dena
Deutsche Energie-Agentur

dena-INNOVATIONSREPORT

Systemdienstleistungen

Aktueller Handlungsbedarf und Roadmap für einen stabilen Betrieb des Stromsystems bis 2030

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung
Der Innovationsreport analysiert den aktuellen Stand und die Zukunftsfähigkeit von Systemdienstleistungen. **S. 4 – 5**

Einleitung
Definition von Systemdienstleistungen und der wichtigsten Systemdienstleistungsprodukte **S. 6 – 15**

Die Energiewende stellt neue Anforderungen an Systemdienstleistungen.

Was sind Systemdienstleistungen?

Spezifische Herausforderungen einzelner Systemdienstleistungen

1. Innovations-Barometer
Zusammenfassung der Ziele, wesentlichen Entwicklungen und Handlungsbedarfe in den wichtigsten Themenfeldern **S. 16 – 43**

1.1 Betriebsführung

1.2 Regelleistung

1.3 Momentanreserve

1.4 Blindleistung

1.5 Kurzschlussstrombeitrag

1.6 Versorgungswiederaufbau

2. Update der dena-Roadmap Systemdienstleistungen 2030
Update der 2014 erstellten Roadmap für die kontinuierliche Gewährleistung eines zuverlässigen Stromnetzbetriebs **S. 44 – 53**

3. Umfeldanalyse
Übersicht wesentlicher Projekte und Aktivitäten im Themenfeld Systemdienstleistungen **S. 54 – 71**

Anlagen
S. 72 – 79

Zusammenfassung

Die Geschwindigkeit bei der Weiterentwicklung der Systemdienstleistungen muss beibehalten werden.

Die Energiewende ist gekennzeichnet durch einen stetig steigenden Anteil von Strom aus dezentralen EE-Anlagen. Sicherheit und Stabilität der Stromversorgung hängen in großem Maße davon ab, ob es auch zukünftig gelingen wird, die Systemdienstleistungen weiterzuentwickeln und an die kommenden Anforderungen anzupassen.

Die dena-Plattform Systemdienstleistungen bildet im vorliegenden Innovationsreport die aktuelle Entwicklung und Handlungsbedarfe im Themenfeld Systemdienstleistungen ab, um Akteuren im Themenfeld Orientierung bei der Transformation des Stromsystems zu geben. Die einzelnen Handlungsfelder entwickeln sich dynamisch und bedürfen daher der stetigen und wachsamen Evaluation.

Während beispielsweise bei Regelleistung und Kurzschlussstrombeitrag die Entwicklung nach derzeitigem Erkenntnisstand im Soll liegt, zeichnet sich schon jetzt Handlungsbedarf etwa auf dem Gebiet der Momentanreserve ab. Hier wurden insbesondere im System-Split-Fall Risiken identifiziert, die in Konsequenz bis hin zum Blackout führen können. Auch die Blindleistungsbereitstellung erfordert insbesondere unter dem Aspekt der volkswirtschaftlich günstigen Gestaltung Handlungsbedarf.

Neben der Erbringung von Systemdienstleistungen haben die Anforderungen an den Netzanschluss und den Betrieb wichtige Funktionen für die Wahrung der Systemsicherheit. Dabei kommt es insbesondere auf die Einhaltung der europäischen Regelwerke (wie RfG, NC Emergency and Restoration, SO GL oder ENTSO-E) an.

1 Wirtschaftlich tragbare Erbringung für alle Akteure absichern

Der Einsatz von Systemdienstleistungsprodukten ist für Netz- wie auch Anlagenbetreiber mit Kosten verbunden. Im Zuge der technischen Weiterentwicklung müssen auch damit verbundene ökonomische Fragen beantwortet werden. Es ist zu analysieren, welche Kosten durch eine weiterentwickelte Erbringung von Systemdienstleistungen für die Akteure entstehen. Rahmenbedingungen müssen in einer Art und Weise gestaltet werden, dass die technisch und wirtschaftlich sinnvollste Erbringungsart gewählt wird.

2 Schnittstellen zwischen ÜNB, VNB und Anlagenbetreibern weiterentwickeln

Dezentrale Erzeugungsanlagen übernehmen zunehmend Verantwortung für die Stabilität im Stromnetz. Diese Anlagen sind fast ausschließlich im Verteilnetz angeschlossen. Insbesondere bei für die Systemstabilität wichtigen Systemdienstleistungsprodukten wie z. B. Regelleistung oder Redispatch müssen die Schnittstellen zwischen Erbringern und allen betroffenen Netzebenen weiterentwickelt werden. Dazu gehören neue Prozesse und Datenschnittstellen.

3 Technische Alternativen für die Bereitstellung von Momentanreserve entwickeln

Die rotierenden Massen konventioneller Kraftwerke dämpfen Frequenzveränderungen, bevor die Regelleistung aktiviert werden kann. Damit ist diese Eigenschaft für die Stabilität im Stromsystem essenziell. Wenn in Zukunft die Laufzeiten konventioneller Kraftwerke weiter sinken, kann diese Eigenschaft durch die Umrichter von EE-Anlagen übernommen werden. Hierfür müssen existierende Lösungen weiter erforscht und im Hinblick auf ihre Einsatzfähigkeit im Verbundsystem getestet werden.

Einleitung

Die Energiewende stellt neue Anforderungen an Systemdienstleistungen

Die Energiewende bewirkt eine grundlegende Veränderung der Stromversorgung in Deutschland. Erneuerbare Energien (EE) werden erschlossen, während die Marktanteile konventioneller, steuerbarer Kraftwerke immer weiter zurückgehen.

Dies hat direkte Auswirkungen auf den stabilen Netzbetrieb:

Volatiler Strom aus Wind und Sonne führt zu stark wechselnden Lastfluss-Situationen in den Netzen. Zugleich steigen tendenziell die Entfernungen für den Stromtransport, da beispielsweise Windkraftanlagen schwerpunktmäßig in Norddeutschland für den Bedarf in ganz Deutschland produzieren.

Mit der Energiewende hat sich der Bestand dezentraler Energieerzeuger wie etwa Photovoltaikanlagen im Verteilnetz deutlich erhöht, die Zahl von Großkraftwerken im Hoch- und Höchstspannungsnetz ist hingegen rückläufig.

Die Stromerzeugung basiert zunehmend auf Millionen kleiner Anlagen statt auf wenigen hundert Großkraftwerken. Zudem wird bei Stromverbrauchern eine zunehmende Flexibilisierung erwartet. Diese Entwicklungen stellen die Energiesysteme vor große Herausforderungen, bergen aber auch Chancen und können zu Innovationstreibern für die Stromnetz-Infrastruktur werden.

Besondere Bedeutung fällt dabei den Systemdienstleistungen zu: Diese werden von den Netzbetreibern genutzt, um die Frequenz, die Spannung und die Leitungsbelastungen im Netz innerhalb zulässiger Grenzwerte zu halten oder sie nach Störungen wieder in den Normalbereich zu führen.

Der Innovationsreport Systemdienstleistungen stellt die Entwicklung der letzten drei Jahre in diesem Themenfeld vor und benennt den aktuellen Handlungsbedarf, um das Netz zukunftsfähig zu machen. Zugleich zeigt er geeignete Maßnahmen zur Realisierung einer sicheren und stabilen Stromversorgung auf. Der Innovationsreport gibt zudem einen Überblick über die breite Forschungs- und Entwicklungslandschaft, die sich diesem wichtigen Zukunftsthema widmet.

„Nur mit Innovationen im Themenfeld Systemdienstleistungen kann die hohe Versorgungsqualität im Stromsystem aufrechterhalten werden."

Hannes Seidl, Bereichsleiter Energiesysteme und Energiedienstleistungen, Deutsche Energie-Agentur (dena)

Was sind Systemdienstleistungen?

Um eine hohe Qualität, Zuverlässigkeit und Sicherheit bei der Stromübertragung und -verteilung zu gewährleisten, ergreifen die Netzbetreiber fortlaufend Maßnahmen, um Frequenz, Spannung und Belastung der Netzbetriebsmittel innerhalb der zulässigen Grenzwerte zu halten bzw. nach Störungen wieder in den Normalbereich zurückzuführen. Diese Systemdienstleistungen sind für die Funktionstüchtigkeit der elektrischen Energieversorgung unbedingt erforderlich. Man unterscheidet zwischen den Systemdienstleistungen Betriebsführung, Frequenzhaltung, Spannungshaltung und Versorgungswiederaufbau.

Die Erbringung von Systemdienstleistungen allein reicht nicht aus, um die Stabilität des Stromsystems zu gewährleisten. Ein weiterer wichtiger und ebenso komplexer Aspekt ist die Beherrschung von Störfällen. Dieses Themenfeld steht nicht im Fokus des vorliegenden Innovationsreports, wird aber in manchen Aspekten mit angesprochen.

Betriebsführung

Definition:
Im Rahmen der Betriebsführung fallen den Netzbetreibern die Aufgaben zu, einen sicheren Netzbetrieb zu organisieren und das Stromnetz einschließlich der Erzeugung und (in bedingtem Umfang) der Last kontinuierlich bezüglich Grenzwertverletzungen (z. B. Stromflussüberlastungen) zu überwachen und zu steuern, sodass ein sicherer Betrieb des gesamten Stromversorgungssystems gewährleistet bleibt.

Wesentliche Produkte und Prozesse:
- Einspeisemanagement
- Redispatch/Engpassmanagement
- Einsatz von Reservekraftwerken
- Betriebsplanung/Ausschaltplanung
- Datenaustausch und Informationsaustausch (z. B. Kaskade)
- Planung von Flexibilitätseinsätzen
- Steuerung von Flexibilitäten über Netzebenen hinweg

Frequenzhaltung

Definition:
Die Frequenzhaltung erfolgt durch die Übertragungsnetzbetreiber. Sie hat die Aufgabe, Stromerzeugung und -verbrauch jederzeit exakt im Gleichgewicht zu halten, und ist unabdingbare Voraussetzung für einen stabilen Netzbetrieb. Dafür nutzen die Übertragungsnetzbetreiber die (bisher) systeminherente Eigenschaft Momentanreserve und beschaffen sich Regelenergie über Ausschreibungen.

Wesentliche Produkte und Prozesse:
- Momentanreserve[1]
- Primärregelleistung
- Sekundärregelleistung
- Minutenreserveleistung
- Zu-/abschaltbare Leistung

[1] Siehe Fußnotenverzeichnis ab S. 76

Was sind Systemdienstleistungsprodukte?

Für die Erbringung der vier Systemdienstleistungen Betriebsführung, Frequenzhaltung, Spannungshaltung und Versorgungswiederaufbau haben die Netzbetreiber eine Vielzahl von Prozessen etabliert und nutzen Systemdienstleistungsprodukte. Diese Produkte werden aus Betriebsmitteln der Netzbetreiber bereitgestellt, aber auch von Netznutzern, d. h. durch Erzeugungsanlagen oder flexible Lasten.

Die Verwendung des Begriffs „Produkt“ impliziert nicht zwangsläufig, dass eine Vergütung für das Systemdienstleistungsprodukt stattfindet bzw. stattfinden sollte. Das bekannteste Systemdienstleistungsprodukt, die Regelleistung, wird beispielsweise vergütet. Blindleistung hingegen wird basierend auf Vorgaben in den technischen Anschlussbedingungen heute ohne Vergütung zur Verfügung gestellt.

Spannungshaltung

Definition:
Im Hinblick auf die Spannungshaltung haben die Übertragungs- und Verteilnetzbetreiber die Aufgabe, in ihrem jeweiligen Netzgebiet die Netzspannung in einem hinsichtlich der Spannungsqualität zulässigen Band zu halten.

Wesentliche Produkte und Prozesse:
- Transformatorstufung und Umschaltungen
- Blindleistungsbereitstellung und -regelung
- Steuerung von Erzeugungsanlagen
- Schaltung von Netzbetriebsmitteln
- Kurzschlussstrombeitrag

Versorgungswiederaufbau

Definition:
Bei Eintreten eines großflächigen Stromausfalls müssen die Übertragungsnetzbetreiber unter Mitwirkung der Verteilnetzbetreiber mittels Versorgungswiederaufbau in der Lage sein, innerhalb kürzester Zeit die Versorgung mit elektrischer Energie wiederherzustellen.

Wesentliche Produkte und Prozesse:
- Schwarzstart- und Inselnetzfähigkeit
- Netzebenenübergreifende Koordinierung

Sechs thematische Schwerpunkte

Im Rahmen der dena-Studie Systemdienstleistungen 2030[1] wurden sechs Entwicklungsschwerpunkte identifiziert:

- Betriebsführung
- Regelleistung (Teilaspekt der Frequenzhaltung)
- Momentanreserve (Teilaspekt der Frequenzhaltung)
- Blindleistung (Teilaspekt der Spannungshaltung)
- Kurzschlussstrombeitrag (Teilaspekt der Spannungshaltung)
- Versorgungswiederaufbau

Die Entwicklungsschwerpunkte Betriebsführung, Regelleistung, Blindleistung und Versorgungswiederaufbau sind vollständig dem Themenfeld Systemdienstleistungen zuzuordnen, während Momentanreserve und Kurzschlussstrombeitrag darüber hinausreichen, da sie auch im Störungsfall eine wichtige Rolle spielen.

Diese Schwerpunktsetzung liegt auch dem vorliegenden Innovationsreport zugrunde. In den Abschnitten 1.1 bis 1.6 wird für die Schwerpunktthemen erläutert, welche Zielsetzung verfolgt wird, welche wesentliche Entwicklungen in den letzten Jahren auf den Weg gebracht wurden und welche Herausforderungen aktuell angegangen werden müssen.

[1] Siehe Publikationsverzeichnis ab S. 74

Thematische Schwerpunkte des Innovationsreports Systemdienst-leistungen
1
Betriebsführung
2
Regelleistung
Frequenzhaltung
3
Momentanreserve
4
Blindleistung
Spannungshaltung
5
Kurzschluss-strombeitrag
6
Versorgungs-wiederaufbau

Spezifische Herausforderungen für die Innovation von Systemdienstleistungen

Betriebsführung

Die Erhöhung des Anteils der erneuerbaren Energien im Stromsystem führt aufgrund vielfältiger Faktoren zu einer steigenden Komplexität im Stromnetz. Deren Beherrschung ist eine der maßgeblichen Herausforderungen bei der Weiterentwicklung der Betriebsführung.

Die Mehrheit der EE-Anlagen in Deutschland liefert zudem eine vom Wetter abhängige Einspeisung, deren Prognose mit Unsicherheiten behaftet ist. Dies führt zu häufig wechselnden und nicht immer vorhersehbaren Erzeugungs- und Lastflusssituationen im Übertragungs- und Verteilnetz, die aktuell durch die Netzbetreiber nur über eine deutliche Zunahme gezielter Systemeingriffe beherrscht werden können. Lokale Engpässe im Verteilnetz werden beispielsweise mittels Engpassmanagement vermieden. Ist in lastfernen Regionen die Einspeisung besonders hoch, kann zudem Redispatch im Übertragungsnetz erforderlich sein, da die Transportkapazitäten nicht ausreichend ausgebaut sind. Ein weiterer Grund für steigende Komplexität sind zukünftig breitere Optionen, Prosumer aktiver in den Markt einzubinden, sowie die Integration weiterer Branchen und Bereiche in das Stromsystem im Rahmen einer sektorübergreifenden, integrierten Energiewende.

Zielsetzung ist insgesamt eine trotz steigender Komplexität auch zukünftig beherrschbare und zuverlässige Betriebsführung.

Regelleistung

Aufgrund sinkender Betriebszeiten konventioneller Kraftwerke muss der Bedarf an Regelleistung zukünftig zunehmend durch alternative Erbringer wie Stromspeicher, EE-Anlagen und flexible Stromlasten gedeckt werden. Insbesondere dargebotsabhängige Erzeuger wie Wind- und Photovoltaikanlagen brauchen zur besseren Integration in den Regelenergiemarkt kurze Zeiträume zwischen Ausschreibung und Erbringung, um das Regelleistungspotenzial in den Anlagen genauer prognostizieren zu können, sowie kurze Produktzeitscheiben[2], um bei wechselnder Einspeiseleistung nicht über den gesamten Zeitraum nur das Minimum bieten zu können. Leitlinie für die Anpassung der Rahmenbedingungen am Regelenergiemarkt muss jedoch immer sein, dass die Regelenergie sicher und zuverlässig erbracht werden kann.

Da die Anzahl der im Verteilnetz angeschlossenen Regelleistungserbringer steigen wird, kann es zu Wechselwirkungen zwischen lokalen Engpässen und Netzsicherheitsmaßnahmen (z. B. dem Drosseln von Erzeugungsanlagen wegen lokaler Überlastung) sowie dem Regelleistungsabruf kommen, deren Vermeidung eine zusätzliche Koordination zwischen Übertragungsnetz-, Verteilnetz- und Anlagenbetreibern erforderlich machen kann.

Zielsetzung ist, die Regelleistung zu jedem Zeitpunkt sicher, zuverlässig und effizient in ausreichendem Maße zur Verfügung zu stellen.

Momentanreserve

Derzeit werden schnelle Frequenzänderungen durch die systeminhärente Eigenschaft der Trägheit rotierender Massen von Maschinensätzen (Turbinen-Generator-Systeme) gedämpft. Dies geschieht im Augenblick der Frequenzveränderung, also bevor ein Ausgleich durch Regelleistung erfolgen kann, und ist daher für die Stabilität des Stromsystems essenziell. Turbinen-Generator-Systeme finden sich in allen konventionellen Erzeugungsanlagen einschließlich Wasserkraftwerke und Pumpspeicherkraftwerke. Die Schwungmassen der großen Kraftwerks-Maschinensätze werden genutzt, um im Millisekundenbereich fehlende oder überschüssige Energie ein- bzw. auszuspeisen und damit das Leistungsgleichgewicht bis zum Einsatz der Regelleistung zu halten. Die Trägheit der rotierenden Massen beugt somit schnellen Frequenzänderungen vor.

In Zukunft werden jedoch marktbedingt die Laufzeiten konventioneller Kraftwerke verringert, sodass zukünftig EE-Anlagen in der Lage sein müssen, den Bedarf an Momentanreserve abzudecken. Außerdem zeigen Untersuchungen, dass bereits heute im Falle eines System-Splits[3] signifikante Stabilitätsprobleme auftreten können, da nicht in jeder Netzregion zu jedem Zeitpunkt eine für die Systemstabilität ausreichende Trägheit gewährleistet werden kann.[VI]

Ziel ist hier, zu jedem Zeitpunkt ausreichend Momentanreserve zur Verfügung zu halten, um die Systemstabilität im Normalbetrieb, aber auch bei einer großflächigen Netzaufspaltung gewährleisten zu können.

Blindleistung

Stromnetze werden grundsätzlich so ausgelegt, dass die Blindleistung bedarfsgerecht bereitsteht, um sie zur Einhaltung der vorgegebenen Spannungsbänder sowie für den Blindleistungsbilanzausgleich nutzen zu können. Insgesamt steigt der Bedarf an Blindleistung in den Netzen. Gründe hierfür liegen in den durch die Entkopplung von Erzeugungs- und Verbrauchszentren länger werdenden Transportwegen, in den lokalen Spannungsanhebungen durch den Anschluss vieler dezentraler Erzeugungsanlagen im Verteilnetz sowie in dem zunehmenden Anteil der Verkabelung im Verteilnetz.

Der steigende Blindleistungsbedarf kann durch Betriebsmittel der Netzbetreiber, aber auch durch dezentrale Erzeugungsanlagen gedeckt werden. Hinzu kommt, dass die Verringerung der Laufzeiten konventioneller Kraftwerke auch zu einer verringerten Blindleistungsbereitstellung aus diesen führt, die durch alternative Erbringer kompensiert werden muss.

Es besteht die Herausforderung, Steuerungskonzepte zu entwickeln, die es erlauben, das Blindleistungspotenzial aus einer Vielzahl von Erbringungsoptionen koordiniert zu nutzen und ggf. durch die Einstellung bestimmter Werte an den Übergabepunkten zwischen den Netzebenen das Potenzial aus unterlagerten Netzebenen für vorgelagerte Netzebenen nutzbar zu machen.[4] Zudem ist die Blindleistungsbereitstellung für alle Beteiligten (Netz- und Anlagenbetreiber) mit Kosten verbunden und kann damit Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit von Anlagen haben. Es besteht die Anforderung, zu klären, wie die Blindleistungserbringung volkswirtschaftlich optimal und für alle Akteure wirtschaftlich tragbar gestaltet werden kann.

Zielsetzung ist eine effiziente Einhaltung der Spannungsbänder und der Blindleistungsbilanz über alle Spannungsebenen.

Kurzschlussstrombeitrag

Das Vorhalten eines ausreichenden Kurzschlussstrombeitrags ist notwendig, um u. a. die sichere Erfassung von Kurzschlussereignissen durch die entsprechenden Schutzgeräte, die transiente (d. h. vorübergehende) Stabilität elektrischer Maschinen und einen möglichst lokal begrenzten Spannungseinbruch im Fehlerfall zu gewährleisten. Der Kurzschlussstrom darf jedoch auch nicht unzulässig hoch sein, da sonst Betriebsmittel im Störfall Schäden erleiden und ggf. Leistungsschalter nicht sicher abschalten können. Durch die Energiewende werden in Zukunft vermehrt Anlagen über Umrichter ins Netz speisen. Synchrongeneratoren liefern jedoch aufgrund ihres magnetischen Flusses im Kurzschlussfall einen erhöhten Kurzschlussstrom, welcher die Schutzgeräte zum Abschalten bewegt.

Bei einer Anlage, die das Netz über einen Umrichter speist, fällt der erhöhte Kurzschlussstrom weg, da der Umrichter zu jedem Zeitpunkt den vorgegebenen Strom einspeist. Im Verteilnetz ist es daher erforderlich, die Schutzkonzepte an diese neuen Anforderungen anzupassen. Die hierfür verfügbare digitale Schutztechnik ist sehr weit entwickelt und flexibel einsetzbar. Grundlegend neue Schutzprinzipien für Hoch- und Höchstspannung befinden sich in der Entwicklung (z. B. Wanderwellenanalyse) bzw. sind Gegenstand der Forschung.

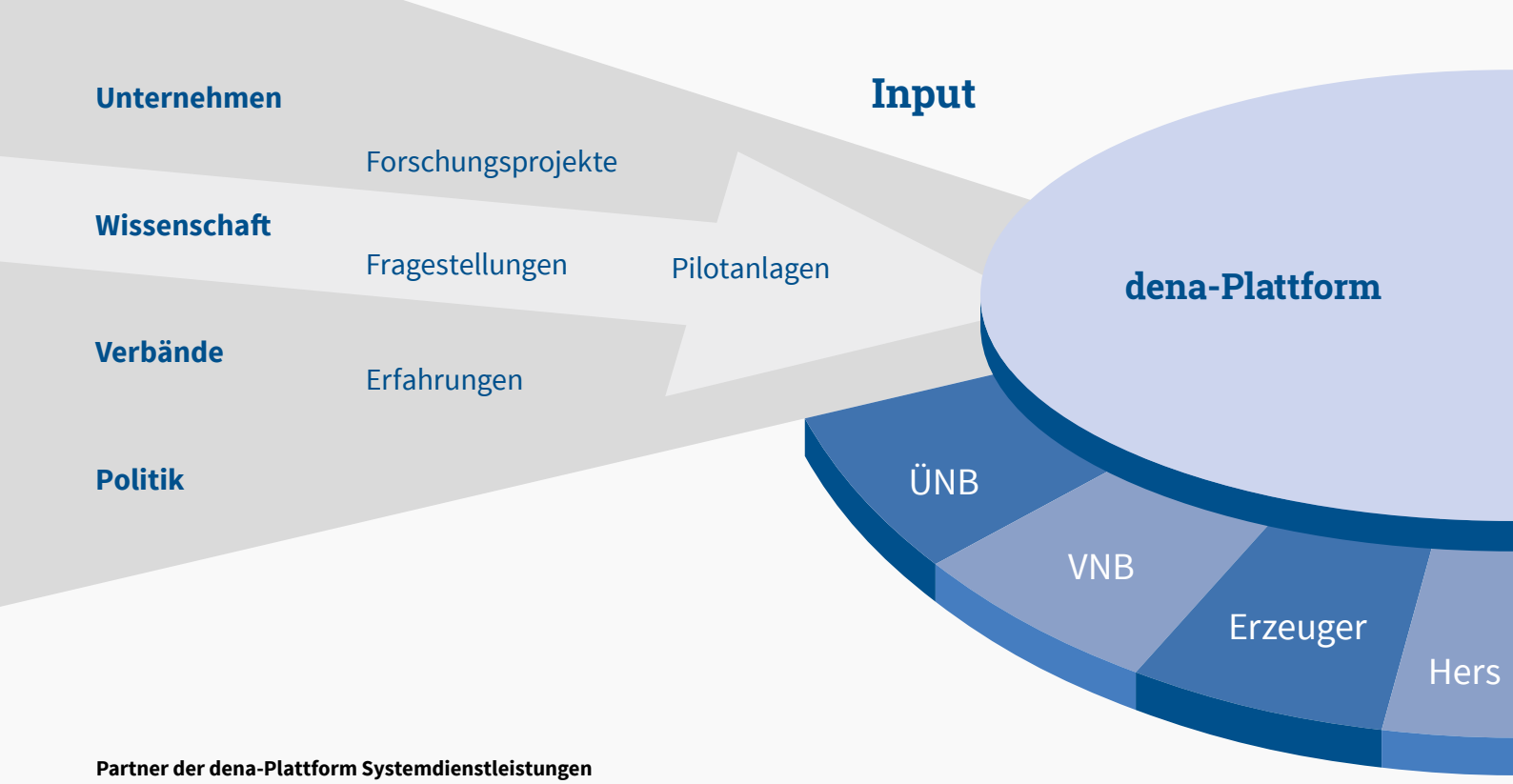
Zielsetzung ist, auch zukünftig Fehler in jeder Netzsituation sicher erkennen und beheben zu können.

Versorgungswiederaufbau

Im Falle eines vollständigen oder großräumigen Stromausfalls im europäischen Verbundnetz wird der Versorgungswiederaufbau gemäß heutigen Regelungen auf der Basis eines zentralen Konzepts durch das Hochfahren von kleineren bis mittleren (50 – 150 MW) schwarzstartfähigen Gasturbinen und Wasserkraftwerken im Übertragungsnetz realisiert, die zu Beginn des Netzwiederaufbauprozesses jeweils einzelne Inselnetze bilden. Im weiteren Verlauf des Versorgungswiederaufbaus werden Großkraftwerke (> 500 MW) hinzugeschaltet, die nicht schwarzstartfähig sind, aber durch kleinere schwarzstartfähige Kraftwerke angefahren werden. Parallel zur Zuschaltung weiterer Erzeugungsleistung werden Lasten hinzugenommen. Darauf aufbauend erfolgt sukzessive die Synchronisierung und Verbindung der im Zuge des Wiederaufbaus entstandenen Inselnetze.

Schon heute sind in vielen Verteilnetzen bis hin zur Niederspannungsebene nicht mehr nur Verbraucher, sondern auch Erzeuger angeschlossen. Beispielsweise kann ein Haus als Erzeuger und Verbraucher fungieren. Um also im Verlauf des Netzwiederaufbaus vor Zuschalten weiterer Netzgebiete zu wissen, in welchem Umfang Stromverbrauch bzw. Stromerzeugung ergänzt werden müssen, ist es notwendig, die Wetterlage und andere erzeugungsrelevante Prognosen in das Versorgungswiederaufbaukonzept einzubeziehen. Darüber hinaus wird für den kontrollierten Netzwiederaufbau die kommunikationstechnische Möglichkeit zur gezielten Drosselung der Stromerzeugung aus dezentralen Erzeugungsanlagen benötigt, um schwer vorhersehbare Laständerungen bei bzw. nach Wiederzuschalten von Netzsträngen zu vermeiden.

Zielsetzung ist die Weiterentwicklung des zentralen Versorgungswiederaufbaukonzepts, sodass beim Zuschalten weiterer Netzgebiete veränderte Lastflüsse aufgrund der Einspeisung dezentraler Energieanlagen berücksichtigt werden können.



Partner der dena-Plattform Systemdienstleistungen

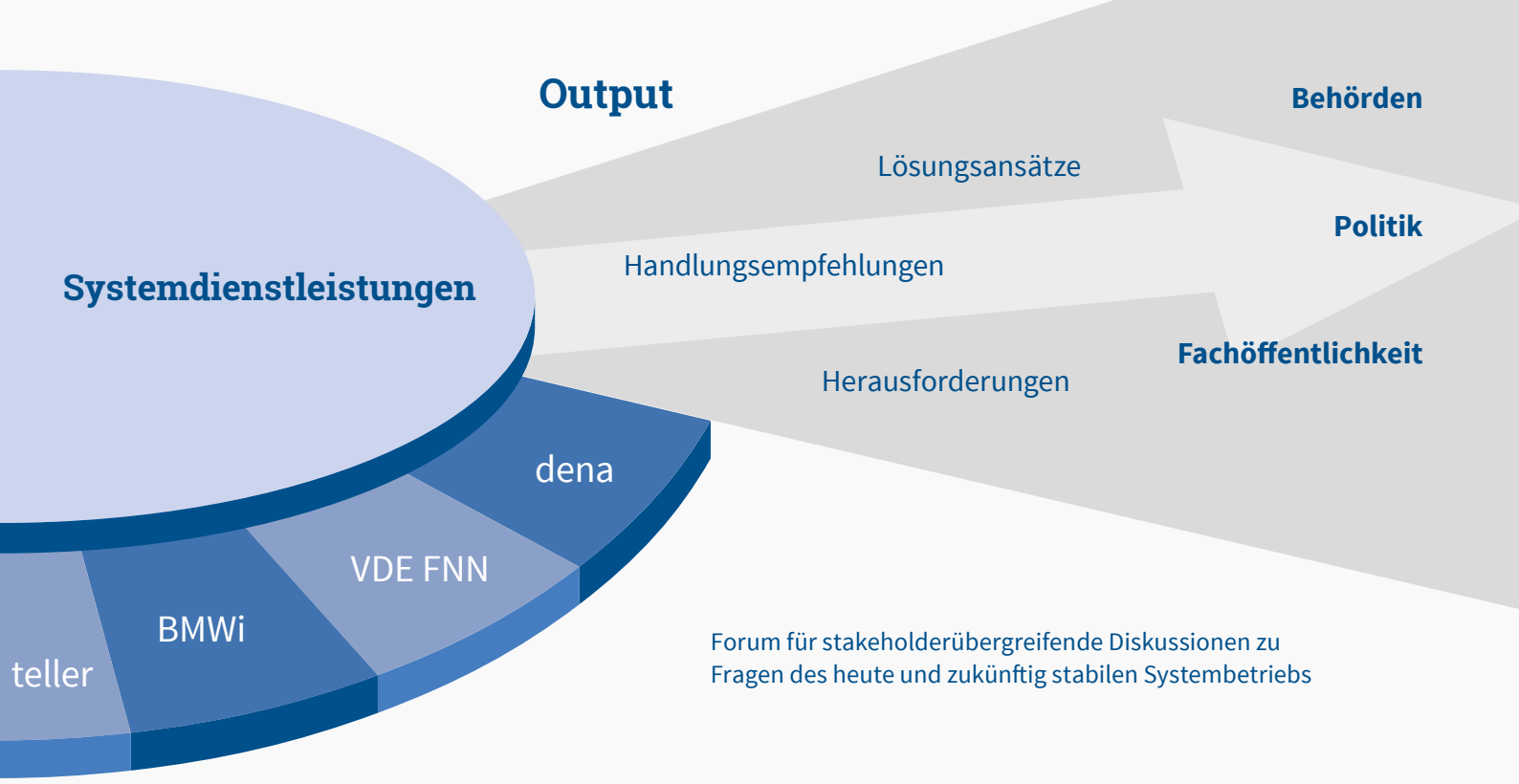
Zielsetzung der dena-Plattform Systemdienstleistungen

Der Innovationsreport Systemdienstleistungen speist sich aus dem Know-how der branchenübergreifenden dena-Plattform Systemdienstleistungen, in der Marktteilnehmer, Verbände und das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie vertreten sind. Die dena hat die Plattform mit dem Ziel initiiert, die Weiterentwicklung von Systemdienstleistungen bis 2030 aktiv zu gestalten und die Roadmap Systemdienstleistungen voranzutreiben, auf die der vorliegende Innovationsreport referenziert.[II] Zu den Aufgaben der Plattform gehören:

- das kontinuierliche Erfassen und Auswerten laufender Aktivitäten im Themenfeld Systemdienstleistungen,
- das Zusammenbringen wesentlicher Projekte und Institutionen in diesem Bereich,
- die Erarbeitung von Prozessstandards zur Koordination von Übertragungsnetz-, Verteilnetz- und Anlagenbetreibern sowie
- die Konsolidierung und Kommunikation von Ergebnissen und Handlungsempfehlungen in Richtung Politik und interessierter Fachöffentlichkeit.

Die dena-Plattform Systemdienstleistungen bringt wichtige Akteure der Branche zusammen und setzt Diskussions- und Veränderungsprozesse in Gang. Dabei identifiziert sie relevante Handlungsfelder und trägt – wie beispielsweise mit dem durch die Plattform initiierten Gutachten „Momentanreserve 2030“[VI] geschehen – zu einer Neubewertung von Prozessen und Risiken bei. Sie beleuchtet außerdem auch ökonomische Fragestellungen der Erbringung von Systemdienstleistungen und quantifiziert diese, wie z. B. durch die Plattformaktivitäten „Stakeholderprozess wirtschaftlich tragbare Erbringung von Blindleistung“[IV] und „Gutachten Entwicklung einer Verfahrensweise zur quantitativen Bewertung verschiedener Blindleistungsbereitstellungsoptionen“[X] geschehen.

Durch ihren Multistakeholderansatz ist die Plattform ein lösungsorientiertes Branchenforum zum effizienten Austausch unterschiedlicher Marktsichten. Dies ist wichtig, da Systemdienstleistungen grundlegende Bedeutung für die Aufgabengebiete der regulierten Netzbetreiber, aber auch für marktliche Akteure wie Erzeuger, Versorger oder Verbraucher besitzen und nur so nachhaltige Lösungen für das Energiesystem der Zukunft entwickelt werden können.



Erfolge der dena-Plattform Systemdienstleistungen

1 Beförderung politischer/regulatorischer Entscheidungsfindung

Unter anderem:

- Handlungsempfehlungen zu Regelleistung werden umgesetzt: laufender Prozess zur Veränderung von Produktgrößen und -vorlaufzeiten am Regelenergiemarkt bei der BNetzA
- Beitrag von alternativen Erbringern für Systemdienstleistungen in Impulspapier Strom 2030 des BMWi gewürdigt
- Regelmäßige Präsentation von Ergebnissen und Handlungsempfehlungen der Plattform in der AG Systemsicherheit des BMWi

2 Initiierung von Forschungs- und Pilotprojekten

Unter anderem:

- Pilotierung des in der dena-Studie SDL 2030 untersuchten aktiven Blindleistungsmanagements im Rahmen der ARGE Flächennetzbetreiber Ost
- Aufgrund der Ergebnisse des Gutachtens zur Momentanreserve wurde das Forschungsprojekt Netzregelung 2.0 initiiert und beantragt
- Erfassung und Monitoring von relevanten Forschungsprojekten im Themenfeld Systemdienstleistungen

3 Handlungsempfehlungen zu zentralen Themenfeldern

Unter anderem:

- Problembeschreibung und Entwicklung von Lösungsansätzen für die Schnittstelle ÜNB/VNB
- Benennung von Stakeholderpositionen und Ausgestaltungsmöglichkeiten für eine wirtschaftlich tragbare Erbringung von Blindleistung
- Untersuchung von Herausforderungen bei der Systemstabilisierung im Störungsfall und der Vermeidung ungewollter Inselnetzbildung

1. Innovations-Barometer

Übersicht der Entwicklungen und Handlungsbedarfe im Themenfeld Systemdienstleistungen

Das Themenfeld Systemdienstleistungen war in den letzten Jahren geprägt von vielen Innovationen und beinhaltet auch zukünftig wichtige Herausforderungen, die gelöst werden müssen.

Daher wird in den folgenden Kapiteln für die Themen Betriebsführung, Regelleistung, Momentanreserve, Blindleistung, Kurzschlussstrombeitrag und Versorgungswiederaufbau beschrieben,

- welche Zielsetzung verfolgt wird, damit die jeweilige Systemdienstleistung auch in einem Stromsystem mit hohem Anteil erneuerbarer Energien zuverlässig erbracht werden kann,
- welche wichtigen Entwicklungen und Aktivitäten in den letzten Jahren stattgefunden haben,
- welcher Handlungsbedarf aktuell besteht,
- wie der Innovationsstatus des jeweiligen Themas generell beurteilt wird,
- welche weiterführenden Quellen für vertiefende Informationen genutzt werden können.

Innovations-Barometer Systemdienstleistungen auf einen Blick

1.1 Betriebsführung

- ○
- ● Dringender Handlungsbedarf in bestimmten Teilaspekten
- ○

1.2 Regelleistung

- ○
- ○
- ● Entwicklung im Soll

1.3 Momentanreserve

- ○
- ● Dringender Handlungsbedarf in bestimmten Teilaspekten
- ○

1.4 Blindleistung

- ○
- ● Dringender Handlungsbedarf in bestimmten Teilaspekten
- ○

1.5 Kurzschluss-strombeitrag

- ○
- ○
- ● Entwicklung im Soll

1.6 Versorgungs-wiederaufbau

- ○
- ● Dringender Handlungsbedarf in bestimmten Teilaspekten
- ○

1.1 Betriebsführung

Zielsetzung

- Die Betriebsführung ist auch zukünftig trotz höherer Komplexität beherrschbar und zuverlässig.
- Eine Beobachtbarkeit von Netzzuständen, die eigene Steuerungsentscheidungen betreffen, ist auch über das eigene Netzgebiet hinaus gegeben.
- Lösungen zum effizienten Umgang mit einer Vielzahl für die Netzführung relevanter Daten sind etabliert.
- Eine Koordination zwischen Netz- und Anlagenbetreibern auf verschiedenen Spannungsebenen erfolgt, damit jeder Netzbetreiber zu jedem Zeitpunkt die für seinen Netzbetrieb erforderlichen Informationen und Steuerungsmöglichkeiten vorliegen hat.

Wichtige Entwicklungen/ Aktivitäten der letzten Jahre

Aktivität	Wirkung/Beispiele
Die Entwicklung von Rahmenbedingungen für Netzzustands-/ Netzampelkonzepte wurden angestoßen und vorangetrieben	Im Rahmen des NOVA-Prinzips (Netz-Optimierung vor Verstärkung vor Ausbau) werden Netzzustandsmonitore entwickelt. Hierbei geht es darum, die Transportkapazitäten des bestehenden Netzes optimal zu nutzen, bevor ein weiterer Ausbau erforderlich wird. Wichtige Aktivitäten sind unter anderem: ■ Entwicklung eines Netzzustandsmonitors durch die ARGE Flächennetzbetreiber Ost (ARGE Ost)[5] ■ Proaktive Verteilnetze – Ressourceneffiziente und optimierte Plattform für EE-Integration und Smart-Market-Aufgaben unter Nutzung eines zustandsbasierten Last-, Erzeugungs- und Informationsmanagements[6] ■ Fühler im Netz – Entwicklung neuer, preiswerter Wege der Netzzustandserfassung und Störungsdetektion mithilfe der Nutzung von Breitband-Powerline(BPL)-Infrastrukturen als Basis zukünftiger Netzbetriebsführung[7] ■ Weiterentwicklung des Konzepts der Netzampel als mögliche Grundlage für eine entflechtungskonforme Interaktion zwischen Netzbetreibern und Netznutzern[8]
Festlegungen für das Energieinformationsnetz werden erarbeitet	Der Bedarf an Daten- bzw. Informationsaustausch zur Gewährleistung eines weiterhin sicheren Netzbetriebs wurde erkannt. Es wird daran gearbeitet, Regelungen/Vorgaben und Infrastruktur für den Datenaustausch zwischen den Netzbetreibern zu entwickeln. Wichtige Aktivitäten sind unter anderem: ■ Projektgruppe Energieinformationsnetz des BDEW[9] ■ Identifikation des zukünftigen Datenbedarfs sowie Datenaustauschbedarfs der Netzbetreiber: z. B. Gutachten „Notwendiger Daten- und Informationsbedarf zur Gewährleistung einer sicheren Netz- und Systemführung im Übertragungsnetz“[10] und Gutachten „Energiedaten 2.0: Erweiterte Aufgaben des Verteilnetzbetreibers und daraus resultierender Datenaustauschbedarf“[11]

Aktivität	Wirkung/Beispiele
Anforderungen an die zukünftige Koordination zwischen ÜNB, VNB und Anlagenbetreiber werden analysiert	Wird eine Anlage zur Erbringung von Systemdienstleistungen von Netzbetreibern auf verschiedenen Spannungsebenen genutzt, so ist eine Abstimmung zwischen den betroffenen Netz- und Anlagenbetreibern notwendig. Randbedingungen und mögliche Ausgestaltungen werden u. a. hier thematisiert: ■ Analyse: Herausforderungen bei der Weiterentwicklung von Koordinationsprozessen für die Regelleistungserbringung[IV] ■ AG Schnittstelle ÜNB/VNB des VDE FNN: u. a. Entwicklung der Anwendungsregel „Technische Regeln für den Betrieb und die Planung von Netzbetreibern – Teil 1: Schnittstelle Übertragungs-/Verteilnetze“ ■ Analyse von Wechselwirkungen zwischen Regelleistungserbringung und Netzengpässen im Verteilnetz[VIII] ■ Verbundvorhaben: Green Access – Intelligente Verteilnetzautomatisierung für einen erhöhten Zugang regenerativer Energien; Teilvorhaben EWE NETZ: Koordination und Evaluation des Verbundprojektes Green Access[12] Die dena-Plattform Systemdienstleistungen hat sich dem Thema Koordination intensiv gewidmet. In der Analyse „Herausforderungen bei der Weiterentwicklung von Koordinationsprozessen für die Regelleistungserbringung“[IV] wurde festgestellt, dass in bestimmten Fällen die bestehenden Verfahren zur Koordination nicht mehr ausreichen und weiter- bzw. neu entwickelt werden müssen. In dem darauf aufbauenden Gutachten „Wechselwirkungen zwischen Regelleistungserbringung und Netzengpässen im Verteilnetz“[VIII] wurden konkrete Beispiele für Wechselwirkungen aufbereitet und der entsprechende Handlungsbedarf hinsichtlich des Informationsaustauschs zwischen ÜNB, VNB und Regelleistungserbringer abgeleitet.
Dezentrale Steuerungskonzepte zur Verteilnetzautomatisierung werden entwickelt	Entwicklung dezentraler Steuerungskonzepte für die Verteilnetzautomatisierung v. a. auf der Mittelspannungsebene mit Fokus auf effizienten Lösungsansätzen wie Ersatzwertbildung oder statistische Steuerungskonzepte. Wichtige Aktivitäten sind unter anderem Verbundvorhaben: ■ Green Access – Intelligente Verteilnetzautomatisierung für einen erhöhten Zugang regenerativer Energien[13] ■ Projekt: grid-control – Advanced Decentral Grid Control[14] ■ NiVeAu – Netzintelligenz für die Verteilnetzautomatisierung[15] ■ SwarmGrid – Sicherer Betrieb von Energienetzen durch Nutzerschwarm-Systemdienstleistungen[16] In der Handlungsbedarfsanalyse „Beobachtbarkeit und Steuerbarkeit im Energiesystem“[V] hat die dena-Plattform Systemdienstleistungen festgestellt, dass eine zentrale Herausforderung für Netzbetreiber aller Netzebenen die Ausweitung der Beobachtbarkeit über das eigene Versorgungsgebiet hinaus ist. Sie ist Voraussetzung, um relevante Einflüsse wie z. B. Rückspeisungen rechtzeitig zu erkennen und geeignete Maßnahmen zu treffen. Außerdem wurden intelligente Ersatzwertbildung und Daten-Aggregation als sinnvolle Tools identifiziert, um Datenmengen handhabbar zu machen.

Aktueller Handlungsbedarf

* Hauptverantwortliche Akteure

Weiterentwicklung der Koordinationsprozesse zwischen ÜNB, VNB und Anlagenbetreibern **ÜNB, VNB***	Die Entwicklung und Verankerung von Koordinationsprozessen zwischen Netz- und Anlagenbetreibern sind fortzuführen und Schnittstellen bzw. Standards zu entwickeln, um dezentrale Erbringer von Systemdienstleistungen effizient nutzen zu können. Im Zuge der Zunahme dezentraler Erzeugung im Verteilnetz sollte fortwährend analysiert werden, welche systemischen Risiken durch Aggregation entstehen könnten und wie man diesen durch eine entsprechende Abstimmung zwischen den Netzebenen vorbeugen kann.
Lösungen für eine Vermeidung des Kosten- und Komplexitätsanstiegs bei Redispatch und Einspeisemanagement schaffen **ÜNB, VNB, Politik***	Regelmäßig und in großem Umfang werden Netzsicherheitsmaßnahmen (§ 13 EnWG) umgesetzt. Die Kosten für Redispatch und Einspeisemanagement sind stark angestiegen. Es ist daher zu prüfen, wie eine volkswirtschaftliche Optimierung beispielsweise durch einen Einbezug von EE- und KWK-Anlagen in den Redispatch oder ein einheitliches Engpassmanagement in allen Spannungsebenen möglich ist.[17] Des Weiteren können Redispatch-Maßnahmen durch eine aktive Netzüberwachung reduziert werden, sodass Kosten eingespart werden können. Hier gilt es zu untersuchen, inwieweit diese Möglichkeit genutzt werden kann.
Entwicklung von Lösungen zur Sicherung der Verfügbarkeit, Integrität und Vertraulichkeit beim Datenaustausch **ÜNB, VNB, Industrie***	Jeder Netzbetreiber muss alle Informationen (Ist-Daten und Prognose-Werte) jederzeit zur Verfügung haben, die er benötigt, um sein Netz der jeweiligen Situation angemessen zu fahren. Zur Vermeidung von Datenmissbrauch muss der Datenaustausch zwischen den Netzbetreibern streng vertraulich erfolgen. Auch muss der Datenverkehr so sicher sein, dass keine außenstehenden Personen Zugriff auf die Daten erhalten und diese missbrauchen können. Dabei geht es nicht nur um den Datenaustausch zwischen Netzbetreibern untereinander oder mit Erzeugern, sondern auch um Steuerungsfunktionen, die zunehmend über digitale Kommunikationsnetzwerke stattfinden, was einen hohen Schutzbedarf zur Folge hat.

Bewertung der Entwicklung im Themenfeld Betriebsführung

Dringender Handlungsbedarf in bestimmten Teilaspekten	Wichtige Grundlagen sind gelegt und zentrale Prozesse wie z. B. Aktivitäten zum Energieinformationsnetz und zum Netzzustandsmonitor sowie die Entwicklung dezentraler Netzführungskonzepte sind angestoßen. Großer Handlungsbedarf besteht bei den Themen Redispatch und Engpassmanagement wegen bestehender hoher Kosten und Ineffizienzen. Des Weiteren werden auch für die Niederspannungsebene automatisierte Netzführungslösungen geprüft werden müssen, um den durch neue flexible Lasten (z. B. Elektromobilität) entstehenden Netzausbaubedarf durch netzdienliche Steuerung optimieren zu können.

Hintergrundwissen Betriebsführung

- dena (2014): Studie Systemdienstleistungen 2030[I]
- dena (2016): Handlungsbedarfsanalyse Beobachtbarkeit und Steuerbarkeit im Energiesystem[V]
- Consentec/FGH (2016): Gutachten Notwendiger Daten und Informationsbedarf zur Gewährleistung einer sicheren Netz- und Systemführung im Übertragungsnetz[18]
- Bergische Universität Wuppertal (2016): Untersuchung des Daten- und Informationsbedarfs der Verteilungsnetzbetreiber zur Wahrnehmung ihres Anteils an der Systemverantwortung[19]

Best-Practice-Projekte

Forschungsprojekt Green Access

Die Energiewende mit der Integration dezentraler Erzeugungsanlagen ins Netz, den Chancen der Elektromobilität und vieler aktueller Entwicklungen auf der Basis intelligenter Netze stellt das Energieversorgungssystem vor neue Herausforderungen beim Netzausbau und dem sicheren, zuverlässigen Verteilnetzbetrieb.

Das Projekt Green Access will zeigen, wie eine intelligente Verteilnetzautomatisierung vorhandene Netzkapazitäten bestmöglich ausnutzen und begrenzende Engpässe verhindern kann.

Dabei wird auf vorhandene Techniken der modernen Netzsteuerung aufgesetzt, gleichzeitig aber das Mittel- und Niederspannungsnetz kombiniert betrachtet.

Wir sind gespannt auf das Zusammenspiel der verschiedenen Regler und Komponenten. Besonders spannend finde ich, dass wir zusätzlich ein adaptives, selbstlernendes System entwickeln, das sich selbstständig an Veränderungen in der Netzstruktur anpasst.

Wir arbeiten in einem übergreifenden Konsortium aus neun Partnern zusammen, um eine hohe Wissensbreite einzubringen und effiziente, nachhaltige Betriebsführungskonzepte für moderne Verteilnetze zu entwickeln.

Dr.-Ing. Thomas Kumm
Netzmanagement Strom und Telekommunikation Strategische Netzentwicklung EWE NETZ GmbH

Kontakt:
EWE NETZ GmbH
Cloppenburger Str. 302
26133 Oldenburg
Tel.: +49 (0)441 4808-0
E-Mail: info@ewe-netz.de

www.ewe-netz.de

1.2 Regelleistung

Zielsetzung

- Alternative Erbringungsoptionen (EE-Anlagen, Batterien, flexible Lasten) erfüllen die technischen Anforderungen für eine sichere und zuverlässige Bereitstellung von Regelleistung.
- Die regulatorischen Rahmenbedingungen (Präqualifikationsanforderungen, Marktregeln, Produkte ...) schöpfen das Potenzial der verschiedenen Erbringungsoptionen aus und ermöglichen einen diskriminierungsfreien Wettbewerb am Regelenergiemarkt.
- Die Regelleistungsbereitstellung aus dem Verteilnetz erfolgt koordiniert zwischen Übertragungsnetz-, Verteilnetz- und Anlagenbetreiber. Jeder Akteur verfügt zu jedem Zeitpunkt über diejenigen Informationen, die er für den Betrieb seiner Netze bzw. Anlagen benötigt. Die Steuerungs- und Regelungssysteme sind aufeinander abgestimmt, sodass es jederzeit zu eindeutigen Anforderungen an den Anlagenbetreiber kommt.

Wichtige Entwicklungen/ Aktivitäten der letzten Jahre

Aktivität	Wirkung/Beispiele
Die technische Entwicklung und Markteinführung von alternativen Regelleistungserbringern wurde vorangetrieben	Technische Fragestellungen zur Bereitstellung von Regelleistung aus alternativen Quellen wurden beantwortet und Erfahrungen mit der Bereitstellung gesammelt. Beispiele: ■ ReWP – Regelleistung durch Wind- und Photovoltaikparks[20] ■ PV-Regel – Entwicklung von Konzepten und Lösungen zur Regelleistungserbringung mit Photovoltaikanlagen[21] ■ WEMAG/Younicos Batteriespeicher zur Bereitstellung von Primärregelleistung[22] ■ Bereitstellung von Regelleistung aus gepoolten Kleinanlagen (z. B. Caterva, Enerstorage, Next Kraftwerke)[23]
Regulatorische Rahmenbedingungen wurden weiterentwickelt	Regelleistungserbringung durch alternative Erbringungsoptionen wurde durch angepasste Präqualifikationsanforderungen und verbesserte Teilnahmebedingungen erleichtert. Wesentliche Prozesse: ■ Leitfaden zur Präqualifikation von Windenergieanlagen zur Erbringung von Minutenreserveleistung im Rahmen einer Pilotphase[24] ■ Festlegung zur Weiterentwicklung der Ausschreibungsbedingungen und Veröffentlichungspflichten für Minutenreserve und für Sekundärregelung durch die BNetzA.[25] Die dena-Plattform Systemdienstleistungen hat in der Analyse „Regelleistungserbringung aus dezentralen Energieanlagen“[III] schon frühzeitig auf die Notwendigkeit einer Verkürzung der Produktgrößen und Vorlaufzeiten hingewiesen, um volatile Erneuerbare-Energien-Anlagen besser in den Regelleistungsmarkt integrieren zu können. In der dena-Studie Systemdienstleistungen 2030[I] wurde darüber hinaus festgestellt, dass die Prognosemechanismen hin zu adaptiven Verfahren weiterentwickelt werden sollten.
Koordinationsbedarf zwischen Übertragungs-, Verteilnetz- und Anlagenbetreibern bei einer Regelleistungsbereitstellung aus dem Verteilnetz wird analysiert	Wechselwirkungen und Ineffizienzen bei der Regelleistungserbringung aus dem Verteilnetz wurden identifiziert und Gegenmaßnahmen erörtert. Aktivitäten: ■ Analyse – Herausforderungen bei der Weiterentwicklung von Koordinationsprozessen für die Regelleistungserbringung[IV] ■ Gutachten – Wechselwirkungen zwischen Regelleistungserbringung und Netzengpässen im Verteilnetz[VIII] Die dena-Plattform Systemdienstleistungen hat den Koordinationsbedarf und mögliche Wechselwirkungen bei der zunehmenden Bereitstellung von Regelleistung durch erneuerbare Energien in der Analyse „Herausforderungen bei der Weiterentwicklung von Koordinationsprozessen für die Regelleistungserbringung“[IV] und dem darauf aufbauenden Gutachten „Wechselwirkungen zwischen Regelleistungserbringung und Netzengpässen im Verteilnetz“[VIII] untersucht. Es wurde gezeigt, dass eine zunehmende Regelleistungsbereitstellung aus dem Verteilnetz einer Weiterentwicklung der ÜNB/VNB-Schnittstelle bedarf.

Aktueller Handlungsbedarf

* Hauptverantwortliche Akteure

Entwicklung und Auswirkung externer Einflussfaktoren analysieren **Wissenschaft***	Analyse des Einflusses des Intraday-Handels auf den Regelleistungsbedarf: Durch den Intraday-Handel werden Schwankungen zwischen Stromangebot und -nachfrage bis zu fünf Minuten vor der physikalischen Lieferung viertelstundenscharf ausgeglichen. Verbleibende Abweichungen werden durch den Abruf von Regelleistung kompensiert. U. a. wegen der zeitlichen Überschneidung des untertägigen Handels mit der Aktivierung von Minutenreserveleistung gilt es die Wechselwirkungen zwischen beiden Märkten zu analysieren und ggf. bei der Dimensionierung des Regelleistungsbedarfs zu berücksichtigen.
Bedarfsbestimmung dynamisieren und Monitoringgrößen für Verfügbarkeit entwickeln **BNetzA***	Der Bedarf an Sekundärregelleistung und Minutenreserveleistung wird zukünftig immer stärker durch die Prognoseabweichung der erneuerbaren Energien bestimmt. Eine Dynamisierung der Bedarfsbestimmung kann den Anstieg des Regelleistungsbedarfs reduzieren.[I] Bei variierendem Bedarf muss abgesichert werden, dass zu jedem Zeitpunkt ausreichend Erbringer bereitstehen. Daher ist die Entwicklung von Monitoringgrößen und -prozessen besonders wichtig.

Bewertung der Entwicklung im Themenfeld Regelleistung

○ ○ ● **Entwicklung im Soll**	Alternative Erbringungsoptionen etablieren sich zunehmend am Regelleistungsmarkt und die Entwicklung alternativer Erbringungsoptionen wird durch eine Vielzahl von Aktivitäten vorangetrieben. Wichtige Handlungsfelder wie z. B. die Weiterentwicklung von Rahmenbedingungen und Koordinationsprozessen werden aktiv bearbeitet.

Hintergrundwissen Regelleistung

- dena (2014): Studie Systemdienstleistungen 2030[I]
- Consentec (2014): Studie Beschreibung von Regelleistungskonzepten und Regelleistungsmarkt[26]
- dena (2015): Analyse Regelleistungserbringung aus dezentralen Energieanlagen[III]

Best-Practice-Projekte

Regelleistung aus ENERCON-Windenergieanlagen

Die Übernahme von Systemverantwortung in Form von Regelleistung durch die Onshore-Windenergie stellt einen wesentlichen Baustein der Energiewende dar. Die Windenergie kann als systemrelevantes Kraftwerk dabei helfen, ein stabiles Netz sicherzustellen und die konventionelle Mindesterzeugung zu verringern – sofern die notwendigen Rahmenbedingungen geschaffen werden.

Die technische Eignung der Windenergie zur Erbringung von Regelleistung und die volkswirtschaftlichen Vorteile dieses Verfahrens konnten bereits in Pilotprojekten gezeigt werden.

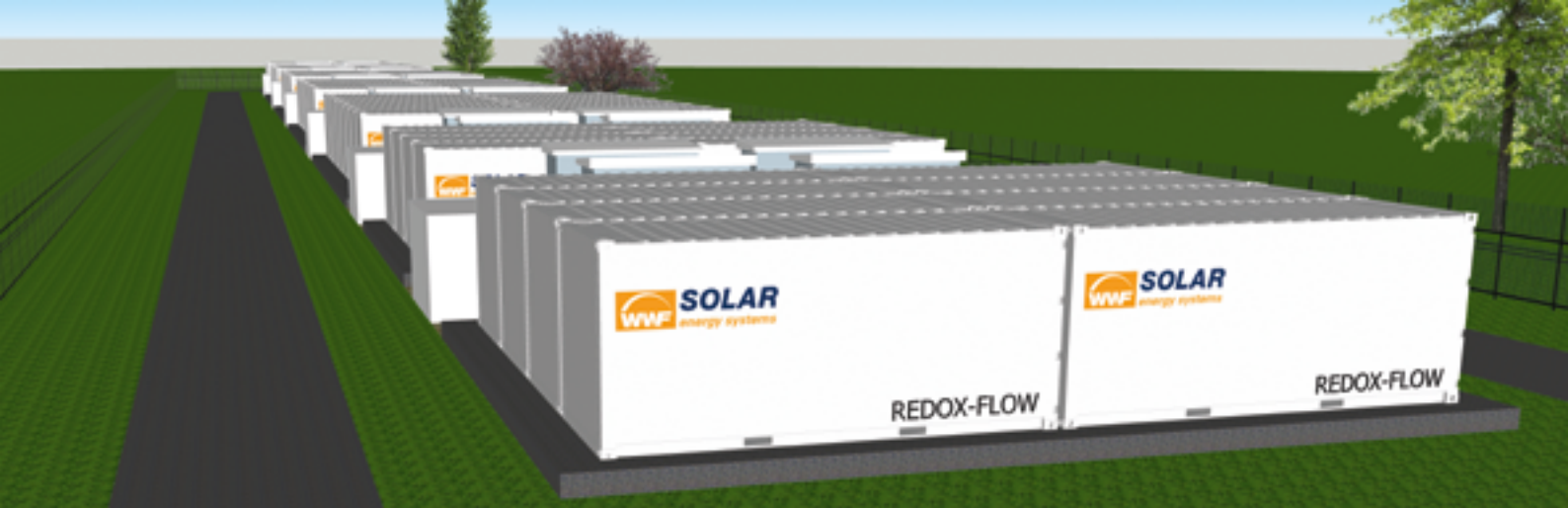
Es ist nun Aufgabe der Regulierung und der Übertragungsnetzbetreiber, eine vollständige Integration in die Regelleistungsmärkte zu ermöglichen bzw. den Systemwandel dahingehend zu unterstützen, dass eine Erbringung von Regelleistung auch aus dem Verteilnetz heraus möglich ist und ein diskriminierungsfreier Zugang für erneuerbare Energien und Onshore-Windenergieanlagen im Regelleistungsmarkt erfolgen kann.

Dabei sollte sich die Integration nicht auf die Minutenreserve beschränken, sondern alle Regelleistungsarten und weitere Systemdienstleistungen umfassen.

Andreas Linder
Sales – Grid Integration
ENERCON GmbH

Kontakt:
ENERCON Gesellschaft mit
beschränkter Haftung
Dreekamp 5
26605 Aurich
Tel.: +49 (0)49 41 927-0
E-Mail: info@enercon.de

www.enercon.de



Best-Practice-Projekte

WWF Solar: Großspeicheranlage mit 50 MWh für Systemdienstleistungen

Das auf die Netzintegration erneuerbarer Energien spezialisierte Eberswalder Unternehmen WWF Solar GmbH und sein amerikanischer Partner, der Hersteller von Vanadium-Redox-Flow-Speichern UniEnergy Technologies, beginnen noch in diesem Jahr mit der Errichtung einer Großspeicheranlage zur Bereitstellung von Sekundärregelleistung.

In der Nähe des AK-Berlin-Schönefeld, Königs Wusterhausen OT Niederlehme, wird ein Multikraftwerk zur Bereitstellung von Systemdienstleistungen für die Übertragungsnetzbetreiber der Regelzone Deutschland im Hochspannungsnetz errichtet. Zu diesem Zweck werden 25 Vanadium-Redox-Flow-Speicher mit einer Leistung von 12.500 kW und einer Kapazität von 50.000 kWh zum Einsatz kommen. Weiterer Projektbestandteil ist eine rund 3.800-kWp-Photovoltaikanlage, die auf einer Fläche von rund 8 ha, disjunktiv zur Speicheranlage, errichtet wird.

Der Netzanschluss erfolgt über ein kraftwerkseigenes Umspannwerk (20kV/110kV, 50kVA) an der etwa 1 km entfernten 110-kV-Leitung des Verteilernetzbetreibers E.DIS AG und damit an die vier Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) als Kunden: 50Hertz, Amprion, Tennet und Transnet BW.

Zweck der Anlage ist die Bereitstellung von Systemdienstleistungen in Form von positiver und negativer Regelleistung an die ÜNB im Falle von Ungleichgewichten im Übertragungsnetz, die durch unerwartete Ereignisse bei der Stromerzeugung (Kraftwerksausfall, meteorologische Ereignisse, allgemeine Planungsunsicherheit) als auch der Stromnachfrage (bedeutende Fernsehsendungen, meteorologische Ereignisse) entstehen, für die Regelzone Deutschland zur Verfügung zu stellen.

Innerhalb des synchronen Strom-Verbundnetzes in Europa (ENTSO-E) werden Leistungsabweichungen in einem dreistufigen Regelungsvorgang mit Primärregelleistung (PRL), Sekundärregelleistung (SRL)und Minutenreserveleistung (MRL) ausgeglichen.

Durch den Einsatz der Vanadium-Redox-Flow-Technologie ist der Speicher in der Lage, alle drei Regelbereiche abzudecken, eignet sich jedoch hauptsächlich für den Bereich der Sekundärregelenergie und wird damit der erste Speicher in der Sekundärregelleistung sein.

Im ersten Quartal 2018 wird der Vanadium-Redox-Flow-Speicher in Betrieb gehen. Damit wird der nächste Schritt für Speicheranlagen dieser Größe eingeleitet. Bisher sind Batteriespeicher nur in der PRL zu finden.

„Wenn der Umstieg auf erneuerbare Energien gelingen soll, müssen wir in der Lage sein, konventionelle Kraftwerke ganz abzuschalten, wenn genug erneuerbare Energie eingespeist wird“, sagt Patrick von Hertzberg, Gründer und Geschäftsführer der WWF Solar. Das Eberswalder Unternehmen hat gemeinsam mit dem Hersteller der Speicher die Entwicklung des Batteriespeichers übernommen und liefert nun die schlüsselfertige Anlage.

Der Lieferant UniEnergy Technologies aus Seattle WA garantiert die Leistung der verwendeten Vanadium-Redox-Flow-Speicher für die nächsten 20 Jahre.

Dr. rer. nat. Frank Wiegandt
CTO WWF Solar GmbH

Kontakt:
WWF SOLAR GmbH
Mühlenstraße
16227 Eberswalde
Tel.: +49 (0)3334 55 29 00
E-Mail: info@wwfsolar.de

www.wwfsolar.de

1.3 Momentanreserve

Zielsetzung

- Das Stromsystem verfügt zu jedem Zeitpunkt im Verbundbetrieb oder im seltenen Fall eines System-Splits über eine ausreichende Trägheit, sodass schnelle Frequenzänderungen gedämpft werden können, bis der Einsatz der Primärregelleistung erfolgen kann.
- Das Stromsystem verfügt zu jedem Zeitpunkt, unabhängig davon, ob im Verbundbetrieb, im seltenen Fall eines System-Splits oder im Inselnetzbetrieb nach Störung, über einen ausreichenden Kurzzeitenergiespeicher, der jede spontane Laständerung durch Zufuhr oder Entzug von Energie ausgleicht, bis die Primärregelung greift.

Wichtige Entwicklungen/ Aktivitäten der letzten Jahre

Aktivität	Wirkung/Beispiele
Auswirkungen zunehmender Einspeisung durch Umrichter auf die Entwicklung der Systemträgheit wurden analysiert und Bedarf an alternativer Erbringung für MomR festgestellt	Die Entwicklung der Systemträgheit beim Ausbau der erneuerbaren Energien wurde für den Verbundbetrieb sowie den System-Split-Fall durch die dena-Plattform Systemdienstleistungen analysiert. Dabei wurde festgestellt, dass insbesondere im seltenen Fall einer Auftrennung des Verbundnetzes (System-Split) ein Problem mit der Bereitstellung von Momentanreserve bestehen würde. Wichtige Analysen dazu sind u. a. die dena-Studie Systemdienstleistungen 2030[I] sowie das Gutachten „Bedarf und Erbringung von Momentanreserve 2030“.[VI]
Erforschung netzbildender Umrichter	Im Zuge der Analyse der Folgen eines Wegfalls klassischer Momentanreserve werden Potenziale netzbildender Umrichter analysiert und die systemtechnischen Lösungen untersucht, um eine Abschwächung der Spannungsqualität durch harmonische Ausbreitung infolge fehlender Momentanreserve zu verhindern. Diese Untersuchungen erfolgen u. a. in folgenden Projekten: ■ MIGRATE – Massive InteGRATion of power Electronic devices[27] ■ Netzregelung 2.0
Aktueller Handlungsbedarf	* Hauptverantwortliche Akteure
Erforschung und Entwicklung systemtechnischer Lösungsalternativen **ÜNB, Wissenschaft***	Vor allem die Potenziale netzbildender Umrichter für den Einsatz im Verbundnetz sollen weiter erforscht, entwickelt und verfügbar gemacht werden. Dabei sind unterschiedliche Betriebszustände und Störfälle (z. B. Fault-Ride-Through-Fähigkeit bei Über-/Unterfrequenz, Winkelsprünge und hohe Frequenzgradienten) zu berücksichtigen.
Entwicklung gesamteuropäischer Konzepte zur Beherrschung von System-Splits **ÜNB, Politik***	Es gilt, bestehende Defence-Pläne hinsichtlich der Beherrschbarkeit der bei einem System-Split auftretenden Frequenzgradienten zu überprüfen und ggf. weiterzuentwickeln. Anforderungen an den regional sicherzustellenden Bedarf an Momentanreserve sollen abgeleitet und dabei potenzielle weitere Mechanismen zur Frequenzhaltung entwickelt werden.
Nationale Strategien zur regionalen Sicherstellung ausreichender Momentanreserve umsetzen **Politik***	Geeignete Lösungsoptionen zur zukünftigen Erbringung von Momentanreserve im deutschen Stromnetz sollen ausgewählt werden. Grundpfeiler dafür sind das zuvor entwickelte gesamteuropäische Konzept und Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen. Ein mögliches methodologisches Vorgehen zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit zeigt das Gutachten „Bedarf und Erbringung von Momentanreserve 2030“[VI] auf.

Bewertung der Entwicklung im Themenfeld Momentanreserve

Dringender Handlungsbedarf in bestimmten Teilaspekten

Geeignete technische Konzepte für die Bereitstellung von Momentanreserve aus umrichterbasierten Erzeugungs- bzw. Verbrauchsanlagen sind grundsätzlich bekannt. Der künftige Bedarf wird im Rahmen von Arbeitsgruppen der ÜNB diskutiert.
Es besteht der Bedarf, diese technischen Lösungen zu pilotieren und zu erproben und damit die Marktreife für einen systemischen Einsatz zu erreichen. Außerdem hat das Gutachten „Momentanreserve 2030“ gezeigt, dass bereits heute Probleme im unwahrscheinlichen Fall eines System-Split auftreten können. Die sich daraus ergebenden Herausforderungen sowie der künftige Bedarf an Momentanreserve sind im Rahmen der bestehenden Arbeitsgruppen der ÜNB zu diskutieren.

Hintergrundwissen Momentanreserve

- dena (2014): Studie Systemdienstleistungen 2030[I]
- dena (2016): Gutachten Bedarf und Erbringung von Momentanreserve[VI]

1.4 Blindleistung

Zielsetzung

- Eine bedarfsgerechte, technisch und wirtschaftlich sinnvolle Blindleistungsbereitstellung wird angestrebt, damit die Transportkapazität der Leitungen für den Wirkleistungsanteil maximal genutzt werden kann.
- Blindleistung wird – neben anderen Optionen[28] – auch zur Spannungssteuerung genutzt. Ziel ist es, die Spannung in der Mittel- und Niederspannungsebene im zulässigen Spannungsband von +/- 10 Prozent der Nennspannung zu halten.
- Von allen möglichen Erbringungsoptionen für Blindleistung (beispielsweise Betriebsmittel der Netzbetreiber, konventionelle Kraftwerke, Wechselrichter von dezentralen Energieerzeugern, Speicher) wird die volkswirtschaftlich günstigste Option ausgewählt.
- Sowohl für Anlagenbetreiber als auch für Netzbetreiber sollte die Blindleistungsbereitstellung und -erbringung wirtschaftlich tragbar sein.

Wichtige Entwicklungen/ Aktivitäten der letzten Jahre

Aktivität	Wirkung/Beispiele
Eine sukzessive Weiterentwicklung der technischen Anschlussbedingungen für Erzeugungsanlagen wurde begonnen	Die Anforderungen an die Fähigkeit zur Blindleistungsbereitstellung aus dezentralen Erzeugungsanlagen v. a. in unteren Spannungsebenen wurden in den letzten Jahren sukzessive ausgeweitet, sodass den Netzbetreibern mittlerweile eine Vielzahl an unterschiedlichen Erbringungsoptionen zur Verfügung steht.
Projekte und Aktivitäten zur Entwicklung aktiver Blindleistungsmanagementsysteme wurden auf den Weg gebracht	Für das aktive Blindleistungsmanagement im Verteilnetz müssen Steuer- und Koordinationskonzepte weiterentwickelt werden. Es gilt zum einen Konzepte zu entwickeln, die eine Spannungssteuerung für die eigene Netzebene effizient gewährleisten. Zum anderen besteht die Möglichkeit, Steuer- und Koordinationskonzepte zu entwickeln, die eine Spannungssteuerung in vor- und nachgelagerten Netzebenen erlauben. Folgende Projekte und Aktivitäten untersuchen diese Thematik: ■ Entwicklung und Pilotierung des aktiven Blindleistungsmanagements im Rahmen der ARGE Netzbetreiber Ost ■ SyNErgie – Systemoptimierendes Netz- und Energiemanagement für die Verteilungsnetze der Zukunft[29] ■ Verteilnetz 2020 – Verbesserung der Aufnahmefähigkeit und Sicherung der Netzqualität von Verteilnetzen[30] ■ Leitfaden zur Integration spannungsstabilisierender Applikationen (LISA) (Spannungshaltungsmöglichkeiten im Niederspannungsnetz)[31] ■ IMOWEN: Optimiertes Blindleistungsmanagement in 110-kV-Netzen durch Windpark-Cluster (Zusammenführung mehrerer Windparks)[32]
Eine Diskussion über wirtschaftlich tragbare Blindleistungserbringung für alle beteiligten Akteure wurde eingeleitet	Die Bereitstellung von Blindleistung verursacht Kosten bei Anlagen- und Netzbetreibern. Es besteht die Herausforderung, unter der Vielzahl an Erbringungsoptionen die jeweils günstigste auszuwählen und die damit verbundenen Kosten wirtschaftlich tragbar für alle Akteure zu gestalten. Im Rahmen des Branchenmeinungsbilds „Wirtschaftlich tragbare Erbringung von Blindleistung“[VII] hat die dena-Plattform Systemdienstleistungen erarbeitet, inwiefern sich die Standpunkte von Netz- und Anlagenbetreibern bezüglich des Umgangs mit Kosten bei der Blindleistungsbereitstellung unterscheiden. Die Netzbetreiber vertreten den Standpunkt, dass die Blindleistungsbereitstellung im Rahmen der Vorgaben der technischen Anschlussregeln weiterhin kostenfrei zu erbringen ist. Die Anlagenbetreiber fordern hingegen eine Kompensation der entstehenden Kosten bei Abruf der Blindleistung. Verschiedenste Modelle zur wirtschaftlich tragbaren Blindleistungserbringung sind denkbar und werden z. T. im Ausland (z. B. Schweiz, Belgien, UK) praktiziert. Welches Modell das für Deutschland geeignetste darstellt, ist in weiteren Branchendiskussionen unter Moderation des BMWi zu klären.
Aktueller Handlungsbedarf	
Branchenkompromiss zur wirtschaftlich tragbaren Blindleistungserbringung erarbeiten	Der laufende Branchendialog zur wirtschaftlich tragbaren Erbringung von Blindleistung soll unter Führung des BMWi fortgesetzt werden. Ziel muss es sein, zeitnah die Frage zu klären, ob und wenn ja in welchem Ausmaß die Bereitstellung von Blindleistung vergütet werden sollte. Das Branchenmeinungsbild[VII] der dena-Plattform Systemdienstleistungen zeigt mögliche Kompromisslinien auf, auf denen weiter aufgebaut werden könnte.

Aktueller Handlungsbedarf

* Hauptverantwortliche Akteure

Die Einführung eines aktiven Blindleistungs-Managements im Verteilnetz ist weiter voranzutreiben **VNB***	Es gilt, für die Bereitstellung von Blindleistung die Blindleistungspotenziale untergelagerter Netzebenen an den Verknüpfungspunkten zu überlagerten Netzebenen effizient zu nutzen.
Die Kostentransparenz ist zu verbessern, um Netzbetreiber in die Lage zu versetzen, aus verschiedenen Blindleistungserbringungsoptionen die kostengünstigste auswählen zu können **Politik***	Um die Kosten verschiedener Blindleistungsoptionen in ihrer Gesamtheit vergleichen zu können, müssen unterschiedlichste Kostenpositionen wie z. B. Investitionskosten, Instandhaltungskosten etc. recherchiert und analysiert werden. Hier besteht weiterer Forschungsbedarf.

Bewertung der Entwicklung im Themenfeld Blindleistung

Dringender Handlungsbedarf in bestimmten Teilaspekten	Technische Lösungen werden entwickelt und erforscht. Funktionierende Lösungen und Ansätze liegen oftmals bereits vor bzw. werden in Feldtests entwickelt. Es besteht dringender Bedarf, die aktuellen Fragen zu Kosten und Vergütung zu lösen, damit notwendige technische Weiterentwicklungsprozesse nicht durch die Vergütungsdiskussion blockiert werden.

Hintergrundwissen Blindleistung

- dena (2014): Studie Systemdienstleistungen 2030[I]
- BMWi (2016): Endbericht Zukünftige Bereitstellung von Blindleistung und anderen Maßnahmen für die Netzsicherheit[33]
- BWE (2016): Studie zur Berechnung von Wirkarbeitsverlusten durch Blindarbeit[34]
- dena (2017): Branchenmeinungsbild Wirtschaftlich tragbare Erbringung von Blindleistung[VII]
- dena (2018): Studie Entwicklung einer Verfahrensweise zur quantitativen Bewertung verschiedener Blindleistungsbereitstellungsoptionen[X]

Best-Practice-Projekte

Mitnetz: Aktives Blindleistungsmanagement – ein wichtiger SDL-Baustein

Systemdienstleistungen (SDL) sind wesentliche Voraussetzungen für einen sicheren und zuverlässigen Netzbetrieb. Sie wurden in der Vergangenheit zu großen Teilen aus konventionellen Kraftwerken bezogen. Durch eine veränderbare Blindleistungserzeugung oder eine Blindleistungs-Spannungsregelung beteiligten sich diese Kraftwerke z. B. an der Spannungshaltung im Netz.

Die Umstellung auf erneuerbare Energieträger führt zu einer veränderten Granularität, zu einer ausgeprägten zeitlichen und räumlichen Inhomogenität der Erzeugung, und hat damit fundamentale Auswirkungen auf die Erbringung von Systemdienstleistungen.

Dieser Herausforderung kann durch ein aktives Blindleistungsmanagement begegnet werden. Es besteht die Chance, die zur Spannungshaltung notwendige Blindleistungserzeugung weitgehend dezentral zu erbringen. Voraussetzung ist ein möglichst breites Angebot steuerbarer Blindleistungsquellen. Mit dem Zubau dezentraler Erzeugungsanlagen, aber auch mit der stetigen Entwicklung dezentraler Speichertechnologien und neuer Technologien auf der Verbraucherseite erfolgt eine kontinuierliche Erweiterung von Blindleistungspotenzialen.

MITNETZ STROM hat bereits ein aktiv steuerbares Blindleistungsstellpotenzial von -280 Mvar (kap) bis 230 Mvar (ind) in das aktive Blindleistungsmanagement eingebunden. Aus der zentralen netzführenden Stelle wird die Blindleistungserzeugung der Anlagen je nach aktueller Lastflusssituation verändert.

Kontakt:
Mitteldeutsche Netzgesellschaft mbH
Industriestraße 10
06184 Kabelsketal
Tel.: +49 (0)345 216-0
E-Mail: info@mitnetz-strom.de

www.mitnetz-strom.de

Damit wird nicht nur in den Spannungsebenen des Verteilnetzes die Einhaltung von betrieblichen Grenzwerten koordiniert, sondern auch die Maßnahmen zur statischen Spannungshaltung an den Verknüpfungspunkten mit dem Höchstspannungsnetz überregional organisiert. Dieses Vorgehen kann analog auch für nachgelagerte Netzebenen erfolgen, z. B., indem vorhandene Potenziale aus dem Mittelspannungsnetz zum Verknüpfungspunkt am Hochspannungsnetz aggregiert werden.

In der ARGE Ost haben sich alle Verteilnetzbetreiber einer Regelzone zusammengeschlossen und auf eine gemeinsame Lösung dieser Fragestellungen verständigt. Gemeinsam mit dem Übertragungsnetzbetreiber 50Hertz Transmission wurden bereits Verfahren zum aktiven Blindleistungsmanagement abgestimmt und damit ein einheitliches und gemeinsam koordiniertes Vorgehen sichergestellt. Damit wurde eine wichtige Voraussetzung zur effizienten Nutzung dezentral vorhandener Systemdienstleistungspotenziale geschaffen.

1.5 Kurzschluss-strombeitrag

Zielsetzung

- Fehler müssen zu jedem Zeitpunkt sicher und zuverlässig erkannt und bei Bedarf abgeschaltet werden.
- Der Dynamik im Verteilnetz zwischen Netzentwicklung (im Wesentlichen getrieben durch die Netzintegration von dezentralen, i. d. R. erneuerbaren Erzeugungsanlagen) und Entwicklungszeit neuer Schutzkonzepte wird weitgehend gefolgt. Es wird permanent der Ist-Zustand analysiert, um etwaige Neuerungen rechtzeitig einleiten zu können.
- Durch diese Dynamik müssen sich Stromnetze zunehmend an veränderte Lastflüsse und neue Netznutzer anpassen können. Auch die Schutztechnik der Netze muss in der Lage sein, sich diesen wandelnden Anforderungen verstärkt flexibel anzupassen. Bislang wurden die Parameter traditioneller Schutzgeräte (z. B. Schutzrelais) im Netz bzw. in Erzeugungsanlagen einmalig auf ein Schutzkonzept ausgelegt (z. B. hinsichtlich der Netzlänge oder der Impedanz). Moderne Schutzgeräte hingegen verfügen über eine größere Anzahl veränderlicher Funktionen und Parameter, sodass sich die Schutztechnik einfacher neuen Gegebenheiten und sich verändernden Schutzkonzepten anpassen kann.

Wichtige Entwicklungen/ Aktivitäten der letzten Jahre

Aktivität	Wirkung/Beispiele
Die Notwendigkeit einer Überarbeitung der bestehenden Netzschutzkonzepte wurde erkannt	Der Ausbau der dezentralen Erzeugungsanlagen im Verteilnetz führt vielfach zu einer deutlichen Spannungsanhebung. Konsequenz ist eine erhöhte Vermaschung der Netze durch Netzverstärkung bzw. Netzumbau. Somit ergeben sich an die bisherigen Schutzkonzepte erhöhte Anforderungen an die sichere Erkennung von Fehlern. Die Netzbetreiber haben erkannt, dass die neuen, durch Umrichter angeschlossenen Erzeugungsanlagen eine Herausforderung für die bisherigen Schutzkonzepte darstellen, weil das bisherige Vorgehen, bei einem entsprechenden Kurzschlussstrom abzuschalten, unter Umständen nicht greift.
Bei Schutzkonzepten und der Entwicklung neuer Schutzgeräte wurden Lösungen gefunden.	Die Notwendigkeit einer Überarbeitung im Verteilnetz zieht ein Erarbeiten neuer Schutzkonzepte und die Entwicklung neuer Schutzgeräte nach sich. Sowohl Schutzkonzepte als auch -geräte wurden den Herausforderungen entsprechend entwickelt. So wurden Schutzgeräte konzipiert, die einen Fehler auch bei Speisung aus einem umrichtergeprägten Erzeugungssystem erkennen. Dabei ist auch eine Richtungserkennung implementiert, sodass eine zielgerichtete Schutzauslösung stattfinden kann.
Die notwendige Einbeziehung der Entwicklungsdynamik wurde als Handlungsbedarf identifiziert	Im Rahmen der Lösungsfindung wurde eine ungünstige Dynamik im Verteilnetz erkannt. Wenn Untersuchungen zum Netzzustand beginnen, kann nur der Ist-Zustand zu diesem konkreten Zeitpunkt analysiert und darauf aufbauend eine Anpassung des Schutzkonzepts und der Geräte vorgenommen werden. In der Entwicklungszeit für das Schutzkonzept samt Geräten entwickelt sich das Netz jedoch ebenfalls weiter und der Ist-Zustand, für welchen das neue Schutzkonzept ausgelegt wurde, gilt unter Umständen nicht mehr. Dieser Dynamik ist Rechnung zu tragen.

Aktueller Handlungsbedarf

* Hauptverantwortliche Akteure

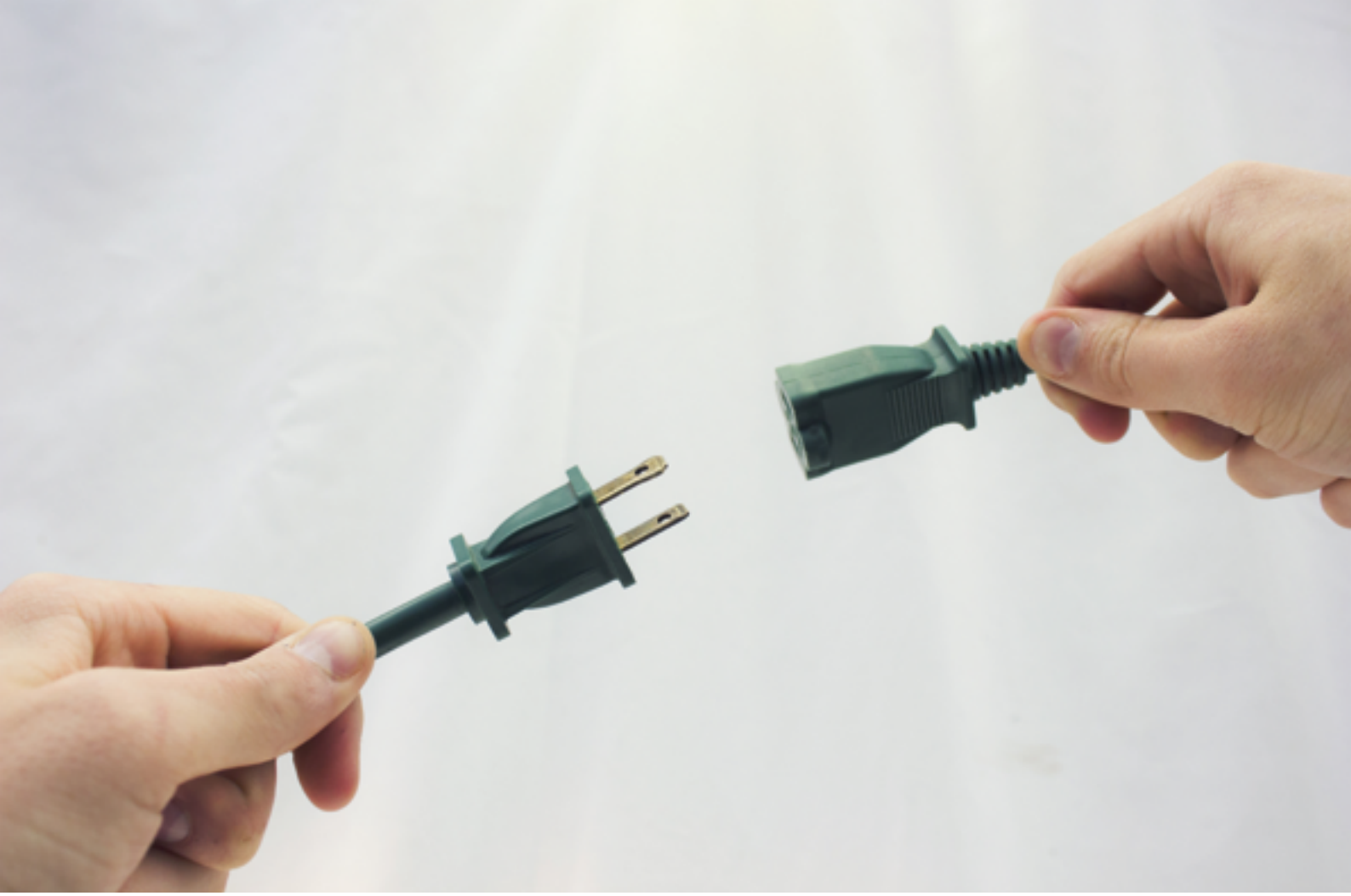
Fehlende Technik in Erzeugungsanlagen und Netzen nachrüsten **VNB***	Je nach Alter der Erzeugungsanlagen und aktueller Entwicklung des Netzes, an welchem sie angeschlossen sind, besteht die Möglichkeit, dass bei einem erneuerten Schutzkonzept Technik in den Erzeugungsanlagen fehlt. Durch fehlende Technik könnte es den Erzeugungsanlagen nicht möglich sein, das neue Schutzkonzept zu unterstützen. Es ist erforderlich, dass sich die Erzeugungsanlage in einem Fehlerfall anpassen kann und das Schutzkonzept unterstützt. Auch im Netz sind für die Realisierung eines erneuerten Schutzkonzepts gegebenenfalls fehlende Komponenten einzubauen oder bestehende Komponenten neu zu parametrieren.
Permanente Analyse der momentanen Netzsituation **VNB***	Das Netz entwickelt sich infolge der durch die Energiewende entstandenen Dynamik, beispielsweise durch das Zuschalten neuer dezentraler Erzeugungsanlagen, stetig weiter. Die Netzsituation muss permanent beobachtet werden, weil die Schutzkonzepte und -geräte je nach Veränderung ebenfalls angepasst werden müssen, um zu jeder Zeit ein sicheres Abschalten von Fehlern zu gewährleisten. Je nach Netzentwicklung muss das Schutzkonzept samt Geräten überarbeitet werden.
Entwicklung angepasster Schutzkonzepte und -geräte **Hersteller, VNB***	Der permanenten Netzanalyse folgend müssen je nach Analyseergebnis die zu der Zeit bestehenden Schutzkonzepte weiter- oder neu entwickelt werden. Selbiges gilt für die Schutzgeräte.
Ständige Schulung des Personals entsprechend den neuen Konzepten und Geräten **VNB***	Die fortlaufende Anpassung der Schutzkonzepte und Geräte erfordert eine ständige Schulung des Netzbetriebspersonals, welches z. B. für die Wartung der Schutzgeräte zuständig ist oder in der Leitwarte den sicheren Betrieb des Netzes beobachtet. Der Wissensstand des Personals muss jederzeit dem aktuellen Stand der Technik entsprechen. Das gilt in ähnlicher Weise auch für den Anlagenbetreiber bzw. Anlagenverantwortlichen.

Bewertung der Entwicklung im Themenfeld Kurzschlussstrombeitrag

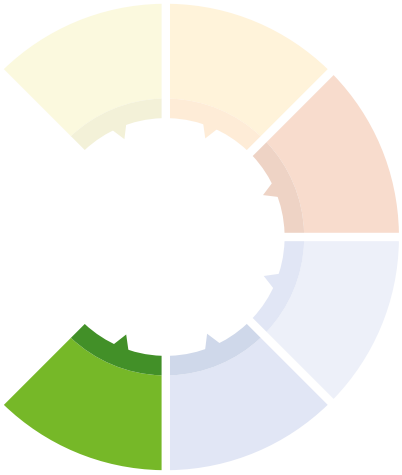
Entwicklung im Soll	Entstehende bzw. bestehende Probleme infolge der durch Umrichter angeschlossenen Erzeugungsanlagen wurden erkannt. Neue Schutzkonzepte und -geräte werden entwickelt und eingesetzt.

Hintergrundwissen Kurzschlussstrombeitrag

- dena (2014): Studie Systemdienstleistungen 2030[I]



1.6 Versorgungs-wiederaufbau



Zielsetzung

- Das Stromsystem muss nach einem Blackout zuverlässig und stabil wieder aufgebaut werden können. Gleichzeitig darf der Blackout nicht zu lange andauern.
- Um den Versorgungswiederaufbau (VWA) zu gewährleisten, müssen die hierfür benötigten Systeminformationen, auch wenn das System längere Zeit schwarz liegt, robust verfügbar sein.
- Eine Lösung, welche die oben genannten Zielsetzungen abdeckt, muss für alle beteiligten Stakeholder wirtschaftlich tragbar sein.

Wichtige Entwicklungen/ Aktivitäten der letzten Jahre

Aktivität	Wirkung/Beispiele
Bisherige VWA-Konzepte werden analysiert und die Notwendigkeit für eine Weiterentwicklung unter Einbezug der EE-Anlagen wurde erkannt	Der bestehende zentrale Versorgungswiederaufbau wurde im Rahmen der dena-Studie Systemdienstleistungen 2030[I] analysiert und auch für das Jahr 2030 als geeignet empfunden. Es wurde jedoch festgestellt, dass in die bestehenden VWA-Konzepte auf jeden Fall der sich stetig erhöhende Anteil von EE-Anlagen eingearbeitet werden muss. So wurde erkannt, dass durch den hohen EE-Anteil in den Verteilnetzen dem ÜNB im Falle des Versorgungswiederaufbaus zunehmend weniger gesicherte Lasten zur Verfügung stehen. Teilweise können zugeschaltete Lasten durch untergelagerte EE-Anlagen zu einer ungewollten Rückspeisung führen und somit den Versorgungsaufbau gefährden oder stören.
Aktueller Handlungsbedarf	* Hauptverantwortliche Akteure
Das bestehende Versorgungswiederaufbaukonzept ist unter Berücksichtigung des Verhaltens von EE-Anlagen weiterzuentwickeln **ÜNB, Wissenschaft***	Das bestehende Versorgungswiederaufbaukonzept ist unter Berücksichtigung des Verhaltens von EE-Anlagen weiterzuentwickeln. Eine Problematik, die sich zeigt, ist, dass ein paralleler Versorgungswiederaufbau im Verteilnetz durch EE-Anlagen dazu führen kann, dass dem ÜNB weniger gesicherte Lasten zur Verfügung gestellt werden können. Außerdem müssen die Verteilnetze, die in einem parallelen Versorgungswiederaufbau betrieben werden, sicher an das Übertragungsnetz parallel geschaltet werden können. Hierfür müssen die notwendigen Schaltgeräte vorhanden sein und die Einstellungen gemeinsam abgestimmt werden. Insgesamt gilt es diesen Problemen zu begegnen. ■ Aktuell wird bereits in den Projekten NETZ:KRAFT, Linda, Kickstarter sowie SORGLOS untersucht, inwiefern das VWA-Konzept Anpassungen benötigt, wenn die EE-Anlagen mit eingebunden werden.
Anforderungen an das Verhalten von dezentralen Energie-Anlagen (DEA) und Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) während des VWA definieren **ÜNB***	■ Es muss sichergestellt werden, dass ein Versorgungswiederaufbau durch geeignetes Verhalten der dezentral eingesetzten IKT unterstützt wird. ■ Die Ergebnisse dieser Analyse müssen im Rahmen des geplanten Smart Meter Rollouts mit berücksichtigt werden, um die Gefahr einer kostenintensiven Umrüstung bereits installierter Technik zu vermeiden. ■ Die Möglichkeit für dezentrale Netzbetriebskonzepte ist als Option zum Versorgungswiederaufbau zu berücksichtigen. ■ Eine kosteneffiziente Lösung muss angestrebt werden, d. h., Anlagen müssen gezielt und nicht pauschal für einen Beitrag zum VWA befähigt und Netzbetriebsregeln müssen definiert werden.
Berücksichtigung des bereits heute bestehenden Problems, dass bei einem System-Split in einzelnen Netzgebieten nicht ausreichend Momentanreserve zur Verfügung steht (vgl. Kapitel 1.3) **Wissenschaft***	Insbesondere beim Versorgungswiederaufbau in Teilnetzen ist die Inselnetzfähigkeit des betreffenden Teilnetzes eine wichtige Voraussetzung, bei der für einen stabilen Betrieb ausreichend Momentanreserve benötigt wird. Durch weitere Kraftwerksstilllegungen wird sich dieses Problem weiter verschärfen. Daher sind weiterführende Analysen notwendig, bei denen eine Berücksichtigung der Entwicklung der Trägheit und Momentanreserve in Teilnetzen für Versorgungswiederaufbaukonzepte erfolgt. ■ Es muss sichergestellt werden, dass ausreichend Kommunikationstechnik vorhanden ist. Ist dies nämlich nicht der Fall, so kann es sein, dass sich EE-Anlagen im Falle eines Blackouts unkoordiniert ans Netz schalten. Dies behindert den Versorgungswiederaufbau.

Bewertung der Entwicklung der Versorgungswiederaufbaukonzepte

Dringender Handlungsbedarf in bestimmten Teilaspekten

Zukünftige Problemstellungen, z. B., inwieweit sich dezentrale Netzinseln aus EE-Anlagen auf den zentralen Netzwiederaufbau auswirken, sind erkannt und werden untersucht. Es besteht Handlungsbedarf hinsichtlich eines dynamischen Nachweises, dass ein Versorgungswiederaufbau ausgehend von stabilen Inselnetzen ohne die Unterstützung von Nachbarländern erfolgen kann.

Hintergrundwissen Versorgungswiederaufbau

- dena (2014): Studie Systemdienstleistungen 2030[1]

Best-Practice-Projekte

Siemens: Wildpoldsried – so funktioniert dezentrale Energieversorgung

Microgrid mit Mehrwert

Der Anteil erneuerbarer Quellen in der Energieversorgung steigt weltweit. Ihr weiterer Ausbau hängt sowohl von wirtschaftlichen und politischen als auch von technischen Faktoren ab. Auf lange Sicht soll der Anteil der – meist zentralen – fossilen Energieträger sinken.

Der Bedarf soll mehr und mehr durch erneuerbare – meist dezentrale – Anlagen gedeckt werden. Und das bei gleichbleibend hoher Sicherheit und Wirtschaftlichkeit der Versorgung.

Kontakt:
Dr. Michael Metzger
Siemens AG
CT REE ENS
80200 München

Das Forschungsprojekt IREN2 in Wildpoldsried im Allgäu untersucht daher neuartige Netzstrukturen, die durch verteilte Erzeugung dominiert sind, sowie deren wirtschaftliche und technische Betriebsführung.

Die wesentlichen Ziele des Projekts sind:

- Betrieb eines Microgrids als autarkes Inselnetz – abgekoppelt vom überlagerten Verteilnetz
- Nutzung eines Microgrids als topologisches Kraftwerk zur Bereitstellung von Systemdienstleistungen
- Ein stabiler und ökonomisch optimierter Netzbetrieb

Neben Siemens beteiligen sich die Allgäuer Überlandwerk GmbH/ Allgäu-Netz GmbH & Co. KG, die RWTH Aachen, die Hochschule Kempten und die ID.KOM Networks GmbH am Forschungsprojekt. Es wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie gefördert.

Biogas, Solar- und Windkraft – die Gemeinde Wildpoldsried im Allgäu erzeugt aus erneuerbaren Quellen fünfmal so viel Energie, wie sie selbst verbraucht. Das Netz vor Ort muss daher bidirektionale Energieflüsse und große Schwankungen bewältigen.

Dank intelligenter Netzplanung, Implementierung von Messtechnik an neuralgischen Punkten und regelbaren Netzkomponenten wie intelligenten Ortsnetzstationen konnten aber hohe Investitionen in Netzausbau und flächendeckende Messtechnik vermieden werden.

Die vorhandenen Strukturen bilden die ideale Grundlage für weitere Forschungen: Gemeinsam mit den Konsortialpartnern plant Siemens zu zeigen, dass solch ein Netz mit hohem Anteil an erneuerbaren Erzeugern auch autark laufen kann. Und wie es darüber hinaus sogar zeitweise Großkraftwerke ersetzen kann, indem es Systemdienstleistungen ins übergeordnete Hauptnetz liefert.

Die Lösung

Erneuerbare und konventionelle Erzeuger bilden in Wildpoldsried eine hybride Struktur. Im Testgebiet werden Photovoltaik-Dachanlagen und ein Biogas-Blockheizkraftwerk ergänzt mit zwei Diesel-Aggregaten und einem Lithium-Ionen-Speichersystem. Das Netz ist mit Mess- und Regelungsinfrastruktur sowie regelbaren Transformatoren ausgestattet. Die zentrale Regelung und Steuerung aller Einheiten übernimmt Leittechnik von Siemens: der Microgrid Manager und die Hybridkraftwerks-Steuerung. Deren Hauptaufgabe ist es, das Netz im Echtzeitbetrieb stabil zu halten.

Dazu gehören die Spannungs- und Frequenzhaltung sowie die Bereitstellung von Kurzschlussleistung innerhalb des Microgrids.

Eine besondere Herausforderung ist die Stabilisierung des Netzes beim Schwarzstart, also dem Netzwiederaufbau „von unten“, sowie bei der Re-Synchronisation mit dem Hauptnetz, wenn das Microgrid nach dem Inselnetzbetrieb wieder angekoppelt wird. Zusätzlich zur inneren Stabilität soll das Wildpoldsrieder Microgrid als topologisches Kraftwerk Leistungen zur Sicherung der Systemstabilität im übergeordneten Netz liefern. Durch diese Systemdienstleistungen kann es zeitweise konventionelle Kraftwerke komplett ersetzen. Dafür lässt sich die Leistung der erneuerbaren Erzeuger über die Leittechnik belastbar prognostizieren sowie intelligent planen und steuern.

Was das Microgrid als topologisches Kraftwerk leistet:

- Die Potenziale für Systemdienstleistungen werden vorhergesagt.
- Wenn Systemdienstleistungen vereinbart sind, muss das Microgrid diese jederzeit liefern können.
- Ein Regelsystem sorgt dafür, dass die verteilten Anlagen die Systemdienstleistung zusätzlich zum normalen Betrieb erbringen.

Die Vorteile für Wildpoldsried und Microgrids weltweit

Das Forschungsprojekt IREN2 in Wildpoldsried zeigt: Versorgungsnetze mit einem hohen Anteil an erneuerbaren Erzeugern können stabil und wirtschaftlich betrieben werden.

2. Update der dena-Roadmap Systemdienstleistungen 2030

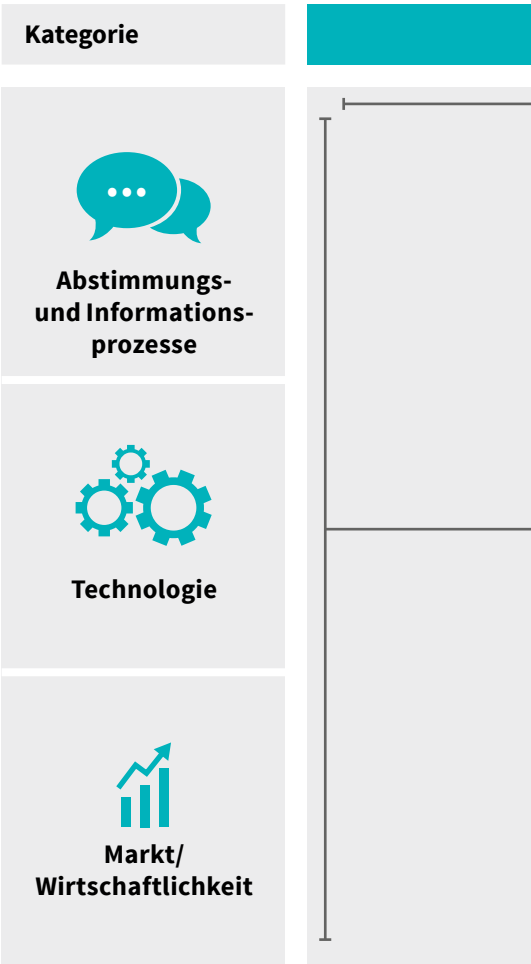
Im Rahmen der der Studie Systemdienstleistungen 2030[I] hat die dena im Jahr 2014 eine Roadmap erarbeitet, welche notwendige Prozesse für die Gewährleistung eines sicheren Stromnetzes aus Systemdienstleistungssicht darlegt. Diese Roadmap wurde unter Berücksichtigung der vorangehend dargestellten Ergebnisse durch die dena-Plattform Systemdienstleistungen aktualisiert.

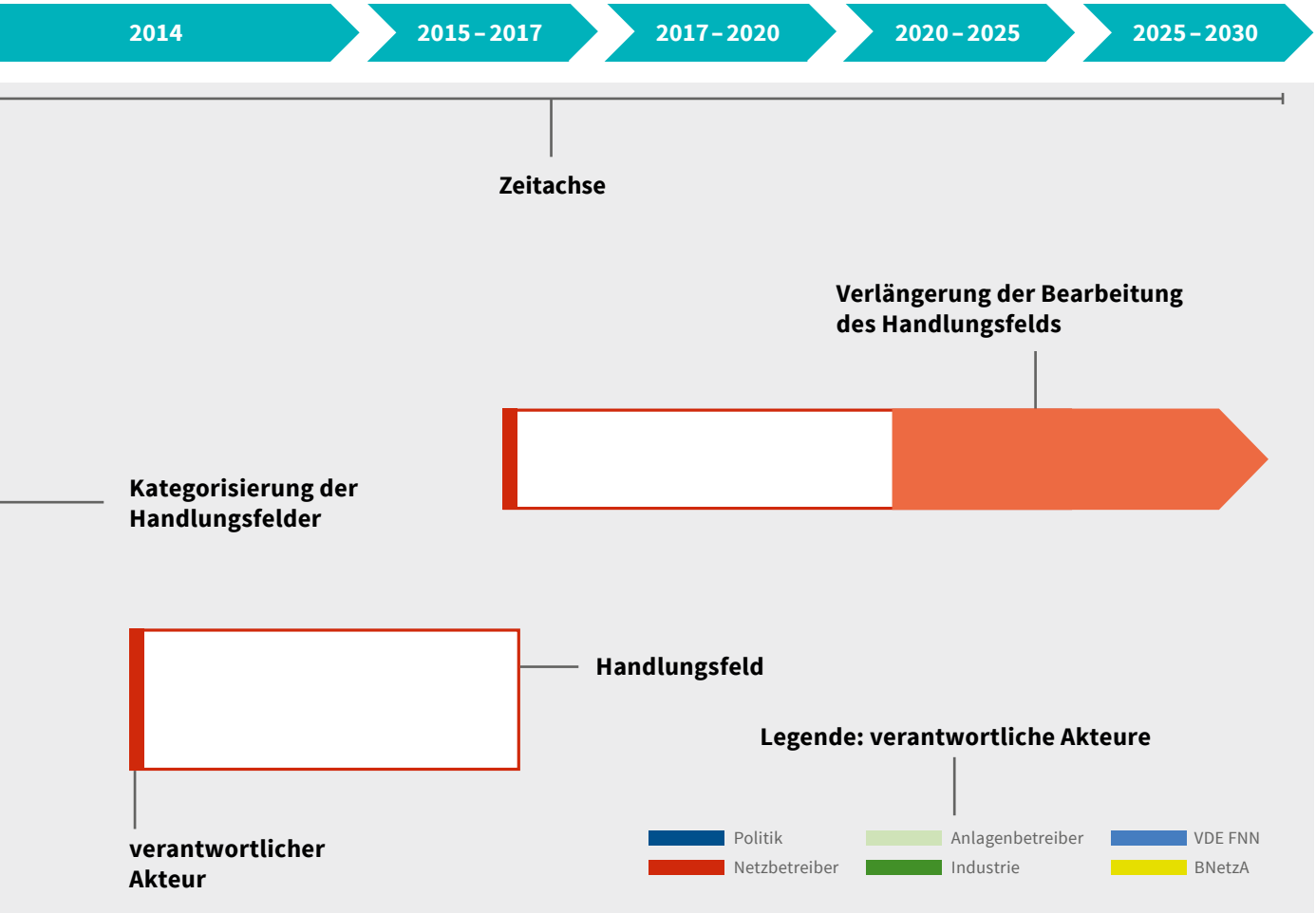
Mit dem Update wird die Roadmap an den aktuellen Stand der Handlungspakete angepasst. Es wird aufgezeigt, wie sich die Systemdienstleistungsbereiche Betriebsführung, Frequenzhaltung durch Regelleistung, Frequenzhaltung durch Momentanreserve, Spannungshaltung durch Blindleistung, Spannungshaltung durch Kurzschlussstrombeitrag und Versorgungswiederaufbau in ihren Herausforderungen entwickelt und geändert haben.

Lesehinweis zum Update

Um Anpassungen im Vergleich zur ursprünglichen Roadmap darzustellen, wurde die Zeitachse der Roadmap (2014 – 2030) nicht verändert, der in der Vergangenheit liegende Zeitraum jedoch grau hinterlegt: Im ausgegrauten Bereich liegende Themen der Roadmap wurden in der Vergangenheit bereits bearbeitet.

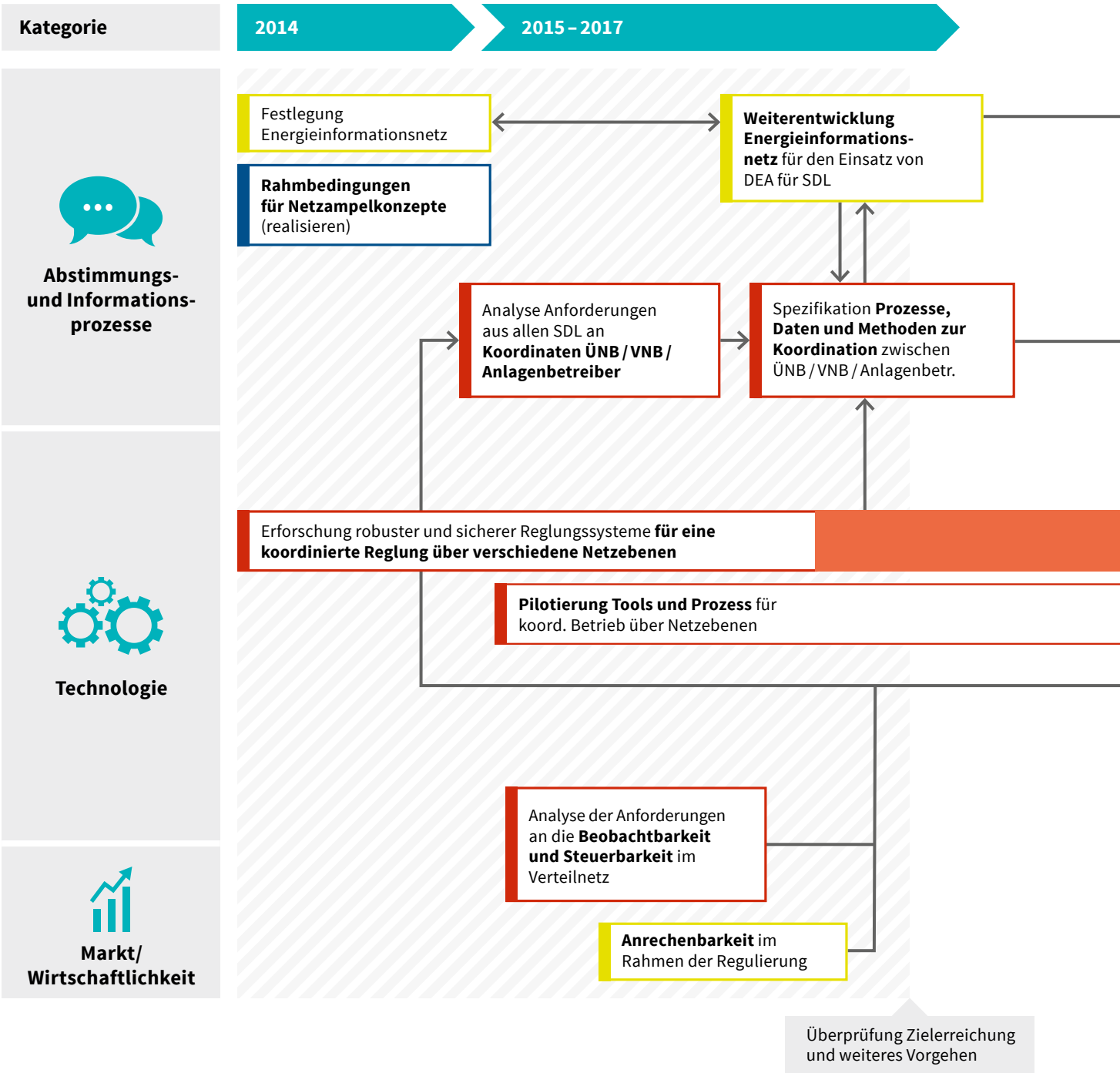
Die Handlungspakete, bei denen sich während der Bearbeitung neue Fragestellungen ergeben haben, die zeitlich über die alte Roadmap hinausreichen, wurden mit einem Pfeil aus der Vergangenheit in die Zukunft verlängert.

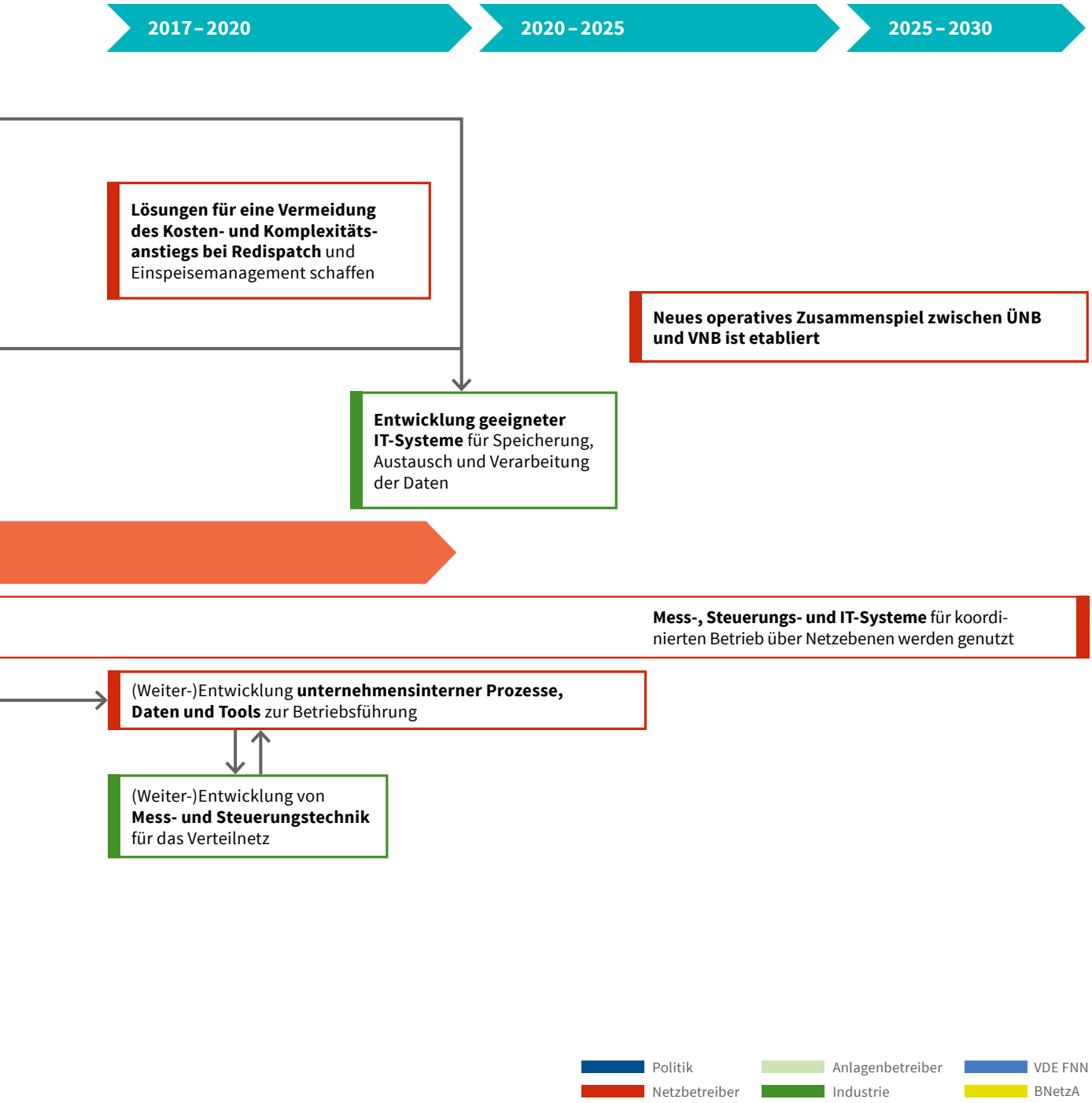



2014
2015 – 2017
2017 – 2020
2020 – 2025
2025 – 2030
Zeitachse
Verlängerung der Bearbeitung des Handlungsfelds
Kategorisierung der Handlungsfelder
Handlungsfeld
verantwortlicher Akteur
Legende: verantwortliche Akteure
Politik
Netzbetreiber
Anlagenbetreiber
Industrie
VDE FNN
BNetzA

dena-Roadmap Systemdienstleistungen 2030

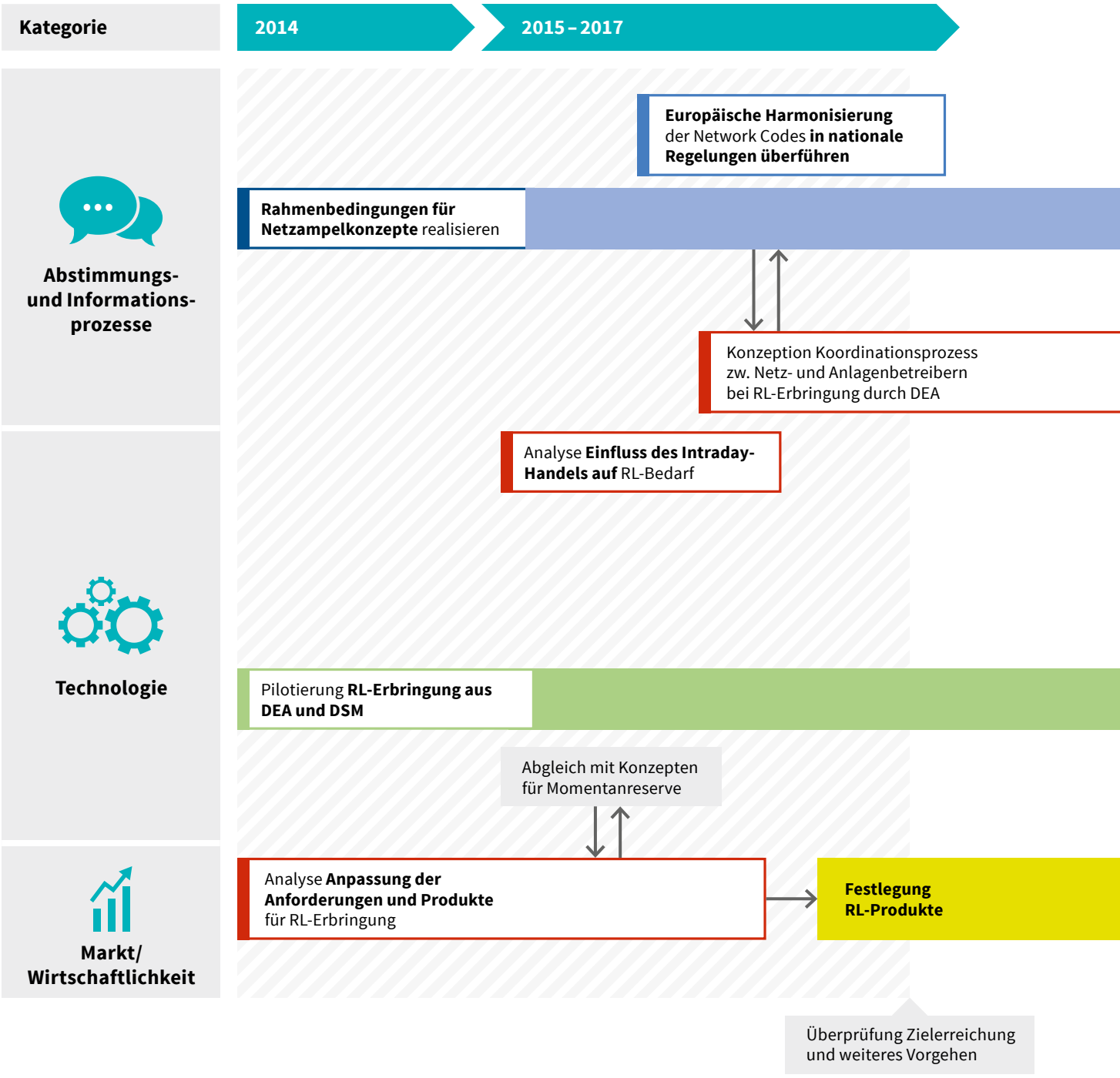
Betriebsführung

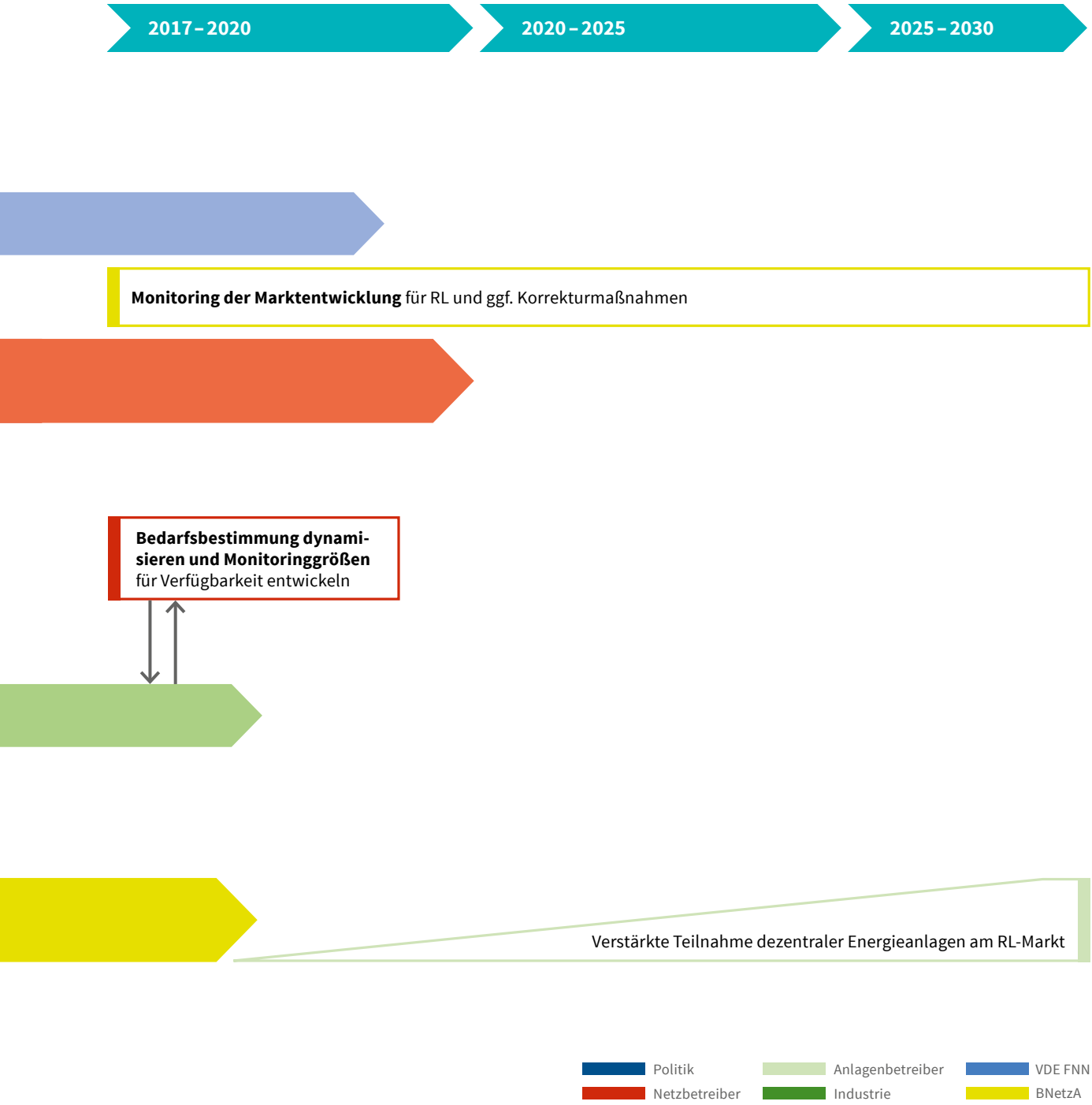



2017 – 2020
2020 – 2025
2025 – 2030
Lösungen für eine Vermeidung des Kosten- und Komplexitätsanstiegs bei Redispatch und Einspeisemanagement schaffen
Neues operatives Zusammenspiel zwischen ÜNB und VNB ist etabliert
Entwicklung geeigneter IT-Systeme für Speicherung, Austausch und Verarbeitung der Daten
Mess-, Steuerungs- und IT-Systeme für koordinierten Betrieb über Netzebenen werden genutzt
(Weiter-)Entwicklung unternehmensinterner Prozesse, Daten und Tools zur Betriebsführung
(Weiter-)Entwicklung von Mess- und Steuerungstechnik für das Verteilnetz
Politik
Netzbetreiber
Anlagenbetreiber
Industrie
VDE FNN
BNetzA

dena-Roadmap Systemdienstleistungen 2030

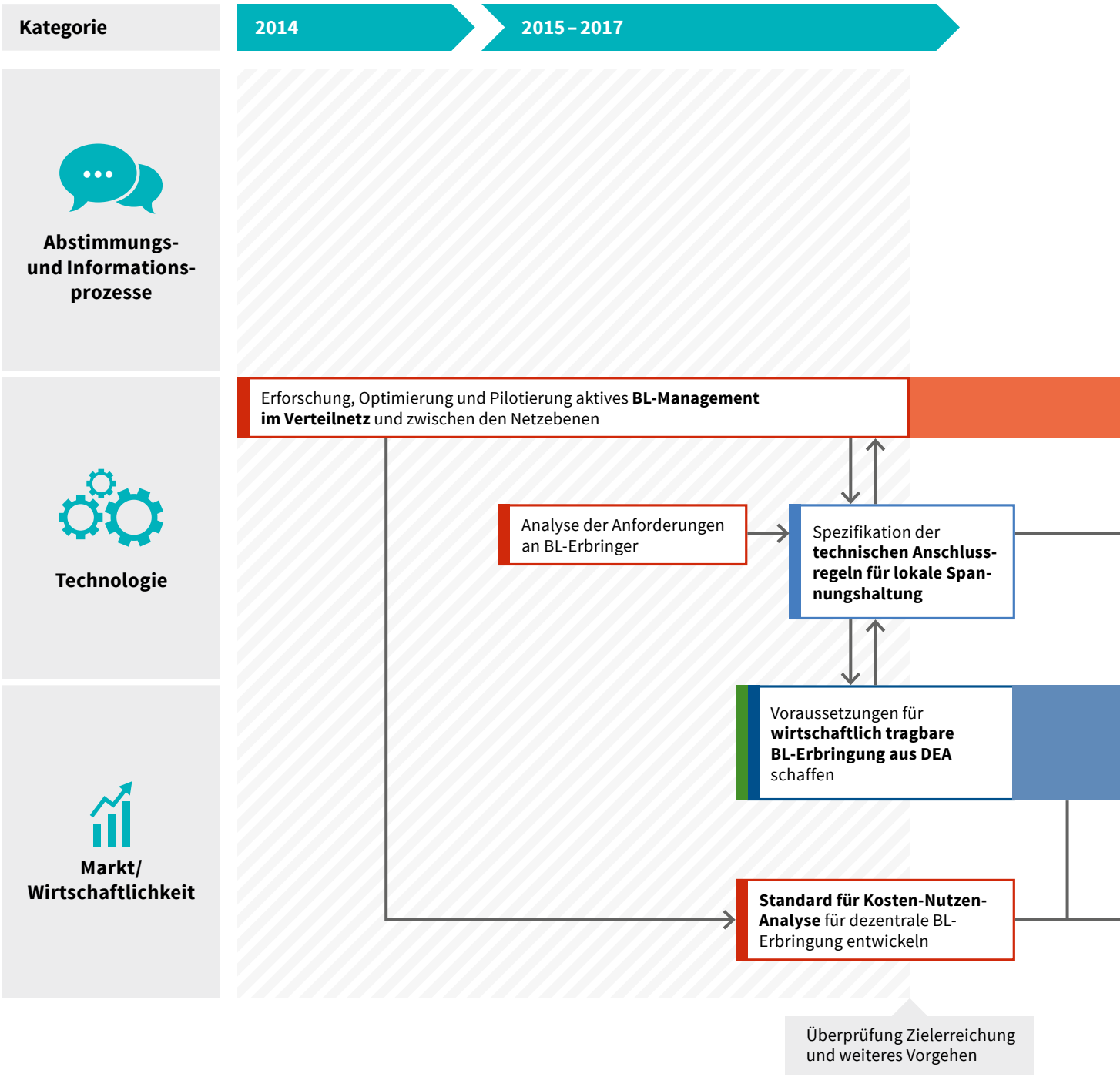
Frequenzhaltung: Regelleistung

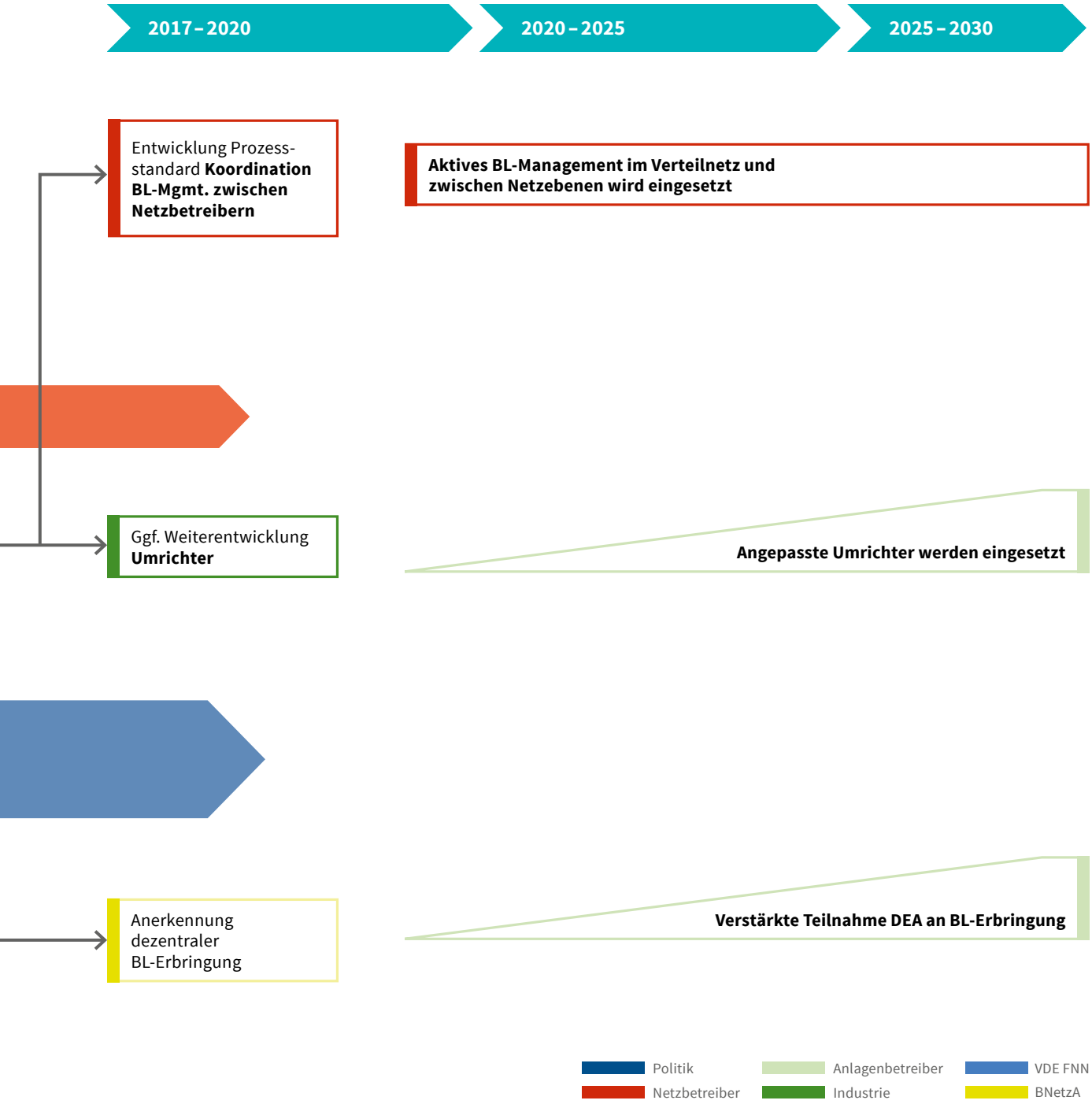



2017 – 2020
2020 – 2025
2025 – 2030
Monitoring der Marktentwicklung für RL und ggf. Korrekturmaßnahmen
Bedarfsbestimmung dynamisieren und Monitoringgrößen für Verfügbarkeit entwickeln
Verstärkte Teilnahme dezentraler Energieanlagen am RL-Markt
Politik
Netzbetreiber
Anlagenbetreiber
Industrie
VDE FNN
BNetzA

dena-Roadmap Systemdienstleistungen 2030

Spannungshaltung: Blindleistung



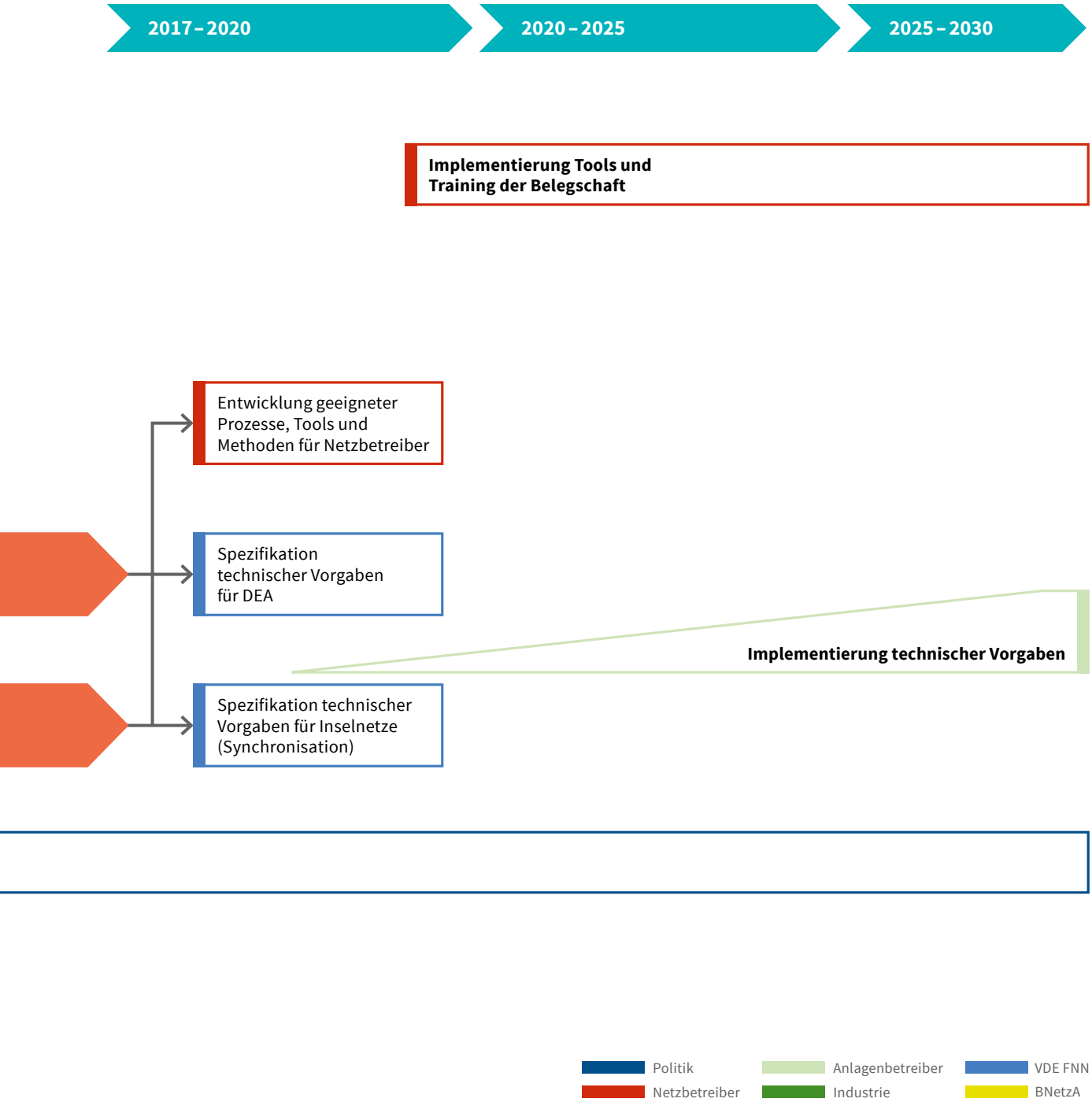

2017 – 2020
2020 – 2025
2025 – 2030
Entwicklung Prozess-standard **Koordination BL-Mgmt. zwischen Netzbetreibern**
Aktives BL-Management im Verteilnetz und zwischen Netzebenen wird eingesetzt
Ggf. Weiterentwicklung **Umrichter**
Angepasste Umrichter werden eingesetzt
Anerkennung dezentraler BL-Erbringung
Verstärkte Teilnahme DEA an BL-Erbringung
Politik
Netzbetreiber
Anlagenbetreiber
Industrie
VDE FNN
BNetzA

dena-Roadmap Systemdienstleistungen 2030

Versorgungswiederaufbau

Kategorie	2014	2015 – 2017
Abstimmungs- und Informations-prozesse	Analyse der **Anforderungen an eine KS-Bereitstellung** (inkl. Betrachtung der potenziellen Problematik mit Schutzkonzepten)	
Technologie	Weiterentwicklung **bestehendes Versorgungs-wiederaufbaukonzept** ↕ Anforderungen an das **Verhalten von DEA und IKT während VWA** definieren	
Markt/ Wirtschaftlichkeit	**Gewährleistung ausreichender Verfügbarkeit schwarzstartfähiger Kraftwerke im Höchstspannungsnetz**	

Überprüfung Zielerreichung und weiteres Vorgehen


2017 – 2020
2020 – 2025
2025 – 2030
Implementierung Tools und Training der Belegschaft
Entwicklung geeigneter Prozesse, Tools und Methoden für Netzbetreiber
Spezifikation technischer Vorgaben für DEA
Implementierung technischer Vorgaben
Spezifikation technischer Vorgaben für Inselnetze (Synchronisation)
Politik
Netzbetreiber
Anlagenbetreiber
Industrie
VDE FNN
BNetzA

3. Umfeldanalyse

Studien/Forschungsprojekte mit Bezug zum Thema Systemdienstleistungen

Status	Titel/ Bezeichnung	Verantwortlich	Laufzeit/ Veröffent-lichung	Shortlink
	SysDL 2.0 – Systemdienst-leistungen aus Flächen-verteilnetzen	DREWAG NETZ GmbH (DREWAG; Projektleitung), TU Dresden – Lehrstuhl für Energiewirtschaft (EE2), TU Dresden – Institut für Elektrische Energiever-sorgung und Hochspannungstechnik (IEEH), ENSO NETZ GmbH, Siemens AG – Corporate Technolo-gy, Fraunhofer-Institut für Windenergie und Ener-giesystemtechnik (Fraunhofer IWES), Mitteldeut-sche Netzgesellschaft Strom mbH (MITNETZ), Uni-versität Kassel, Fachbereich Elektrotechnik/Infor-matik, 50Hertz Transmission GmbH (50Hertz), F&S Prozessautomatisation GmbH, Thüringer Energie-netze GmbH (TEN, assoziiert), DNV GL (assoziiert)	Okt. 2014 – März 2018	goo.gl/gQ6vGc
✓	dena-Studie Systemdienst-leistungen 2030. Sicherheit und Zuverlässigkeit einer Stromversorgung mit hohem Anteil erneuerbarer Energien. Roadmap dena-Studie Sys-temdienstleistungen 2030.	dena (Projektleitung), TU Dortmund, 50Hertz, ABB AG, Amprion GmbH (Amprion), BELECTRIC Solar-kraftwerke GmbH (BELECTRIC), E.DIS AG, ENERCON GmbH (ENERCON), EWE NETZ GmbH (EWE NETZ), MITNETZ, N-ERGIE Netz GmbH (N-ERGIE), Netze BW GmbH, SMA Solar Technology AG (SMA), TenneT TSO GmbH (TenneT), TransnetBW GmbH (TransnetBW), Westnetz GmbH (Westnetz), Younicos AG	Feb. 2014	goo.gl/oir5bX

			✓ abgeschlossen	laufend
✓	Konventionelle Mindesterzeugung – Einordnung, aktueller Stand und perspektivische Behandlung	Consentec im Auftrag der deutschen ÜNB	Jan. 2016	goo.gl/HfE7rg
✓	REserviceS: Economic grid support from variable renewables	EWEA (Projektleitung), EPIA, 3E N.V., VIT, Fraunhofer IWES, acciona, UCD, DTU, EDSO, Mainstream, SMA, GE	April 2012 – Sep. 2014	goo.gl/rSvbZh

Pilotanlagen und Demonstrationsprojekte für die alternative Erbringung von Systemdienstleistungen

Status	Titel/ Bezeichnung	Verantwortlich	Laufzeit/ Veröffent-lichung	Shortlink
	Förderprogramm Schaufenster intelligente Energie – Digitale Agenda für die Energiewende (SINTEG)	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)	seit Feb. 2015	goo.gl/KaZN7r
	Smart Country – Intelligente Netzkonzepte für den ländlichen Raum	RWE Deutschland AG (RWE; Projektleitung), ABB AG, TU Dortmund, Consentec	seit Juli 2009	goo.gl/m55wN5
✓	SWARM – Storage With Amply Redundant Megawatt	N-ERGIE, Caterva	April 2015 – Dez. 2017	goo.gl/5LUXut
✓	Smart Operator – lokale, intelligente Netzsteuerung	RWE (Projektleitung), Hoppecke, Horle Mann, University of Twente, RWTH Aachen, Stiebel Eltron, PSI AG	2012 – 2015	goo.gl/AU3f1v
✓	Smart Area Aachen – Innovative Lösungen und Betriebsmittel für das Verteilnetz der Zukunft	Stawag (Projektleitung), RWTH Aachen, ABB AG, Forschungsgemeinschaft für elektrische Anlagen und Stromwirtschaft (FGH), SPIE SAG GmbH (SAG), TU Dortmund, MR, Kisters, Nexans Power Accessories Germany GmbH (Nexans), BET, PSI AG, DKE im VDE, ptj	2012 – Juli 2016	goo.gl/UoTcrT
✓	FLOW-R – Flexibler Ortsnetz Spannungs- und Wirkleistungs-Regler	Pfalzwerke Netz AG (Projektleitung), TU Kaiserslautern, Power Plus Communications AG (Power Plus), Pfalzwerke AG, Walcher GmbH & Co. KG	Okt. 2014 – Sep. 2017	goo.gl/MYHHfU
✓	Batterie-Speicher zur Stabilisierung des Stromnetzes/ Statkraft	Statkraft	Feb. 2016	goo.gl/PFGKus
✓	Batteriepark Dresden	Younicos AG, DREWAG, LG Chem und Nidec	Juni 2014 – März 2015	goo.gl/5RmMTF

✓ abgeschlossen ⟳ laufend

Status	Titel/ Bezeichnung	Verantwortlich	Laufzeit/ Veröffent-lichung	Shortlink
✓	Erbringung von Regelleistung aus Batteriespeichern	Younicos AG, WEMAG Netz GmbH (WEMAG)	Sep. 2013 – Sep. 2014 (Erweiterung Mitte 2017)	goo.gl/rJDcNJ
✓	INEES – Intelligente Netzanbindung von Elektrofahrzeugen zur Erbringung von Systemdienstleistungen	Volkswagen AG (Projektleitung) Fraunhofer IWES, LichtBlick SE, SMA	Juni 2012 – Mai 2015	goo.gl/g8EpcE
✓	iNES – Intelligentes Verteilnetz-Management System	SAG (Projektleitung), Bergische Universität Wuppertal, Mainova AG, Bilfinger Mauell GmbH (Bilfinger)	2011 – 2013	goo.gl/mNhriS
✓	IRENE: „Integration regenerativer Energien und Elektromobilität“	Allgäuer Überlandwerke GmbH (AÜW; Projektleitung), Siemens AG, Hochschule Kempten, RWTH Aachen	2011 – 2013	goo.gl/GR5aj5
✓	Kombikraftwerk 2 – Sichere Stromversorgung mit 100 % erneuerbaren Energien	Fraunhofer IWES (Projektleitung), Cube Engineering, DWD, ENERCON, Ökobit GmbH, Leibniz Universität Hannover, Siemens AG, SMA, Solarworld Agentur für erneuerbare Energien (Solarworld)	Sep. 2011 – Aug. 2014	goo.gl/BVy1QL
✓	PV-Integrated – Integration großer Anteile Photovoltaik in die elektrische Energieversorgung: neue Verfahren für die Planung und den Betrieb von Verteilnetzen	Fraunhofer IWES (Projektleitung), SMA, Bosch Power Tec GmbH (Bosch), juwi Energieprojekte GmbH, Bayernwerk AG	Okt. 2010 – Dez. 2014	goo.gl/swu1Ac
✓	SDL-Batt: Netzstabilisierung mittels Batteriekraftwerken	Brandenburgische TU Cottbus-Senftenberg (BTU Cottbus; Projektleitung), Energiequelle GmbH, 50Hertz	März 2013 – Feb. 2016	goo.gl/NU1Y1m

Studien/Forschungsprojekte mit Schwerpunkt Frequenzhaltung

Status	Titel/ Bezeichnung	Verantwortlich	Laufzeit/ Veröffent-lichung	Shortlink
Fokus Regelleistung				
	PV-Regel – Entwicklung von Konzepten und Lösungen zur Regelleistungserbringung mit Photovoltaikanlagen	SMA, TU Braunschweig (Elenia), Gewil AG, assoziierte Partner: Amprion, TenneT, TransnetBW, 50Hertz	Aug. 2014 – Juli 2018	goo.gl/yfFkcv
✓	ReWP – Regelleistung durch Wind- und Photovoltaikparks	Fraunhofer IWES, ENERPARC AG	Aug. 2014 – Dez. 2016	goo.gl/vMeoKb
✓	Reservemärkte im Wandel – Neue Konzepte für mehr Versorgungssicherheit (ReWal)	IAEW/RWTH Aachen, ZEW	Sep. 2013 – Dez. 2016	goo.gl/RozgWu
✓	arrivee – Abwasserreinigungsanlagen als Regelbaustein in intelligenten Verteilnetzen mit erneuerbarer Energieerzeugung	TU Kaiserslautern (Projektleitung), Wupperverbandsgesellschaft für integrale Wasserwirtschaft (WiW) mbh, Stadtwerke Radevormwald GmbH, iGas GmbH, ITB gGmbH, Leibniz-Institut für Regionalentwicklung und Strukturplanung, Bergische Universität Wuppertal	April 2014 – März 2017	goo.gl/f2g4Yg
✓	Beschreibung von Regelleistungskonzepten und Regelleistungsmarkt	Consentec im Auftrag der deutschen ÜNB	Feb. 2014	goo.gl/HfE7rg
✓	Dynamische Bestimmung des Regelleistungsbedarfs	Fraunhofer IWES (Projektleitung), TenneT	März 2013 – Feb. 2015	goo.gl/qdiwyJ
✓	Survey on Ancillary Services Procurement and Electricity Balancing Market Design, 2016	ENTSO-E	Mai 2016	goo.gl/9XeZHA

✓ abgeschlossen ⟳ laufend

Status	Titel/ Bezeichnung	Verantwortlich	Laufzeit/ Veröffent-lichung	Shortlink
Fokus Regelleistung				
✓	Optimierung der Marktbedingungen für die Regelleistungserbringung durch erneuerbare Energien – Kurzstudie	Fraunhofer IWES im Auftrag des BEE	April 2014	goo.gl/pgBy7V
✓	Potential cross-border balancing cooperation between the Belgian, Dutch and German electricity Transmission System Operators	E-Bridge, IAEW/RWTH Aachen, 50Hertz, Amprion, Elia Group, TenneT, TransnetBW	Okt. 2014	goo.gl/bc1fx9
✓	Regelleistungserbringung aus dezentralen Energieanlagen – Analyse des weiteren Handlungsbedarfs der dena-Plattform Systemdienstleistungen	dena-Plattform Systemdienstleistungen: dena, 50Hertz, Amprion, Bayernwerk AG, BMWi, E.DIS AG, E.ON AG, ENERCON, Energiequelle GmbH, EWE NETZ, Main-Donau Netzgesellschaft mbH (MDN), MITNETZ, RWE, Siemens AG, SMA, TenneT, TEN, TransnetBW, VDMA Fachverband Power Systems (VDMA), VGB Power Tech e. V. (VGB), Westnetz, Younicos AG.	Nov. 2015	goo.gl/b9SEsB
✓	Regelenergie durch Windkraftanlagen	Fraunhofer IWES (Projektleitung); ENERCON, Energiequelle GmbH, TenneT, Amprion	Mai 2012 – April 2014	goo.gl/7dhmzH

Studien/Forschungsprojekte mit Schwerpunkt Frequenzhaltung

✓ abgeschlossen ◌ laufend

Status	Titel/ Bezeichnung	Verantwortlich	Laufzeit/ Veröffent-lichung	Shortlink
Fokus Momentanreserve				
◌	Netzregelung 2.0	Fraunhofer IEE	ab Feb. 2018	goo.gl/rooH3J
◌	MIGRATE – Massive InteGRATion of power Electronic devices	TenneT	Jan. 2016 – Dez. 2019	goo.gl/8qtK3y
◌	Amses – Aggregierte Modelle für die Simulation von dynamischen Vorgängen in elektromechanischen Energiesystemen	Leibniz Universität Hannover (Projektleitung), Leibniz Forschungszentrum Energie 2050 (LiFE 2050)	Jan. 2015 – März 2018	goo.gl/9vcch1
✓	Einfluss reduzierter rotierender Schwungmassen auf den Netzbetrieb	Universität Stuttgart	Jan. 2015 – Dez. 2017	goo.gl/LhFsMv
✓	Auswirkungen reduzierter Schwungmasse auf einen stabilen Netzbetrieb	50Hertz, Amprion, TenneT, TransnetBW	April 2014	goo.gl/kCuygd
✓	Bedarf und Erbringung von Momentanreserve 2030	dena-Plattform Systemdienstleistungen: dena, 50Hertz, Amprion, Bayernwerk AG, BMWi, E.DIS AG, E.ON AG, ENERCON, Energiequelle GmbH, EWE NETZ, MDN, MITNETZ, RWE, Siemens AG, SMA, TenneT, TEN, TransnetBW, VDMA, VGB, Westnetz, Younicos AG. Fachpartner: WEMAG, STORNETIC	Feb. 2016	goo.gl/759MHM
✓	Beitrag von zentralen und dezentralen KWK-Anlagen zur Netzstützung	bofest consult GmbH im Auftrag des Bundesverbands Kraft-Wärme-Kopplung e. V.	Mai 2014	goo.gl/4Xw9Xs
✓	VISMA – Virtuelle Synchronmaschine	TU Clausthal, EFZN	2006 – 2011	goo.gl/pLZwut

Studien/Forschungsprojekte mit Schwerpunkt Spannungshaltung

✓ abgeschlossen ⟳ laufend

Status	Titel/ Bezeichnung	Verantwortlich	Laufzeit/ Veröffent-lichung	Shortlink
⟳	IMOWEN: Integration großer Mengen on- und offshore erzeugter Windenergie in das elektrische Netz durch intelligente Netzanalyse und Clusterbetriebsführung	Fraunhofer IWES (Projektleitung), Avacon AG, Senvion	Aug. 2014 – April 2018	goo.gl/nvJsvP
✓	NEMAR – Netzbewirtschaftung als neue Marktrolle	Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (Fraunhofer ISE), Fichtner IT Consulting, seven2one, Universität Stuttgart	Nov. 2014 – Okt. 2017	goo.gl/Ww3eQw
⟳	SyNErgie – Systemoptimierendes Netz- und Energiemanagement für die Verteilnetze der Zukunft	OTH Regensburg (Projektleitung), MDN, MFN Mainfranken Netze GmbH, FRAKO Kondensatoren- und Anlagenbau GmbH, KBR GmbH	März 2015 – Feb. 2018	goo.gl/N2cyzb
⟳	U-Control – Technischer und wirtschaftlicher Vergleich von Verfahren zur statischen Spannungshaltung	TU Braunschweig (Projektleitung), FGH, TU München, RWTH Aachen	Nov. 2014 – Feb. 2018	goo.gl/J75YM8
⟳	Verteilnetz 2020 – Verbesserung der Aufnahmefähigkeit und Sicherung der Netzqualität von Verteilnetzen	TU München (Projektleitung), Grass Power Electronics GmbH, EMPURON AG, infra fürth gmbh, Power Plus, KACO new energy GmbH, Technische Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm, A. Eberle GmbH & Co. KG, BMZ Batterien-Montage-Zentrum GmbH	Aug. 2014 – Jan. 2018	goo.gl/NCECCK
✓	Multi-PV-LVRT – Verifikation der dynamischen Netzstützung durch PV-Anlagen bei Fehlern im Mittelspannungsnetz	Fraunhofer ISE, AEG Power Solutions GmbH, KACO New Energy GmbH, Kostal Industrie Elektrik GmbH, Bonfiglioli-Vectron GmbH, bes new energy GmbH, Lti REEnergy GmbH	Mai 2012 – Dez. 2015	goo.gl/uxmDWG
✓	LISA – Leitfaden zur Integration spannungsstabilisierender Applikationen	Pfalzwerke AG (Projektleitung), Pfalzwerke Netz AG, IDS GmbH, FGH, Power Plus, A. Eberle GmbH & Co. KG, TU Kaiserslautern – Lehrstuhl für Energiesysteme und Energiemanagement	Sep. 2014 – Juni 2017	goo.gl/Mgi3ii

Studien/Forschungsprojekte mit Schwerpunkt Spannungshaltung

✓ abgeschlossen ⟳ laufend

Status	Titel/ Bezeichnung	Verantwortlich	Laufzeit/ Veröffent-lichung	Shortlink
✓	Zukünftige Bereitstellung von Blindleistung und anderen Maßnahmen für die Netzsicherheit	OTH Regensburg im Auftrag des BMWi	Nov. 2013 – Sep. 2016	goo.gl/7ccDxv
✓	Beitrag industrieller Blindleistungs-Kompensationsanlagen und -Verbraucher für ein innovatives Blindleistungs-Management in der Stromversorgung Deutschlands	OTH Regensburg – Institut für Netz- und Anwendungstechnik (INA) im Auftrag des ZVEI	Sep. 2013	goo.gl/TbavAA
✓	Verhalten von Erzeugungsanlagen im Fehlerfall	TU Delft im Auftrag des VDE FNN	Aug. 2014	goo.gl/GUez5j
✓	FNN-Studie: Statische Spannungshaltung	VDE FNN	Dez. 2014	goo.gl/Vu7EE2

Studien/Forschungsprojekte mit Schwerpunkt Betriebsführung

✓ abgeschlossen ⟳ laufend

Status	Titel/ Bezeichnung	Verantwortlich	Laufzeit/ Veröffent-lichung	Shortlink
Fokus Netzbetrieb				
✓	FNN Anschlussregel: Technische Regeln für den Betrieb und die Planung von Netzbetreibern – Teil 1: Schnittstelle Übertragungs-/Verteilnetzbetreiber	VDE FNN	Okt. 2017	goo.gl/Em61z2
⟳	ENSURE – Neue Energienetz-Strukturen für die Energiewende	Karlsruher Institut für Technologie (KIT), RWTH Aachen, Schleswig-Holstein Netz AG, TenneT, Siemens AG, ABB AG	Sep. 2016 – Aug. 2019	goo.gl/eTQd7O
⟳	Green Access – Intelligente Verteilnetzautomatisierung für einen erhöhten Zugang regenerativer Energien	EWE NETZ (Projektleitung), Bergische Universität Wuppertal, BTC Business Technology Consulting AG (BTC), DLR – Institut für Vernetzte Energiesysteme e. V., Fraunhofer ISE, OFFIS e. V. Institut für Informatik (OFFIS), PHOENIX CONTACT Energy Automation GmbH, SMA, SAG	Jan. 2015 – Dez. 2018	goo.gl/rdnqSX
⟳	Advanced Decentral Grid Control	EnBW AG, Forschungszentrum Informatik (FZI), Landis+Gyr, Fichtner IT Consulting, seven2one, ads-tec, Universität Stuttgart, PREdistribuce	Juli 2015 – Juni 2018	goo.gl/5u9QvE
⟳	High-Penetration of PV-Systems in Electricity Grids (2. Arbeitsperiode)	Fraunhofer IWES	Jan. 2015 – Dez. 2018	goo.gl/jsrdV9
⟳	IREN2 – Zukunftsfähige Netze für die Integration Regenerativer Energiesysteme	Siemens AG (Projektleitung), AÜW, Hochschule Kempten, RWTH Aachen, IDKOM Networks GmbH	Juli 2014 – Mai 2018	goo.gl/TYKvaK
✓	Das proaktive Verteilnetz – Ressourceneffiziente und optimierte Plattform für EE-Integration und Smart-Market-Aufgaben unter Nutzung eines zustandsbasierten Last-, Erzeugungs- und Informationsmanagements	RWE (Projektleitung), TU Dortmund, RWTH Aachen, OFFIS, BTC, Venios	Dez. 2014 – Nov. 2017	goo.gl/AvD6SX

Studien/Forschungsprojekte mit Schwerpunkt Betriebsführung

Status	Titel/ Bezeichnung	Verantwortlich	Laufzeit/ Veröffent-lichung	Shortlink
Fokus Netzbetrieb				
	REStable	Armines, Artelys, ENERCON, Fraunhofer IWES, Hespul, Hydronext, INESC TEC, Maia Eolis, Solarworld	April 2016 – März 2019	goo.gl/hfKgGb
	ROSVS – Robuste Optimierung der Stromversorgungssysteme	ProCom GmbH (Projektleitung), RWTH Aachen	Okt. 2014 – Dez. 2016 (trotzdem laufend)	goo.gl/Xd7YJ5
	Transstabil-EE – Regelungsverfahren für große Wind- und Solarparks zur Aufrechterhaltung der transienten Stabilität in zukünftigen Verbundnetzen	Fraunhofer IWES (Projektleitung), SMA, Universität Rostock, Universität Kassel	April 2014 – März 2018	goo.gl/hHzsff
✓	PolyEnergyNet – Resiliente Polynetze zur sicheren Energieversorgung	Stadtwerke Saarlouis GmbH (Projektleitung), TU Berlin, Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH, B.A.U.M. Consult GmbH, TU Darmstadt, Scheer Management GmbH, Urban Software Institute GmbH & Co. KG, VOLTARIS GmbH, KIT – Steinbuch Centre for Computing (SCC), VSE Verteilnetz GmbH	Sep. 2014 – Aug. 2017	goo.gl/hq9qMS
✓	NiVeAu – Netzintelligenz für die Verteilnetzautomatisierung	Bergische Universität Wuppertal (Projektleitung), SAG, Bilfinger, Mainova AG	2013 – 2016	goo.gl/vTpe3w
✓	FNN-Studie: Inselnetzerkennung in der Niederspannung	VDE FNN	Dez. 2015	goo.gl/YuEGZh
✓	Untersuchung der Notwendigkeit einer weitergehenden Systemsteuerung zur Einhaltung der Systembilanz	Consentec und Ecofys im Auftrag des BMWi	Dez. 2013	goo.gl/ZEvY3c

✓ abgeschlossen ⟳ laufend

Status	Titel/ Bezeichnung	Verantwortlich	Laufzeit/ Veröffent-lichung	Shortlink
Fokus Netzbetrieb				
✓	DEA-Stabil – Dezentrale Stromerzeugungsanlagen	Fraunhofer IWES (Projektleitung), ENERCON, TenneT, DERlab e. V.	April 2013 – März 2016	goo.gl/J24TWS
✓	In2VPP – Integration technisch und ökonomisch optimierter virtueller Kraftwerke	Siemens AG (Projektleitung), infra fürth gmbh, OFFIS, TU München	Mai 2013 – Aug. 2016	goo.gl/pTDTm7
✓	NEmo – Netzintegration von Elektromobilität und regenerativen Einspeisern mithilfe einer intelligenten Ortsnetzstation	Bergische Universität Wuppertal (Projektleitung), SAG, Bilfinger, WSW Netz GmbH	Mai 2013 – Dez. 2015	goo.gl/EuBwzQ
✓	REStabil – Sicherheit und Stabilität des Betriebes von Energieverteilungsnetzen durch den Einsatz aggregierter dezentraler Netzkomponenten	Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung (Fraunhofer IFF; Projektleitung), Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, MITNETZ, GETEC AG, ABO Wind AG, Zentrum für Regenerative Energien Sachsen-Anhalt e. V.	März 2014 – Dez. 2014	goo.gl/BSnAFq
✓	SECVER – Sicherheit und Zuverlässigkeit von Verteilungsnetzen auf dem Weg zu einem Energieversorgungssystem von morgen	Fraunhofer IFF (Projektleitung), Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Siemens AG, RegenerativKraftwerke Harz GmbH & Co. KG, Fraunhofer IWES, Avacon AG	Dez. 2013 – Mai 2016	goo.gl/2hC15R
✓	Smart Nord – Intelligente Netze Norddeutschland	Universität Oldenburg, OFFIS, Leibniz Universität Hannover, TU Braunschweig, TU Clausthal, Next Energy, EFZN	März 2012 – Feb. 2015	goo.gl/CZ2gpc
✓	SPIDERS – Smart Power Infrastructure Demonstration for Energy Reliability and Security	Collaboration of partners in the US, lead by the Department of Defense (DOD) partners include Department of Energy (DOE), Department of Homeland Security (DHS), and individual military services (Army, Marines, and Navy).	2011 – 2015	goo.gl/DPkSps

Studien/Forschungsprojekte mit Schwerpunkt Betriebsführung

Status	Titel/ Bezeichnung	Verantwortlich	Laufzeit/ Veröffent-lichung	Shortlink
Fokus Netzbetrieb				
✓	Twenties project – Final report: Transmission system operation with a large penetration of wind and other renewable electricity sources in electricity networks using innovative tools and integrated energy solutions (TWENTIES)	RED Electrica de Espana (Projektleitung), 50Hertz, ABB, Alstom, Elia Group, coreso, DONG energy, DTU Wind Energy, EDF, ENERGINET.DK, EWEA, Fraunhofer IWES, Gamesa, Iberdola, INESC TEC, KU Leuven, RSE, RTE, Siemens AG, SINTEF, TenneT, UCD Dublin, Université de Liège, Comillas, University of Strathclyde Glasgow	Juni 2013	goo.gl/8Yi753
✓	UMBRELLA – Optimization of Network Operation	TenneT, IAEW/RWTH Aachen, Amprion, CEPS, Eles, TransnetBW, PSE, Swissgrid, APG, TU Delft, ETH Zürich, Universität Duisburg-Essen, FGH	Jan. 2012 – Dez. 2015	goo.gl/m6Z32c
✓	BDEW-Roadmap Daten- und Marktkommunikation 2015 – 2018	BNetzA, BDEW	Jan. 2015	goo.gl/RJZ4wJ
✓	Arbeitsgemeinschaft der Flächennetzbetreiber OST (Arge OST) – 10-Punkte-Programm für sichere Elektrizitätsversorgung in Ostdeutschland	MITNETZ STROM, Avacon AG, E.DIS AG, ENSO NETZ GmbH, HSN Magdeburg GmbH, Städtische Werke Magdeburg GmbH, TEN, WEMAG, 50Hertz	Sep. 2014	goo.gl/5Cyuw9
✓	Weiterentwicklung des Einspeisemanagements bei Windenergieanlagen – Bewertung von Ansätzen	Ecofys im Auftrag des Bundesverbands WindEnergie (BWE)	Juli 2015	goo.gl/auD51H

✓ abgeschlossen ⟳ laufend

Status	Titel/ Bezeichnung	Verantwortlich	Laufzeit/ Veröffent-lichung	Shortlink
Fokus Messtechnik und Kommunikation				
✓	Fühler im Netz – Entwicklung neuer, preiswerter Wege der Netzzustandserfassung und Störungsdetektion mithilfe der Nutzung von Breitband-Powerline(BPL)-Infrastrukturen als Basis zukünftiger Netzbetriebsführung	Bergische Universität Wuppertal (Projektleitung), Power Plus, Energieversorgung Leverkusen, Nexans	Nov. 2014 – Okt. 2017	goo.gl/87hDVi
⟳	ENSURE – Neue Energie-NetzStruktURen für die Energiewende	KIT, RWTH Aachen, Schleswig-Holstein Netz AG, TenneT, Siemens AG, ABB AG	Sep. 2016 – Aug. 2019	goo.gl/eTQd7O
✓	NetzHarmonie – Optimierte Effizienz und Netzverträglichkeit bei der Integration von Erzeugungsanlagen aus Oberschwingungssicht	FGW e.V. – Fördergesellschaft Windenergie und andere Dezentrale Energien (Projektleitung)	Jan. 2015 – Dez. 2017	goo.gl/LbgL6P
✓	ENERGIE – Erfassung der niederspannungsseitigen Netzzustandsgrößen in Echtzeit	SWK NETZE GmbH (Projektleitung), Janitza Electronic GmbH, Devolo AG - Strategic Positioning, Fachhochschule Düsseldorf, Universität Duisburg-Essen	Sep. 2014 – Aug. 2016	goo.gl/nXuqSG

Studien/Forschungsprojekte mit Schwerpunkt Betriebsführung

Status	Titel/ Bezeichnung	Verantwortlich	Laufzeit/ Veröffent-lichung	Shortlink
Fokus Pooling und Flexibilisierung von Erzeugungsanlagen				
	Flex4Energy: Flexibilität intelligent managen	Partner StoREgio, HSE, ads-tec, Fraunhofer ISE, Hochschule Darmstadt	April 2015 – März 2018	goo.gl/UnGeQZ
✓	Regeneratives Elektrisches Energiesystem	Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Siemens AG, Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung – Angewandte Systemtechnik (Fraunhofer IOSB-AST), Fraunhofer IFF, TU Ilmenau	Jan. 2015 – Dez. 2017	goo.gl/ZK5Uts
✓	Smart Grid Solar	Bayrisches Zentrum für angewandte Energieforschung ZAE (Projektleitung), IBC Solar, Areva, Bayernwerk AG, Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen (Fraunhofer IIS), Fraunhofer-Institut für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie (Fraunhofer IISB), Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU), HEW HofEnergie+Wasser GmbH, Hochschule Hof, Rauschert, Rehau ES, SMA	Nov. 2012 – Nov. 2017	goo.gl/K9LWHk
	SwarmGrid – Sicherer Betrieb von Energienetzen durch Nutzerschwarm-Systemdienstleistungen	RWTH Aachen	Aug. 2015 – Juli 2018	goo.gl/2DyAo2
✓	Zukunftskraftwerk PV – Befähigung von PV-Kraftwerken zur Übernahme einer ganzheitlichen Energieversorgung in Kombination mit fossilen Erzeugern und Speichern	BELECTRIC, Fraunhofer ISE, BTU Cottbus – Lehrstuhl Kraftwerkstechnik, Adensis GmbH, GE Energy Power Conversion GmbH, Jurchen Technoloy GmbH, MTU Friedrichshafen GmbH, Padcon GmbH	Nov. 2014 – Okt. 2017	goo.gl/7erzGB
✓	INE-VES – Innovative Energiespeicher in vernetzten Photovoltaik-Hybridsystemen	Fraunhofer IWES (Projektleitung), SMA, Vaillant GmbH, Saft Batterien	Okt. 2013 – Sep. 2017	goo.gl/Y6Tqfi
✓	Die Stadt als Speicher	TU Dortmund (Projektleitung), Bittner+Krull Softwaresysteme GmbH, Bosch, Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik (Fraunhofer UMSICHT), Universität Duisburg-Essen, Hertener Stadtwerke, SWW Wunsiedel GmbH	Dez. 2013 – Nov. 2017	goo.gl/HfzGj1

✓ abgeschlossen ⟳ laufend

Status	Titel/ Bezeichnung	Verantwortlich	Laufzeit/ Veröffent-lichung	Shortlink
Fokus Pooling und Flexibilisierung von Erzeugungsanlagen				
✓	E-Energy – Smart Energy made in Germany	BMWi (Förderer), 6 Modellregionen mit 42 Unternehmen und wissenschaftliche Einrichtungen	Mai 2014	goo.gl/diyjCR
✓	Einfluss zunehmender Volatilität von Erzeugung und Verbrauch auf die Versorgungssicherheit	VGB (Projektleitung), Universität Rostock, Universität Stuttgart	Juni 2011 – März 2014	goo.gl/2RtmyB
✓	metaPV – Metamorphosis of Power Distribution: System Services from Photovoltaics	3E N.V. (Projektleitung), AIT Austrian Institute of Technology, Infrax cvba, Limburgse Reconversie Maatschappij N.V., SMA, University of Ljubljana	Okt. 2009 – März 2014	goo.gl/WwGzrw
✓	Partner-Dampfkraftwerk für die regenerative Stromer-zeugung	VGB (Projektleitung), EWI, E.ON AG, RWE, Steag, Vattenfall	Sep. 2013 – Feb. 2015	goo.gl/PmuJrH
✓	SolVer – Speicheroptimie-rung in lokalen Verteilnetzen	HSE, Hochschule Darmstadt, ads-tec	März 2013 – Mai 2015	goo.gl/Egx53a

Studien/Forschungsprojekte mit Schwerpunkt Versorgungswiederaufbau

✓ abgeschlossen ⟳ laufend

Status	Titel/ Bezeichnung	Verantwortlich	Laufzeit/ Veröffent-lichung	Shortlink
⟳	Kickstarter	WEMAG, Younicos AG, Universität Rostock – Lehrstuhl für Elektrische Energieversorgung, Stadtwerke Schwerin GmbH (SWS), Energieversorgung Schwerin GmbH & Co. Erzeugung KG (EVSE)	Dez. 2015 – Nov. 2018	goo.gl/oejbzj
⟳	Linda: Lokale Inselversorgung mit erneuerbaren Energien	LEW Verteilnetz (Projektleitung), BEW Bayerische Elektrizitätswerke, Hochschule Augsburg, TU München, Stellba Hydro, marquis Automatisierungstechnik, MTU, PSI AG	Aug. 2015 – Juli 2018	goo.gl/hQuBGu
⟳	NETZ:KRAFT – Netzwiederaufbau unter Berücksichtigung zukünftiger Kraftwerkstrukturen	Fraunhofer IWES (Projektleitung), 50Hertz, TenneT, Amprion, TransnetBW, EnergieNetz Mitte GmbH, MITNETZ, DREWAG, Avacon AG, Siemens AG, ENERCON, Energiequelle GmbH, SMA, ÖKOBIT GmbH, PSI AG, Dutrain GmbH, GridLab GmbH, FAU, Universität Kassel, DERlab e. V.	Jan. 2015 – Juni 2018	goo.gl/mKdtys
✓	SORGLOS – Smarte Robuste Regenerativ Gespeiste Blackout-feste Netzabschnitte	TU Wien – Institut für Energiesysteme und Elektrische Antriebe (Projektleitung), Energieinstitut an der Johannes Kepler Universität Linz, Energie AG Oberösterreich Netz GmbH, Vorarlberger Energienetze GmbH	März 2013 – Feb. 2015	goo.gl/Sy8Hrp

Studien/Forschungsprojekte mit Schwerpunkt Kurzschlussstrombeitrag

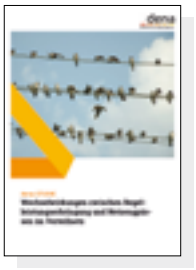
Status	Titel/ Bezeichnung	Verantwortlich	Laufzeit/ Veröffent-lichung	Shortlink
✓	Spannungsregelung mit moderner WEA-Technik	Universität Duisburg-Essen, Repower Systems AG, Woodward SEG GmbH & Co. KG	2009	goo.gl/cyriKv

Anlagen

A Publikationsverzeichnis
B Fußnotenverzeichnis
C Abkürzungsverzeichnis

A Publikationen der dena-Plattform Systemdienstleistungen

Bezeichnung	Dokumentenbild	Titel	Link
I		dena-Studie Systemdienstleistungen 2030. Februar 2014	goo.gl/9UqZPy
II		Roadmap dena-Studie Systemdienstleistungen 2030. Juli 2014	goo.gl/CbaaNg
III		Regelleistungserbringung aus dezentralen Energieanlagen. November 2015	goo.gl/nrvEs5
IV		Herausforderungen bei der Weiterentwicklung von Koordinationsprozessen für die Regelleistungserbringung. Mai 2016	goo.gl/kYJhnV
V		Handlungsbedarfsanalyse – Beobachtbarkeit und Steuerbarkeit im Energiesystem. Juli 2016	goo.gl/wdj2mx

Bezeichnung	Dokumentenbild	Titel	Link
VI		Gutachten – Bedarf und Erbringung von Momentanreserve 2030. Februar 2016	goo.gl/AvxVEK
VII		Branchenmeinungsbild – Wirtschaftlich tragbare Erbringung von Blindleistung April 2017	goo.gl/LRn24n
VIII		Gutachten – Wechselwirkungen zwischen Regelleistungserbringung und Netzengpässen im Verteilnetz November 2017	goo.gl/d7F3Ct
IX		Gutachten – Ausgestaltung robuster und sicherer Regelungssysteme zur Vermeidung ungewollter Inselnetzbildung November 2017	goo.gl/wR3XSj
X		Gutachten – Entwicklung einer Verfahrensweise zur quantitativen Bewertung verschiedener Blindleistungsbereitstellungsoptionen Januar 2018	goo.gl/9sWiHY

B Fußnotenverzeichnis

[1] Die Momentanreserve besteht im heutigen Stromsystem aufgrund der Trägheit der rotierenden Massen konventioneller Generatoren. Da die Marktanteile konventioneller Erzeuger immer weiter sinken, ist zu prüfen, inwiefern Momentanreserve zukünftig aktiv durch Umrichter bereitgestellt werden muss.

[2] Produktzeitscheiben bezeichnen Zeiträume, in denen eine bestimmte Regelleistung vorgehalten werden muss.

[3] Der System-Split-Fall bezeichnet eine Netzauftrennung infolge eines Fehlers. In der Vergangenheit kam es beispielsweise im November 2006 zu einem System-Split in Europa mit Stromausfall. Weitere Beispiele sind die Blackouts in Italien am 28. September 2002 und in der Türkei am 31. März 2015.

[4] Solche Konzepte werden beispielsweise von der ARGE Flächennetzbetreiber Ost unter dem Stichwort „Aktives Blindleistungsmanagement“ entwickelt.

[5] Die ARGE OST verfolgt das Ziel einer verstärkten Kooperation des Übertragungsnetzbetreibers 50Hertz Transmission GmbH und der Verteilnetzbetreiber der ARGE OST für Systemstabilität und Netzentwicklung.

[6] RWE Deutschland AG (Projektleitung) et al. Proaktive Verteilnetze – ressourceneffiziente und optimierte Plattform für EE-Integration und Smart-Market-Aufgaben unter Nutzung eines zustandsbasierten Last-, Erzeugungs- und Informationsmanagements, siehe auch Kapitel 3 Umfeldanalyse.

[7] Universität Wuppertal (Projektleitung) et al. Fühler im Netz – Entwicklung neuer, preiswerter Wege der Netzzustandserfassung und Störungsdetektion mithilfe der Nutzung von Breitband-Powerline(BPL)-Infrastrukturen als Basis zukünftiger Netzbetriebsführung, siehe auch Kapitel 3 Umfeldanalyse.

[8] BDEW (2015): Smart Grids Ampelkonzept – Ausgestaltung der gelben Phase. Diskussionspapier. Verfügbar unter: https://www.bdew.de/internet.nsf/id/20150310-diskussionspapier-smart-grids-ampelkonzept-de/$file/150310%20Smart%20Grids%20Ampelkonzept_final.pdf, letzter Abruf am 08.12.2017.

[9] BDEW: Energieinformationsnetz – Weitere Informationen. Verfügbar unter: https://www.bdew.de/internet.nsf/id/energieinformationsnetz--weitere-informationen-de, letzter Abruf am 08.12.2017.

[10] Consentec/Forschungsgemeinschaft für elektrische Anlagen und Stromwirtschaft (FGH) e. V. (2016): Notwendiger Daten- und Informationsbedarf zur Gewährleistung einer sicheren Netz- und Systemführung im Übertragungsnetz. Verfügbar unter: www.netztransparenz.de/portals/1/Content/Ver%C3%B6ffentlichungen/Gutachten%20zum%20Energieinformationsnetz/Consentec-FGH_4UeNB_Datenbedarf-EIN_GA_komplett.pdf, letzter Abruf am 08.12.2017.

[11] Consentec/e.on (2016): Energiedaten 2.0: Erweiterte Aufgaben des Verteilnetzbetreibers und daraus resultierender Datenaustauschbedarf. Verfügbar unter: www.bdew.de/internet.nsf/id/6324EB494EF85C4CC12580C6004D56E5/$file/Consentec_EON_DatenbedarfVNB_Zusf_20161216.pdf, letzter Abruf am 08.12.2017.

[12] EWE NETZ: Verbundvorhaben: Green Access – Intelligente Verteilnetzautomatisierung für einen erhöhten Zugang regenerativer Energien; Teilvorhaben EWE AG: Koordination und Evaluation des Verbundprojektes Green Access. Verfügbar unter: https://www.enargus.de/pub/bscw.cgi/?op=enargus.eps2&q=03ET7534&s=8&v=10&id=2846432, letzter Abruf am 08.12.2017. Siehe auch Kapitel 3 Umfeldanalyse.

[13] Green Access – Intelligente Verteilnetzautomatisierung für einen erhöhten Zugang regenerativer Energien https://www.enargus.de/pub/bscw.cgi/?op=enargus.eps2&q=03ET7534&s=8&v=10&id=2846432, letzter Abruf am 08.12.2017

[14] Karlsruher Institut für Technologie (KIT) (2015 – 2018): Projekt grid-control – Advanced Decentral Grid Control. Verfügbar unter: https://www.iip.kit.edu/1064_3444.php, letzter Abruf am 08.12.2017. Siehe auch Kapitel 3 Umfeldanalyse.

[15] Bergische Universität Wuppertal: Forschungsprojekt NiVeAu – Netzintelligenz für die Verteilnetzautomatisierung, Projektpräsentation. Verfügbar unter: www.evt.uni-wuppertal.de/fileadmin/Abteilung/EEV/pdf/forschungsprojekte/Projektpraesentation_NiVeAu_final.pdf, letzter Abruf am 08.12.2017. Siehe auch Kapitel 3 Umfeldanalyse.

[16] RWTH Aachen (2015): Forschungsprojekt SwarmGrid – Sicherer Betrieb von Energienetzen durch Nutzerschwarm-Systemdienstleistungen. Verfügbar unter: www.ifht.rwth-aachen.de/projektstart-swarmgrid-sicherer-betrieb-von-energienetzen-durch-nutzerschwarm-systemdienstleistungen, letzter Abruf am 08.12.2017. Siehe auch Kapitel 3 Umfeldanalyse.

[17] In einem vom BMWi angestoßenen Stakeholderprozess haben dena, BET, Verbände und Unternehmen einen gemeinsamen Maßnahmenkatalog vorgelegt, der Vorschläge zur Prozessoptimierung macht: www.dena.de/newsroom/meldungen/2017/bessere-auslastung-der-stromnetze-spart-200-millionen-euro-pro-jahr/, letzter Abruf am 08.12.2017.

[18] www.netztransparenz.de/portals/1/Content/Ver%C3%B6ffentlichungen/Gutachten%20zum%20Energieinformationsnetz/Consentec-FGH_4UeNB_Datenbedarf-EIN_GA_komplett.pdf, letzter Abruf am 08.12.2017.

[19] www.bdew.de/internet.nsf/id/6324EB494EF85C4CC12580C6004D56E5/$file/Gutachten_Datenbedarf_final_cd.pdf, letzter Abruf am 08.12.2017.

[20] Fraunhofer IWES: ReWP – Regelleistung durch Wind- und Photovoltaikparks, Forschungsprojekt des Fraunhofer IWES. Projektpartner: Enerparc AG, ENERCON GmbH, 50Hertz Transmission GmbH, Amprion GmbH, TenneT TSO GmbH, in.power GmbH, Energiequelle GmbH und VGB PowerTech e. V. Verfügbar unter: www.iee.fraunhofer.de/de/projekte/suche/2016/rewp.html, letzter Abruf am 08.12.2017. Siehe auch Kapitel 3 Umfeldanalyse.

[21] PV-Regel – Entwicklung von Konzepten und Lösungen zur Regelleistungserbringung mit Photovoltaikanlagen, Forschungsprojekt der TU Braunschweig (Elenia) et al. Verfügbar unter: https://magazin.tu-braunschweig.de/pi-post/neue-forschungs-photovoltaikanlage-am-netz, letzter Abruf am 11.12.2017. Siehe auch Kapitel 3 Umfeldanalyse.

[22] Younicos AG, WEMAG: 10-MW-BATTERIESPEICHERKRAFTWERK, SCHWERIN 1 UND SCHWERIN 3. Verfügbar unter: https://www.wemag.com/sites/default/files/20170714%20Faktenblatt%20WEMAG%20Batteriespeicher.pdf, letzter Abruf am 11.12.2017. Siehe auch Kapitel 3 Umfeldanalyse.

[23] BMWi, Next Kraftwerke: „Next Pool“ – Virtuelles Kraftwerk aus erneuerbaren Energien. Verfügbar unter: www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/M-O/next-pool-virtuelles-kraftwerk-aus-erneuerbaren-energien.pdf?__blob=publicationFile&v=1, letzter Abruf am 11.12.2017.

[24] 50Hertz, Amprion, TenneT, TransnetBW (2016): Leitfaden zur Präqualifikation von Windenergieanlagen zur Erbringung von Minutenreserveleistung im Rahmen einer Pilotphase. Verfügbar unter: www.regelleistung.net/ext/download/pqWindkraft, letzter Abruf am 11.12.2017.

[25] BNetzA (2017): Festlegung zu den Ausschreibungsbedingungen und Veröffentlichungspflichten für Minutenreserve (BK6-15-159) und für Sekundärregelung (BK6-15-158). Verfügbar unter: www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2017/Regelenergie.html, letzter Abruf am 11.12.2017.

[26] Consentec (2014): Beschreibung von Regelleistungskonzepten und Regelleistungsmarkt. Studie im Auftrag der deutschen Übertragungsnetzbetreiber. Verfügbar unter: www.consentec.de/wp-content/uploads/2014/08/Consentec_50Hertz_Regelleistungsmarkt_de_201402271.pdf, letzter Abruf am 11.12.2017.

[27] TenneT TSO GmbH: MIGRATE – Massive InteGRATion of power Electronic devices. Verfügbar unter: https://www.eles.si/Portals/0/MEDNARODNI%20PROJEKTI/MIGRATE/MIGRATE-presentation.pdf, letzter Abruf am 11.12.2017.

[28] Bei Spannungsbandverletzungen können neben dem konventionellen Netzausbau auch regelbare Ortsnetztransformatoren oder Spannungslängsregler eingesetzt werden.

[29] OTH Regensburg: SyNErgie – Systemoptimierendes Netz- und Energiemanagement für die Verteilungsnetze der Zukunft. Verfügbar unter: http://forschung-stromnetze.info/projekte/neues-blindleistungsmanagement-fuer-verteilnetze/, letzter Abruf am 11.12.2017.

[30] Hubert Medl EMPURON AG: Verteilnetz 2020 – Verbesserung der Aufnahmefähigkeit und Sicherung der Netzqualität von Verteilnetzen. Verfügbar unter: http://vn2020.emp-portal.de, letzter Abruf am 11.12.2017.

[31] Pfalzwerke AG (Projektleitung): LISA – Leitfaden zur Integration spannungsstabilisierender Applikationen. Verfügbar unter: http://vn2020.emp-portal.de, letzter Abruf am 11.12.2017.

[32] Fraunhofer IWES: IMOWEN – Integration großer Mengen on- und offshore erzeugter Windenergie in das elektrische Netz durch intelligente Netzanalyse und Clusterbetriebsführung. Verfügbar unter: http://forschung-stromnetze.info/fileadmin/user_upload/Projekte/IMOWEN/IMOWEN_FKZ0325690.pdf, letzter Abruf am 11.12.2017.

[33] OTH Regensburg, BMWi: Zukünftige Bereitstellung von Blindleistung und anderen Maßnahmen für die Netzsicherheit. Verfügbar unter: https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/zukuenftige-bereitstellung-von-blindleistung-und-anderen-massnahmen-fuer-die-netzsicherheit.html, letzter Abruf am 11.12.2017.

[34] BWE: Neue Studie zur Berechnung von Wirkarbeitsverlusten durch Blindarbeit. Verfügbar unter: https://www.wind-energie.de/presse/meldungen/2016/neue-studie-zur-berechnung-von-wirkarbeitsverlusten-durch-blindarbeit, letzter Abruf am 11.12.2017.

C Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Erläuterung der Abkürzung
BDEW	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft
BL	Blindleistung
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BNetzA	Bundesnetzagentur
BPL	Breitband-Powerline
DEA	Dezentrale Erzeugungsanlage
DSM	Demand-Side-Management
EE	Erneuerbare Energien/Energiequellen
EE-Anlagen	Erneuerbare-Energien-Anlagen
EnWG	Energiewirtschaftsgesetz
HGÜ-Anlagen	Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungsanlagen
IKT	Informations- und Kommunikationstechnik
KL	Kurzschlussleistung
KWK-Anlagen	Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen
MomR	Momentanreserve
MRL	Minutenreserveleistung
NOVA-Prinzip	Netz-Optimierung-vor-Verstärkung-vor-Ausbau-Prinzip
PRL	Primärregelleistung
RL	Regelleistung
SDL	Systemdienstleistungen
SRL	Sekundärregelleistung
ÜNB	Übertragungsnetzbetreiber
VDE FNN	Forum Netztechnik/Netzbetrieb im Verband der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik
VNB	Verteilnetzbetreiber
VWA	Versorgungswiederaufbau

Impressum

Herausgeber:
Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)
Chausseestraße 128 a
10115 Berlin
Tel.: +49 (0)30 66 777-0
Fax: +49 (0)30 66 777-699
E-Mail: info@dena.de
Internet: www.dena.de

Autoren:
Stefan Mischinger, dena
Hannes Seidl, dena
Elie-Lukas Limbacher, dena
Dr. Sebastian Fasbender, dena
Frederik Stalleicken, dena

Bildnachweis:
Titelbild – thinkstock.de/Mawardibahar, S. 4 – istockphoto.com/SergBob, S. 6 – thinkstock.de/Eyematrix, Grafik S. 8 – freepik.com/Created by Harryarts, Grafik S. 10 – freepik.com/Created by Cornecoba, S. 16 – thinkstock.de/Ridofranz, S. 18 – shutterstock.com/Suwin, S. 22 – thinkstock.de/danielsbfoto, Porträt S. 22 – EWE NETZ GmbH, S. 23 – thinkstock.de/gyn9038, S. 26 – shutterstock.com/giSpate, Porträt S. 26 – ENERCON GmbH, S. 27 – WWF Solar GmbH, S. 28 – shutterstock.com/arogant, S. 31 – istockphoto.com/audioundwerbung, S. 34 – shutterstock.com/mycteria, S. 36 – thinkstock.de/Digital Vision., S. 39 – thinkstock.de/KaiDunn, S. 42 – shutterstock.com/Diyana Dimitrova, S. 44 – thinkstock.de/Wavebreakmedia Ltd, S. 54 – shutterstock.com/Pressmaster

Stand: 12/2017
Alle Rechte sind vorbehalten. Die Nutzung steht unter dem Zustimmungsvorbehalt der dena.

Diese Publikation wurde im Rahmen der dena-Plattform Systemdienstleistungen erstellt.

Projektpartner der Plattform Systemdienstleistungen sind:
50Hertz Transmission GmbH, Amprion GmbH, Bayernwerk AG, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, E.DIS AG, E.ON AG, ENERCON GmbH, Energiequelle GmbH, EWE NETZ GmbH, Main-Donau Netzgesellschaft mbH, Mitteldeutsche Netzgesellschaft Strom mbH, innogy SE, Siemens AG, SMA Solar Technology AG, TenneT TSO GmbH, Thüringer Energienetze GmbH, TransnetBW GmbH, VDMA Fachverband Power Systems, VGB PowerTech e. V., Westnetz GmbH, WWF Solar GmbH, Younicos AG

ClimatePartner
klimaneutral

Druck | ID 11854-1803-1001

Gedruckt auf GALAXI Keramik klimaneutral, hergestellt auf der Basis von Holz aus nachhaltiger FSC®-zertifizierter Waldwirtschaft.

9 783981 855807
Art.-Nr.: 9239

www.dena.de

dena
Deutsche Energie-Agentur