

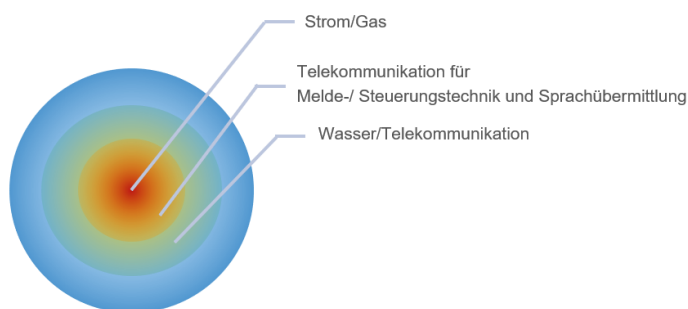
Resilienz der Strom- und Gas-Versorgungsnetze im Rahmen der Energiewende

1 Einleitung

Im Rahmen der Energiewende gibt es zwei wesentliche Trends, die die Struktur der zukünftigen Energieversorgung und damit auch die Strom- und Gas-Versorgungsnetze entscheidend beeinflussen: **Dezentralisierung** und **Digitalisierung**. Umsetzungsmaßnahmen im Kontext dieser Trends – so auch die Sektorenkopplung – führen zu einem insgesamt komplexeren Versorgungssystem und bestimmen Wirtschaftlichkeit, Bezahlbarkeit und Versorgungssicherheit in besonderem Maße.

Im Rahmen langfristiger Lösungen bezogen auf den Zielkonflikt zwischen Wirtschaftlichkeit und Versorgungssicherheit taucht in Fachkreisen zunehmend der Begriff *Resilienz* auf, ohne dass es hierzu aus Sicht der Verbände VDE und DVGW eine einheitliche Definition und ein einheitliches Verständnis gibt. Nachfolgend wird der Versuch unternommen, ausgehend von einer Begriffsdefinition, deren Einflussfaktoren sowie bisherige wie auch zukünftige Maßnahmen zur Resilienzveränderung aufzuzeigen und damit auch Anregungen zu geben, das Thema vor dem Hintergrund der kritischen Infrastrukturen systematisch und inhaltlich weiterzuentwickeln.

Die folgende Betrachtung bezieht sich im Wesentlichen auf die Strom- und Gasnetzinfrastruktur. Die Resilienz der Strom- und Gasinfrastrukturen ist Grundvoraussetzung für die Resilienz weiterer Systeme (z. B. Wasserversorgung, Wärmeversorgung, Telekommunikation). Hierbei nimmt die Telekommunikation eine besondere Rolle ein. Sie ist im Rahmen der Melde-, Steuerungs- und Fernwirktechnik sowie der Sprachübermittlung integraler Bestandteil der Resilienz des Strom- und Gasversorgungssystems. Insbesondere vor dem Hintergrund des Aufbaus intelligenter Netze, stellt sie gleichzeitig als Nutzer der Strominfrastruktur eine eigenständige Anwendung dar (Bild 1).



VDE Verband der Elektrotechnik
Elektronik Informationstechnik e.V.
Energietechnische Gesellschaft (ETG)
Stresemannallee 15
60596 Frankfurt am Main
Tel. +49 69 6308-346
etg@vde.com

Bild 1: Resilienz der Strom- / Gasinfrastruktur im Kontext zur Gesamtinfrastruktur

In Kooperation mit:



2 Definition der Resilienz

Der Begriff der Resilienz hat seinen Ursprung in der Materialwirtschaft. Er beschreibt die Fähigkeit eines Körpers, sich unter Druck zu verformen und anschließend wieder in die Ursprungsform zurückzukehren. Der Begriff der Resilienz wird heute in unterschiedlichen Bereichen verwendet: in der Psychologie, der Wirtschaft, der Ökologie, den Ingenieurwissenschaften, aber auch zunehmend in der Energiewirtschaft. In der Psychologie bezeichnet man zum Beispiel unter Resilienz die Fähigkeit eines Menschen, trotz widriger Umstände nicht zu zerbrechen, Krisen auszuhalten oder aber auch sich nach diesen schnell wieder zu erholen. Mit Blick auf das Energieversorgungssystem kann Resilienz allgemein als die Fähigkeit bezeichnet werden, Veränderungen zeitgerecht und wirkungsvoll zu bewältigen, mit ihnen umzugehen, sich anzupassen und sich nach möglichen Störungen von diesen schnell wieder zu erholen.

Kurzgefasst: Resilienz ist die Fähigkeit eines Systems, Veränderungen (Gefahren) bewältigen, mit Ihnen umzugehen, sich anzupassen und sich zu erholen.

Bezogen auf Strom- und Gasinfrastrukturen bedeutet Resilienz somit:

Bewahren und / oder Wiederherstellung der Grundstrukturen und Funktionen des Netzes.

Die Resilienz eines Netzes besteht aus den folgenden drei Komponenten:

1. **Robustheit**

Widerstandsfähigkeit von Komponenten (Betriebsmitteln) gegen äußere und innere Einflüsse zur Aufrechterhaltung der Struktur und Funktionalität des Systems im Rahmen des Normalbetriebes

2. **Anpassungsfähigkeit**

Vorhandensein funktional gleicher oder vergleichbarer Ressourcen oder Strukturen (Redundanzen), die für den Normalbetrieb nicht benötigt werden, um bei Ausfall einzelner Komponenten die Funktionalität des Systems übernehmen zu können

3. **Erholungsfähigkeit**

Fähigkeit, die Struktur und die Funktionalität des Systems nach einer Störung in möglichst kurzer Zeit wiederherstellen zu können und dann schrittweise zum Normalbetrieb zurückzukehren

Robustheit und Anpassungsfähigkeit können im Wesentlichen durch die Kernprozesse „Planung und Bau“, die Erholungsfähigkeit durch den Kernprozess „Betrieb“ gestaltet werden.

3 Einflussfaktoren der Resilienz

Äußere und innere Einflüsse bestimmen die Resilienz eines Systems. Um hierauf adäquat reagieren zu können, ist zunächst deren Kenntnis und eine entsprechende Risikoabschätzung notwendig. Nachfolgend sind wesentliche Einflüsse beispielhaft aufgelistet:

Äußere Einflüsse

- Wetterbedingungen, z. B. durch den zunehmenden Klimawandel
- Einflussnahme / Beschädigungen durch Dritte, wie z. B. Leitungs- / Rohrschäden durch Bagger, Sabotagen, Anschläge usw., Pandemien, wie z. B. die aktuelle CORONA-Pandemie mit Auswirkungen auf das erforderliche Betriebspersonal
- Verfügbarkeit externer Dienstleister
- Lieferengpässe bei Materialien und Ersatzteilen, insbesondere im Störfall
- Zunehmende Anzahl von Marktteilnehmern z. B. mit zum Teil divergierenden Interessen
- Abhängigkeit von Dritten z. B. durch nicht in eigener Verantwortung liegenden Systemdienstleistungen
- Fehlanreize zu Investitionen, z. B. durch vorgegebene politische / regulatorische Rahmenbedingungen

- Höhere Anforderungen und Sensitivität einer „digitalen“ Gesellschaft, z. B. erwartete Verfügbarkeit von schnellen Internetanbindungen, bei gleichzeitig sicherer Stromversorgung

Innere Einflüsse

Diese resultieren wesentlich aus Entscheidungen und Handeln der einzelnen Unternehmen in Vergangenheit und Gegenwart. Neben der gewachsenen Netzinfrastruktur stellt hier das Personal mit seiner Qualifikation eine entscheidende Einflussgröße dar. Kernaspekte der inneren Einflüsse auf die Resilienz sind somit:

- Vorhandene Netzinfrastruktur mit ihren Anforderungen der Dezentralisierung
- Altersstruktur der Betriebsmittel und daraus resultierende, umzusetzende Instandhaltungs- und Erneuerungsstrategien mit direktem Einfluss auf die aktuell vorhandene Substanz
- Aufeinander abgestimmtes Gesamtkonzept in der Optimierung der Primär- und Sekundärtechnik
- Quantitative und auch qualitative Ressourcen für den „Normalbetrieb“ (insbesondere auch im gewerblichen Bereich mit Blick auf die Verfügbarkeit von Montage- und anderem Fachpersonal) und für die Handlungsfähigkeit in schwierigen Situationen bei außergewöhnlichen Ereignissen
- Qualifizierte Mitarbeiter insbesondere auch für digitale Techniken (Digital Natives)

Bild 2 zeigt die Einflussfaktoren in einem weiteren Detaillierungsgrad in der Zuordnung zu den Komponenten Robustheit, Anpassungsfähigkeit und Erholungsfähigkeit. Die Branche inkl. der Verbände DVGW und VDE FNN hat im Laufe der Jahre Methoden und Werkzeuge entwickelt, um auf innere Einflussfaktoren einzuwirken, sie im Sinne der Resilienz positiv zu gestalten.

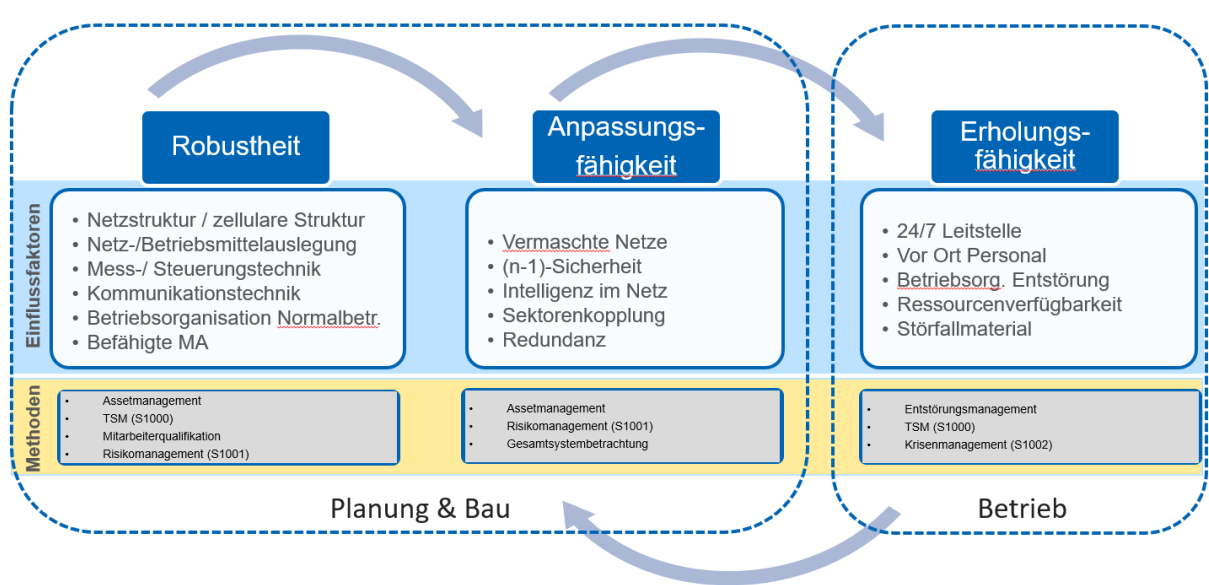


Bild 2: Einflussfaktoren zur Resilienz

Welche Normen und Anwendungsregeln als Umsetzungsanleitungen auf die jeweiligen Resilienzkomponenten einzahlen, ist in Bild 3 dargestellt.

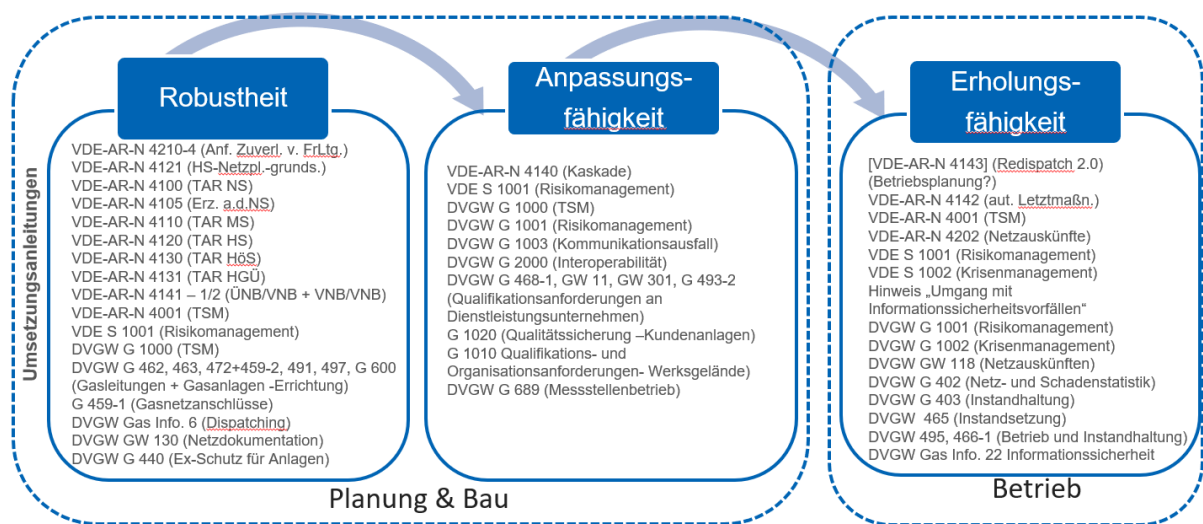


Bild 3: Normen und Anwendungsregeln

4 Grundsätzlicher Gestaltungsprozess

Um die Resilienz des Energieversorgungssystems zu gestalten, sind fünf Schritte notwendig (s. a. Bild 4, S. 5):

1. **Risikoanalyse durchführen:** Unter Hinweis auf VDE S 1001 / DVGW G 1001 besteht die Aufgabe darin, Schwachstellen zu ermitteln, ihre Auswirkungen auf das Versorgungssystem abzuschätzen und mögliche Optionen zur Neutralisierung der Risiken bezogen auf die Einzelkomponenten und das Gesamtsystem, bei dem ein wertorientiertes Assetmanagement (nach ISO 55000) unterstützen kann, zu identifizieren.
2. **Systemkomponenten robust gestalten (Kernprozesse „Planung“ und „Bau“):** Äußere und innere Einflussfaktoren sollen die Funktion der Einzelkomponenten nur minimal beeinträchtigen. Basierend auf der durchgeführten Risikoanalyse führt eine entsprechende Netzinfrastrukturplanung sowie eine Auslegung der Betriebsmittelkomponenten unter Berücksichtigung ihrer Einbindung in das Gesamtsystem zur Resilienz der Versorgungsinfrastruktur.
3. **Anpassungsfähigkeit herstellen (Kernprozesse „Planung“ und „Bau“):** Das Vorhalten von Systemkomponenten – mehr als für den Normalbetrieb notwendig – eröffnet die Möglichkeit, bei Ausfall einzelner Komponenten auf diese „Reserve“ umschalten zu können. Das (n-1)-Prinzip oder die Vermaschung der Netze wird seit vielen Jahren in der Netzplanung erfolgreich umgesetzt. Redundante oder sich ergänzende Systeme, wie z. B. bei der Schutzstaffelung erhöhen die Widerstandsfähigkeit des Systems gegenüber Störungen. Mit Blick auf die zunehmende Gesamtsystembetrachtung mit der Konvergenz von Strom- und Gasinfrastruktur ergeben sich weitere neue Möglichkeiten, die Anpassungsfähigkeit des Gesamtsystems zu erhöhen. Intelligente Systeme sowohl auf der Primär- als auch auf der Sekundärtechnik in Verbindung mit entsprechender Vernetzung über Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) eröffnen ebenfalls zusätzliche Perspektiven. Hierauf wird in Abschnitt 5 als ein Beispiel näher eingegangen.
4. **Systemfunktionalität wiederherstellen (Kernprozess „Betrieb“):** Um bei Ausfall des Systems seine Funktionen so schnell wie möglich wiederherstellen zu können, sind Umschaltungen (Nutzung von Redundanzen) oder weitergehende Maßnahmen zur Bewältigung außergewöhnlicher Situationen (Krisenmanagement nach VDE S 1002 bzw. DVGW G 1002) vorzubereiten und im Bedarfsfalle erfolgreich auch unter Stress anzuwenden. Prozess- und Aufbauorganisation, das Vorhalten bzw. die Zugriffsmöglichkeit auf das erforderliche Störfallmaterial sowie ausreichender, qualifizierter Personalreserven sowie Training des eingesetzten Personals inkl. des Krisenstabes sind hierbei wesentliche Voraussetzungen.
5. **Lernerfahrungen sammeln und Handlungsoptionen ableiten:** Lernen aus Übungen oder erfolgreich bewältigter Krisensituationen, aber auch aus der Vermeidung solcher Situationen, schaffen die Voraussetzungen, ein auf Resilienz ausgerichtetes System kontinuierlich zu optimieren und nachhaltig an verändernde

Rahmenbedingungen anzupassen. Hierzu sind im Sinne eines Wissensspeichers detaillierte Dokumentationen von Krisenerfahrungen und auch identifizierten Vermeidungsstrategien notwendig. Diese fließen dann in dem Regelkreis wieder als Erkenntnis in die Risikoanalyse ein.

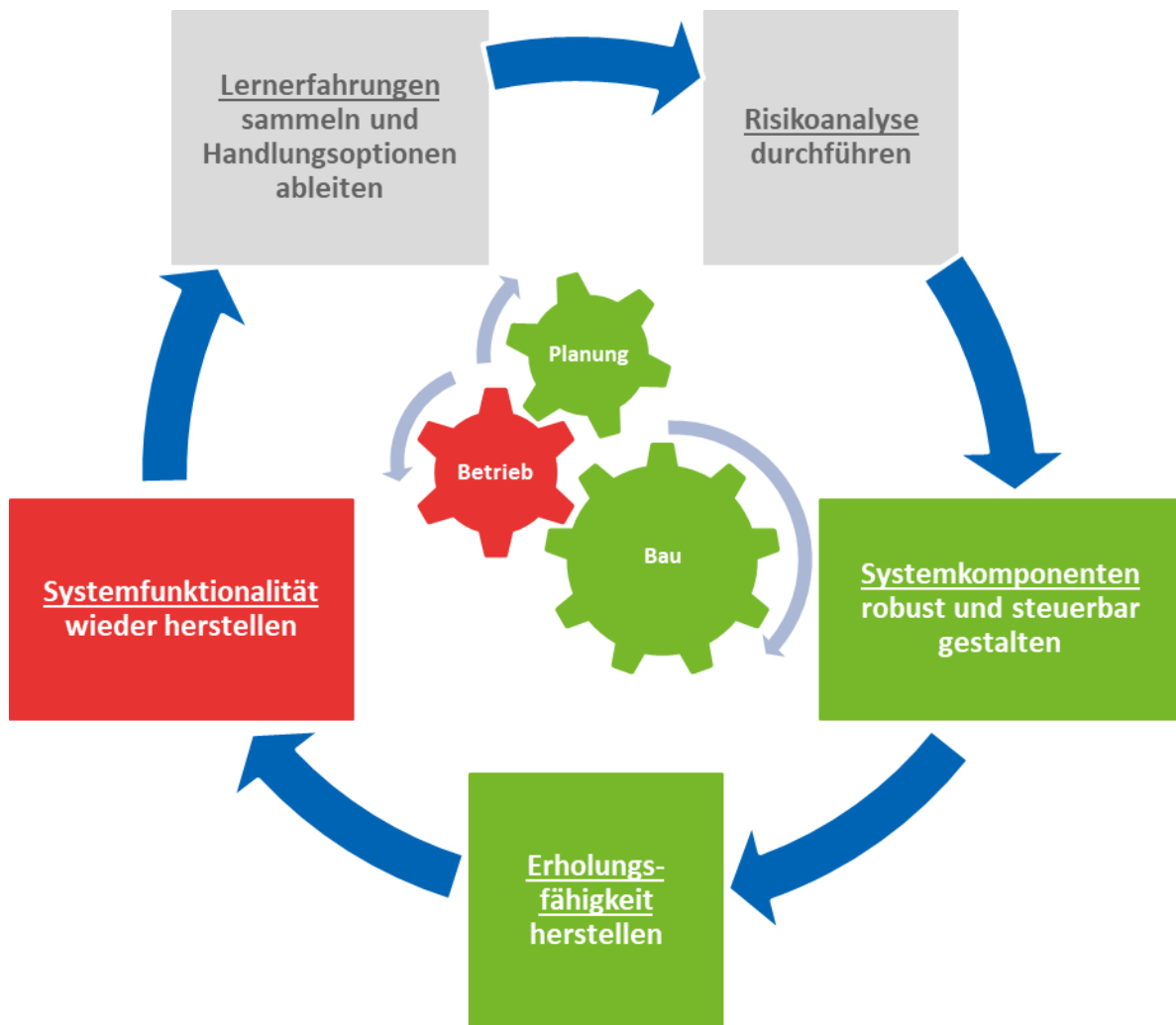


Bild 4: Schritte zur Gestaltung der Resilienz

5 Resilienzserhöhung durch Gesamtsystembetrachtung

Eine effiziente Umsetzung der Energiewende bedeutet, die vorhandenen Infrastrukturen von Strom und Gas inkl. Speichermöglichkeiten sektorenübergreifend als Gesamtsystem zu nutzen und weiterzuentwickeln. Einerseits wird hierdurch das System zwar komplexer, es erhöhen sich aber andererseits auch die Lösungsmöglichkeiten und die Gesamtsystemvarianz, wodurch seine Anpassungsfähigkeit größer wird.

Die in diesem Zusammenhang sich aktuell entwickelnden zellularen Energiesysteme schaffen eine ergänzende Möglichkeit, die Resilienz des Gesamtsystems zu erhöhen: Dezentrale, räumlich verteilte Zellen minimieren die Gefahr, dass sich Störungen in einer Zelle unmittelbar auf das Gesamtsystem auswirken, wenn Strom- und Gasinfrastruktur inkl. Erzeugungs- und Speichermöglichkeiten intelligent verknüpft werden. Somit lassen sich Störungen eingrenzen. Hierbei kommt der Steuerungstechnik auch in Hinblick auf die Vernetzung der Teilsysteme eine besondere Bedeutung zu, da die Angriffsfläche für IKT-Sabotage durch die höhere Anzahl dezentraler Teilnehmer, die untereinander vernetzt sind, steigt.

Bild 5 zeigt ein grundsätzliches Beispiel einer zellularen Struktur, in der die Bereitstellung und der Bedarf von Energie und Steuerungsinformation auf der untersten möglichen Ebene ausgeglichen wird. Die Differenz wird an übergeordnete Zellen weitergegeben. Das Zusammenwirken muss nach festgelegten Spielregeln erfolgen zellular und zentral sind kein Widerspruch, sondern ergänzen sich auch mit Blick auf die Erhöhung von Resilienz und Wirtschaftlichkeit des Gesamtsystems.

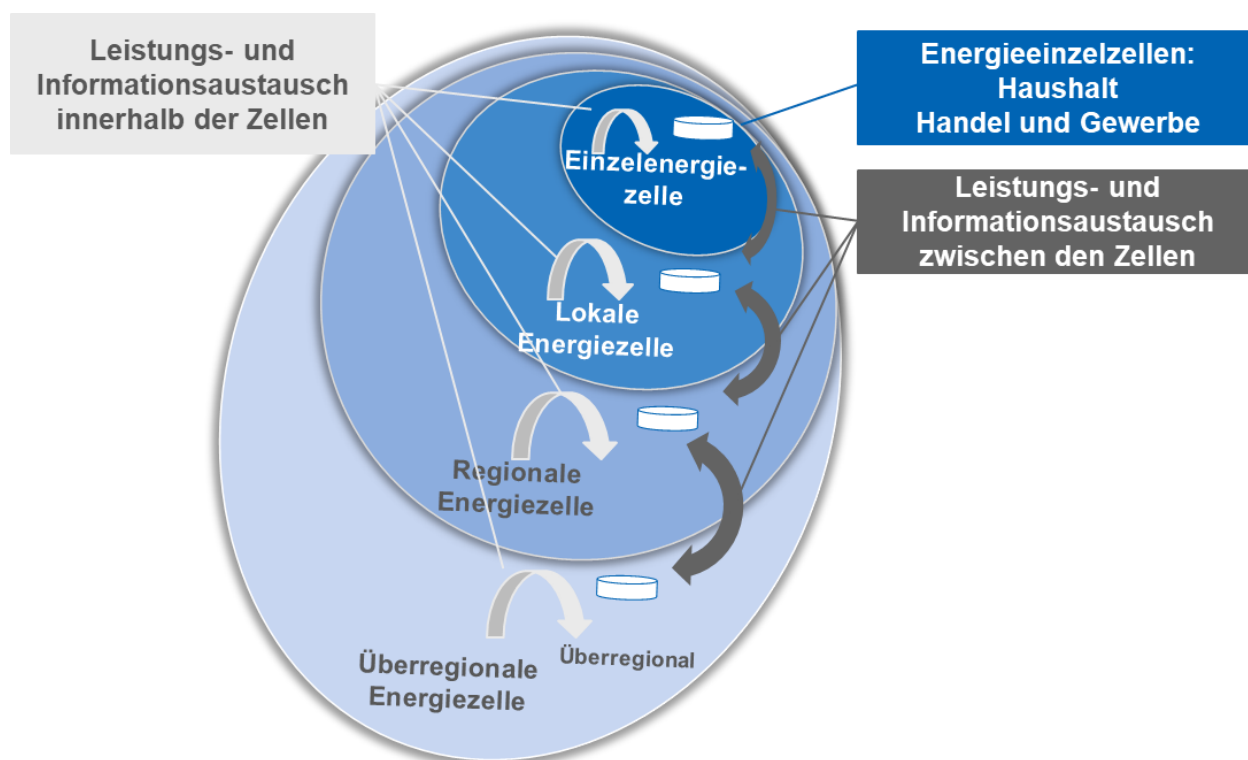


Bild 5: Beispiel eines zellularen Energieversorgungssystems

6 Fazit und Ausblick

Mit Blick auf die beiden (Mega-)Trends „Dezentralisierung und Digitalisierung“ wird es die Aufgabe einer zukünftigen Resilienzstrategie sein, Wirtschaftlichkeit und Bezahlbarkeit der Energieversorgung sowie Versorgungssicherheit im Rahmen eines langfristigen Betrachtungshorizontes nachhaltig zu optimieren. Hierzu sind Methoden weiterzuentwickeln, die bei der Gestaltung von Maßnahmen zur Änderung der Resilienz Aussagen zur deren technischer Wirksamkeit sowie monetären Auswirkungen liefern.

Aktuelle Forschungsinitiativen zum Monitoring der Resilienz, z. B. durch Simulation von Szenarien oder auch Aktivitäten zu einem zellularen Ansatz im Rahmen einer Gesamtsystembetrachtung gehen hier in die richtige Richtung. VDE und DVGW werden im Rahmen ihrer Möglichkeiten diese Ansätze weiter unterstützen und aktiv begleiten.

Autor*innen

VDE DVGW Koordinierungskreis Strom/Gas

Stand: November 2020