

Themenpapier der Roadmap Systemstabilität

# **AG4 – Betriebsführung und Netz- & Versorgungs- wiederaufbau**

**Über dieses Dokument:** Die Roadmap Systemstabilität ist ein Vorhaben der Bundesregierung, das vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) umgesetzt wird. Die dena und ef.Ruhr GmbH fungieren als Auftragnehmer zur Unterstützung aller Prozesse im Rahmen der Erstellung der Roadmap. Im Rahmen der Arbeiten zur Roadmap Systemstabilität haben die Expertinnen und Experten der mitwirkenden Stakeholder themenspezifisch in vier Arbeitsgruppen die relevanten Fragestellungen identifiziert und diskutiert. In dem hier vorliegenden Themenpapier wurden die Ergebnisse dieser Diskussionen der Arbeitsgruppe Betriebsführung und Netz- & Versorgungswiederaufbau dokumentiert. Es handelt sich jedoch explizit nicht um ein abschließendes und abgestimmtes Ergebnis. Die Themenpapiere bilden die Grundlage für die Roadmap. Sie spiegeln jedoch keine offizielle Position des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz wider. Weiterhin stellen die Formulierungen nicht notwendigerweise die Meinung der aufgeführten Mitautorinnen und Mitautoren oder der dena und ef.Ruhr dar. Sie dienen allein dazu, den Diskussionsstand aufzuzeigen.

Bei folgenden Mitautorinnen und Mitautoren dürfen wir uns an dieser Stelle bedanken:

<b>Name</b>	<b>Institution</b>
Peter Merk	50Hertz Transmission GmbH
Stephan Schulz	50Hertz Transmission GmbH
Daniel Henschel	Amprion GmbH
Torsten Henning	Avacon Netz GmbH
Jürgen Blümer	DKE im VDE
Holger Becker	Fraunhofer IEE
Denis Mende	Fraunhofer IEE
Philipp Strauß	Fraunhofer IEE
Robert Schürhuber	Inst. für Elektrische Anlagen und Netze, TU Graz
Alexander Raab	Lehrstuhl für Elektrische Energiesysteme, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
Tobias Lübbe	Netze BW GmbH
Oliver Brückl	OTH Regensburg
Wolfram H. Weißow	Scientific Power Consulting
Richard Tretter	Stadtwerke München GmbH
Tilman Wippenbeck	Westnetz GmbH

# 1 Inhalt

Abkürzungsverzeichnis.....	4
1 Einleitung .....	5
1.1 Begriffe und Definitionen.....	6
1.2 Technischer Hintergrund und Ausgangssituation .....	7
2 Herausforderungen, Handlungsbedarfe und Prozesse .....	8
2.1 Übersicht der identifizierten Fragestellungen.....	9
2.2 Analyse der identifizierten Fragestellungen .....	10
3 Forschungsfragen .....	40
3.1 Identifizierte Forschungsfragen im Rahmen der AG4.....	40
3.2 Aktuelle Vorhaben des 7. EFP der Bundesregierung.....	42
4 Transformationspfad.....	59
Offene Punkte und Schnittstellen zu anderen AG/KG .....	62
Executive Summary Netz- und Versorgungswiederaufbau.....	63
Literaturverzeichnis.....	65

## Abkürzungsverzeichnis

DSA	Dynamic Security Assessment
BBK	Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe
WAMS	Wide Area Monitoring System
SPS	Special Protection Scheme
iMSys	Intelligentes Messsystem
NC	Network Code
NC SO GL	EU Network Code System Operation Guideline
TK	Telekommunikation
TKNB	Telekommunikationsnetzbetreiber
ÜN	Übertragungsnetz
ÜNB	Übertragungsnetzbetreiber
VDE ETG	Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V. Energietechnische Gesellschaft
VN	Verteilnetz
VNB	Verteilnetzbetreiber
NWA	Netzwiederaufbau
VWA	Versorgungswiederaufbau
EE	Erneuerbare Energien

# 1 Einleitung

Ein elementares Ziel auf dem Weg zur Erreichung der Klimaneutralität ist es, den sicheren und robusten Betrieb der Stromnetze in Zeiten mit 100% erneuerbaren Energien (EE) zu gewährleisten. Dafür wurde im Koalitionsvertrag 2021 die Erarbeitung einer „Roadmap Systemstabilität“ verankert. Die Roadmap soll einen Fahrplan aufzeigen, welche Prozesse und Funktionalitäten benötigt werden, um das gesteckte Ziel zu erreichen.

Die hohen Ansprüche an die Versorgungssicherheit verbunden mit der Komplexität der Stabilitätsaspekte im Stromnetz erfordern für die Realisierung der Roadmap ein Zusammenwirken der Expertise aller am Stromsystem beteiligten Akteure. Aus diesem Grund sind an der Erarbeitung der Roadmap Experten von Übertragungs- und Verteilnetzbetreibern, von Anlagenherstellern, von Verbänden und aus der Wissenschaft beteiligt. Das vorliegende Dokument ist eines von vier Themenpapieren, die in Summe das Fundament für die eigentliche „Roadmap Systemstabilität“ bilden. Die vier Themenpapiere umfassen jeweils die Ergebnisse der vier Arbeitsgruppen (AG), in denen der Austausch der Experten themenspezifisch organisiert wurde (AG1: Frequenz, AG2: Spannung, AG3: Winkelstabilität, Resonanzstabilität und Kurzschlussstrom, AG4: Betriebsführung und Netz- und Versorgungswiederaufbau).

In dem hier vorliegenden Themenpapier der AG4 werden in den folgenden zwei Abschnitten zunächst einleitend die relevanten Begriffe und Definitionen beschrieben sowie der technische Hintergrund erläutert. In Kapitel 2 werden die Herausforderungen und Handlungsbedarfe sowie die in diesem Kontext bereits bestehende Prozessstruktur beschrieben. Dafür wird im Abschnitt 2.1 zunächst eine Übersicht über alle identifizierten Fragestellungen gezeigt. In Abschnitt 2.2 werden die einzelnen Fragestellungen analysiert. Die identifizierten Forschungsfragen werden gesondert in Kapitel 3 dargestellt. In Kapitel 4 wird der Transformationspfad beschrieben, der die Prozesse inklusive der verantwortlichen Akteure und zeitlichen Aspekte umfasst, die aus den Fragestellungen der Kapitel 2 und 3 abgeleitet wurden.

## 1.1 Begriffe und Definitionen

**Betriebsführung:** Dem Bereich der Betriebsführung werden insbesondere die organisatorischen und operativen Aspekte und Aufgaben zugeordnet, die die Netzbetreiber zur Gewährleistung eines sicheren und resilienten Netzbetriebs berücksichtigen müssen.

**Blackout, Schwarzfall:** In der elektrischen Energietechnik bezeichnet der Begriff Blackout einen großflächigen weiträumigen Netzzusammenbruch, der mit einer Versorgungsunterbrechung der angeschlossenen Verbraucher verbunden ist. Laut Artikel 18 (4) des europäischen Network Code System Operation Guideline (NC SOGL) [1] befindet sich ein Übertragungsnetz im Blackout-Zustand, wenn mindestens eine der folgenden Bedingungen erfüllt ist:

- a) Verlust von mehr als 50 % der Last in der Regelzone des betreffenden Übertragungsnetzbetreibers (ÜNB);
- b) Spannungslosigkeit in der Regelzone des betreffenden ÜNB für mindestens drei Minuten, sodass Netzwiederaufbaupläne aktiviert werden.

**Netzwiederaufbau (NWA):** Ziel des NWA ist, die Handlungsfähigkeit der Netzbetreiber zu erhalten oder wiederherzustellen. Fokus ist es, das Übertragungsnetz unter Spannung zu setzen und die Eigenbedarfe der Erzeugungsanlagen zu sichern. Erste Lastzuschaltungen erfolgen, um die am Netz befindlichen Kraftwerke in einen stabilen Arbeitspunkt zu überführen. Das Ablösen der schwarzstartfähigen Anlagen durch Partneranlagen und das Einbringen von ersten Systemdienstleistungen fällt in diesen Prozess. Die Sicherstellung des Netzwiederaufbaus liegt in der Verantwortung der ÜNB. Ziele zur Verbesserung der Rahmenbedingungen für den Netzwiederaufbau sind der Aufbau eines deutschlandweiten ÜNB übergreifenden Rumpfnetzes und die schnelle Integration von Netzbetreibern in der 110kV Spannungsebene.

**Versorgungswiederaufbau (VWA):** Nach dem Netzwiederaufbau folgt das iterative Zuschalten von Erzeugung und Lasten unter Wahrung der Systembilanz und Systemsicherheit (Versorgungswiederaufbau). Während des Versorgungswiederaufbaus erfolgt eine Zuschaltung und Versorgung der Lasten gemäß den verfügbaren Erzeugungspotentialen unter Berücksichtigung der notwendigen Regelleistung, um zu jeder Zeit die Systembilanz in einem ausgeglichenen Zustand zu halten.

**Partneranlage:** eine nicht-schwarzstartfähige Anlage, welche im Netzwiederaufbau dargebotsunabhängig Leistung erbringen kann und in der Lage ist, die schwarzstartfähige Anlage abzulösen und einen gesicherten Systembetrieb über längeren Zeitraum zu ermöglichen.

## 1.2 Technischer Hintergrund und Ausgangssituation

Auslöser des Handlungsbedarfs bei der Netzbetriebsführung als auch für den Netz- und Versorgungswiederaufbau sind die Veränderung der Rahmenbedingungen des Energiesystems im Regelbetrieb. Dazu gehört unter anderem:

- Massive forcierte Integration dargebotsabhängiger EE (insb. Wind und PV) als Säule der Energieversorgung in Deutschland
- Zunehmende marktbedingte und EE-Vorrangbedingte zeitweilige Nichtverfügbarkeit von gesicherter Anlagenleistung
- Sektorübergreifende Elektrifizierung (Endkunden, Mobilität, Gewerbe und Industrie) mit oder ohne Steuerbarkeit
- Kleine bis große sektorkoppelnde Anlagen (z.B. Elektrolyseure, P2H-Anlagen)
- Massiver Zubau von Speichern (z.B.: Heim- bis Großbatteriespeicher, Elektromobilität), auch in bidirektionaler Ausführung (Prosumer)
- Neue Merkmale und Eigenschaften der Anlagen (z.B. netzbildende Wechselrichter)
- Netzausbau in Übertragungs- und Verteilnetzen sowie erhöhte Transite
- Integration HGÜ-Anlagen und Trassen
- Dezentralisierung und Diversifizierung der Erzeugerstruktur

Die Verlagerung installierter und aktiver Anlagenleistung auf Millionen von Anlagen im Verteilnetz stellt eine Herausforderung für die Systemstabilität dar (vgl. andere Arbeitsgruppen). Sowohl im Rahmen der Netzbetriebsführung im Normalbetrieb als auch im Netz- und Versorgungswiederaufbau erfordert sie eine Koordination und ein systemisches konstruktives Zusammenwirken der Netze aller Spannungsebenen, der angeschlossenen Anlagen sowie der Telekommunikation sowie weiterer Sektoren. Dabei existieren gegenüber dem Normalbetrieb erschwerte Bedingungen:

- Initial kleinere Teilsysteme mit höheren relativen Leistungs- und Systemdienstleistungsbedarfen als der regelhafte europäische Verbundnetzbetrieb
- Außerkraftsetzung von Marktmechanismen
- Eingeschränkte Kommunikationsmöglichkeiten

Überdies sind die Versorgungspotentiale durch PV und Wind dargebotsabhängig und volatil. Für die Netzbetriebsführung insb. in Hinblick auf die klassische Fahrweise von Kraftwerken nach Fahrplan stellt dies eine besondere Herausforderung dar. Historisch für den Netz- und Versorgungswiederaufbau verfügbare Kraftwerkstypen mit gesicherter Leistung und bevorrateter Energie entfallen oder können situativ marktbedingt außer Betrieb und nicht kurzfristig wieder verfügbar sein.

## 2 Herausforderungen, Handlungsbedarfe und Prozesse

Im Rahmen der Arbeits- und Kerngruppentreffen wurden für die Bereiche Betriebsführung und Netz- und Versorgungswiederaufbau eine Vielzahl von Fragestellungen identifiziert. 4

In diesem Kapitel wird in Abschnitt 2.1 zunächst eine Übersicht aller identifizierter Fragestellungen gegeben. Abschnitt 2.2 beinhaltet die Analyse der einzelnen Fragestellungen. Die Analyse umfasst jeweils die heutigen und die zukünftigen Herausforderungen, den Handlungsbedarf sowie die in diesem Kontext bereits bestehende Prozessstruktur. Außerdem wird der Bedarf an Prozessanpassungen oder neuen Prozessen beschrieben, um eine Grundlage zur Ableitung von notwendigerweise zu implementierenden Prozessen zu schaffen. Diese bilden wiederum die Basis für den Transformationspfad (Kapitel 4).

Darüber hinaus wurden die folgenden übergelagerten Fragestellungen definiert:

1. Wie wird der Fortschritt der Roadmap für die relevanten Stakeholder verfügbar gemacht?
2. Soll die Roadmap das Thema Kosten aufnehmen und für Folgeaufgaben platzieren?
3. Auf welche Art und Weise können gültige und zukünftige Gesetze geändert werden, wenn diese sich als nicht betriebstauglich und/oder umsetzbar darstellen?

Die allgemeinen Fragestellungen wurden als Diskussionsgrundlage mit allen AGs definiert und sollen vor allem der Roadmap im Allgemeinen dienen. Hierbei wird darauf hingewiesen, dass geeignete Metriken entwickelt werden sollen, die den Fortschritt kenntlich machen und als Informationsgrundlage und Entscheidungshilfe für die relevanten Stakeholder dienen. Die erarbeiteten Ergebnisse in der Roadmap sollen in die entsprechenden Regelwerke mit aufgenommen werden. Das Thema Kosten sollte im Rahmen der Roadmap zunächst eine untergeordnete Rolle spielen, jedoch schon entsprechend mitgedacht werden. Dabei gilt, dass primär der erarbeitete Bedarf umgesetzt werden muss. Die Kostenfrage darf erst gestellt werden, wenn mindestens zwei gleichwertige Umsetzungswege möglich sind. Ein weiterer Aspekt ist z.B. die Kostenweitergabe (regulatorische Anerkennung zur Kostenumwälzung), wenn Aufgaben umzusetzen sind, die bislang in der Roadmap nicht oder nur sporadisch behandelt bzw. betrachtet wurden bzw. für perspektivische Aufgaben bereits heute anfallen.

Ein weiteres allgemeines Thema mit Schnittstellen zu allen Bereichen wird mit der Frage „Auf welche Art und Weise können gültige und zukünftige Gesetze beeinflusst bzw. geändert werden, wenn diese sich als nicht betriebstauglich und/oder umsetzbar darstellen?“ adressiert. Das Ziel soll sein, dass Gesetze und Richtlinien die Rahmenbedingungen beschreiben, wobei die technischen Ausgestaltungen an einer anderen Stelle beschrieben werden.

## 2.1 Übersicht der identifizierten Fragestellungen

In diesem Abschnitt ist eine Übersicht aller Fragestellungen dargestellt, die im Rahmen der Projekttreffen identifiziert wurden. Die Fragestellungen sind in die Bereiche Betriebsführung und Netz- und Versorgungswiederaufbau unterteilt.

### Fragestellungen im Bereich Betriebsführung

- B1. Muss der Systemschutzplan für Systembetrieb mit 100% EE-Einspeisung erweitert werden?
- B2. Welche Indikatoren/Frühwarnsysteme im Betrieb gibt es heute? Welche zusätzlichen Echtzeitdaten wären zukünftig zur Bewertung erforderlich?
- B3. Welche System- und Netzsicherheitsanforderungen bestehen in einem Systembetrieb mit 100% EE-Einspeisung? Wie sind diese zu gewährleisten?
- B4. Wie wird die Qualität der notwendigen Daten für die Bewertung des Netzzustands und der Systemstabilität und daraus resultierender Folgeprozesse sichergestellt?
- B5. Unter welchen Rahmenbedingungen erfolgt zukünftig der Datenaustausch?
- B6. Wie kann die Möglichkeit der Höherauslastung von Netzbetriebsmitteln durch Normen und Standardisierung sichergestellt werden?
- B7. In welcher Weise sind die Leitwarten, Tools, Prozesse der Systemführung weiterzuentwickeln? Welche zeitlichen Anforderungen ergeben sich beim kurativen Betrieb?
- B8. Wie kann präventiv auf Lastflexibilitäten (z.B. Wärmepumpen, Elektrofahrzeuge, Brennstoffzellen, Elektrolyseure, Industriekunden) zugegriffen werden, um ein Lastmanagement evtl. mit Marktinstrumenten zu betreiben?
- B9. Welche Handlungsschritte sind für die Sicherstellung der Robustheit (IT-Sicherheit, Infrastruktur) des Gesamtsystems notwendig?

### Fragestellungen im Bereich Netz- und Versorgungswiederaufbau:

Wie kann einhergehend mit der Transformation des Energiesystems eine agile Weiterentwicklung des Netz- und Versorgungswiederaufbaus in den nachfolgenden identifizierten Dimensionen erfolgen?

- W1. Gesicherte Leistung und Energie
- W2. Schwarzstart und Netzwiederaufbau im Übertragungsnetz
- W3. Kooperativer VWA mit allen Beteiligten (ÜN; VN; TK-Netze, Anlagen)
- W4. Verteilnetz-Inseln als Option
- W5. Befähigung der Anlagen (Erzeuger, Lasten, Speicher) für den Netz- und Versorgungswiederaufbau
- W6. Planen, Testen und Üben von Teilprozessen und –systemen
- W7. Beanreizung, Kostenanerkennung, Refinanzierung und Kostenumwälzung

## 2.2 Analyse der identifizierten Fragestellungen

Dieser Abschnitt umfasst die Analyse der identifizierten Fragestellungen. Je Fragestellung werden dabei die heutigen und zukünftigen Herausforderungen, der Handlungsbedarf sowie die bereits bestehenden Prozesse und der Prozessbedarf beschrieben.

**Fragestellung B1: Muss der Systemschutzplan für Systembetrieb mit 100% EE-Einspeisung erweitert werden?**

Aspekt	Beschreibung
Herausforderungen heute und zukünftig	Auf Basis der Ergebnisse der Fragestellung B3 können erst die Anforderungen an den Systemschutz geklärt werden. Erkannt wurde heute schon, dass folgende Themen aktuell noch nicht ausreichend oder gar nicht behandelt wurden <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Berücksichtigung von Informations- und Kommunikationstechnologie im Allgemeinen</li> <li>b. Berücksichtigung von schwarzfallfester Kommunikation im speziellen</li> </ul>
Handlungsbedarf	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prüfung, ob Maßnahmen über den Systemschutzplan der 4 deutschen ÜNB (2021) hinaus notwendig sind.</li> </ul>
Prozesse, bestehend	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systemschutzplan der 4 deutschen ÜNB von 22.02.2021</li> </ul>
Prozesse, Bedarf	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prozesse zur Aktualisierung des Systemschutzplans mit den Anforderungen aus den aus der Branche potenziell identifizierten Lücken/Bedarf aufsetzen und festlegen</li> </ul>

**Fragestellung B2: Welche Indikatoren/Frühwarnsysteme im Betrieb gibt es heute? Welche zusätzlichen Echtzeitdaten wären zukünftig zur Bewertung erforderlich?**

Aspekt	Beschreibung
Herausforderungen heute und zukünftig	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die heutigen Indikatoren und Frühwarnsysteme müssen für den 100% EE-Betrieb geprüft werden.</li> </ul>
Handlungsbedarf	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Verhalten untergelagerter Netze</b> hinsichtlich Wirk- und Blindleistung muss (besser) <b>beobachtbar und prognostizierbar</b> werden</li> <li>• Höhere Dynamik bzw. Volatilität erfordert die <b>Weiterentwicklung von Prognoseverfahren</b> für potenzielle Systemsicherheitsgefährdungen</li> <li>• Weitere <b>Ausweitung DSA</b> (Dynamic Security Assessment) <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Prüfung und ggf. Erweiterung der Bewertungskriterien für Gefährdungen (long- bis short-term)</li> <li>○ Online DSA für Netzbetrieb</li> </ul> </li> </ul>
Prozesse, bestehend	<ul style="list-style-type: none"> <li>• WAMS (wird jedoch in den Leitwarten nicht genutzt, sondern nur für Backoffice zur Analyse)</li> <li>• Bei allen deutschen ÜNB sind SPS (Special Protection Scheme) in Planung.</li> <li>• Systemstabilität wird in offline Studien durch ÜNB bewertet und Maßnahmen abgeleitet</li> <li>• Online DSA aktuell in der Entwicklung bei den ÜNBs</li> </ul>
Prozesse, Bedarf	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entwicklung neuer und Weiterentwicklung bestehender Indikatoren und Frühwarnsysteme, z.B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Netzpendelungen können detektiert werden</li> <li>○ Nutzung des WAMS</li> <li>○ Aufbau und Einbindung von SPS</li> </ul> </li> <li>• Aufbau und Einbindung der Digitalisierung der Verteilnetze bis hin zu den iMSys am Hausanschlußpunkt</li> <li>• Prozess- und Toolentwicklung für Sichtbarkeit des Systemzustands (Ist und Prognose) einschließlich Margen zu Grenzen und Echtzeitsteuerung (Datenaustausch) zwischen ÜNB-ÜNB, ÜNB-VNB <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Standardisierung durch Institution, damit ÜNB nicht mehrere Standards aufbauen</li> <li>○ Decision Support Tool für Maßnahmen, Koordination mit VNBs und benachbarten TSOs</li> </ul> </li> </ul>

Aspekt	Beschreibung
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kontinuierlicher/Zyklischer Austausch an der NB-NB-Schnittstelle zur Steigerung der Beobachtbarkeit und Prognosegüte der unterlagerten Netze</li> <li>• Abstimmungsprozess zur gemeinsamen Systemsicherheitsanalyse: Schnittstelle ÜNB-VNB : Wer liefert welche Daten?</li> </ul>

**Fragestellung B3: Welche System- und Netzsicherheitsanforderungen bestehen in einem Systembetrieb mit 100% EE-Einspeisung? Wie sind diese zu gewährleisten?**

Aspekt	Beschreibung
Herausforderungen heute und zukünftig	<p>Status Quo</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Systemauslegung und -betrieb auf Grundlage des (n-1)- Kriteriums</li> <li>• Operative dynamische Stabilitätsbetrachtung auf ÜNB-Ebene bereits in der Umsetzung</li> <li>• Aktuelle rechtliche Grundlage zu Systemverantwortung/Systemicherheit auf Basis der heutigen Systemeigenschaften ausgelegt</li> </ul> <p>Klärung folgender Fragen für die Zukunft:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Welche Netzsicherheitsanforderungen bestehen in einem System mit 100% EE insbesondere bei steigender Höherauslastung? <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Wie ist die Resilienz des Systems sicherzustellen (Netzicherheit, IT-Sicherheit, Automatisierungsgrad)?</li> <li>○ Wie soll das (n-1)-Kriterium erweitert werden?</li> <li>○ Was verändert sich in einem System mit 100% EE in Bezug auf die thermische Auslastung der Netze? -&gt; z.B. volatilere Lastflüsse, Prognoseungenauigkeiten proportional mit EE-Anteil. Welche Anforderungen ergeben sich daraus?</li> <li>○ Wie soll die Netzsicherheitsrechnung erweitert werden (z. B. probabilistisch)?</li> </ul> </li> <li>• Wie wirken sich weitergehende Herausforderungen (z.B. der Wunsch einer kurativen Systemführung zur Ermöglichung der Höherauslastung des Bestandsnetzes und damit Ermöglichung einer auf 100 % EE basierenden Stromversorgung) auf System- und Netzsicherheitsanforderungen aus?</li> <li>• Welche Anforderungen ergeben sich an Beobachtbarkeit und Fernsteuerbarkeit? (s. auch Steckbriefe zu Datenerfassung und -austausch)</li> </ul>

Aspekt	Beschreibung
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dynamic Stability Assessment (DSA): Bedarf einer weiteren Entwicklung? <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ggf. Ausweitung auf den VNB?</li> </ul> </li> <li>• Weiterentwicklung der Normung und Gesetze (z.B. SO GL)</li> </ul>
Handlungsbedarf	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definition des erforderlichen Niveaus an Systemsicherheit, resilientes System</li> <li>• Berücksichtigung von sowohl Echtzeit- als auch Betriebsplanungsprozessen</li> </ul>
Prozesse, bestehend	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arbeitsgruppe zum Thema DSA auf 4 ÜNB-Ebene ☐ PG DSA <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Entwicklung von Bewertungskriterien / Grenzwerten für dynamische Phänomene</li> </ul> </li> <li>• Vorgaben nach SO GL</li> </ul>
Prozesse, Bedarf	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definition des notwendigen Maßes an Beteiligung von EE an Netz- und Systemsicherheitskritischen SDL / Funktionalitäten (FNN?) in folgenden Schritten: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Übergeordnete Frage: Welches Risiko ist annehmbar? / Was ist die Dimensionierungsvorgabe für die Systemsicherheit? (BNetzA/BMWK iterativ mit der Branche)</li> <li>2. Netzsicherheitskriterien unter Berücksichtigung der Systemeigenschaften (100% EE, stromrichterbasiertes System, räumliche Defizite/Überschüsse) ableiten (Prüfen, welche Rolle das (n-1)-Kriterium zukünftig haben wird)</li> <li>3. Ableiten von Werkzeugen für die Sicherstellung der Netzsicherheitskriterien (Vorschauprozesse, DSA Tools, ☐ Netzbetreiber, Sicherung SDL ☐ Rahmenbedingungen)</li> </ol> </li> <li>• Flexibilitätsmanagement auf Erzeuger- und Verbraucherseite und Auswirkungen auf bzw. Beiträge zu Netz- und Systemsicherheit <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Flexibilisierung der Last (TAR; vgl. zu EnWg 14a)</li> </ul> </li> </ul>

**Fragestellung B4: Wie wird die Qualität der notwendigen Daten für die Bewertung des Netzzustands und der Systemstabilität und daraus resultierender Folgeprozesse sichergestellt?**

Aspekt	Beschreibung
Herausforderungen heute und zukünftig	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Daten liegen in entsprechender Qualität und dem Format vor. Dies ist ein stetiger Prozess, wobei der Netzbetreiber und Entwickler/Hersteller im stetigen Austausch sind.</li> </ul>
Handlungsbedarf	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Netzbetreiber müssen den Datenbedarf benennen.</li> <li>• Prüfung, was an Bedarf noch ungeregelt ist.</li> <li>• Netzbetreiber stellt den Bedarf der noch nicht organisierten Datenbedarfe dem Hersteller/Entwickler dar.</li> <li>• Im Verteilnetz basiert die Betriebsführung im Wesentlichen auf Prognosen und Profilen. Hier müssen Daten aus Sensorik eingebunden werden.</li> </ul>
Prozesse, bestehend	<ul style="list-style-type: none"> <li>• allgemeine gesetzliche Grundlage §12 Abs.4 EnWG</li> <li>• PG Koordinierte Steuerung im FNN</li> </ul>
Prozesse, Bedarf	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prozessdigitalisierung und Austausch in klar definierten universellen Datenformat</li> <li>• Fragmentierte Gruppen zu dem Thema Datenprozesse müssen zusammengezogen werden. Zuständigkeit: FNN</li> <li>• Beschleunigter Standardisierungsprozess für Zähler und Sensoren (Vorbereitung auf Massenbetrieb)</li> <li>• Rechtssicherheit schaffen für präventives und kuratives Handeln der Netzbetreiber, um den Automatisierungsgrad zu erhöhen (z.B. Thema Diskriminierungsfreiheit)</li> </ul>

**Fragestellung B5: Unter welchen Rahmenbedingungen erfolgt zukünftig der Datenaustausch?**

Aspekt	Beschreibung
Herausforderungen heute und zukünftig	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Datenaustausch</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Stetige Qualitätsverbesserung der Echtzeitdaten und Prognosedaten: Datenaustausch VNB-VNB und ÜNB-ÜNB</li> <li>○ Leistung</li> <li>○ Spannung</li> <li>○ Sensitivitäten</li> </ul> </li> </ul>

Aspekt	Beschreibung
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Wird z. B. im Rahmen des Redispatch 2.0 bereits zum Teil bearbeitet, allerdings auch Umsetzungsprobleme und -verzögerungen bei Redispatch 2.0.</li> <li>○ Über welche Datenwege sollen diese ausgetauscht werden → Standards und (n-1)-Sicherheit müssen mit berücksichtigt und entwickelt werden</li> <li>● Die notwendigen Daten werden unter Berücksichtigung der <b>IKT-Sicherheit</b> ausgetauscht bzw. zur Verfügung gestellt. Dies wird ein ständiger Prozess ohne Enddatum sein.</li> </ul>
Handlungsbedarf	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Schnittstelle und Übertragungsart standardisieren</li> <li>● IKT-Sicherheit muss mitgedacht werden (verweis auf InnoSys 2030 [2])</li> <li>● Möglichst viele automatisierte Prozesse werden benötigt (Hintergrund Fachkräftemangel und Geschwindigkeit)</li> </ul>
Prozesse, bestehend	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Im Verteilnetz Umbau der Datenbereitstellung auf moderne BSI-konforme Infrastruktur</li> </ul>
Prozesse, Bedarf	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Einmalige Prozesse <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Überprüfen, ob Automatisierungsgrad bei Datenaustausch und Reaktion ausreichend ist und ggf. Änderungsprozesse/Regelwerke anstoßen</li> <li>○ Ende-zu-Ende Betrachtung der Prozesse (Datensilos aufbrechen, Koordinierungsstelle einführen)</li> </ul> </li> <li>● Kontinuierliche Prozesse <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Es besteht bereits eine kontinuierliche Erweiterung der Austauschdaten zwischen den Netzbetreibern, wenn ein Bedarf erkannt wird,.</li> <li>○ Prüfung auf Szenarien, bei denen eine Datenbereitstellung/-austausch eingeschränkt oder nicht möglich ist</li> </ul> </li> </ul>

**Fragestellung B6: Wie kann die Möglichkeit der Höherauslastung von Netzbetriebsmitteln durch Normen und Standardisierung sichergestellt werden?**

Aspekt	Beschreibung
Herausforderungen heute und zukünftig	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Status Quo               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Höherauslastung wird durch wetterabhängigen Freileitungsbetrieb (WAFB) realisiert. Gebietsweise werden Special Protection Schemes (SPS) eingesetzt.<sup>12</sup></li> </ul> </li> <li>• <b>Definitionen aus dem Grenzwertkonzept [3] der deutschen Übertragungsnetzbetreiber:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Als Eingangsgrößen für die Dauerhafte Strombelastbarkeit (PATL) und für die Temporäre Strombelastbarkeit (TATL) gehen Systemische Limitierungen, Externe Limitierungen, der Schutzengpassstrom und der dauerhafte bzw. der temporäre thermische Engpassstrom ein.</li> <li>○ Externe Limitierungen für den dauerhaften bzw. temporären Engpassstrom eines Stromkreises bzw. Stromkreisabschnitts liegen beispielsweise durch die vorhandenen Genehmigungen für den Betrieb der Leitung vor. Ebenfalls fallen hierunter Limitierungen durch Beeinflussungen von Nachbarinfrastrukturen (z.B. Rohrnetzbetreiber) oder sonstige Gründe (z.B. Immissionsschutz (BImSchV)).</li> <li>○ Dauerhafter thermischer Engpassstrom (eines Stromkreises bzw. Stromkreisabschnittes) ist der Strom, mit dem ein Stromkreis bzw. Stromkreisabschnitt dauerhaft belastet werden kann, ohne eines der enthaltenen Betriebsmittel thermisch zu überlasten. Dabei kann für die jeweiligen Betriebsmittel entweder ein statischer (z.B. Bemessungsdauerstrom eines Primärgerätes) oder zeitvarianter dauerhafter thermischer Engpassstrom (z.B. in Folge eines witterungsabhängigen Freileitungsbetriebs) zu Grunde gelegt werden.</li> <li>○ Temporärer thermischer Engpassstrom (eines Stromkreises bzw. Stromkreisabschnittes) ist eine zeitvariante Größe, welche aus dem Minimum der temporären thermischen Engpassströme aller Betriebsmittel eines Stromkreises bzw. Stromkreisabschnitts gebildet wird. [4]</li> </ul> </li> </ul>

<sup>1</sup> Verweis auf die Ergebnisse des Forschungsprojekts [InnoSys 2030](#) [2]

<sup>2</sup> Verweis auf Netzbetriebsmittel-Studie im Auftrag des BMWK [7]

Aspekt	Beschreibung
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die externen Limitierungen und die thermischen Engpassströme einzelner Betriebsmittel wirken oft begrenzend für die dauerhafte und temporäre Strombelastbarkeit.</li> <li>• Betriebsmittel im Netz können nach Norm dauerhaft den Bemessungsstrom und kurzzeitig (bis 1 Sekunde) den entsprechenden thermisch wirksamen Kurzschlussstrom tragen</li> </ul>
Handlungsbedarf	<ul style="list-style-type: none"> <li>• In Bezug auf externe Limitierungen sind ggf. gesetzliche Anpassungen notwendig</li> <li>• In Bezug auf temporäre thermische Engpassströme einzelner Betriebsmittel sind Anpassungen der internationalen Normen und gesetzliche Anpassungen notwendig</li> <li>• Lösungen seitens der Betriebsmittel-Hersteller müssen erarbeitet werden</li> <li>• Neben externen Voraussetzungen (Normen/Standardisierung, ...) sind auch betriebliche/planerische Prozesse (ggf. NB-intern) bei Einführung von temporären Höherauslastungen (wie sie bei der kurativen Systemführung nach InnoSys [2] angedacht sind) entsprechend anzupassen.</li> </ul>
Prozesse, bestehend	<ul style="list-style-type: none"> <li>• InnoSys [2]</li> <li>• Es gibt Normen zu kurzzeitigen temporären Höherauslastungen von beispielsweise Trafos, auf denen aufgebaut werden kann: IEC 60076-7 „Leitfaden für die Belastung von mineralölgefüllten Leistungstransformatoren“</li> </ul>
Prozesse, Bedarf	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rahmenbedingungen für Höherauslastung auf Seite der Gesetze und Betriebsmittel schaffen.</li> <li>• Betriebliche und planerische Netzsicherheitsanforderungen sind seitens der NB beschrieben und in entsprechenden Auslegungsprozessen berücksichtigt.</li> </ul>

**Fragestellung B7: In welcher Weise sind die Leitwarten, Tools, Prozesse der Systemführung weiterzuentwickeln? Welche zeitlichen Anforderungen ergeben sich beim kurativen Betrieb?**

Aspekt	Beschreibung
Herausforderungen heute und zukünftig	Die immer höher werdende Komplexität und steigende Anzahl an Marktteilnehmern erfordern die Entwicklung von neuen oder die Weiterentwicklung bestehender Tools und Prozesse. Den Operatoren

Aspekt	Beschreibung
	muss es auch zukünftig möglich sein, die aktuelle Netzsituation durch eine geeignete Übersicht und Darstellung von Daten und Informationen zu bewerten.
Handlungsbedarf	Auf Grundlage des Systemführungsprozesses aus InnoSys muss eine Weiterentwicklung der o.g. Systeme und Konzepte durchgeführt werden, die nicht nur die Höherauslastung und kuratives Engpassmanagement im Fokus hat.
Prozesse, bestehend	Im InnoSys 2030 Projekt wurde ein möglicher Systemführungsprozess detailliert erarbeitet. Als Einschränkung muss erwähnt werden, dass InnoSys keine 100% EE-Versorgung voraussetzte und ausschließlich das Engpassmanagement im Rahmen der kurativen Systemführung betrachtet wurde. Auswirkungen auf die Systemstabilität wurden unter anderem mit DSA betrachtet.
Prozesse, Bedarf	Weiterentwicklung der Systemführungsprozesse zur Beherrschung der für 100% EE-Versorgung erforderlichen Komplexität.

**Fragestellung B8: Wie kann präventiv auf Lastflexibilitäten (z.B. Wärmepumpen, Elektrofahrzeuge, Brennstoffzellen, Elektrolyseure, Industriekunden) zugegriffen werden, um ein Lastmanagement evtl. mit Marktinstrumenten zu betreiben?**

Aspekt	Beschreibung
Herausforderungen heute und zukünftig	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Im Redispatch fast ausschließlich Zugriff auf Erzeugungsanlagen geregelt</li> <li>• Zugriff auf Verbraucher fast ausschließlich kurativ und im Rahmen von Notfallmaßnahmen</li> </ul>
Handlungsbedarf	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Das aktuelle Regelwerk muss überarbeitet und ggf. erweitert werden.</li> <li>• Flächendeckend sektorübergreifend die technischen Voraussetzungen schaffen</li> </ul>
Prozesse, bestehend	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Festlegungsverfahren BNetzA EnWG 14a</li> <li>• SEAL, Start für Ende 2023 geplant</li> </ul>
Prozesse, Bedarf	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prozesse zur Sicherstellung, dass ein effektives präventives Lastmanagement betrieben werden kann</li> </ul>

Aspekt	Beschreibung
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Standardisierter Prozess zur Verhandlungen über den Leistungsaustausch an der ÜNB-VNB Schnittstelle; später auch VNB-VNB (FNN)</li> <li>○ Verpflichtung durch Gesetzgeber</li> <li>● EnWG § 13 (2) Einsatzreihenfolge: Lasten in Marktbezogene Maßnahmen und Letztmaßnahmen integrieren</li> </ul>

**Fragestellung B9: Welche Handlungsschritte sind für die Sicherstellung der Robustheit (IT-Sicherheit, Infrastruktur) des Gesamtsystems notwendig?**

Aspekt	Beschreibung
Herausforderungen heute und zukünftig	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Ein System mit 100% EE steht vor großen Herausforderungen hinsichtlich der Robustheit und Sicherheit</li> <li>● Im System werden aufgrund der Digitalisierung und Automatisierung eine Vielzahl an Verbrauchern, Erzeugern und Netzkomponenten vernetzt sein, was die IT-Sicherheitsanforderung und Anforderungen an die Auslegung der Infrastruktur verändert</li> <li>● Sowohl Cyber- als auch physische Angriffe auf ein zentrales Element der Systemsteuerung, Leitstellen und Datenverarbeitung können enorme Auswirkungen haben. Daher ist es notwendig geeignete Maßnahmen zur Sicherstellung der Robustheit abzuleiten (z. B. Diversifizierung, Georedundanz, usw.) und umzusetzen</li> </ul>
Handlungsbedarf	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Robustheit des Gesamtsystems sicherstellen, keine Single-Point-of-Failure zulassen.</li> <li>● Ganzheitliche Betrachtung notwendig einschließlich Verbraucher, Erzeugerseite und Netzkomponenten/Netzüberwachung und Steuerung</li> </ul>
Prozesse, bestehend	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Cybersicherheit KRITIS: Kritische Infrastrukturen (Einrichtungen, Anlagen oder Teile davon, die von hoher Bedeutung für das Funktionieren des Gemeinwesens sind, weil durch ihren Ausfall oder ihre Beeinträchtigung erhebliche Versorgungsengpässe oder Gefährdungen für die öffentliche Sicherheit eintreten würden [5]), die der BSI Verordnung zur Bestimmung Kritischer Infrastrukturen nach dem BSI-Gesetz unterfallen, sind verpflichtet, angemessene organisatorische und technische Vorkehrungen zur Vermeidung von Störungen der Verfügbarkeit, Integrität, Authentizität und</li> </ul>

Aspekt	Beschreibung
	<p>Vertraulichkeit ihrer informationstechnischen Systeme, Komponenten und Prozesse zu treffen, die für die Funktionsfähigkeit der von ihnen betriebenen Kritischen Infrastrukturen maßgeblich sind. Zu diesem Zweck hat die BNetzA für den Energiesektor Mindeststandards in den sog. IT-Sicherheitskatalogen für Betreiber von Strom- und Gasnetzen sowie für Betreiber von Energieanlagen festgelegt.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Physische Resilienz KRITIS: Regelungen zur verpflichtenden Einhaltung bestimmter Resilienzlevels gegenüber physischen Bedrohungen Kritischer Infrastrukturen sind derzeit auf Grundlage einer europäischen Richtlinie in Erarbeitung; durch ein neu zu schaffendes KRITIS-Dachgesetz werden die konkreten Festlegungen hierzu getroffen.</li> </ul>
Prozesse, Bedarf	<p>Einmalige Prozesse</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ FNN Arbeitsgruppe <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bewertungsmaßstäbe für die Resilienz von IKT-verknüpften Energieinfrastrukturen entwickeln</li> <li>▪ Handlungsempfehlungen für die Resilienz von IKT-verknüpften Energieinfrastrukturen ableiten / umsetzen</li> </ul> </li> <li>○ Studie erforderlich: Definition der Kommunikationssicherheit, ggf. gestaffelt <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Nicht jede Verbindung muss gleich zuverlässig sein</li> <li>▪ Zellulare hierarchischen Systemstruktur prüfen/ entwickeln</li> </ul> </li> </ul> <p>Kontinuierliche Prozesse</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Prozess anstoßen, um Risiko vor "Klumpenangriffen" auf Smart Home Energy Management Systems zu bewerten und ggf. Gegenmaßnahmen einzuleiten</li> </ul>

Für den nachfolgenden Bereich *Netz- und Versorgungswiederaufbau* liegt die Frage zu Grunde: **Wie kann einhergehend mit der Transformation des Energiesystems eine agile Weiterentwicklung des Netz- und Versorgungswiederaufbaus erfolgen?** Zur Analyse dieser Fragestellung wurden sieben Dimensionen definiert (W1 bis W7), die im Folgenden in Tabellenform beschrieben werden.

**Frage zur Weiterentwicklung des Netz- und Versorgungswiederaufbaus, Dimension W1: Gesicherte Leistung und Energie für den Netz- und Versorgungswiederaufbau**

Aspekt	Beschreibung
Herausforderungen heute und zukünftig	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Zuverlässige Ablösung von Schwarzstartanlagen</b> auf ÜNB-Ebene in allen Schwarzstartregionen gleichermaßen sicherstellen. Aktuell vorgesehene Anlagen zur Ablösung wie beispielsweise Kohlekraftwerke entfallen.</li> <li>• <b>Warten auf</b> die Verfügbarkeit <b>volatiler Primärenergieträger</b> (z.B. PV, Wind) für den Netz- und Versorgungswiederaufbau <b>vermeiden</b> (z.B. Dunkelflaute)</li> <li>• <b>Angemessene Höhe des erzielbaren Versorgungswiederaufbaus</b> auch schon in subnationaler und nationaler Phase des Netz- und Versorgungswiederaufbaus vorab zur Wiederherstellung des europäischen Verbundnetzes <b>gewährleisten</b></li> <li>• <b>Zuverlässige und angemessene Verfügbarkeit der Primärenergieträger Erdgas (als Übergangstechnologie) und Wasserstoff sowie Handlungsfähigkeit</b> der zugehörigen Netze und Speicher im Netz- und Versorgungswiederaufbau auch in subnationaler und nationaler Phase des Netz- und Versorgungswiederaufbaus</li> </ul>
Handlungsbedarf	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Definition von Mindestversorgungsniveau/Mindestversorgungsaufgabe</b> zur Deckung durch Erzeugungsanlagen mit Lokalisierung in den <b>Schwarzstartregionen, Regelzonen und in Deutschland</b> mittels gesicherter Leistung (Höhe) und Energie (Dauer) auch bei Dunkelflaute</li> <li>• Priorisierung von Verbrauchern für den Fall einer für den vollständigen Versorgungsaufbau nicht ausreichenden Verfügbarkeit elektrischer Leistung</li> <li>• Verbindliche Vorgaben zu gesicherter Leistung und Mechanismus zur Kostendeckung erschaffen</li> <li>• <b>Transparenz</b> schaffen was im Vergleich zur Ist-Situation für Prognose 2030-2045 notwendig ist sowie <b>Beratung</b> zu möglichen Handlungsoptionen und Bedarfseinschätzung</li> </ul>

Aspekt	Beschreibung
Prozesse, bestehend	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Marktliche Ausschreibungsprozesse für Schwarzstartanlagen mit Wirkung im Übertragungsnetz inklusive der zuverlässigen Vorhaltung gesicherter Leistung und Energie für diese Anlagen (z. B. Pumpspeicher)</li> </ul>
Prozesse, Bedarf	<p>BMWK/BNetzA gemeinsam mit Branche</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Festlegung von Mindestversorgungsniveau / Mindestversorgungsaufgabe</b> und ggf. Priorisierung von Verbrauchern für NWA/VWA</li> </ul> <p>ÜNB/VNB, BNetzA</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bedarfsbestimmungsprozess (NB) und Mechanismen zur Sicherung der Verfügbarkeit (BNetzA) von gesicherter Leistung und Energie je Region im Netz- und Versorgungswiederaufbau (z.B. Integration als Nebenbedingung in Regelfallauslegung/Beschaffungsprozesse)</li> <li>• Bedarfsbestimmung (NB) und Mechanismen zur Sicherung der Verfügbarkeit (BNetzA) von ablösenden Partneranlagen für die Schwarzstartanlagen im ÜN sowie einer hinreichend zuverlässigen Verfügbarkeit von Leistung und bevorrateter Energie dieser Partneranlagen</li> </ul>

**Frage zur Weiterentwicklung des Netz- und Versorgungswiederaufbaus, Dimension W2: Schwarzstart und Netzwiederaufbau im Übertragungsnetz**

Aspekt	Beschreibung
Herausforderungen heute und zukünftig	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verfügbarkeit von Schwarzstartanlagen für rasche Aufnahme des Netz- und Versorgungswiederaufbaus in angemessener Anzahl, Verteilung und Redundanz <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Schwarzstartfähige Anlagen im Übertragungsnetz sind heute schon regional sehr unterschiedlich verfügbar</li> <li>○ Zukünftige marktliche Ausschreibungen für Schwarzstartanlagen führen möglicherweise in einzelnen Schwarzstartregionen nicht zu einem zufriedenstellenden Ergebnis</li> <li>○ Abhängigkeit vom Ausland für den Versorgungswiederaufbau</li> </ul> </li> <li>• Verfügbarkeit von Partneranlagen zur Ablösung der Schwarzstartanlagen und dadurch Sicherung deren Fähigkeit zum erneuten Schwarzstart</li> </ul>

Aspekt	Beschreibung
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Einsatzmöglichkeit von EE-Anlagen zur Ablösung / beim Netzwiederaufbau ist dargebotsabhängig. Somit schwierig in gesicherten Plänen zu berücksichtigen</li> <li>○ Regulatorische Lücke beim Thema Partneranlagen</li> <li>○ Abhängigkeiten zum Ausschreibungsprozedere bei der finale Anwendung und Implementierung des nationalen ÜNB-Rumpfnetzes</li> </ul>
Handlungsbedarf	<p><b>Politik / Regulierung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Bereitstellen einer Plattform für den regelmäßigen Austausch zum Thema mit allen relevanten Akteuren (z.B. Krisenvorsorge, BBK, BNetzA, etc. ...)</li> <li>○ Kooperation und Begleitung des neuen Beschaffungsprozesses.</li> <li>○ Partneranlagen im Beschaffungsprozess berücksichtigen</li> <li>○ Gemeinsame Evaluation bezüglich Krisenresilienz (z.B. erwartete Schnelligkeit, erreichbarer Versorgungsgrad)</li> <li>○ Gesicherte Leistung und Qualität der NWA Varianten</li> </ul> <p>Weiterentwicklung der Prozesse in Abhängigkeit der Resultate</p> <p><b>Branche (4 ÜNB Kreis)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Definition und Publikation von Schwarzstartregionen für die marktliche Ausschreibung unter Berücksichtigung der Hochfahrnetze sowie des nationalen Rumpfnetzes (s.u.)</li> <li>○ Implementierung des neuen Ausschreibungsprozesses zur Schwarzstartfähigkeit</li> <li>○ Interne Definition von Hochfahrnetzen einhergehend mit dem nationalen Rumpfnetz und den neuen Schwarzstartregionen</li> <li>○ Weitere Konzeptionierung des nationalen Rumpfnetzes gemäß der Planung im „Weißbuch“</li> </ul>
Prozesse, bestehend	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Marktliche Ausschreibungsprozesse für Schwarzstartanlagen mit Wirkung im Übertragungsnetz</li> </ul>
Prozesse, Bedarf	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Mechanismen zur Sicherung der Verfügbarkeit von Schwarzstartanlagen für alle nationalen Schwarzstartregionen [BNetzA, alternativ ÜNB]</li> <li>● Bedarfsbestimmung und Mechanismen zur Sicherung der Verfügbarkeit von ablösenden Partneranlagen sowie der hinreichend zuverlässigen Verfügbarkeit von Leistung und bevorrateter Energie dieser Anlagen [BNetzA, alternativ ÜNB]</li> </ul>

## Frage zur Weiterentwicklung des Netz- und Versorgungswiederaufbaus, Dimension W3: Kooperativer Versorgungswiederaufbau

Als Detailausarbeitung des übergeordneten Zielbildes werden mit Hinblick auf den Kohleausstieg bis spätestens 2030 für den VWA folgende Punkte angeführt:

- Es existieren klare Richtlinien für die lokale Nutzung (Priorisierung) und ggf. überregionale Umverteilung (Solidarität) von unter Umständen knappen Potentialen zur Versorgung
- Es existiert ein klares und eingeübtes Aufgaben- und Rollenverständnis aller Beteiligten Netzbetreiber (inkl. nachgelagerten), Anlagen, Telekommunikationsnetze)
- Es existiert ein einheitlicher Prozess zur (teil-)automatisierten Vereinbarung aller Arten von Austauschleistungen und Informationsflüssen zwischen ÜNBs und VNBs im Netz- und Versorgungswiederaufbauprozess
- Es existiert ein einheitlicher Prozess zur Vereinbarung von Austauschleistungen und Informationsflüssen zwischen VNB und VNB
- Jeder VNB ist im Netz- und Versorgungswiederaufbauprozess in der Lage, seine Austauschleistung zum vorgelagerten Netzbetreiber (VNB, ÜNB) innerhalb vereinbarter Grenzen zu halten und Prognosen über Spielräume abzugeben. Er bindet angeschlossene Anlagen und unterlagerte VNB aktiv ein.
- Anlagen (Erzeugung, Lasten, Speicher) sind über alle Spannungsebenen hinweg hinreichend für eine konstruktive Mitwirkung (inhärent günstiges Verhalten/gesteuert) im Netz- und Versorgungswiederaufbau ausgelegt und ausgerüstet.
- Für die Umsetzung der Netz- und Versorgungswiederaufbaukonzepte sind notwendige schwarzfallfeste Telekommunikationsnetze verfügbar.
- Es sind Synergien der Mechanismen und Prozesse zwischen Normalbetrieb und Netz- und Versorgungswiederaufbau geschaffen, die auch im Netz- und Versorgungswiederaufbau funktional sind.

Aspekt	Beschreibung
Herausforderungen heute und zukünftig	<p>Im Hinblick auf 2030:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fehlende gesicherte Leistung und Energie für angemessen raschen und umfangreichen Versorgungswiederaufbau in nationaler oder subnationaler Anfangsphase</li> <li>• <b>Fehlende Richtlinien</b> für die lokale Nutzung (<b>Priorisierung</b>) und ggf. überregionale Umverteilung (<b>Solidarität</b>) von unter Umständen knappen Potentialen zur Versorgung soweit netz- oder systemtechnische Grenzen nicht dominierend sind</li> <li>• <b>Nicht-rechtzeitige Verfügbarkeit angemessener Fähigkeiten aller Player</b> vorab zu herbeigeführtem Wandel des Systems (z.B. Kohleausstieg) und resultierende Handlungsunfähigkeit durch heute:</li> </ul>

Aspekt	Beschreibung
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Nicht-standardisierte, ausbaubedürftige Schnittstellen ÜNB-VNB und VNB-VNB, bislang einzelne Initiativen zur Weiterentwicklung</li> <li>○ Unzureichende Befähigung von Anlagen, insb. EE, für Netz- und Versorgungswiederaufbau im Verteilnetz, insbesondere im Massengeschäft</li> <li>○ Unzureichende Daten-Kommunikationsmöglichkeit VNB zu Anlagen, insb. im Massengeschäft während des Netz- und Versorgungswiederaufbaus</li> <li>○ Unzureichende Befähigung der VNB für Umsetzung erweiterte Rolle (u.a. Trainings, Personal, Infrastrukturerweiterungen, Tools)</li> <li>○ Unzureichende Verfügbarkeit von Prognosen (z.B. EE) im Netz- und Versorgungswiederaufbau</li> <li>● <b>Mögliche Folgen dann im Bedarfsfall:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Dead-Lock-Situationen des Prozesses, frühe Stagnation des erreichbaren Versorgungsgrades</li> <li>○ Destabilisierung des Systems ohne geeignetes Design, ggf. mehrfacher Neuanfang des Netz- und Versorgungswiederaufbauprozesses erforderlich unter jeweiliger Verlängerung der erforderlichen Dauer</li> </ul> </li> </ul>
Handlungsbedarf	<p><b>Politik / Regulierung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>Gemeinschaftliche Dialog-Plattform mit allen Akteuren und Interessenvertretungen etablieren [BMWK, BNetzA]:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Beratung mit der <b>gemeinschaftlichen koordinierenden Netz- und Versorgungswiederaufbau-Plattform der Branche</b> (s.u. bei Branche)</li> <li>○ Zielformulierung für die Robustheit und Leistung des Versorgungswiederaufbaus oder seiner Teilprozesse</li> <li>○ Diskussion erreichbare / leistbare Zielsetzungen (z.B. Versorgungsgrad, Geschwindigkeit von Teilprozessen) und Aufwand</li> <li>○ Definition von Prozessen für die Ermittlung von Systembedarfen oder direkte Ermittlung</li> </ul> </li> <li>● <b>Monitoring des Fortschritts Mechanismen und Strukturen schaffen und umsetzen [BMWK, FNN, BNetzA]:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Beschleunigung Regelsetzungsverfahren und Schaffung schnell wirksamer Anreizmechanismen zur zeitnahen hinreichend umfänglichen Umsetzung wichtiger Merkmale in Neu- und ggf. Bestandsanlagen</li> </ul> </li> </ul>

Aspekt	Beschreibung
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Voraussetzung für praktische Tests/Nachweise vom Übertragungs- bis in die Verteilnetze schaffen</li> <li>○ Mechanismen zur Kostenanerkennung, Refinanzierung, Beanreizung schaffen</li> </ul> <p><b>Branche</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>Gemeinschaftliche koordinierenden Netz- und Versorgungswiederaufbau-Plattform</b> aller relevanten Akteure etablieren [z.B. FNN-Expertennetzwerk „Wiederaufbau“]: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ ÜNB, VNB, Verbände Erzeuger, Lasten und Speicher, Telekommunikationsbranche, Gas- und Wasserstoffverbände, etc.</li> <li>○ Berücksichtigung Energieszenarien bei der Erstellung von Netz- und Versorgungswiederaufbau-Konzepten</li> <li>○ Anstoß der Weiterentwicklung von Konzepten, techn. Prozessen, Anforderungen, Standards, Zertifizierung und Praxisversuchen (z.B. durch VDE, ETG, FNN und FGW) auf nationaler Ebene</li> <li>○ System-, Spannungsebenen- und Technologie-übergreifendes Denken sowie Schaffung von Synergien zwischen Normalbetrieb und Netz- und Versorgungswiederaufbau</li> <li>○ Priorisierung und Gesamtkosten-Nutzen-Evaluation von Maßnahmen im übergreifenden Zusammenspiel der Akteure</li> <li>○ Mitsprachemöglichkeit in Richtliniengremien</li> <li>○ Anstoß von Demonstratoren und Studien</li> <li>○ Monitoring der angestoßenen Maßnahmen</li> </ul> </li> <li>● <b>Nach Klärung der Refinanzierung / Beanreizung Aktivitäten aufnehmen zur Beschleunigung der Umsetzung des vor dieser Tabelle stehenden Zielbildes</b>, z.B. durch Demonstratoren, Studien etc. (Anstoß durch obige <b>Gemeinschaftliche koordinierenden Netz- und Versorgungswiederaufbau-Plattform</b>) [ÜNB, VNB, Anlagen-Hersteller, TK-Netzbetreiber]: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Weiterentwicklung und Einübung (z.B. Training) Aufgaben- und Rollenverständnis aller Beteiligten</li> <li>○ Befähigung von Anlagen, insb. EE, für Netz- und Versorgungswiederaufbau</li> <li>○ Kommunikation VNB zu Anlagen, insb. im Massengeschäft</li> <li>○ Befähigung der VNB für Umsetzung erweiterte Rolle</li> <li>○ Verfügbarkeit von Prognosen (z.B. EE)</li> </ul> </li> </ul>

Aspekt	Beschreibung
Prozesse, bestehend	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es sind keine Prozesse zur Bedarfsermittlung bzgl. der Gewährleistung des Versorgungswiederaufbaus bekannt</li> </ul>
Prozesse, Bedarf	<ul style="list-style-type: none"> <li>• vgl. „Handlungsbedarf Politik / Regulierung“ -&gt; “Mechanismen und Strukturen schaffen und umsetzen“</li> <li>• Rollenverständnis der ÜNB/VNBs definieren</li> </ul>

#### **Frage zur Weiterentwicklung des Netz- und Versorgungswiederaufbaus, Dimension W4: Verteilnetzinseln als Option**

##### **Verteilnetzinseln zur Steigerung der Resilienz des Systems**

Durch Schwarzstart oder Abfangen gebildete **VN-Inseln auf z.B. 110kV-Ebene** (auch Mittelspannung möglich) können bei Bedarf bzw. sinnvoller Ausprägung den ÜNB-geführten Netz- und Versorgungswiederaufbauprozess ergänzen:

- a. **Erhöhung der Resilienz des Systems**, beispielsweise in Situationen in denen eingeplante Assets beschädigt oder nicht verfügbar sind, ohne den ÜNB-geführten Kernprozess zu stören oder eine Verletzung der Systemsolidarität im Vorfeld eines Blackouts zu erzeugen
- b. **Lokale Beschleunigung des ÜNB-geführten Netz- und Versorgungswiederaufbauprozess** insb. im Versorgungswiederaufbau (Bereithaltung dynamische und statische P-Q-Regelfähigkeit und antizipierbares Verhalten)
- c. Weitere Optionen bereitstellen für die **(Zwischen-)Versorgung von Kunden**

Hierzu müssen allerdings von Politik und Regulator der Weg geebnet werden, damit VNBs Investitionen tätigen und diese Abläufe testen können und dabei eine klare Kostenanerkennung und Klärung der Haftungsfragen vorliegt.

Bei Deckung der normalbetrieblichen Erfordernisse sowie der Erfordernisse des gemeinschaftlichen Netz- und Versorgungswiederaufbaus bestehen bei geeignetem Mitdenken des Netz- und Versorgungswiederaufbaufalles in allen geplanten Entwicklungen im Energiesektor Voraussetzungen Verteilnetzinseln zu bilden, z.B. durch:

- Versorgungs- und SDL-Potentiale dezentraler Anlagen,
- dezentralisiertere und autonomere Netzführung sowie
- die für den ÜNB-Prozess erforderliche schwarzfallrobuste Anlagensteuerungs-Infrastruktur und Steuerbarkeit der Anlagen

Als Basis für Potentialstudien und die politische Zieldefinition sind verschiedene Anwendungsfälle für VNB-Inseln im Netz- und Versorgungswiederaufbau zu unterscheiden. In Abhängigkeit der

lokal oder regional vorzufindenden Potentiale oder der gezielten Ausprägung dieser auf Wunsch sind folgende Versorgungsaufgaben mit zunehmenden Voraussetzungen denkbar, die nicht per se in jedem Verteilnetz erfüllbar sind:

1. Infrastruktursicherung elektrisches Netz (niedrigste Voraussetzungen)
2. Sicherung und Bereitschaftserhalt Erzeuger sowie stoßfreie Ankopplung an ÜNB-Prozess
3. Versorgungslage von Telekommunikationsnetzen und sonstigen Betreibern kritischer Infrastruktur (KRITIS) verbessern
4. Versorgung von Kunden gemäß volatilem Dargebot
5. Mindestversorgung von Kunden mit gesicherter Leistung
6. Vollversorgung von Kunden (höchste Voraussetzungen)

Im Status quo sind einzelne VNB inselnetzfähig, weitere sind in Vorbereitung oder Sondierung. Diese VNB verfügen i.d.R. über eigene Schwarzstartkraftwerke. Es bestehen vertragliche Vereinbarung mit den entsprechenden vorgelagerten ÜNB.

### Verteilnetzinseln als Testumgebung

VNB-Inseln bieten eine partielle Testmöglichkeit im Regelbetrieb auf Systemebene im Sinne eines Betriebsversuchs für den Netz- und Versorgungswiederaufbau und für (Systemdienst)-Leistungen für den Verbundnetzbetrieb im Regelfall. Getestet werden können besondere im Regelbetrieb im Verbund nicht herbeiführbare Situationen:

- SDL-Erbringung durch dezentrale Anlagen (z.B. Teilnetzbetriebsfähigkeit, Momentanreserve, Regelleistungsbeiträge, etc.)
- die für den ÜNB-Prozess erforderliche schwarzfallrobuste Anlagensteuerungs-Infrastruktur und die Steuerbarkeit der Anlagen durch VNBs

Aspekt	Beschreibung
Herausforderungen heute und zukünftig	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gemeinhin gibt es keine Vorgaben und auch keine Forderungen für Inselnetze beim VNB im Zuge des Netz- und Versorgungswiederaufbaus.</li> <li>• Flickenteppich von Lösungen / Inseln je VNB ohne einheitliche Schnittstelle zu ÜNBs</li> </ul>
Handlungsbedarf	<p><b>Grundsätzlich:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Bedarfsfrage / Wunsch klären:</b> Resilienz-Anforderungen in verschiedenen Fällen definieren (z.B. Infrastrukturzerstörung ÜNB, Handlungsunfähigkeit ÜNB, Wiederholter Misserfolg, Verschleppung Prozess aus versch. unvorhergesehenen Ursachen)</li> </ul>

Aspekt	Beschreibung
	<p><b>Benennung der Zielvorstellung</b> hins. Anzahl und Verteilung und Anwendungsfälle der Inselnetze, Priorisierung der Versorgungsaufgabe im Anwendungsfall</p> <p><b>Wenn Verteilnetzinseln gewünscht sind:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Geeignete Anreize oder Kostenanerkennung schaffen für notwendige Fähigkeiten Anlagen und Netzbetreiber</li> <li>• Hemmnisse für den Nutzungsfall abbauen <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Duldung der externen Steuerung von Erzeugern, Speichern und Lasten im Falle des NWA forcieren statt gesonderte Abrechnungsmechanismen zu etablieren (lokale Systemsolidarität)</li> <li>○ Haftungsfragen für <b>Nutzungsfall</b> positiv gestalteten (z.B. Versicherungsmechanismus)</li> <li>○ Falls gewünscht: Mechanismen zur regionalen Gewährleistung der Mindestversorgung der Kunden etablieren (falls Aufgabe, s.o.)</li> </ul> </li> <li>• <b>Potentialstudien und Schätzung der Zusatzkosten oder Einsparpotentiale</b> als Input für die Politik mit interdisziplinärem Ansatz [z.B. BBK + VDE ETG + VNB]: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Welche Netze haben wann welches Potential (Verteilung) für die oben genannten 6 Anwendungsfälle?</li> <li>○ Aufzeigen von konkretem Nutzen für den Prozess NWA / VWA</li> <li>○ Welche Leistungsfähigkeit kann angeboten werden?</li> <li>○ Welche quantitative Unterstützung für den Netz- und Versorgungswiederaufbauprozess ergibt sich?</li> <li>○ Welche Integrationstiefe für EE-Anlagen in den Prozess (Beobachtbarkeit, Ansteuerbarkeit) ist notwendig?</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Im Falle eines positiven Bedarfs:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kostenoptimierte Konzepterstellung, Technische Anforderungsdefinition und Standardisierung</li> <li>• Piloten</li> <li>• Prozesse implementieren</li> </ul>
Prozesse, bestehend	
Prozesse, Bedarf	<ul style="list-style-type: none"> <li>• initiale Bedarfsklärung / Potentialanalyse: Kosten-Nutzen-Analyse</li> <li>• Einheitliche und gemeinschaftliche Methode zur Bedarfsermittlung zwischen VNB und ÜNB entwickeln</li> </ul>

Aspekt	Beschreibung
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abstimmung mit übergeordneten NWA-Plänen</li> <li>• Definition der Rolle von VNBS / Verteilnetzinseln (BMWK/BNetzA gemeinsam mit Branche)</li> </ul>

**Frage zur Weiterentwicklung des Netz- und Versorgungswiederaufbaus, Dimension W5: Befähigung der Anlagen (Erzeuger, Lasten, Speicher) für den Netz- und Versorgungswiederaufbau**

Zur Gewährleistung eines funktionalen Netz- und Versorgungswiederaufbauprozesses mit tausenden bis Millionen verteilten Anlagen (Erzeuger, Lasten, Speicher) sind über die zukünftigen Anforderungen des Regelbetriebs (Stabilität, Robustheit) auch erweiterte Anforderungen an das Verhalten im Netz- und Versorgungswiederaufbau zu stellen.<sup>3</sup>

Aspekt	Beschreibung
Herausforderungen heute und zukünftig	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nicht-rechtzeitige Verfügbarkeit angemessener Fähigkeiten der Anlagen (Erzeuger, Lasten, Speicher) vorab zu herbeigeführtem Wandel des Systems (z.B. Kohleausstieg) und resultierende Handlungsunfähigkeit durch heute unzureichende Befähigung von Anlagen, insb. EE, für Netz- und Versorgungswiederaufbau <ul style="list-style-type: none"> <li>○ im Übertragungsnetz, insb. in Bezug auf regionale Schwarzstartanlagen und überregionale Partnerkraftwerke</li> <li>○ im Verteilnetz, sowohl im Projektgeschäft (z.B. Wind, Großbatteriespeicher) aber insbesondere im Massengeschäft (z.B. PV, Heimspeicher, E-Mobile, Wärmepumpen)</li> </ul> </li> <li>• Heute und perspektivisch besteht eine unzureichende Steuerungsmöglichkeit der Anlagen durch Übertragungs- und Verteilnetzbetreiber unter den Rahmenbedingungen des Netz- und Versorgungswiederaufbaus, insbesondere im Massengeschäft durch fehlende angemessen verfügbare Telekommunikationsnetzinfrastruktur (z.B. schwarzfallfest) oder mangelhafte anlagenseitige Ausrüstung (z.B. schwarzfallrobust)</li> <li>• Dadurch kann zukünftig im Bedarfsfall eine <b>mögliche Verzögerung, Stagnation oder Destabilisierung</b> des Gesamtprozesses entstehen</li> </ul>

<sup>3</sup> Paper ETG Kongress 5/2023 durch E.ON:  
„Erweiterte Anforderungen an das Verhalten von Kundenanlagen auf Verteilnetzebene im heutigen und zukünftigen Wiederaufbau“

Aspekt	Beschreibung
	oder eine <b>Einschränkung des regional oder überregional erreichbaren Versorgungsniveaus</b> trotz verfügbarer Leistung und Energie erfolgen
Handlungsbedarf	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Mechanismen und Strukturen schaffen und umsetzen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Beschleunigung Regelsetzungsverfahren und Schaffung schnell wirksamer Anreizmechanismen zur zeitnahen hinreichend umfänglichen Umsetzung wichtiger Merkmale in Neu- und ggf. Bestandsanlagen</li> <li>○ Voraussetzung für praktische Tests/Nachweise vom Übertragungs- bis in die Verteilnetze schaffen</li> </ul> </li> <li>• Mechanismen zur Kostenanerkennung, Refinanzierung, Beanreizung schaffen</li> <li>• Einsetzen eines koordinierenden, beauftragenden und überwachenden Gremiums für die Branche [z.B. FNN Expertennetzwerk] <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Rasche Einigung auf „triviale“ für den Netz- und Versorgungswiederaufbau notwendige Einheiten- und Anlagenmerkmale für Neuanlagen</li> <li>○ Studien zu Systembedarfen und Allokation auf Technologien und Spannungsebenen sowie für Neu- und Bedarfsanlagen</li> <li>○ Spannungsebenen- und Technologie-übergreifende Anforderungsdefinition - z.B. FNN Hinweis – als Grundlage für: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Marktliche Beschaffungsprozesse</li> <li>▪ Regelung Technische Anschlussrichtlinien</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>
Prozesse, bestehend	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regelung: Es gibt aktuell keine Regelung mit dem Gegenstand “Anlagenverhalten im Netz- und Versorgungswiederaufbau”</li> <li>• Bedarfsbestimmung für Merkmale und Systemdienstleistung: keine mit Gegenstand Netz- und Versorgungswiederaufbau <u>mit Ausnahme</u> der ÜNB-wirksamen Schwarzstartkraftwerke</li> <li>• 4-ÜNB Maßnahmenkatalog zum Netzwiederaufbau</li> </ul>
Prozesse, Bedarf	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitoring: Fähigkeiten der Anlagen mit NWA-Plänen abgleichen (auch Gegenrichtung)</li> <li>• Einheitliche Vorgaben schon auf Anlagenebene <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Spannungsebenenübergreifende Regelung unter Einbezug der Anforderungen durch ein Gesamtkonzept zum Netz- und Versorgungswiederaufbau</li> </ul> </li> </ul>

Aspekt	Beschreibung
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Neben der technischen Befähigung auch die organisatorische Befähigung erreichen</li> <li>○ Anlagen müssen zwischen Normalbetrieb und Inselnetzbetrieb umschaltbare Parametersätze erlauben, z. B. Regeldynamik, Schutzeinstellungen</li> <li>○ Integration der schwarzstartrelevanten Anforderungen in die techn. Anschlussbedingungen als Option</li> </ul>

**Frage zur Weiterentwicklung des Netz- und Versorgungswiederaufbaus, Dimension W6: Planen, Testen und Üben von Teilprozessen und –systemen**

Der Nachweis der Befähigung von Anlagen und Teilsystemen für eine konstruktive Mitwirkung im Netz- und Versorgungswiederaufbau erfolgt simulativ oder in praktischen Live-Tests und Übungen in einem definierten gewünschten und finanzierbaren Umfang. Auf Systemebene erfolgt spartenübergreifende Tests und Übungen (ÜNB, VNB, Telekommunikationsnetze, Kundenanlagen). Die Tests erfolgen soweit möglich auch für das Gesamtsystem über alle Spannungsebenen. Es erfolge eine koordinierte Planung der Bedarfe und Prozessabläufe sowie eine Synchronisation aller Beteiligten. Durch Krisenübungen wird die gemeinschaftliche Handlungsfähigkeit im Bedarfsfall gewährleistet.

**W6 Teil 1: Planen von Teilprozessen und –systemen**

Aspekt	Beschreibung
Herausforderungen heute und zukünftig	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Die Rolle der nachgelagerten VNB beim Netz- und Versorgungswiederaufbau muss sich signifikant weiterentwickeln</li> <li>● EE-Anlagen in den unteren Netzebenen werden aufgrund nicht bedarfsgerechter Ansteuerbarkeit bislang eher als "Störgröße" betrachtet und nicht aktiv zur Prozessunterstützung herangezogen.</li> <li>● Es existieren aktuell keine Systeme, die einen netzdienlichen Einsatz von EE-Anlagen in den Mittel- und Niederspannungsnetzen ermöglichen</li> </ul>
Handlungsbedarf	<ul style="list-style-type: none"> <li>● VNB 1., 2. und 3. Ordnung müssen einen Anreiz bekommen, für den VWA notwendige Systeme einzuführen und ihre perspektivische Rolle beim VWA ausfüllen zu können.</li> </ul>

Aspekt	Beschreibung
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prädiktiver Prozess zur Erstellung von Netz- und Versorgungswiederaufbau-Plänen auf Basis von Zukunftsszenarien (z. B. Szenariorahmen für den NEP)</li> <li>• Entwicklung von Konzepten zum Einsatz von Prosumern (Endkunden mit Last, Erzeugung und ggf. Speicher) beim kooperativen Netz- und Versorgungswiederaufbau und Erstellung von notwendiger Infrastruktur</li> </ul>
Prozesse, bestehend	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Synchronisierte Netzwiederaufbaupläne von ÜNB + VNB 1. Ordnung. EE-Anlagen in den unteren Netzebenen werden teilweise noch als "Störgröße" betrachtet und nicht aktiv zur Prozessunterstützung herangezogen.</li> </ul>
Prozesse, Bedarf	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Berücksichtigung von zukünftigen Szenarien bei der Planung von Netz- und Versorgungswiederaufbau-Prozessen (welche Rolle spielen bestimmte Anlagen perspektivisch im NWA-Vorgang?)</li> <li>• Integration von VNB 2. und 3. Ordnung in die Erstellung und Abstimmung von Netz- und Versorgungswiederaufbau-Plänen</li> <li>• Fähigkeiten der Anlagen mit NWA-Plänen abgleichen (auch Gegenrichtung)</li> </ul>

## W6 Teil 2: Nachweise und Tests auf Anlagenebene

Aspekt	Beschreibung
Herausforderungen heute und zukünftig	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es existiert keine Messtechnik für die Auswertung von lokalen Störungsfällen oder relevanten Anregungen der Anlagen im Regelbetrieb, die Rückschlüsse auf deren Verhalten im Netz- und Versorgungswiederaufbau erlauben würden</li> <li>• Die technischen Anschlussrichtlinien für Anlagen, die Anlagenzertifizierung und die Konformitätsbewertungen haben den Netz- und Versorgungswiederaufbau nicht als Gegenstand, Konformitätstests von Anlagen im Betrieb sind bereits heute sehr aufwändig, simulative Nachweise können aktuell nur bedingt die Rahmenbedingungen des Netz- und Versorgungswiederaufbaus abbilden</li> <li>• Systeme inkl. Sprach- und Datenkommunikationssysteme müssen für Tests aus dem Betrieb herausgenommen werden</li> </ul>

Aspekt	Beschreibung
Handlungsbedarf	<ul style="list-style-type: none"> <li>• In welchem Umfang und in welcher Detailtiefe sind Nachweise der Anlagenbefähigung für den Netz- und Versorgungswiederaufbau politisch gewollt und finanzierbar? [BNetzA, BMWK]</li> <li>• Erfassung Netz- und Versorgungswiederaufbau-relevanter technologischer Merkmale von Anlagen, z.B. analog Marktstammdatenregister [BNetzA]</li> <li>• Bedarfsbestimmung der Anlagen mit Testerfordernis für den Netz- und Versorgungswiederaufbau (z.B. wegen Prozessrelevanz) [z.B. FNN Expertennetzwerk]</li> <li>• Weiterentwicklung des Zertifizierungsprozesses (FNN, FGW) für Anlagen nach Einigung auf netz- und versorgungswiederaufbaudienliche Merkmale dieser [FGW im Auftrag FNN]</li> <li>• Entwicklung geeigneter Nachweisverfahren für marktlich angereizte Merkmale von Anlagen mit Relevanz für den Netz- und Versorgungswiederaufbau [?]</li> <li>• Prüfen, ob Aktualisierung von Testfällen auf bestehende Prüfungen von Anlagen aufsetzen können und für große Stückzahlen generischer zu gestalten sind [?]</li> </ul>
Prozesse, bestehend	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jährlicher verpflichtender Selbsttest Schwarzstartfähigkeit für ÜNB-kontrahierte Anlagen</li> <li>• 5-jährliche verpflichtende Teilnahme ÜNB-kontrahierte Schwarzstartanlagen an Betriebsversuchen der ÜNB</li> <li>• Zertifizierung und Konformitätstests von Anlagen, aber nicht unter dem Aspekt Netz- und Versorgungswiederaufbau</li> </ul>
Prozesse, Bedarf	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fähigkeiten der Anlagen mit NWA-Plänen abgleichen</li> </ul>

### W6 Teil 3: Simulative Trainings und Übungen

Aspekt	Beschreibung
Herausforderungen heute und zukünftig	<ul style="list-style-type: none"> <li>• In simulativen Netz- und Versorgungswiederaufbautrainings <ul style="list-style-type: none"> <li>○ müssen vereinfachende Annahmen zur Befähigung von VNBs und angeschlossenen Anlagen getroffen werden (fehlende Datenbasis, methodische Grenzen)</li> <li>○ kann teilweise nicht auf umfängliche Informationen zu installierten Anlagen zugegriffen werden (fehlende Problemevidenz im Training)</li> </ul> </li> </ul>

Aspekt	Beschreibung
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Krisenübungen sind aufwändig und können die Rahmenbedingungen eines europäischen Blackouts nur näherungsweise nachbilden</li> <li>• Robustes Vorgehen in Trainings und Krisenübungen für die vielfältigen möglichen Ausprägungen des Energiesystem 2030 bis 2045 finden</li> </ul>
Handlungsbedarf	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Willensbekundung zu Krisenübungen mit Gegenstand Netz- und Versorgungswiederaufbaufall auf verschiedenen Ebenen unter Einbezug Netze (Gemeinde ... Länder ... Bund)</li> <li>• Bereitstellung der Information zu Anlagenmerkmalen für Netz- und Versorgungswiederaufbautrainings großer Anlagen [Betreiber HöS/HS-Anlagen, Schwarzstartanlagen]</li> <li>• Weiterentwicklung der regelmäßigen Trainings auf bevorstehende geänderte Rahmenbedingungen, heute und zukünftig schwierige Situationen und auf eine realistische Datenbasis sowie unter Nutzung aktueller Systemführungswerkzeuge für ÜNB und VNB [jeweils Systemverantwortliche: ÜNB, VNB]</li> <li>• Verbesserung der Datenbasis auf VN-Ebene</li> </ul>
Prozesse, bestehend	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Simulative Netz- und Versorgungswiederaufbautrainings der VNBs – bei vereinfachenden Annahmen zur Befähigung VNB und angeschlossene Anlagen</li> <li>• Simulative kooperative Netz- und Versorgungswiederaufbautrainings der ÜNB und zugehöriger VNBs – bei vereinfachenden Annahmen zur Befähigung VNB und angeschlossene Anlagen</li> <li>• Krisenübungen auf verschiedenen Ebenen und mit verschiedenen Akteuren</li> </ul>
Prozesse, Bedarf	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intensivierung von Krisenübungen mit Gegenstand Netz- und Versorgungswiederaufbaufall auf verschiedenen Ebenen (Netzbetreiber plus (Gemeinde ... Länder ... Bund)) [BBK]</li> <li>• Kontinuierliche Verbesserung von Netzwiederaufbautrainings [jeweils Systemverantwortliche: ÜNB, VNB]</li> </ul>

## W6 Teil 4: Betriebsversuche von Teilsystemen auf Übertragungs- und Verteilnetzebene

Aspekt	Beschreibung
Herausforderungen heute und zukünftig	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Günstige Rahmenbedingungen für aussagekräftige Live-Systemtests fehlen (sowohl im Übertragungsnetz als auch im Verteilnetz):               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Es gibt keine Verpflichtung für Endkunden, an Tests teilzunehmen</li> <li>○ Haftungsfragen führen zu Verzögerungen, Nicht-Durchführung oder den Nutzungsfall nur bedingt abbildenden Minimallösungen</li> <li>○ Finanzierungsbedarf der Versuche und der Testgrundlagen (z.B. Vorbereitung, Systemreserven, Kosten der Anlagenmitwirkung)</li> </ul> </li> <li>• Anforderungen an Anlagen und Teilsysteme sind für den Netz- und Versorgungswiederaufbaufall nicht ausreichend definiert</li> <li>• Standardisierung von Tests ist verbesserungswürdig</li> <li>• Hoher Aufwand für die Durchführung von Systemtests (Personal, Organisation) in realen Netzen (z.B. Schalthandlungen oder Wiederherstellung der Sprach- und Datenkommunikation)</li> <li>• Zunehmende Durchführungshemmnisse für Live-Tests (z.B. wegen fehlender Reserven im Netz, Kosten für Herausnahme aus Markt), da Systeme inkl. Sprach- und Datenkommunikationssysteme aus dem Betrieb herausgenommen werden müssen</li> </ul>
Handlungsbedarf	<ul style="list-style-type: none"> <li>• finanzierbar? Welche Teilsysteme sollen nachweislich zuverlässig verfügbar sein?</li> <li>• Politische Vereinbarung für die Umsetzung von Systemversuchen / Betriebsversuchen mit Schwarzstartnachweis z.B. an Schwarzstarteinheit / Systeminseln</li> <li>• Regelungen für Normalbetrieb sowie Prozesse schaffen, um überhaupt noch Tests durchführen zu können (z.B. Systemreserven für Herausschaltung Teilsysteme inkl. Sprach- und Datenkommunikationssysteme, Marktaktivitäten zur Schaffung von Freiheitsgraden im Netz ermöglichen) [BNetzA]</li> <li>• Günstige Rahmenbedingungen für aussagekräftige Live-Systemtests schaffen (sowohl im Übertragungsnetz als auch im Verteilnetz):               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Duldung / Mitwirkungspflicht</li> <li>○ Haftung / Versicherung</li> <li>○ Finanzierung der Versuche und der Testgrundlagen (z.B. Vorbereitung, Systemreserven, Kosten der Anlagenmitwirkung)</li> </ul> </li> </ul>

Aspekt	Beschreibung
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nach Etablierung von Regelungen (s. o. Politik): Mechanismen für Normalbetrieb sowie Prozesse schaffen, um überhaupt noch Tests durchführen zu können (z.B. Systemreserven für Herausschaltung Teilsysteme inkl. Sprach- und Datenkommunikationssysteme, Anreize setzen zur Schaffung der benötigten Freiheitsgrade im Netz) [Netz-/Systembetreiber]</li> <li>• Konzepte für spannungsebenen-übergreifendes Testen entwerfen inkl. Testabdeckung von Sprach- und Datenkommunikationssystemen [jeweiliger ÜNB mit VNB plus selektierte Anlagenbetreiber]</li> </ul>
Prozesse, bestehend	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 5-jährliche verpflichtende Teilnahme ÜNB-kontrahierter Schwarzstartanlagen an Betriebsversuchen der ÜNB</li> <li>• Betriebsversuche der ÜNB zum Aufbau von Hochfahrnetzen (alle 5a) gemäß EU Network Restoration Code und Testplan der 4 ÜNB – aber bislang ohne vollumfängliche VNB-Beteiligung oder Beteiligung von EE-Anlagen, individuelle Ausprägung je ÜNB</li> <li>• Test der schwarzfallfesten Kommunikation durch ÜNB</li> </ul>
Prozesse, Bedarf	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definieren welchen Umfang die Versuche / Tests haben sollen</li> <li>• Einheitliche Rahmenvorgaben für Versuche / Tests schaffen (FNN?)</li> <li>• Betriebsversuche von Teilsystemen auf Übertragungs- und Verteilnetzebene, diesbezüglich noch offene Punkte: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Hürden abbauen, diese Tests durchzuführen und Kostenanerkennung klären --&gt; Feste Vorschreibung der Tests</li> <li>○ Haftungsfragen klären</li> </ul> </li> </ul>

**Frage zur Weiterentwicklung des Netz- und Versorgungswiederaufbaus, Dimension W7: Beanreizung, Kostenanerkennung, Refinanzierung und Kostenumwälzung**

Die Minimierung der volkswirtschaftlichen Kosten einerseits und der raschen Sicherung der Handlungsfähigkeit im Netz- und Versorgungswiederaufbau wird in einem Speedboat-Prozess gesehen:

1. Speedboat-Pfad: Iterativer Prozess zur Optimierung Kosten-Nutzen
  - a. Anforderungen an Prozess des Netz- und Versorgungswiederaufbaus definieren
  - b. Bedarfe ableiten
  - c. Maßnahmenplanung durchführen
  - d. Kostenbewertung
2. Speedboat-Pfad: Mechanismen zur Beanreizung, Kostenanerkennung etc. schaffen
3. Speedboat-Pfad: Klärung der Kostenwälzung
4. Speedboat-Pfad: Umsetzung kostenextensiver Maßnahmen

Aspekt	Beschreibung
Herausforderungen heute und zukünftig	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kein festgelegtes Sicherheitsniveau für die Bereitstellung gesicherter Leistung und Energie für angemessen raschen und umfangreichen Versorgungswiederaufbau in nationaler oder subnationaler Anfangsphase (z.B. bei Dunkelflaute)</li> <li>• <b>Alle Beteiligten sehen erweiterte Aufgaben im Prozess des Netz- und Versorgungswiederaufbaus, welche durch aktuelle Finanzierungsmöglichkeiten aber nicht abbildbar sind.</b></li> <li>• Nicht-rechtzeitige Verfügbarkeit angemessener Fähigkeiten aller Player vorab zu herbeigeführtem Wandel des Systems (z.B. Kohleausstieg) und resultierende Handlungsunfähigkeit</li> <li>• Vermeidbare Mehrkosten für die Resilienz und Robustheit sowie eine zeitnahe Verfügbarkeit sind durch Mitdenken des Netz- und Versorgungswiederaufbaus in allen Prozessdesigns und Bedarfsbestimmungsprozessen des Regelbetriebs anzustreben</li> </ul>
Handlungsbedarf	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kurzfristig wirksame Anreizmechanismen oder Pflichten gepaart mit Mechanismen zur Kostenkompensation für Neu- und ggf. auch Bestandsanlagen (Erzeuger, Lasten, Speicher) für identifizierte zusätzliche Merkmale schaffen</li> <li>• Effiziente Kostenanerkennung für als notwendige identifizierte Maßnahmen zur Befähigung der VNB im ÜNB-geführten Netz- und Versorgungswiederaufbau schaffen. Dabei zeitnahe Ermöglichung präventiver Investitionen und Aufwände.</li> <li>• Finanzierung und Beschaffung fehlender gesicherter Leistung und Energie für angemessen raschen und umfangreichen VWA in nationaler oder subnationaler Anfangsphase</li> <li>• Kostenwälzung: Wie sollen die Zusatzkosten für die Resilienz umgelegt werden?</li> <li>• Sektorenübergreifende Studie zur Quantifizierung von zusätzlichen Kosten nach Stufen der Resilienz unter Beachtung von Synergien (sowieso entstehende Kosten für den Regelbetrieb) als Input für die Politik [z.B. Beauftragung BMWK, Management: FNN Expertengremium (s.o.) + BBK]</li> <li>• Instrumente zur systemübergreifenden Bedarfsermittlung, Effizienzermittlung und Maßnahmenplanung für den zukünftigen Netz- und Versorgungswiederaufbau entwickeln und als Vorschlag einbringen.</li> </ul>

Aspekt	Beschreibung
Prozesse, bestehend	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beschlossenes Ausschreibungsverfahren für Schwarzstartanlagen für die ÜNB – ohne Partneranlagen zur Ablösung</li> <li>• Nachweis der Schwarzstartfähigkeit (jährlich) und Mitwirkungspflicht bei Betriebsversuchen (5-jährlich) sowie Übernahme der Kosten ist in neuen Verträgen mit ÜNB-kontrahierten Schwarzstartanlagen enthalten</li> <li>• Kostenerstattung für ÜNB für Betriebsversuche möglich und geregelt – beim VNB nicht vorgesehen</li> </ul>
Prozesse, Bedarf	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transparenter Prozess zur Ermittlung notwendiger Maßnahmen für einen erfolgreichen Netz- und Versorgungswiederaufbau nach herbeigeführtem Wandel des Systems (z.B. Kohleausstieg) auf Basis eines gemeinschaftlichen Beschlusses der Erwartungshaltung an den Netz- und Versorgungswiederaufbau unter Berücksichtigung der zu erwartenden Kosten.</li> <li>• Vereinheitlichter Prozess mit klaren Regelungen zur Kostenanerkennung im Netz- und Versorgungswiederaufbau bei allen beteiligten Netzbetreibern (ÜNB, VNB, TK-Netzbetreiber) [?]: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Neuer Prozess zur Finanzierung einer gesicherten Ablösung von Schwarzstartkraftwerken (Partnerkraftwerke) für den ÜNB-Netzwiederaufbau oder Integration in Bestandsprozesse</li> <li>○ Klar definierte und effiziente Prozesse zur Kostenanerkennung für Maßnahmen zur Befähigung der VNB im ÜNB-geführten Netz- und Versorgungswiederaufbau</li> <li>○ Kostenanerkennung für Maßnahmen zur Schaffung der Option VNB-Inselnetz beim VNB soweit gewünscht</li> <li>○ Kostenanerkennung für Betriebsversuche beim VNB</li> <li>○ Kostenanerkennung für besonders netzdienliches Verhalten von EE-Anlagen im NWA-Fall (Aktive Unterstützung des NWA) nach definierten Kriterien</li> </ul> </li> </ul>

## 3 Forschungsfragen

### 3.1 Identifizierte Forschungsfragen im Rahmen der AG4

Im Zuge der Erarbeitung dieses Dokumentes wurden Forschungsfragen identifiziert, welche die „Forschungsroadmap Systemdienstleistungen“ des „Forschungsnetzwerks Erneuerbare Energien“ [6] bezüglich des Netz- und Versorgungswiederaufbaues ergänzen oder unterstreichen. Die nachfolgende Auflistung ist somit weder als umfassend oder abschließend noch als die Forschungsroadmap Systemdienstleistungen [6] ersetzend zu verstehen.

#### Themenkomplex Schwarzstart

1. ~~Nach welchen technischen, sozialen und ökonomischen Kriterien sollen Schwarzstartregionen (kleinste Granularität UW-Gebiete) festgelegt werden? Sollen diese in ihrem geografischen Ausmaß statisch sein oder sollen diese auch dynamischer Gestalt sein?~~<sup>4</sup>
2. Welche Anlagen bzw. Aggregate von Anlagen sind neben Pumpspeicherkraftwerken geeignet, die Systemdienstleistung Schwarzstartfähigkeit bereitzustellen, um den NWA-Vorgang zu unterstützen? Können aktuelle Anlagen ggf. erweitert bzw. ertüchtigt werden?
3. Was sind zukünftige Ablösekraftwerke? Welche Anlagen bzw. Aggregate von Anlagen eignen sich zur Ablösung von schwarzstartfähigen Erzeugungseinheiten und können so die heutigen Partnerkraftwerke (in der Regel Kohlekraftwerke) ersetzen? Wie müssen aktuelle Anlagen ggf. erweitert bzw. ertüchtigt werden?

#### Themenkomplex DSO-Inseln

1. Welchen (technischen und auch ökonomischen) Wert hätten 110-kV- sowie Mittelspannungs-DSO-Inseln beim Versorgungswiederaufbau? Dazu sind technische und

---

<sup>4</sup> Anmerkung ef.Ruhr: Im Zuge der Festlegung zur marktlichen Beschaffung von Schwarzstartfähigkeit wurden bereits Schwarzstartregionen festgelegt. Es besteht daher aktuell kein weiterer Forschungsbedarf. Im Einzelnen:

Artikel 40 Absatz 5 und 6 Richtlinie (EU) 2019/944 i. V. mit EnWG §12h gibt vor, dass die Systemdienstleistung „Schwarzstartfähigkeit“ marktgestützt zu beschaffen.

Die Bundesnetzagentur hat in der Folge der Vorgaben des §12h ENWG mit Beschluss vom 13.01.2023 (Az: BK6-21-023) im Rahmen der „Festlegung gem. §§ 12h Abs. 5, 29 Abs. 1 EnWG zu den Spezifikationen und technischen Anforderungen der transparenten, diskriminierungsfreien und marktgestützten Beschaffung der nicht frequenzgebundenen Systemdienstleistung „Schwarzstartfähigkeit“ durch die deutschen regelzonenverantwortlichen Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) gem. § 12h Abs. 1 Satz 1 Nr. 5 EnWG“ einschlägige Regelungen zur Umsetzung der gesetzlichen Anforderungen für die Beschaffung erlassen. Er ist binnen zwölf Monaten umzusetzen und konkretisiert eine Beschaffung über öffentliche Ausschreibungen.

Die ersten Ausschreibungen für Schwarzstartfähigkeit werden deshalb voraussichtlich im Januar 2024 erfolgen. Für das Übertragungsnetz werden hierfür mehrere Schwarzstartregionen ausgewiesen. Die Beschaffung für jede dieser Regionen erfolgt getrennt und zeitlich gestaffelt.

ökonomische Aspekte zu betrachten. Wie werden die DSO-Inseln technisch umgesetzt?  
Wie findet die Synchronisierung statt?

2. Wie kann in Anwesenheit von wertigen DSO-Inseln (stabil, steuerbar und ausreichend flexibel sowie nennenswerte Reserven an Systemdienstleistungen) der vorhandene Netz- und Versorgungswiederaufbauprozess flexibler und resilienter gestaltet werden? Welcher Vorteil für die Stabilität und die Wiederversorgung ergibt sich daraus, und welche Rahmenbedingungen müssen beachtet werden?

#### **Themenkomplex Wirkleistungsmanagement im Verteilnetz**

1. Wie wirkt sich ein netzdienliches Verhalten von dezentralen Erzeugungsanlagen (Integration in das Leistungsmanagement des Netzbetreibers) beim Netz- und Versorgungswiederaufbau im Vergleich zur Fahrweise des Verbundbetriebs (leistungsoptimiert bzw. marktliche Fahrweise) auf die Zeit und die Robustheit des Netz- und Versorgungswiederaufbaus aus? Lässt sich daraus ableiten, welche Anlagengröße in das Leistungsmanagement des Netzbetreibers für den Netz- und Versorgungswiederaufbau integriert werden muss?
2. Lassen sich durch gezielte Platzierung von Speicheranlagen die Robustheit und die Geschwindigkeit des Netz- und Versorgungswiederaufbaus erhöhen? Wenn ja, an welchen Stellen des Netzes sollten Speicher platziert werden, und welche technischen Eigenschaften müssen diese erbringen?
3. Wie wirkt sich die Elektrifizierung des Verkehrs- und Wärmesektors auf das Lastverhalten bei Wiederschaltung nach längeren Versorgungsunterbrechungen aus, und welcher technisch-regulatorisch Anpassungsbedarf besteht, hier ggf. um Überlastungen und Schutzauslösungen durch sehr hohe Gleichzeitigkeiten in dieser Situation zu vermeiden?

#### **Themenkomplex Netz- und Versorgungswiederaufbaukonzepte**

1. Wie sieht eine Metrik aus und welche Kriterien muss sie enthalten, um eine objektive, techno-ökonomische Bewertung von NWA-Konzepten zu ermöglichen? Anmerkung: Verfahren sollte sich am bestehenden Konzept orientieren, um Veränderungen bewerten zu können.
2. Wie lässt sich die zeitliche Verfügbarkeit einer gesicherten Leistung und Energie für ein Portfolio aus EE-Anlagen und Speichern bestimmen? Ist der Begriff "gesicherter Leistung" für EE-Anlagen genauso zu verwenden wie für konventionelle Kraftwerke? Was ist eine sinnvolle Definition? Wie müssen Prognosen gestaltet sein (Fokus)? Auch planerische Aspekte sind zu berücksichtigen.

#### **Themenkomplex Planungsverfahren und Systemauslegung**

1. Welche Effizienzgewinne wären durch eine Integration der Netz- und Versorgungswiederaufbauplanung in die Systemauslegung und Ausbauplanung (z.B. als Nebenbedingung) für den zukünftigen Regelbetrieb möglich?

#### **Themenkomplex Systemstabilität im Netz- und Versorgungswiederaufbau**

1. Wie kann die Systemstabilität der zunächst kleineren Teilsysteme im (sub-)nationalen Netz- und Versorgungswiederaufbau auch unter den zukünftigen Rahmenbedingungen sichergestellt werden?
2. Wie unterscheiden sich die Bedarfe (z.B. Anlagenmerkmale, Systemdienstleistungen, Steuerbarkeit) des Netz- und Versorgungswiederaufbaus von denen zur Sicherung der Resilienz des Verbundsystems zur Vermeidung eines Schwarzfalls? Wie wird dies durch die Netz- und Versorgungswiederaufbau-Konzepte beeinflusst? Wie fallen die Bedarfe im Vergleich zu auslegungsrelevanten System Splits aus?
3. Wie ist die Systemstabilität in den zeitlich veränderlichen Teilsystemen als Nebenbedingung bei der Erstellung von Netz- und Versorgungswiederaufbauplänen zukünftig zu berücksichtigen?

### 3.2 Aktuelle Vorhaben des 7. EFP der Bundesregierung

Das 7. Energieforschungsprogramm (EFP) der Bundesregierung adressiert im Bereich der Stromnetze Fragen der Systemstabilität in mehreren Dimensionen. So werden im Rahmen des Programms zum Beispiel bestehende **Betriebsmittel** in der angewandten Forschung weiterentwickelt und neue Betriebsmittel **zur Verbesserung der Systemeigenschaften wie der Netzstabilität** ausgearbeitet. Weiterhin zielen Forschungsvorhaben im 7. EFP auf die (Weiter-)Entwicklung **innovativer Netzbetriebsmittel** ab, welche zu einem sicheren und kostengünstigen Netzbetrieb beitragen und zugleich die Steigerung der Netzkapazität sowie die Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit der Versorgung ermöglichen können. Um beispielsweise die Netzdienlichkeit und **netzbildendes Verhalten von Stromrichtern** zu gewährleisten, adressiert die angewandte Energieforschungsförderung Technologien zur Erhöhung der Verfügbarkeit und Effizienz, zur Reduzierung der Kosten von Komponenten und des Gesamtsystems.

**Schutz- und Leittechnik** in zukünftigen dezentralen Versorgungsstrukturen müssen jederzeit einen sicheren Netzzustand gewährleisten, Fehlersituationen zuverlässig erkennen und beherrschen. Dazu bedarf es der Erforschung neuartiger Verfahren und Komponenten, um die heute geltenden Anforderungen an Selektivität, Zuverlässigkeit und Schnelligkeit weiterhin zu erfüllen. Zudem sind Verfahren zum **Notfallbetrieb und Systemwiederaufbau** unter Einbeziehung verteilter Erzeuger auf unterschiedlichen Spannungsebenen im Fokus der Forschung und Entwicklung. Von besonderer Bedeutung ist die Ertüchtigung der volatilen erneuerbaren Erzeuger hin zu systemstabilisierendem Verhalten. Die Erschließung von **Flexibilität im Netz** verlangt eine verbesserte Netzintegration sowie passende Konzepte zur Erbringung von **Systemdienstleistungen**.

Systemdienstleistungen bei einer hohen EE-Durchdringung sind der Hauptfokus der Roadmap Systemstabilität. Diese werden in vielen der geförderten Vorhaben in der Energieforschung adressiert:

- Bei der Frequenzhaltung werden zum Beispiel Fragen der Koordination und Erschließung von virtueller Schwungmasse und Momentanreserve betrachtet. Auch die Beherrschung von System Split und von Variationen im regulären Betrieb stehen im Fokus.
- Was die Spannungshaltung und -qualität angeht steht vor allen Dingen die Bereitstellung von Blindleistung im Vordergrund von Projekten. Dabei werden zum Beispiel das dynamische Blindleistungsverhalten von Anlagen aber auch die spannungsebenenübergreifende Bereitstellung genauer untersucht.
- Darüber hinaus geht es in Forschungsprojekten auch um die Kurzschlussstrombereitstellung und um Netzschutzkonzepte im Allgemeinen.
- Weiterhin mit Förderung adressiert wird die Erforschung von Komponenten und Regelstrategien für netzbildende Anlagen. Schließlich gilt es den komplexen Prozess des Netzwiederaufbaus (NWA) bei hoher Durchdringung der untergelagerten Spannungsebenen mit Erneuerbaren Energien zu untersuchen sowie darüber hinaus möglichst automatisierte Prozesse für den NWA zu definieren und die Resynchronisation von Inselnetzen zu erproben. In der Weiterentwicklung der Netzbetriebsführung im Rahmen der Energieforschungsförderung liegt nun und in Zukunft ein Fokus auf Abstimmungsprozesse zwischen Netzbetreibern, die Nutzung der HGÜs für Systemdienstleistungen sowie auf Betriebsführungskonzepte mit kurativen Maßnahmen für eine höhere Auslastung des Netzes und letztlich hin zu einem weitestgehend automatisierten Netzbetrieb auch auf nachgelagerten Spannungsebenen.

Auch in Zukunft werden diese Themen durch das Energieforschungsprogramm und nachgelagerte Förderbekanntmachungen oder dedizierte Förderaufrufe (z.B. OptiNetD in 2023) adressiert.

Die nachfolgende Tabelle gibt eine Übersicht über aktuell geförderte Forschungsvorhaben im Bereich der AG4-Themenfelder:

Projekt	Laufzeit	Bundesmit tel/ Zuwendun g	Projektpartner	Kurzbeschreibung
ASTROSE- MAGIC	01.07.2020.- 30.09.2023	2.556.105 €	Fraunhofer IZM; LTB Leitungsbau; DResearch Digital Media Systems; TU Berlin; Pfalzwerke Netz	<p><b>Ein innovatives, skalierbares Monitoringsystem für Trassen mit Hochtemperaturseilen zur optimalen Betriebsführung des Stromnetzes</b></p> <p>Ziel des Verbundvorhabens ASTROSE-MAGIC ist die die Entwicklung eines verteilten Monitoring-systems mit der Erweiterung um Wettersensorik. Dabei wird auf den Ergebnissen von Forschungs-projekten (ASTROSE, ISOSTROSE, ASTROSE-VISION) aufgebaut, in denen die Sensorknoten für ein verteiltes Sensornetz entwickelt wurden. Die Hauptzielsetzung des beantragten Vorhabens be-steht darin, basierend auf dem ASTROSE-Konzept, alle Grundlagen, Modelle und Technologien zu untersuchen, die für die Bereitstellung der Hard- und Softwarekomponenten einschließlich aller Testsysteme eines neuen Freileitungsmonitorings(FLM)-Systems notwendig sind, das dediziert die aktuellen technologischen Hindernisse für eine breite Anwendung von FLM-Systemen überwindet und zum anderen hochaufgelöste, spannfeldgenaue Mess- und Wetterdaten ermöglicht. Diese Kom-ponenten werden zum Nachweis der Leistungsfähigkeit in einem Pilotsystem integriert, das bei der Pfalzwerke Netz AG installiert und durch alle Partner evaluiert wird. Aufgrund der zunehmenden Be-deutung der Hochtemperaturbeseilung zur Erhöhung der Belastbarkeit des Netzes soll das anvisierte ASTROSE-MAGIC-System für das Monitoring von Hochtemperaturleiterseilen (HTLS) einsetzbar sein.</p>
HVDC blade	01.10.2021- 30.09.2023	191.858 €	RWTH Aachen	<p><b>Demonstration der Schwarzstartfähigkeit von über HGÜ-angebundenen Offshore-Windparks</b></p> <p>Die im Zuge der Energiewende erfolgende Abschaltung von konventionellen Großkraftwerken und die verstärkte Integration von erneuerbaren Energien, welche größtenteils über Umrichter eingebun-den werden, stellt das Energieversorgungssystem vor große Herausforderungen und führt zuneh-mend zu einem Betrieb der Systeme an der Stabilitätsgrenze. Um zum einen den sicheren</p>

Projekt	Laufzeit	Bundesmittel/ Zuwendung	Projektpartner	Kurzbeschreibung
				<p>System-betrieb, aber insbesondere die Wiederherstellung des Systems bei einem Schwarzfall (d.h. einen "Schwarzstart") zu ermöglichen, sollen die über Umrichter eingebunden erneuerbaren Energien netzdienliche Funktionen übernehmen. Das Forschungsvorhaben HVDC-BLADE untersucht und demonstriert daher die Schwarzstartfähigkeit von über HGÜ angebundenen Offshore-Windparks (in der Folge bezeichnet mit "HGÜ-OWPs") und leitet die Anforderungen an zukünftige schwarzstartfähige Systeme ab. Um eine gesamtgesellschaftliche Untersuchung der Schwarzstartfähigkeit von HGÜ-OWPs zu ermöglichen, besteht das Projektkonsortium neben der RWTH Aachen aus den im "Offshore Wind Accelerator" (OWA) zusammengeschlossenen Offshore-Windpark-Betreibern, unterstützt durch die Siemens Energy AG als Hersteller von HGÜ-Systemen, und der Amprion GmbH als Netz-betreiber mit bestehenden und geplanten HGÜ-Systemen. Die Untersuchungen in HVDC-BLADE sollen dabei zum einen die Entwickler von Offshore-Windparks, aber auch HGÜ-Umrichterhersteller sowie Netzbetreiber in die Lage versetzen, die Umsetzbarkeit einer Beteiligung von HGÜ-OWPs an einer Systemwiederherstellung nach einem etwaigen Blackout technisch fundiert zu bewerten und jeweilige (Entwicklungs-) Anforderungen an Betriebsmittel und Regelalgorithmen in ihrem Verantwortungsbereich zu erfassen. In die Modellierung wird ein bereits durch das OWA-Konsortium entwickeltes, netzbildendes Regelungssystem für Windenergieanlagen eingebracht. Zum Abschluss der Untersuchungen von HVDC-BLADE erfolgt eine realitätsnahe Power-Hardware-In-the-Loop Demonstration der Schwarzstartfähigkeit einer HGÜ-OWP.</p>
Inselnetz_ optimal	01.06.2021-31.08.2024	638.124 €	Uni Bremen; Leibniz Uni Hannover	<p><b>Integration eines möglichst hohen regenerativen Energieanteils in Inselnetzen</b> Wesentliches Ziel des beantragten Gesamtvorhabens ist zunächst die Gegenüberstellung von Konzepten zur Sollwertvorgabe für die einzelnen Umrichter in</p>

Projekt	Laufzeit	Bundesmittel/ Zuwendung	Projektpartner	Kurzbeschreibung
				<p>Inselnetzen mit regenerativer, dezentraler Energieerzeugung. Den Schwerpunkt der Forschungen soll ein neuer Spannungszeiger-Ansatz bilden. Dessen Idee besteht darin, den Erzeugungseinheiten Spannungszeiger in Länge und Phase vorzugeben und damit die klassischen Ansätze der Netzregelung hinter sich zu lassen. Dieser Ansatz verspricht vom Prinzip her sowohl Stabilität, da jeder Erzeugerknoten auch im Störfall zunächst versucht wird, den vorgegebenen Spannungszeiger zu halten, als auch Flexibilität, da eine Störung dazu führen wird, dass sich die Spannungszeiger aller Knoten aus der Sollstellung herausdrehen und sich damit ein neuer, temporärer Gleichgewichtszustand einstellen wird. Die Konzepte zur Sollwertvorgabe für die einzelnen Umrichter sollen im Hinblick auf technische Realisierbarkeit und unterschiedliche Kriterien der Netzstabilität evaluiert werden. Anhand der Ergebnisse soll Energy Management System für Inseln entwickelt werden, welches einen gegenüber heutigen Lösungen deutlich höheren Anteil an regenerativer Energieerzeugung ermöglicht und dabei gleichzeitig einen stabilen und wirtschaftlich optimalen Betrieb gewährleistet. Während die einzelnen Umrichter versuchen, den vorgegebenen Spannungszeigern zu folgen, erfolgt auf der übergeordneten Ebene die Regelung von Störungen und Abweichungen durch Neukalkulation der Spannungszeiger bei permanenter Evaluierung der Netzstabilität. Die wirtschaftliche Optimierung erfolgt in der höchsten Ebene auf Basis von Last- und Erzeugungsprognosen. Nach umfangreichen Untersuchungen in der Simulation und im Umrichterlabor sollen die entwickelten Algorithmen im Labornetz getestet und zum Abschluss im Inselnetz auf den Färöer-Inseln praktisch erprobt werden.</p>
Innosys2030	01.10.2018-31.12.2021	8.490.383 €	TenneT TSO ; 50 Hertz ; Amprion ; TransnetBW, Avacon Netz, MitNetz	<p><b>Innovationen in der Systemführung bis 2030</b> Die Sicherstellung der Netz- und Systemsicherheit wird komplexer und</p>

Projekt	Laufzeit	Bundesmittel/ Zuwendung	Projektpartner	Kurzbeschreibung
			<p>Strom; Netze BW; Westnetz; Fraunhofer IEE; RWTH Aachen; Uni Erlangen-Nürnberg; TU Dortmund, TU Ilmenau; PSI Software; Siemens</p>	<p>kostenintensiver. Verzögerter Netzausbau schränkt die Handlungsmöglichkeiten der Netzbetreiber zunehmend ein, führt zu Einspeisemanagement und Redispatch. Das Forschungsprojekt InnoSys 2030 untersucht, welche innovativen Ansätze in der Systemführung eine Höherauslastung des verfügbaren Netzes im Vergleich zum heutigen Stand der Technik bei mindestens gleichbleibender Systemsicherheit ermöglichen können.</p> <p>Am Anfang des Forschungsprojektes stehen die strukturierte Aufbereitung, Analyse und Bewertung der in Forschung und Politik sowie bei den Netzbetreibern aktuell diskutierten innovativen Maßnahmen zu einer höheren Auslastung des Netzes. Darunter fallen z. B. neue Regelungsverfahren für HGÜ (Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung) und FACTS (flexible Drehstromübertragungssysteme), kurative Schalthandlungen und Netzautomatiken. Neben elektrotechnischen und wirtschaftlichen Kriterien sind auch die IT- und die Systemsicherheit zu berücksichtigen. Des Weiteren sind die Entwicklung neuer, bislang nicht diskutierter Maßnahmen Bestandteil des Projektes. Die Praxistauglichkeit der Konzepte für die Systemführung ist durchgängig ein entscheidendes Selektionskriterium. Dazu bringen je vier Übertragungs- und Verteilnetzbetreiber ihre individuellen Anforderungen und Prozesslandschaften in das Vorhaben ein.</p> <p>Nach der Vorauswahl folgt die Konzeptionierung und Tool-Entwicklung. Daran schließt sich die Erprobung der Tools in (Echtzeit-)Simulationsumgebungen und Demonstratoren bis hin zu Feldtests bei beteiligten Netzbetreibern an. Auf Basis der gewonnenen Ergebnisse erfolgt die Gesamtbewertung der Konzepte. Abschließend wird eine Roadmap für die Einführung priorisierter Tools abgeleitet und beschrieben.</p>

Projekt	Laufzeit	Bundesmittel/ Zuwendung	Projektpartner	Kurzbeschreibung
INZELL	01.06.2020- 31.12.2023	1.573.061 €	HS Regensburg; INTILION; TU München; TU Clausthal; Max Bögl Wind	<p><b>Netzstützung und Systemdienstleistungserbringung durch eine Industriezelle mit Inselnetzfähigkeit und Erneuerbaren Energien</b></p> <p>Im Projektvorhaben wird am Beispiel eines Industrienetzes, das nieder- und mittelspannungsseitig neben Verbrauchsanlagen über einen Großbatteriespeicher und zahlreiche Erneuerbare-Energien-Anlagen (darunter Wind und PV) verfügt, exemplarisch untersucht und aufgezeigt, wie es bei einer Störung des Netzes der allgemeinen Versorgung sicher und zuverlässig in einen Inselnetzbetrieb überführt und betrieben werden kann. Dies gilt es unter den Voraussetzungen großer Last, fluktuierender Einspeisungen und einem Speicher, der aufgrund wirtschaftlicher Aspekte nicht allein zur Deckung aller Verbrauchslasten genügt, zu gewährleisten. Hierzu ist neben einer komplexen Anlageneinsatzplanung (Berücksichtigung der Vermarktung von SDL), Netzregelung und Lastmanagement auch die Abbildung einer synthetischen Schwungmasse vorgesehen.</p> <p>Weiterhin soll aufgezeigt werden, wie die Wandlung des Industrienetzes zu einer intelligenten Industriezelle auch zur Erbringung von Systemdienstleistungen genutzt werden kann und Industriebetriebe den Netzwiederaufbau nach einem Schwarzfall unterstützen können. Somit wird ein ganzheitlicher Ansatz verfolgt und mittels der Beteiligung von Netzbetreibern sichergestellt, dass die Erkenntnisse auch hinsichtlich den Netzanschlussbedingungen und Netzwiederaufbaukonzepten Berücksichtigung finden.</p>
LEITNING	01.04.202.- 31.03.2024	3.517.461 €	Infineon Technologies; SWW Wunsiedel, Freqcon; Fraunhofer IEE; HS Bonn- Rhein-Sieg; SUMIDA Components & Modules	<p><b>Leistungswandler für die robuste und zuverlässige Energieversorgung durch Integration 'grüner' Generatoren</b></p> <p>Im Vorhaben soll ein neuartiger Batterie-Wechselrichter mit hoher Massen-Leistungsdichte erforscht und im Feld getestet werden, der es ermöglicht, ein hochverfügbares und modulares Wechselstrom-Netz sowie netzstützende Funktionen mit</p>

Projekt	Laufzeit	Bundesmittel/ Zuwendung	Projektpartner	Kurzbeschreibung
				<p>Hilfe von fortschrittlichen Schaltungstopologien auf Basis von innovativen SiC MOSFET Leistungsmodulen, magnetischen Bauteilen und Regelungsstrategien bereitzustellen. Der Betrieb mit einer Schaltfrequenz von bis zu 200 kHz im Leistungsbereich von 200 kW soll zu einer massiven Material-, Gewichts- und Kostenersparnis im Vergleich zu den heute kommerziell verfügbaren Wechselrichter-Lösungen führen. Dabei wird technologieübergreifende Forschung auf den Gebieten der Wechselrichtersysteme, der Halbleitertechnik, der passiven Bauelemente (Induktivitäten) sowie der Systemintegration betrieben. Nur über die abgestimmte Co-Optimierung dieser Gewerke können die Projektziele erreicht werden, die ein weltweites wissenschaftliches und technologisches Alleinstellungsmerkmal darstellen. Durch die Einbindung des Netzbetreibers SWW und die geplante einjährige Testphase ist ein idealer Anwendungsbezug sichergestellt, der das Studium des Netzbetriebs sowie die praxisbezogene Bewertung des Systems und seiner Komponenten als wesentlichen Baustein einer modernen Stromübertragung und -verteilung im deutschen Stromnetz der Zukunft erlaubt. Somit können die zu erwartenden positiven Auswirkungen auf den Netzbetrieb und die Netzauslegung realitätsnah validiert werden.</p> <p>Konkrete Zielanwendungen für die kompakte Hochleistungs-Wechselrichter-Netzbetriebsmittelplattform, jeweils unter Einbeziehung lokal verfügbarer erneuerbarer Energiequellen, sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Leistungsflussoptimierung, Stabilisierung und Stützung schwacher Netze</li> <li>- Schnelle Erkennung und Durchfahren von Netzfehlern</li> <li>- Bereitstellung der Stromversorgung bei systembedingter schwankender Versorgung durch dezentrale Erzeugungseinheiten</li> <li>- Notstromversorgung sensibler Bereiche und kritischer Lasten bei Netzfehlern und Netzausfällen (z.B. Mobilfunkstationen oder Wasserversorgung)</li> </ul>

Projekt	Laufzeit	Bundesmit tel/ Zuwendun g	Projektpartner	Kurzbeschreibung
				- Inselnetzbildung von Teilnetzen mit anschließender Re-Synchronisierung mit dem Verbundnetz.
Linda 2.0	01.02.2021- 31.01.2024	2.321.531 €	HS Augsburg; TU München, LEW Verteilnetz; LEW Wasserkraft; KIMA; AVS; Zweck-verband Landeswasser-versorgung	<p><b>Lokale (teil-) automatisierte Inselnetz- und Notversorgung mit dezentralen Erzeugungsanlagen bei großflächigen Stromausfällen</b></p> <p>Die wesentlichen Ziele des Gesamtvorhabens sind zum einen das im Vorgängervorhaben LINDA (FKZ 0325816A-H) entwickelte LINDA-Konzept so zu (teil-) automatisieren, dass im Krisenfall eine Notversorgung kritischer Infrastrukturen mit deutlich reduziertem Personaleinsatz möglich ist, sowie zum anderen die Erkenntnisse des Vorgängervorhabens auf weitere Konstellationen von dezentralen Erzeugungsanlagen und kritischen Infrastrukturen zu übertragen. Für einen flächendeckenden Einsatz des in LINDA entwickelten Inselnetz-Notversorgungskonzepts ist ein höherer Automatisierungsgrad und eine breitere Datenbasis hinsichtlich des realen Verhaltens von Verteilnetzen und kritischen Infrastrukturen beim Netzwiederaufbau, bzw. in einer Inselnetzversorgung, erforderlich. So sollen ein Konzept für eine optimierte Spannungshaltung entwickelt und Erkenntnisse hinsichtlich des Verhaltens von Verbundnetzen im erweiterten Frequenzbereich gewonnen werden. Zusätzlich wird ein Versorgungskonzept mit einem Batteriespeicher und einem Dieselaggregat („Hybridsystem“) entworfen, das selbst bei Unkenntnis über die Erzeugung aus dezentralen Anlagen und Last einen stabilen und sicheren Betrieb ermöglicht. Die gefundenen Lösungsansätze werden während des Vorhabens in mehreren Feldversuchen exemplarisch erprobt.</p> <p>Das Vorhaben wird durch die assoziierten Partner Obere Donau Kraftwerke AG, Universitäts-klinikum Leipzig und MTU Onsite Energy GmbH unterstützt.</p>

Projekt	Laufzeit	Bundesmit tel/ Zuwendun g	Projektpartner	Kurzbeschreibung
LI-SA	01.01.2023- 31.12.2025	3.791.792 €	Fraunhofer IEE; PSI Software; Avasition	<p><b>Assistenzsysteme für einen sicheren Betrieb von Verbundnetzen mit geringer Trägheit</b></p> <p>Wesentliches Ziel des beantragten Gesamtvorhabens ist die Entwicklung von Modulen für Assistenzsysteme, die einen sicheren und gleichzeitig wirtschaftlichen Betrieb von Verbundnetzen mit geringer Trägheit und großem Anteil Erneuerbarer Energien ermöglichen.</p> <p>In den letzten Jahren ist die Aufgabe der Systemführung in Verbundnetzen der Übertragungsebene zunehmend komplexer geworden. Dennoch muss die Netzsicherheit erhalten bleiben. Die Online-Durchführung dynamischer Netzsicherheitsbewertungen (Dynamic Security Assessment, DSA) dient hierbei als wichtiges Werkzeug für Netzbetreiber zur Beurteilung der Netzstabilität während des laufenden Netzbetriebs. Im Projekt soll daher ein modulares DSA-System für die Bewertung der Systemsicherheit für Verbundsysteme mit geringer Rotationsenergie realisiert werden (Low Inertia Security Assessment System: LI-SA). Dieses besteht aus einem flexiblem Forschungs- und Entwicklungssystem (LI-SA-RD), einer Validierungs- und Erprobungsumgebung (LI-SA-VT), und einer dynamischen Echtzeitsimulation (LI-SA-RT), die über geeignete Schnittstellen miteinander verbunden werden. Damit sollen neuartige DSA-Module für kundenspezifische Problemstellungen entwickelt, aufgebaut und erprobt werden.</p>
Netz:Kraft	01.01.2015- 30.06.2018	7.499.398 €	Fraunhofer IEE; DUtrain; PSI Software; SMA Solar Technology; ÖKOBIT; GridLab; SachsenNetze; Schleswig-Holstein Netz;	<p><b>Netzwiederaufbau unter Berücksichtigung zukünftiger Kraftwerkstrukturen</b></p> <p>NETZ:KRAFT erarbeitet neue Konzepte für den Netzwiederaufbau (NWA) bei zukünftigen Kraftwerksstrukturen. Ziel ist die aktive Einbindung erneuerbarer Energien beim NWA. Das Vorhaben verfolgt zwei Hauptstränge: Die Weiterentwicklung der vorhandenen NWA-Konzepte der Übertragungsnetzbetreiber unter Berücksichtigung</p>

Projekt	Laufzeit	Bundesmittel/ Zuwendung	Projektpartner	Kurzbeschreibung
			Uni Kassel; Uni Erlangen-Nürnberg; DERlab	des Verhaltens von Erneuerbare-Energie-Anlagen (EEA) und grundlegende Untersuchungen der Möglichkeiten, dezentrale Erzeugung in Versorgungsinseln der Verteilnetzbetreiber zur Verkürzung von Ausfallzeiten aktiv zu nutzen. Übergreifend wird die Koordination der beiden Stränge untersucht. Es werden Konzepte, Verfahren und Technologien entwickelt, mit denen EEA und intelligente Netzkomponenten zu aktiven Funktionsträgern beim NWA werden können Der Arbeitsplan gliedert sich in 7 Arbeitspakete. Nach der Festlegung von Szenarien zukünftiger Netz- und Erzeugungsstrukturen werden aus Fallstudien Anforderungen bestimmt. Um diesen Anforderungen zu entsprechen, werden Verfahren entwickelt, von denen Teile in Demonstrationen umgesetzt werden sollen. Im Übertragungsnetzbereich sind zwei Implementierungen in Trainingsumgebungen für die Netzbetriebsführung und ein Feldtest mit einem PV-Park geplant. Im Verteilnetzbereich soll die Netzbetriebsführung beim NWA in einer Großstadt gezeigt werden, zusätzlich sind ein Feldtest in einem landwirtschaftlichen Netz und zwei Labortests (Testnetz-Aufbau und Echtzeitsimulation mit Controller-Hardware-in-the-Loop) vorgesehen.
OVANET3_0	01.04.2023-31.03.2026	1.002.541 €	50 Hertz; TU Berlin, TU Ilmenau, TU Darmstadt	<p><b>Asset-minimale Systemführung mit integrierten Multi-Terminal DC-Netzen:</b></p> <p><b>Bestimmung des Systemzustands</b></p> <p>Ziel des geplanten Forschungsvorhabens ist die Entwicklung von innovativen Funktionen zur Ermittlung und Bewertung des Systemzustands eines integrierten AC-DC-Übertragungsnetzes mit hohem Anteil an erneuerbarer Energieerzeugung. Im Sinne einer Asset-minimalen Systemführung wird untersucht, welche Aufgaben insbesondere die HGÜ-Umrichterstationen in einem derartigen komplexen AC-DC-System übernehmen können und müssen. Die durch die Regelbarkeit selbstgeführter Umrichter bestehenden Freiheitsgrade sollen bestmöglich in der Systemführung eingesetzt werden können und dadurch nicht nur die zur Verfügung stehenden</p>

Projekt	Laufzeit	Bundesmittel/ Zuwendung	Projektpartner	Kurzbeschreibung
				Lösungsoptionen erweitern, sondern überdies zu einem effizienten Betrieb beitragen. Die angestrebten Ergebnisse können in vier Arbeitsschwerpunkte unterteilt werden. Für die Schätzung des aktuellen Systemzustands wird ein Online-Tool entwickelt, um so Funktionen zur Vermeidung von Kreisflüssen und der Sicherheitsanalyse zu unterstützen. Eine Sicherheitsanalyse im Betriebspunkt soll Erkenntnisse zum Verhalten im Fehlerfall liefern und Optionen für ein sogenanntes Fault Ride-Through verifizieren. Im Bereich des AC-DC-Systemschutzes werden Verfahren zur thermischen Auslastung der Betriebsmittel und somit der optimalen Asset-Auslastung erarbeitet. Als Trigger für den AC-DC-Systemschutz dient hierbei die trennscharfe Identifikation von Netzereignissen. Weiterhin werden innovative Verfahren zur Gewährleistung der Frequenzstabilität entwickelt. Diese Notwendigkeit erwächst einerseits durch die Herausforderung eines hohen Anteils erneuerbarer Leistungseinspeisung und andererseits durch die mit den HGÜ-Umrichterstationen neu entstandenen Regelungsmöglichkeiten. Eine neue Betrachtung der Frequenzstabilität wird erforderlich, beispielsweise mit Hilfe zukunftsweisender Funktionen für frequenzstützende Maßnahmen.
PROGRES S	01.06.2022- 30.11.2025	4.105.793 €	PSI Software; TenneT TSO; TransnetBW; Schleswig- Holstein Netz; RWTH Aachen; Uni Magdeburg	<b>Erprobung kurativer Entlastungsmaßnahmen in Höchst- und Hochspannungsnetzen</b>
REgions	01.10.2019- 31.12.2022	422.903 €	Fraunhofer IEE	<b>Methoden und Märkte für die regionale, interregionale und europaweite Bereitstellung von Systemdienstleistungen durch Energieregionen mit hohem Anteil an erneuerbaren Energien</b> REgions verfolgt als Ziel, die Integration von fluktuierenden erneuerbaren Energien (RES) auf mehreren Ebenen des Energiesystems weiter zu ermöglichen: auf

Projekt	Laufzeit	Bundesmittel/ Zuwendung	Projektpartner	Kurzbeschreibung
				<p>regionalen, interregionalen und europäischen Märkten. Die RES sind meist mit dem Netz in niedrigen Spannungsebenen verbunden und können bei intelligentem Betrieb zur Stabilisierung des regionalen Netzes beitragen. Darüber hinaus können RES auch zur Stabilität der übergeordneten Netze beitragen, z.B. durch eine intelligente Neuterminierung ihrer Ausgleichsangebote im Falle eines Re-Dispatches. REgions untersucht, wie erneuerbare Energien die Stabilisierung des Energiesystems unterstützen können, indem sie die virtuellen Kraftwerke (VPPs) verbessern, um auch regionale und interregionale Dienste einzubeziehen und die Marktbeteiligung weiter zu verbessern. Daher wird die gesamte Werkzeugkette der VPP in dem Projekt sowie das Zusammenspiel der verschiedenen VPPs auf regionaler und interregionaler Ebene verbessert: Vorhersage der PV, Preisprognosen (Intraday, Ungleichgewicht, Redispatch) sowie die Wahrscheinlichkeit von Netzgenauigkeiten (Redispatch, Congestion, Spannung, Balance).</p>
RuBICon	01.10.2019-31.03.2023	1.650.405 €	Leibniz Uni Hannover ; Fraunhofer IEE	<p><b>Rule-Based Initialisation of Converter Dominated Grids</b></p> <p>Zur Minimierung von Netzausfallzeiten nach einem Stromausfall ist es hilfreich, wenn dezentrale Erzeugungs- und Speichersysteme sowie regelbare Verbraucher auf Nieder- und Mittelspannungs-ebene schwarzstartfähig sind, um aus eigener Kraft einen Netzabschnitt wieder in Betrieb nehmen können, da das Risiko besteht, dass die zentrale übergeordnete Steuerung (die den Schwarzstart normalerweise initiieren würde) aufgrund der ebenfalls ausgefallenen Kommunikationstechnik innerhalb des betroffenen Netzabschnitts nicht zur Verfügung steht. Es soll daher über regelbasierte de-zentrale Abläufe bei Umrichtern dezentraler Erzeugungsanlagen (PV, BHKW, Wind, Biomasse) und Batteriespeichern sowie intelligenten Verbrauchern ein autarkes</p>

Projekt	Laufzeit	Bundesmittel/ Zuwendung	Projektpartner	Kurzbeschreibung
				<p>Inselnetz erstellt und aufrecht erhalten werden, bis benachbarte Teilnetze ebenfalls stabil sind und sich verbinden können.</p> <p>Das Vorhaben befasst sich hierzu mit der Entwicklung und Validierung von Abläufen zum Netzaufbau kleiner Inselnetze auf Nieder- und Mittelspannungsebene, ohne zentrale übergeordnete Steuerungs- und/oder Kommunikationsinfrastruktur. Weiterhin soll ein Zuschaltprotokoll entwickelt werden, welches verhindert, dass beim Netzwiederaufbau konkurrierende Entscheidungen (z.B. asynchrone Einspeisung hoher Leistungen bzw. Entnahme hoher Lasten) der Erzeuger/Speicher/Verbraucher auftreten, die diesen gefährden können. Außerdem wird untersucht, ob für den dezentralen Netzaufbau eine einfache ad-hoc-Kommunikation über das Stromnetz funktioniert. Darüber hinaus sollen auch Abläufe zur Verknüpfung mit benachbarten Teilnetzen entwickelt werden.</p>
SysAnDU K	01.09.2019- 31.12.2022	2.464.209 €	Fraunhofer IEE ; DUtrain ; WRD Wobben Research and Development	<p><b>Systemdienliche Anforderungen an Dezentrale Erzeugungsanlagen zur Unterstützung in kritischen Netzsituationen und des Netzwiederaufbaus</b></p> <p>Das übergeordnete Ziel des Vorhabens ist es, insbesondere Photovoltaik- (PV) und Windenergieanlagen (WEA) für die Netz- und Systemführung in kritischen Netzsituationen sowie den Netzwiederaufbau (NWA) nutzbar zu machen. Dazu sollen Funktionen von und Maßnahmen für dezentrale Erzeugungsanlagen (DEA) bewertet, quantifiziert und für die Netz- und Systemführung derart aggregiert werden, dass diese DEA-Funktionen in kritischen Situationen wie auch dem NWA sinnvoll zur Verfügung gestellt werden können. Hierzu erfolgen parallel die Untersuchungen zur Erweiterung von Maßnahmen für den systemdienlichen Einsatz von DEA.</p>
UMZUG	01.02.2021- 31.01.2024	3.032.506 €	RWE Battery Solutions; Uni Magdeburg; TU Dresden ;	<p><b>Netzstabilität durch Momentanreserve in stromrichterdominierten Netzen</b></p> <p>Das Gesamtziel des Forschungsvorhabens ist eine Potentialanalyse für die Anwendung</p>

Projekt	Laufzeit	Bundesmittel/ Zuwendung	Projektpartner	Kurzbeschreibung
			Skeleton Technologies ; GE Grid	<p>von stromrichterdominierten Systemen zur Bereitstellung von systemstabilisierender virtueller Trägheit im Kontext des vermaschten Energiesystems und Regelleistungsmarktes. Dabei ist der Dreiklang aus virtueller Trägheit, Fehlerverhalten und Schwarzstartfähigkeit auszugestalten.</p> <p>Dabei soll als erstes Ziel, vor dem Hintergrund des Generator-Stromrichter-Systemwechsels, spezifiziert werden, welches Potential zur Frequenzstabilisierung aus der Einspeisung von Stromrichtersystemen, wie Batteriespeicher, Photovoltaikanlagen und Windenergieanlagen genutzt werden kann. Das zweite Ziel besteht in einer systemischen Betrachtung innerhalb des europäischen Verbundsystems erweitert um eine praktische, reale Analyse. Mit den Ergebnissen dieser Untersuchungen sollen Vorschläge für reale zukünftige systemrelevante Anforderungen für stromrichterbasierte Anlagen und neue system- und kostenoptimierte Regelleistungsmarktkonzepte eingebracht werden. Das dritte Ziel ist die Entwicklung neuartiger DC-DC-gekoppelter Systeme um für die virtuelle Trägheit die notwendige kurzfristige Energiemenge auch bei Windflauten resp. geringer Sonneneinstrahlung bereitzustellen. Dazu zählt unter anderem die Realisierung eines DC-DC-Konverters zur Kopplung diverser Speicherkomponenten an bestehende Stromrichtertechnik und Demonstration in einem Reallabor.</p>
Ven2US	01.09.2021-31.08.2024	5.405.300 €	Schleswig-Holstein Netz; amperias; LEW Verteilnetz; OMICRON electronics; PSI Software; SAE IT-systems; Siemens; RWTH Aachen;	<p><b>Vernetzte Netzschutzsysteme - Adaptiv und Vernetzt</b></p> <p>Durch die Integration dezentraler Erzeugungsanlagen (DEA) entstehen neue Einspeisepunkte in der Verteilnetzebene, die Rückspeisungen in die übergeordnete Netzebene hervorrufen können. Dadurch sind bereits täglich mehrmalige Netztopologieänderungen notwendig. Wenn im Zuge dieser nicht beherrschbaren</p>

Projekt	Laufzeit	Bundesmittel/ Zuwendung	Projektpartner	Kurzbeschreibung
			Uni Erlangen-Nürnberg; TU Hambrug	<p>Zustände für das vorhandene Schutzkonzept erkannt werden, muss sofort gehandelt und die DEA abgeregelt werden. Das Ziel des Forschungsprojekts VeN<sup>2</sup>uS ist die Entwicklung und Umsetzung eines adaptiven und vernetzten Netzschutzsystems, das im Fall von Leistungsflussverschiebungen und Topologieänderungen die Schutzparameter anpasst und den sicheren Betrieb gewährleistet. Dazu erfolgen zunächst die Entwicklung und Verifizierung eines adaptiven Netzschutzalgorithmuses. Parallel dazu werden resiliente und zuverlässige Kommunikations- und Schutzprüfkonzepte entwickelt. Im Anschluss erfolgt die Zusammenführung der Entwicklungspfade und die Verifikation des adaptiven und vernetzten Netzschutzsystems durch Demonstration im Labor und (deutschlandweit erstmalig) auch im Feldversuch. Dies gewährleistet, dass reale Herausforderungen der Inbetriebnahme und Netzführung adressiert werden. Mit den Ergebnissen aus Simulation und Praxis soll anschließend der Mehrwert des entwickelten Netzschutzsystems gegenüber dem konventionellen Bestandsschutz quantifiziert werden. Die Gesamtheit, der im Rahmen des Forschungsprojekts gewonnenen Erkenntnisse werden abschließend in Handlungsempfehlungen überführt. Die Ziele der Schleswig-Holstein Netz AG sind die Ermittlung der Anforderungen an die kommunikationstechnische Infrastruktur für (quer-)vernetzte adaptive Schutztechnik, die Optimierung der Arbeitsprozesse bei gleichzeitig höherer Verfügbarkeit und Effizienz des Netzes sowie die erfolgreiche Durchführung der Feldversuche und Ableitung von Erkenntnissen für die zukünftige Netzführung. Dazu erforscht die Schleswig-Holstein Netz AG entsprechende Netzschutztechnologien und beabsichtigt deren Erprobung</p>
WAFB 4.0	01.09.2021-31.08.2024	1.224.898 €	Fraunhofer IEE; Luna Innovations Germany	<b>Erhöhung der Übertragungskapazität im Stromnetz durch einen witterungsabhängigen Freileitungsbetrieb mittels datengetriebener und optischer</b>

Projekt	Laufzeit	Bundesmittel/ Zuwendung	Projektpartner	Kurzbeschreibung
				<p><b>Verfahren</b></p> <p>Wesentliches Ziel des beantragten Gesamtvorhabens ist es, neuartige Methoden und Algorithmen für einen WAFB (witterungsabhängiger Freileitungsbetrieb) zu entwickeln, welche eine flächendeckend erhöhte Durchleitungskapazität im deutschen Stromnetz ermöglichen. Hierbei steht die Entwicklung von Machine Learning (ML) Verfahren im Vordergrund, um bestehende Messinfrastrukturen der Netzbetreiber sowie bereits verfügbare meteorologische Mess- und Modelldaten intelligent zu kombinieren. Damit soll der bereits bei Netzbetreibern »theoretisch« vorliegende Informationsgehalt von Daten maximal ausgenutzt werden, um die witterungsabhängige Übertragungskapazität möglichst exakt vorhersagen zu können. Zudem soll der Mehrwert von faseroptischen Temperaturmessungen untersucht werden.</p>

## 4 Transformationspfad

**Übergang zu Prozessen.** Der Transformationspfad besteht aus Prozessen, die zur Umsetzung der Handlungsbedarfe eines Themenfeldes benötigt werden. In Abbildung 4-1 und Abbildung 4-2 werden die identifizierten Fragestellungen mit den auf Grundlage der in Kapitel 2 und 3 identifizierten Fragestellungen abgeleiteten Prozesse der Roadmap Systemstabilität in Verbindung gestellt. Die Prozesse selbst werden in der Roadmap Systemstabilität beschrieben. Folgende Prozesse wurden identifiziert:

### **Verbindende Prozesse der Systemstabilität:**

- V1 Festlegung übergeordneter Resilienzanforderungen des Systems in einem Branchenprozess
- V2 Anpassung und Klarstellung von Haftungsfragen und Kostenanerkennung für erweiterte Fähigkeiten und Investitionen von Netzbetreibern zur Wahrung der Systemstabilität
- V3 Transparente Ausweisung der Bedarfe und Prüfung einer gemeinsamen Bedarfsausweisung und dessen Etablierung über alle Themenfelder hinweg, insbesondere auf ÜNB-Ebene
- V4 Strukturierte Beschaffung der Systembedarfe. Bedarfsgerecht über Mindestanforderungen, Märkte oder VINK
- V5 Monitoring von Anlagenfähigkeit und Ermöglichung eines sinnvollen Zugriffs auf Anlagenfähigkeiten
- V6 Prozessdigitalisierung
- V7 Weiterentwicklung Stabilitätsanalysen und DSA-Systeme
- V8 Stützung des Systems durch „alle“ Netznutzer
- V9 Ermöglichung netzbildender Eigenschaften im Verteilnetz
- V10 Begleitende Studien und Forschungsbedarf

### **Stabilitätsprozesse Betriebsführung:**

- B1 Identifikation kritischer Faktoren und Netzzustände zur Sicherstellung der notwendigen Systemsicherheit
- B2 Prüfung / Weiterentwicklung (und ggf. Vereinheitlichung) des (n-1)-Prinzips
- B3 Prozess- und Toolentwicklung für Sichtbarkeit des Systemzustands und Echtzeitsteuerung (Datenaustausch)
- B4 Ausweitung / Robustheit des Datenaustausch zwischen Netzbetreibern
- B5 Beschleunigter Standardisierungsprozess für Zähler und Sensoren
- B6 Rechtssicherheit schaffen für präventives und kuratives Handeln der Netzbetreiber, um den Automatisierungsgrad zu erhöhen

### **Stabilitätsprozesse Netz- und Versorgungswiederaufbau:**

- NVWA1 Bedarfsbestimmung für gesicherte Leistung und Energie für den nationalen Netz- und Versorgungswiederaufbau je Region für Schwarzstartanlagen und Partneranlagen
- NVWA2 Neue gemeinschaftliche koordinierende Plattform (z.B. FNN-Expertennetzwerk „Netz- und Versorgungswiederaufbau“)
- NVWA3 Konzeption und Design von Rahmenbedingungen zu Aktivitäten für erweitertes Testen von Teilsystemen und Üben von Prozessen

- NVWA4 Festlegung Zielvorstellung „Verteilnetzinseln“ im Hinblick auf Anwendungsfall, Anzahl und Verteilung begleitet durch Potentialstudien
- NVWA5 Anreizsetzung im Rahmen des marktlichen Beschaffungskonzeptes zur Befähigung neuer + best. Anlagen -> Investitionen

		Prozesse																
		V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	B1	B2	B3	B4	B5	B6	
Frageste	B1	Muss der Systemschutzplan für Systembetrieb mit 100% EE-Einspeisung erweitert werden?	X										X					
	B2	Welche Indikatoren/Frühwarnsysteme im Betrieb gibt es heute? Welche zusätzlichen Echtzeitdaten wären zukünftig zur Bewertung erforderlich?						X					X		X			
	B3	Welche System- und Netzsicherheitsanforderungen bestehen in einem Systembetrieb mit 100% EE-Einspeisung? Wie sind diese zu gewährleisten?							X				X					
	B4	Wie wird die Qualität der notwendigen Daten für die Bewertung des Netzzustands und der Systemstabilität und daraus resultierender Folgeprozesse sichergestellt?						X							X	X	X	
	B5	Unter welchen Rahmenbedingungen erfolgt zukünftig der Datenaustausch?		X				X								X	X	
	B6	Wie kann die Möglichkeit der Höherauslastung von Netzbetriebsmitteln durch Normen und Standardisierung sichergestellt werden?										nacl		X				
	B7	In welcher Weise sind die Leitwarten, Tools, Prozesse der Systemführung weiterzuentwickeln? Welche zeitlichen Anforderungen ergeben sich beim kurativen Betrieb?					X	X	X		X			X	X	X		
	B8	Wie kann präventiv auf Lastflexibilitäten (z.B. Wärmepumpen, Elektrofahrzeuge, Brennstoffzellen, Elektrolyseure, Industriekunden) zugegriffen werden, um ein Lastmanagement evtl. mit Marktinstrumenten zu betreiben?		X							X				X		X	X
	B9	Welche Handlungsschritte sind für die Sicherstellung der Robustheit (IT-Sicherheit, Infrastruktur) des Gesamtsystems notwendig?						X								X		

Abbildung 4-1: Zusammenführung der Fragestellungen zu den Prozessen der Roadmap Systemstabilität – Betriebsführung

		Prozesse															
		V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	W1	W2	W3			
Frageste	W1	Ist die bisherige Vorgehensweise im NEP zur Bewertung der transienten Stabilität ausreichend oder ist eine Erweiterung notwendig?	X												X		
	W2	Wie kann der für einen stabilen Stromnetzbetrieb notwendige Mindestanteil/-bedarf spannungswinkelreferenzgebender, spannungswinkelnachführbarer sowie spannungswinkelstabilisierender Quellen quantifiziert werden?	X												X		
	W3	Mit welchen Winkeländerungen (bedingt durch Winkelsprünge und Frequenzänderungen) sowie mit welchen Winkeldifferenzen (Lastsituationen) an den verschiedenen Punkten im Stromnetz sowie an den Komponentenanschlussklemmen (z.B. von Stromrichtern) muss man rechnen und wie häufig sind diese?			X										X		X
	W4	Welche systemdienlichen Anforderungen zur Reduzierung transienter Winkeländerungen sind zukünftig gefordert?			X											X	
	W5	Durch welche technisch sinnvollen Optionen können die Bedarfe gedeckt werden?				X				X	X				X	X	
	W6	Wie können stromrichterbasierte Anlagen geeignet in die Bedarfsdeckung der Winkelstabilität einbezogen werden?				X					X				X	X	

Abbildung 4-2: Zusammenführung der Fragestellungen zu den Prozessen der Roadmap Systemstabilität – Netz- und Versorgungswiederaufbau

**Prozessarten.** Grundsätzlich kann unterschieden werden zwischen *verbindenden Prozessen der Systemstabilität* und *themenspezifischen Prozessen*. Verbindende Prozesse sind Prozesse, welche nicht einem Themenfeld exklusiv, sondern mehreren Themenfeldern zuzuordnen sind. Konkret handelt es sich um Prozesse, die themenfeldübergreifende Anpassungen, Weiterentwicklungen oder Festlegungen adressieren. Folglich ist die Prozessverantwortlichkeit teilweise auf mehrere Institutionen verteilt, da verbinden Prozesse mehrere einzelne Stabilitätsprozesse mit individueller Verantwortlichkeit bündeln. In dem Abschnitt Transformationspfad sind, konsistent zu den Themenpapieren der anderen Arbeitsgruppen, alle verbindenden Prozesse aufgeführt. Die Verknüpfung und Verzahnung zu den hier behandelten Fragestellungen können daher je nach Prozess mehr oder weniger stark sein. Neben den verbindenden Prozessen sind auch alle themenspezifischen Prozesse dieses Themenpapiers aufgeführt.

Die Details der Gesamtheit der Prozesse aller Themenfelder werden im Roadmap-Dokument vorgestellt und beinhaltet eine Beschreibung jedes Prozesses inklusive der dafür verantwortlichen Akteure und zeitlichen Aspekte der Umsetzung.

## Offene Punkte und Schnittstellen zu anderen AG/KG

**Diskussionstand.** Dieses Dokument ist ein Arbeitsdokument und gibt einen Diskussionstand wieder. Daher dient dieses Kapitel zur Sammlung der offenen Punkte zum jeweiligen Bearbeitungszeitpunkt, die in der Weiterbearbeitung berücksichtigt werden sollen. Auf die Schnittstellen zu anderen Arbeits- und Kerngruppen sollte im Dokument bei den entsprechenden Inhalten verwiesen werden.

- Wichtige Punkte, die noch aufgekommen sind aber nicht direkt in die Kerngruppe passen
- Verschneidung/Schnittstelle zu anderen Kerngruppen und AGs
- Verwandte Themen
- Themenspeicher

### **Aus Sicht Kerngruppe Betriebsführung:**

- Schnittstellen zu AG 2 und 3 beim Thema Dynamic Stability Assessment (DSA) zur Entwicklung von Tools bzw. Prozessen in der Systemführung und einem möglichen kurativen Betrieb.
- Schnittstellen zu AG 1 bei der Fragestellung zur präventiven Laststeuerung bzw. Lastmanagement

### **Aus Sicht der Kerngruppe Netz- und Versorgungswiederaufbau:**

- AG1, AG2, AG3: Systembedarfe für den Netz- und Versorgungswiederaufbau sind hinsichtlich Menge, Lokalisierung und zeitliche Entwicklung in Vergleich zu den für den regelhaften Verbundnetzbetrieb und Störfälle erforderlichen Größenordnung zu setzen. Tendenziell weisen die kleineren Teilsysteme im Netz- und Versorgungswiederaufbau relativ größere Bedarfe auf – die Effizienzgewinne durch den Verbundbetrieb gehen ggf. verloren. Ob die zukünftigen bemessungsrelevanten Störfälle (z.B. Systemsplit) den Netz- und Versorgungswiederaufbau mit abdecken ist zu klären.
- Bzgl. AG4 Kerngruppe Betriebsführung werden folgende Schnittstellen gesehen:
  - Werkzeuge und Systeme, die nicht im alltäglichen Einsatz sind, funktionieren im Zweifel im Bedarfsfall nicht und erzeugen Zusatzkosten. Synergien und das Mitdenken der Rahmenbedingungen des Netz- und Versorgungswiederaufbaus sind anzustreben.
  - Die aktive Handhabung von Energiemangellagen zwischen Normalbetrieb und Netz- und Versorgungswiederaufbau sollte synchronisiert werden.

## Executive Summary Netz- und Versorgungswiederaufbau

Die AG hat den Diskussionsstand im Folgenden noch punktiert zusammengefasst. Hierzu wurden die aus Sicht der Gruppe größten Herausforderung gelistet, sowie Kernbotschaften der Diskussion formuliert. Darauf aufbauend wurde ein erster Lösungsvorschlag erarbeitet sich der Thematik zu nähern. Dieser soll als Input zur Erstellung der Roadmap Systemstabilität dienen.

### Größte identifizierte Baustellen:

1. Gesicherte Leistung und Energie für den nationalen Netz- und Versorgungswiederaufbau: 100% EE & Dunkelflaute
  - Ablösung Schwarzstartanlagen
  - Umfassende Versorgung der Kunden
2. Schwarzstart und Netzwiederaufbau im Übertragungsnetz absichern
3. Kooperativen Versorgungswiederaufbau ermöglichen: Befähigung des verteilten Systems durch angemessene Befähigung aller Teilsysteme (ÜNB, VNB, Telekommunikationsnetze, Anlagen)
4. Netz- und versorgungswiederaufbau-dienliche Befähigung neuer und bestehender Anlagen (Erzeuger, Speicher, Verbraucher)
5. Inseln auf Verteilnetzebene als Option zur Resilienzerhöhung
6. Erweitertes Testen von Teilsystemen und Üben von Prozessen

### Herausgearbeitet wurden jeweils:

- Herausforderungen heute und zukünftig
- Handlungsbedarf Politik / Regulierung
- Handlungsbedarf Branche (ÜNB, VNB, Telekommunikationsnetze, Anlagen)
- Handlungsbedarf Forschung
- Prozesse, bestehend + Bedarf

### Botschaften:

1. Es muss investiert werden, um den Netz- und Versorgungswiederaufbau auch während und nach der Transformation zu 100% EE und trotz herbeigeführtem Wandel (z.B. Kohleausstieg) noch zu beherrschen
2. Alle Akteure im System (ÜNB, VNB, TK-Netze, Anlagen = Erzeuger, Speicher, Lasten) sehen einen dringlichen gemeinsamen koordinierten Handlungsbedarf
  - inklusive Politik und Regulator
  - unter Rückgriff auf die Forschung
3. Hausaufgaben sind klar herausgearbeitet
4. Gleichwohl teilweise schwierig, den Weg zur Zielerreichung & Verantwortliche zu benennen

**Es wird der Vorschlag gemacht**, zwei Gremien zur Schaffung eines gemeinsamen Verständnisses der Erfordernisse und zum kontinuierlichen Management von Leitbild, Konzepten,

Bedarfsermittlung, Prozessen, Anforderungen, Forschungsaktivitäten sowie Fortschrittsmonitoring etc. zu etablieren:

1. Stakeholder-Gremium bzw. Branchenprozess „Netz- und Versorgungswiederaufbau“ z.B. unter Leitung BMWK/BNetzA  
in enger wechselseitiger Interaktion mit
2. FNN-Expertennetzwerk „Netz- und Versorgungswiederaufbau“

#### **Was hemmt eine Umsetzung wesentlich?**

- 1. Fehlende Refinanzierung oder Anreize / Vermeidung individueller Nachteile:**
  - z.B. Beanreizung von präventiver Investition in Anreizregulierung
  - z.B. Umsetzung Merkmale in Anlagen: Refinanzierung Pflichten / Anreize
- 2. Fehlender Fast-Track für eine Umsetzung der Erkenntnisse in die Praxis**  
(mehrjährige Verzögerungen) auch für No-Regret- und Quick-Win-Aspekte:
  - z.B. Dauer etablierter Prozesse Normung / Regelsetzung (national / EU)
  - z.B. Dauer bis zur Wirksamkeit von Anreizsystemen
  - z.B. durch Wertung von Maßnahmen als Betriebsaufwand in Anreizregulierung

**Hochaufwändige Mechanismen/Prozesse** zum Nachweis der Notwendigkeit von Maßnahmen selbst für No-Regret- und Quick-Win-Aspekte

## Literaturverzeichnis

- [1] E. Kommission, „Verordnung (EU) 2017/1485 zur Festlegung einer Leitlinie für den Übertragungsnetzbetrieb,“ 2017.
- [2] Verbundprojekt, „Innovation in der Systemführung bis 2030,“ 2022.
- [3] Deutsche Übertragungsnetzbetreiber, 2021. [Online]. Available: [https://www.netztransparenz.de/portals/1/%c3%9cNB-DeutschesGrenzwertkonzept\\_2021111.pdf](https://www.netztransparenz.de/portals/1/%c3%9cNB-DeutschesGrenzwertkonzept_2021111.pdf). [Zugriff am 8. September 2023].
- [4] Deutsche Übertragungsnetzbetreiber, 2022. [Online]. Available: [https://www.netztransparenz.de/portals/1/%C3%9CNB-Glossar\\_Planung%20und%20Betrieb\\_202206.pdf](https://www.netztransparenz.de/portals/1/%C3%9CNB-Glossar_Planung%20und%20Betrieb_202206.pdf). [Zugriff am 8. September 2023].
- [5] Deutscher Bundestag, 2021. [Online]. Available: <https://dserver.bundestag.de/btd/19/325/1932590.pdf>. [Zugriff am 8. September 2023].
- [6] Projektträger Jülich (Herausgeber), „Forschungsroadmap Systemdienstleistungen,“ März 2020.
- [7] RWTH Aachen, „Netzbetriebsmittel und Systemdienstleistungen im Hoch- und Höchstspannungsnetz,“ Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, 2021.