die Iterationen werden die Knoten-Spannungsbeträge und -winkel so lange angepasst, bis alle Leistungsbilanzen erfüllt sind
 - ➔ **Primäre Ergebnisse:** Spannungswerte der Netzknoten (Bandverletzung)
 - ➔ **Sekundäre Ergebnisse:** Leitungsauslastungen & Leistungsflüsse

- 1 Motivation und Herausforderung
- 2 SINA-SH: Vorstellung des Projekts
- 3 Ansatz zur intelligenten Netzführung
- 4 Untersuchte Netzstruktur & Berechnungsmethode
- 5 Erste Ergebnisse – Großflächiger Rollout**
- 6 Fazit
- 7 Ausblick

Erste Ergebnisse - Großflächiger Rollout ALM

Übersicht Abschaltszenarien



➔ beim Rollout des ALM werden viele reale Faktoren berücksichtigt (bspw. Netzbelastung, tatsächliche Einspeisung, Wetter, etc.)

- 1 Motivation und Herausforderung
- 2 SINA-SH: Vorstellung des Projekts
- 3 Ansatz zur intelligenten Netzführung
- 4 Untersuchte Netzstruktur & Berechnungsmethode
- 5 Erste Ergebnisse – Großflächiger Rollout
- 6 Fazit**
- 7 Ausblick

Das **Auslastungsmonitoring** erlaubt:

- ➔ Reduzierung der Redispatch-Kosten
- ➔ mehr Einspeiser aus erneuerbaren Energien ans Netz anzuschließen
- ➔ Erhöhung der Übertragungsleistung
- ➔ Nutzung vorhandener Infrastruktur vor Netzausbau
- ➔ Beitrag zur Netzstabilität bei wachsender EE-Einspeisung
- ➔ Echtzeit-Datengrundlage für Leitstellenentscheidungen

- ➔ **Mehr Übertragungskapazität ermöglichen, ohne sofort den Netzausbau zu erzwingen**
- ➔ Das N-1-Kriterium wird **bewusst temporär verletzt**, aber **überwacht** und **kurativ abgesichert**
(z. B. durch Erzeugerabwurf, Redispatch, Schutzmaßnahmen usw...)

- 1 Motivation und Herausforderung
- 2 SINA-SH: Vorstellung des Projekts
- 3 Ansatz zur intelligenten Netzführung
- 4 Untersuchte Netzstruktur & Berechnungsmethode
- 5 Erste Ergebnisse – Großflächiger Rollout
- 6 Fazit
- 7 Ausblick**

-  Vermaschte Netze sind weit verbreitet und erhöhen die Komplexität der Berechnungen
-  Durchführung quasi-dynamischer Simulationen, um mit der Betrachtung des Zeitparameters die aktuelle Wetterlage zu berücksichtigen
-  Notwendige Reaktionszeit (maximale Auslastung der Betriebsmittel) wird auf Grundlage der durchgeführten Analyse im Anschluss bestimmt
-  Im Fehlerfall: unterschiedliche Kurzschlusszenarien betrachten

1. Bundesnetzagentur, 2025. *Strom - Netzengpassmanagement*. [online] Verfügbar unter: <https://www.smard.de/page/home/topic-article/211816/213328/netzengpassmanagement>.
2. Dettmann, K.-D., Heuck, K., Schulz, D., *Elektrische Energieversorgung: Erzeugung, Übertragung und Verteilung elektrischer Energie für Studium und Praxis*, 8. Auflage, 2010.
3. Lukaschik, A. et al., 2022. *InnoSys 2030 – Innovationen in der Systemführung bis 2030 – Abschlussbericht Gesamtverbund*. [pdf] BMWK. Verfügbar unter: https://www.innosys2030.de/wp-content/uploads/InnoSys2030_Abschlussbericht.pdf.
4. Schäfer, K. F., *Netzberechnung – Verfahren zur Berechnung elektrischer Energieversorgungsnetze*, 2. Auflage, 2022.
5. Schleswig-Holstein Netz AG, 2024. *Netzbericht nach § 14d Abs. 4 EnWG – Der Netzausbauplan der Schleswig-Holstein Netz AG*. [pdf] Schleswig-Holstein Netz AG. Verfügbar unter <https://www.sh-netz.com/de/schleswig-holstein-netz/netzausbau-110kv/netzausbauplan.html>.
6. Schleswig-Holstein Netz GmbH, 2025. *Netzampel Übersicht (Daten: 01.06.2025, 16:00 Uhr, Schleswig-Holstein)*. [online] Verfügbar unter: www.netzampel.energy.
7. Schleswig-Holstein Netz GmbH, o.J. *Auslastungsmonitoring – Rückenwind für die Energiewende*. [pdf] Schleswig-Holstein Netz GmbH. Internes Dokument.

Hamza Kateb*Ansprechperson ITE*

T +49 481 123769-25
kateb@fh-westkueste.de

Sinja Roloff*Ansprechperson ITE*

T +49 481 123769-26
roloff@fh-westkueste.de

Hauke Jürgensen*Ansprechperson SH Netz für
die SINA-SH-Studie***Nutzungshinweis:**

Die Veröffentlichung dieser Präsentation ist gestattet.

Eine Weitergabe oder Vervielfältigung des Inhalts ohne vorherige Genehmigung ist **nicht erlaubt**.