

4.5 Blaupause 12: Dauerhafter Betrieb eines Inselnetzes im Verteilnetz mittels dezentraler Erzeugung und Energiemanagement

Blaupause	
Zielgruppen	<ul style="list-style-type: none"> ■ Netzbetreiber ■ Forschung ■ Regulator/ Gesetzgeber
Ausgangslage und Problemstellung	<p>Nach einem Schwarzfall des Stromnetzes infolge einer Großstörung kann durch Inselnetzbildung im Verteilnetz die vorübergehende (Not-) Versorgung von Verbrauchern ermöglicht werden. Durch die zunehmende Durchdringung mit dezentraler Erzeugung finden sich in vielen Verteilnetzen die notwendigen Ressourcen, um einen Inselnetzbetrieb zu ermöglichen. Aufbau und Betrieb eines Inselnetzes erfordern neue technische und organisatorische Lösungen sowie Konzepte, die auf die lokalen Gegebenheiten angepasst sind.</p>
Lösungsansatz	<p>In SINTEG konnte gezeigt werden, dass der dauerhafte Inselnetzbetrieb eines Verteilnetzes auf Basis von Energiemanagementsystemen möglich ist. Die entwickelte Lösung ermöglicht im Zusammenspiel von dezentralen Ressourcen und lastseitigen Anpassungen den Inselnetzbetrieb bei variablem Versorgungsniveau. Bis hinunter auf die Haushaltsebene konnte der Inselnetzbetrieb und die gezielte Wiedersynchronisation mit dem Verteilnetz demonstriert werden. Ergänzend wurden Erkenntnisse über die technischen Anforderungen an die Schwarzstartfähigkeit von Erzeugungsanlagen im Verteilnetz erlangt, bspw. zur notwendigen Parametrierung von technischen Anlagen.</p>
Einordnung in Prozessschema der Flexplattformen	<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; text-align: center;"> <p>Systemdienstleistungen</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 45%;"> <p>SDL für den ungestörten Betrieb</p> <div style="background-color: #f0f0f0; padding: 5px; margin-bottom: 5px; text-align: center;">Frequenzhaltung</div> <div style="background-color: #f0f0f0; padding: 5px; margin-bottom: 5px; text-align: center;">Spannungshaltung</div> <div style="background-color: #f0f0f0; padding: 5px; text-align: center;">Betriebsführung und Netzengpassmanagement</div> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 45%;"> <p>Zusätzliche SDL für den gestörten Betrieb</p> <div style="background-color: #e0f0e0; padding: 5px; margin-bottom: 5px; text-align: center;">Versorgungswiederaufbau</div> <div style="background-color: #e0f0e0; padding: 5px; margin-bottom: 5px; text-align: center;">Schwarzstartfähigkeit</div> <div style="background-color: #e0f0e0; padding: 5px; text-align: center;">Inselnetzfähigkeit</div> </div> </div> </div>
Technologiereifegrad	<div style="text-align: center; margin-bottom: 5px;"> 1 2 3 4 5 6 7 8 9 </div> <p>TRL 3 – 6: Von z. T. für einzelne Elemente der Technologie/Verfahren/o. Ä. wurde ein Funktionsnachweis im Labor/in einer Versuchsumgebung erbracht bis zu z. T. Demonstrationsanlage/-konzept in anwendungsähnlicher Umgebung funktioniert.</p>
Eingeflossene SINTEG-Aktivitäten	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center; margin-bottom: 5px;"> </div> <ul style="list-style-type: none"> ■ LabNoir ■ Aktivitäten der SW Kassel ■ KIWI
Innovationsgehalt	<ul style="list-style-type: none"> ■ Für den Inselnetzbetrieb notwendige Einzellösungen wurden untersucht und deren Zusammenspiel im Gesamtsystem analysiert. Es wurden innovative Inselnetzkonzepte simulativ demonstriert, die auch bei volatiler Erzeugung und dynamischem Lastniveau den Inselnetzbetrieb ermöglichen.



Bedingungen für Übertragbarkeit und Skalierbarkeit

- Übertragung erfordert technische Ertüchtigung des Verteilnetzes (Anpassung an Erzeuger und Netzinfrastruktur, Steuerbarkeit der Verbraucher, IKT und Energiemanagementsystem).
- Anpassung des regulatorischen Rahmens notwendig (Anpassung der Anreizregulierung, um notwendige Investitionen in Schwarzstart-/Inselnetzfähigkeit anzureizen; Entwickeln eines regulatorischen Rahmens für eine Lastpriorisierung im Inselnetzbetrieb).
- Mittel- bis langfristige Skalierung hängt entscheidend von Durchdringung der Verteilnetze mit steuerbaren und volatilen Erzeugern ab.

PROBLEMSTELLUNG

Nach einem Schwarzfall des Stromnetzes infolge einer Großstörung kommt dem zügigen und verlässlichen Netzwiederaufbau eine äußerst hohe Bedeutung zu. Eine mögliche Maßnahme, um die vorübergehende Versorgung von Verbrauchern auch im Fall einer längerfristigen Großstörung im Übertragungsnetz sicherzustellen, ist der Inselnetzbetrieb auf Verteilnetzebene. Hierdurch kann der Zeitraum bis zur Behebung der Störung und dem Netzwiederaufbau aus der Übertragungsebene überbrückt werden. Durch die zunehmende Durchdringung mit dezentraler Erzeugung finden sich in vielen Verteilnetzen die notwendigen Ressourcen, um einen Inselnetzbetrieb zu ermöglichen. Zudem werden perspektivisch ab Mitte der 2030er Jahre nicht ausreichend schwarzstartfähige Großkraftwerke zur Verfügung stehen, so dass neue schwarzstartfähige Anlagen benötigt werden (DESIGNETZ, 2021c, S. 407).

Aufbau und Betrieb eines Inselnetzes im Verteilnetz gehen mit einer Reihe organisatorischer und technischer Herausforderungen einher. Ebenso wie im Verbundsystem müssen auch im Inselnetz die grundlegenden Systemdienstleistungen der Frequenz- und Spannungshaltung erbracht werden. Der Ausgleich von Wirk- und Blindleistungsbilanz muss dabei unter Ausnutzung der vorhandenen Erzeuger- und Laststruktur durchgeführt werden. Die Erzeugerstruktur kann sehr vielfältig sein, von einzelnen regelbaren EZA, wie bspw. einem Heizkraftwerk (HKW), bis hin zu dezentralen und teils volatilen Erzeugern. Aufgrund begrenzter Erzeugungskapazitäten oder volatiler Einspeisung ist ggf. auch keine dauerhafte Vollversorgung möglich. In Konsequenz müssen Wirk- und Blindleistungsbilanz auch lastseitig angepasst werden. Konzepte für den Inselnetzbetrieb müssen also stets an die lokalen Gegebenheiten angepasst sein. In jedem Fall setzt Inselnetzfähigkeit jedoch eine Ertüchtigung vorhandener Infrastruktur voraus. Dabei können erhebliche Kosten anfallen, die nicht durch den aktuellen Rahmen der Anreizregulierung gedeckt sind. Eine Abwägung auf systemischer Ebene zwischen den Vorteilen eines erhöhten Niveaus der Versorgungssicherheit und den zusätzlich entstehenden Kosten steht noch aus.

AUSSERHALB VON SINTEG ERREICHTER KENNTNIS- UND ENTWICKLUNGSSTAND

Die Inselnetzfähigkeit von Verteilnetzen als Notfallmaßnahme wurde bereits im Vorfeld von SINTEG simulativ untersucht und in Feldversuchen erprobt. Nennenswerte Projekte sind:

- **Forschungsprojekt „Cell Controller Pilot Project“** in Dänemark (2005–2011) (Energinet.dk, 2011): Untersucht wurde die Bereitstellung von Systemdienstleistungen aus dem Verteilnetz an das Übertragungsnetz, Regelungskonzepte für regionale Zellen und Inselnetzbetrieb der Zelle sowie Wiedersynchronisation mit dem Verbundnetz.
- **Forschungsprojekt „LINDA - Lokale Inselnetzversorgung und beschleunigter Netzwiederaufbau mit dezentralen Erzeugungsanlagen bei großflächigen Stromausfällen“** in Deutschland (2015–2018) (Kerber et al., 2016): Untersucht wurde die Versorgung kritischer Infrastrukturen im Inselnetzbetrieb, sowie die Auswirkungen von volatilen, dezent-

ralen Einspeisern auf die Stabilität des Inselnetzes. Simulation zu dynamischem Netzverhalten und Feldversuche.

- **Forschungsprojekt „IREN2–Integration regenerativer Energiesysteme“** in Deutschland (2014–2018) (Allgäuer Überlandwerke & IREN2): Simulation und Feldversuch der Erbringung von Systemdienstleistungen sowie Realisierung des Inselnetzbetriebes im Energiedorf Wildpoldsried (Microgrid).
- **Forschungsprojekt „SORGLOS“ der TU Wien (2013-2015)** (TU Wien, JKU Linz, Netz Oberösterreich & Vorarlberger Energienetze, 2015): Untersucht wurde der stabile Inselnetzbetrieb eines Verteilnetzes mittels erneuerbarer Energiequellen und intelligenter Systemlösungen als Mittel der Notversorgung. Techno-ökonomische Analyse, Entwurf von Regel- und Betriebsführungsalgorithmen.
- **Forschungsprojekt „PolyEnergyNet“ (2014-2017)**: Untersucht wurde, wie auf Basis dynamischer Microgrids in der NS die Resilienz verbessert werden kann. Ergebnisse des Projektes bildeten eine Grundlage für DESIGNETZ (Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz [DFKI], 2021).
- **Forschungsprojekt „Konzeptbaukasten für regionale Inselnetze zur Notstromversorgung (KARIN)“**: Untersucht wurden Konzepte für lokale Notversorgung im Inselnetz unter Einbeziehung dezentraler Erzeugung. Projektergebnisse bildeten Grundlage für DESIGNETZ (KIWI).
- **Forschungsprojekt „NETZ:KRAFT – Netzwiederaufbau unter Berücksichtigung zukünftiger Kraftwerksstrukturen“** (2015-2018): Untersucht wurde neben Netzwiederaufbaukonzepten unter Berücksichtigung erneuerbarer Energien die Möglichkeit mit Hilfe dezentraler Erzeugung Inselnetze auf Verteilnetzebene zu betreiben, um Ausfallzeiten der Versorgung zu verringern (Fraunhofer IEE, 2019).

IN SINTEG AUFGEZEIGTE WEITERFÜHRENDE LÖSUNGSANSÄTZE BZW. ALTERNATIVE LÖSUNGSANSÄTZE

Die Inselnetzfähigkeit eines Verteilnetzes beruht auf der Nutzung vielfältiger technischer Einzellösungen im Netz, dargestellt in Abbildung 22. Diese Einzellösungen wurden in SINTEG untersucht und ihr Zusammenspiel im Inselnetzbetrieb simulativ demonstriert. Dadurch konnte die prinzipielle, technische Umsetzbarkeit eines dauerhaften Inselnetzbetriebes im Verteilnetz gezeigt werden. Wenngleich Inselnetzkonzepte bisher erst anhand spezifischer Fallstudien demonstriert wurden, werden die SINTEG-Erkenntnisse als Blaupause aufgenommen. Die SINTEG-Lösungen knüpfen an bestehende Forschungen an, entwickeln sie konsequent fort und erweitern sie um innovative Aspekte.

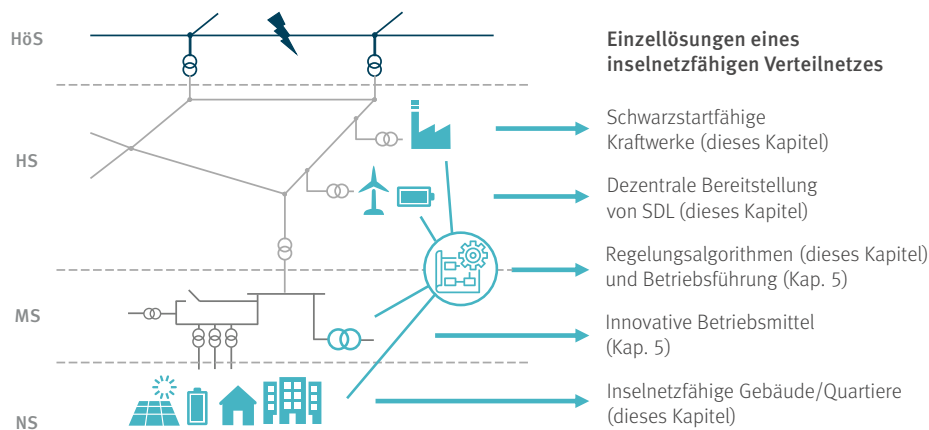


Abbildung 22: In SINTEG untersuchte Elemente eines Inselnetzfähigen Verteilnetzes

Im Einzelnen wurden von den Schaufenstern folgende Lösungen erarbeitet:

- **Ertüchtigung zur Schwarzstartfähigkeit konventioneller Kraftwerke:** Im Schaufenster C/sells untersuchten die SW Kassel die Schwarzstartfähigkeit eines Müllheizkraftwerkes simulativ. Ebenso wurde der Inselnetzbetrieb auf Basis dieses schwarzstartfähigen KWS untersucht. Dabei konnten Herausforderungen identifiziert werden, die mit der Übertragung der Ergebnisse in die Praxis verbunden sind. Bspw. entstehen Unsicherheiten, da das Lastverhalten nach einem Schwarzfall schwer zu prognostizieren ist. Eine weitere Herausforderung stellt das notwendige Umparametrieren von Generatoren, Netzbetriebsmitteln und Schutzgeräten dar.
- **Steuerungskonzepte für den Inselnetzbetrieb:** Im Schaufenster DESIGNETZ wurden im Rahmen des Teilprojektes KIWI verschiedene Inselnetzkonzepte untersucht. Es wurde gezeigt, dass mittels Energie- und Leitungsmanagement unter Nutzung von Speichern und volatiler Erzeugung ein stationärer Inselnetzbetrieb des Verteilnetzes von mindestens 24h Dauer bewerkstelligt werden kann (durchschnittliche simulierte Betriebsdauer 78h, in 70 % der Szenarien wurde ein Inselnetzbetrieb >24h verwirklicht). Weiterhin wurden Anforderungen und Rahmenbedingungen für den Inselnetzbetrieb festgelegt, das Wiederversorgungskonzept simuliert und Handlungsempfehlungen abgeleitet. Fokus lag dabei auf dem Energiemanagement bei veränderlicher Netztopologie und dem Handhaben (ungeplanter) Änderungen in der Leistungsbilanz. (DESIGNETZ, 2021c, S. 287–292)
- **Gesteuerte Resynchronisation Inselnetzfähiger Gebäude:** Im Schaufenster C/sells (Autonomielab Laimen/LabNoir) wurde die durch den Verteilnetzbetreiber (Stadtwerke Schwäbisch Hall) gesteuerte Wiedersynchronisation eines Microgrids mit dem Verbundnetz demonstriert. Nach simuliertem Schwarzfall des Verteilnetzes wurde im Microgrid (zwei Gebäude, die vom Netz getrennt wurden) mit Hilfe von Batteriespeichern ein Inselnetz aufgebaut. Die automatisierte Resynchronisation des Inselnetzes mit dem Verbundnetz wurde über die Steuerbox durch den Netzbetreiber ferngesteuert. Dabei findet kein Schwarzfall des Inselnetzes bzw. Microgrids statt. Aus Netzbetreibersicht ergibt sich der Vorteil einer geordneten Zuschaltung von Lasten und damit eine Vereinfachung des Versorgungswiederaufbaus. Die vorhandenen Batteriespeicher können nach Resynchronisation ggf. sogar netzstützend wirken. Neben der iMSys-Infrastruktur (Kommunikationsanschluss, SMGW, Steuerbox) ist für Inselnetzfähigkeit und Fernschaltung zusätzlich eine

Trenneinrichtung notwendig.⁴⁵ In C/sells wurde zudem durch das IEH/Uni Stuttgart auch die Steuerung eines inverterbasierten Microgrids für Inselnetzbildung und Resynchronisation untersucht und Richtlinien/Normen für den Inselnetzbetrieb abgeleitet (C/sells, 2021, S. 207).

- Weitere Einzellösungen eines inselnetzfähigen Verteilnetzes werden in den in Abbildung 22 vermerkten Kapiteln besprochen.

Der Erkenntnisgewinn von SINTEG liegt damit in der Identifikation spezifischer Herausforderungen für die Ertüchtigung zur Schwarzstartfähigkeit von Kraftwerken. Erkenntnisse liegen zudem in Entwicklung und Erprobung von Energiemanagementsystemen, die im Zusammenspiel von dezentralen Ressourcen, lastseitigen Anpassungen und Anpassungen der Netztopologie einen dauerhaften Inselnetzbetrieb ermöglichen. In jedem Fall setzt Inselnetzfähigkeit eine Ertüchtigung vorhandener Infrastruktur im Verteilnetz voraus. Die notwendigen Maßnahmen müssen dabei stets auf die vorliegende Erzeuger- und Verbraucherstruktur sowie Netztopologie angepasst werden.

Für den dauerhaften Inselnetzbetrieb sind ausgeglichene Wirk- und Blindleistungsbilanzen notwendig. Diese können entweder im Rahmen von Vollversorgung oder bei einem verringerten Versorgungsniveau erreicht werden. Eine dauerhafte Vollversorgung kann nur dann sichergestellt werden, wenn regelbare Erzeugungskapazität in Höhe des maximalen Lastniveaus vorhanden ist. Ist dies nicht der Fall, kann ein Energiemanagementsystem zum Einsatz kommen, welches die Lastseite dem vorhandenen Erzeugungsniveau anpasst. Beide Ansätze können ergänzend zum Einsatz kommen: die Vollversorgung wird weitestmöglich angestrebt und erst wenn diese nicht mehr garantiert werden kann, wird übergegangen auf eine Teilversorgung mit Priorisierung von Lasten / Endkunden. Die SINTEG-Projekte verdeutlichten zudem, dass im Inselnetzbetrieb Reserveleistung vorgehalten werden muss, um unvorhergesehene Lastschwankungen ausgleichen zu können. Auch für den Schwarzstart des Netzes sind zusätzliche Anlagen nötig, um den hohen Blindleistungsbedarf decken zu können.

Neben regelbarer Erzeugung können Speicher und dezentrale, volatile Erzeugung zur Lastdeckung beitragen und ein hohes Versorgungsniveau garantieren. Bei Inselnetzkonzepten, die auf einer steuerbaren EZA beruhen, werden dezentrale Erzeuger abgeschaltet, um die Regelung des Inselnetzes zu erleichtern. Sollen dezentrale Erzeuger jedoch zur Lastdeckung beitragen, müssen diese sich entweder entsprechend der Netzfrequenz selbst regeln oder fernwirktechnisch angebunden sein und in ein zentrales Energiemanagementsystem auf Inselnetzebene eingebunden werden. Die Ergebnisse des KIWI-Projektes zeigen, dass alle Erzeuger auf MS-Ebene steuerbar sein müssen.

Speicher können für den Inselnetzbetrieb eine zentrale Rolle einnehmen, indem sie nicht nur volatile Erzeugung ausgleichen, sondern bei geeigneter Steuerung und Leistungselektronik auch wichtige Funktionen der Netzführung übernehmen (Funktion eines Netzbildners). Das KIWI-Projekt zeigte, dass schwarzstartfähige Batteriespeicher Leistungsänderungen im Inselnetz bis zu 100 % der Nennleistung abfedern und damit den Inselnetzbetrieb aufrechterhalten können.

Eine lastseitige Anpassung von Wirk- und Blindleistungsbilanz ist einerseits über Schaltvorgänge im Netz möglich, die zugleich eine Vielzahl von Verbrauchern zu- oder abschalten.

⁴⁵ Siehe auch Synthesefeld 1, Blaupause Hebung kleinteiliger Flexibilitäten in Gebäuden, Abschnitt 2.3

Andererseits können mittels Energiemanagementsystem einzelne Verbraucher (bspw. inselnetzfähige Gebäude) geschaltet und der Verbrauch dem Dargebot angepasst werden. Für die gezielte Teilversorgung ist in jedem Fall die Priorisierung von Verbrauchern notwendig. Simulativ konnte in SINTEG (KIWI-Projekt) gezeigt werden, dass durch flexible Zu- und Abschaltung von Netzsträngen der dauerhafte Inselnetzbetrieb über Zeiträume länger als eine Woche möglich ist.

INNOVATIONSGEHALT

In SINTEG konnten Erkenntnisse zum dynamischen Verhalten von Inselnetzen gewonnen werden. Diese sind Voraussetzung für einen dauerhaften Inselnetzbetrieb unter Nutzung volatiler erneuerbarer Erzeugung. Vorgängerprojekte beschränkten sich auf die Vollversorgung von Inselnetzen ohne dynamische Anpassung des Lastniveaus.

Wegen der Beschränkung auf simulative Untersuchungen zum dauerhaften Inselbetrieb eines Verteilnetzes stellen die SINTEG-Ergebnisse einen inkrementellen Schritt in Richtung technischer Anwendung dar. Für praktische Implementierungen sind weitere Anstrengungen erforderlich (siehe Abschnitt zu weiteren Entwicklungsmöglichkeiten).

WEITERE ENTWICKLUNGSMÖGLICHKEITEN

In einem weitergehenden Schritt müssen die Konzepte in der Praxis demonstriert werden. Eine besondere Herausforderung stellt dabei der Schwarzstart des Verteilnetzes dar. Ein wesentlicher Grund hierfür ist der gegenüber dem regulären Verbundbetrieb deutlich erhöhte Blindleistungsbedarf während des Netzwiederaufbaus. Weiterhin kann das Lastverhalten beim Schwarzstart nur schwer prognostiziert werden und es sind höhere Lastgradienten zu erwarten als dies im Inselnetzbetrieb der Fall ist. Anpassungen von Netz- und Verbraucherstruktur sind damit nicht nur im Betrieb, sondern auch bereits beim Aufbau des Inselnetzes notwendig. Herausfordernd ist auch die ggf. notwendige (dynamische) Umparametrierung von Erzeugern/Generatoren, Netzbetriebsmitteln und Schutzgeräten. Diese kann für einen Schwarzstart notwendig sein, ebenso beim Übergang vom Synchronbetrieb in den Inselnetzbetrieb oder umgekehrt.

BEDINGUNGEN FÜR ÜBERTRAGBARKEIT UND SKALIERBARKEIT

Um den Inselnetzbetrieb im Verteilnetz verwirklichen zu können, sind Anpassungen der vorhandenen Infrastruktur notwendig. Das Verteilnetz muss nicht nur zum Inselnetzbetrieb, sondern damit einhergehend auch zum Schwarzstart befähigt werden – wobei Letzteres mit höheren technischen Anforderungen einhergeht (siehe auch Weitere Entwicklungsmöglichkeiten). Maßnahmen zur Befähigung zum lokalen Netzwiederaufbau, also Schwarzstartfähigkeit und Inselnetzbetrieb, müssen stets an Gegebenheiten eines konkreten Verteilnetzes angepasst werden. Zu berücksichtigende allgemeine, technische Voraussetzungen sind dabei (DESIGNETZ, 2021c, S. 288):

- Leittechnik und IKT-Infrastruktur und schwarzfallfeste Kommunikationsverbindungen für fernsteuerbare Netzbetriebsmittel sowie Erzeuger und Lasten;
- zentrale sowie ggf. dezentrale Energiemanagementsysteme für die Koordination von Erzeugung und Last;

- flexible, anpassbare Netzstruktur, wie bspw. in Abschnitte aufteilbare Netzstränge;
- Vorhandensein eines Netzbildners (regelbare EZA oder Batterie mit netzbildendem Wechselrichter);
- schwarzstart- und inselnetzfähige Erzeugungsanlagen (Beitrag zur Netzfrequenz- und Spannungsregelung, robust gegen Änderungen von Wirk- und Blindleistungsbedarf, also Änderungen von Frequenz, Phasenwinkel und Spannung);
- eine für den Inselnetzbetrieb ausgelegte Parametrisierung von EZA, Netzbetriebsmitteln und Schutzgeräten, d. h. nicht zuletzt eine dynamische Anpassung der Parametrisierung beim Übergang vom Verbund- in den Inselnetzbetrieb.

Aufgrund der technischen Anforderungen wird ein Inselnetzkonzept stets für den konkreten Anwendungsfall zugeschnitten werden müssen. Für die Beurteilung der Skalierbarkeit eines spezifischen Inselnetzkonzeptes, zugeschnitten auf die vorhandene Erzeuger- und Netzstruktur, sind belastbare methodische Ansätze für die erforderlichen wirtschaftlichen Abwägungen notwendig. Folgende, generelle Einordnung der Konzepte Vollversorgung und Teilversorgung im Inselnetzbetrieb lässt sich ableiten:

- Vollversorgung im Inselnetzbetrieb lässt sich in der Regel nicht wirtschaftlich umsetzen, da ein Mangel an ausreichend gesicherter Erzeugungskapazität im Verteilnetz herrscht. Zubau und Vorhaltung von Erzeugungsüberkapazitäten oder großskaligen Energiespeichern ausschließlich zu diesem Zweck würden hohe Investitionen erfordern, sowie Ineffizienzen im Betrieb nach sich ziehen. Die Skalierbarkeit dieses Ansatzes ist damit begrenzt auf städtische Verteilnetze mit bereits vorhandener, gesicherter Erzeugung.
- Priorisierung und Teilversorgung von Lasten auf Basis vorhandener Erzeugungskapazitäten hingegen kann bei geringeren Investitionskosten umgesetzt werden. Dadurch wird in der mittleren bis langen Frist bei steigender Durchdringung mit EE gute Skalierbarkeit des Ansatzes erreicht – begrenzend wirkt hierbei jedoch die erhöhte Komplexität der Umsetzung. In jedem Fall fallen Kosten für die Ertüchtigung der Netzinfrastruktur und Erzeugungsanlagen an. In Bezug auf die Schwarzstartfähigkeit ist es sinnvoll, gezielt geeignete Erzeugungsanlagen auszuwählen, anstatt alle dezentralen Erzeuger schwarzstartfähig zu machen.

Unter den gegebenen regulativen Rahmenbedingungen ist nicht davon auszugehen, dass Netzbetreiber die erforderlichen umfangreichen Investitionen in die Leittechnik tätigen, um einen Inselnetzbetrieb zu ermöglichen. Eine Anpassung der Anreizregulierung ist für die Skalierung des Ansatzes damit unerlässlich, um die notwendigen Investitionen zu ermöglichen. Neben genannten technischen Voraussetzungen der Übertragbarkeit des Ansatzes erfordert der Inselnetzbetrieb mit flexiblem Versorgungsniveau auch die Priorisierung von Lasten. Hierfür muss unter Einbindung der Branche ein entsprechender regulatorischer Rahmen entwickelt werden. Darüber hinaus müssen Koordination und Prozesse für den Inselnetzaufbau und ggf. die Wiedersynchronisation mit dem Verbundnetz im Zusammenspiel von ÜNB und VNB geklärt werden. Hierfür bietet sich ein Branchenprozess an. In der weiteren Entwicklung von Lösungen für den temporären Inselnetzbetrieb werden unweigerlich auch Aspekte berührt, die im Rahmen der europäischen Netzkodizes reguliert werden. Für eine großtechnische Anwendung außerhalb SINTEGs sind also Abstimmungsprozesse auf deutscher und europäischer Ebene erforderlich.

HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

Die Entwicklung und praktische Erprobung von systemischen Lösungen zur Inselnetzbildung und Schwarzstartfähigkeit von Verteilnetzen in Deutschland ist nach wie vor weitgehend Neuland. In einem nächsten Schritt gilt es, an die SINTEG-Ergebnisse anzuknüpfen, indem reproduzierbare Ansätze ausgearbeitet werden, die unter unterschiedlichen Bedingungen (Erzeuger-, Last-, Netzstruktur) zum Einsatz kommen können. Hierfür bieten sich Forschungsvorhaben an, die auf Basis repräsentativer Netzmodelle Inselnetzkonzepte untersuchen. Nur mit einer derartigen ‚Standardisierung‘ ist eine Wiederverwertung, die über Einzelfallstudien hinausgeht möglich. Angesichts der Komplexität der technischen und organisatorischen Fragen scheint es sinnvoll, interessierte Akteure zusammenzubringen und einen konsistenten Fahrplan für die weiteren Schritte zu erarbeiten. Im Rahmen dessen sollte durch den Gesetzgeber geprüft werden, ob durch Inselnetzfähigkeit systemische Vorteile generiert werden können.