

C/Sells Leitidee 2.0

Projektinterne Version

Autoren: Partner AP 2.2 | Teilprojektleiter | Gesamtprojektleitung

Datum: 09.12.2019

Inhalt

1.	Die Funktion der Leitidee	3
2.	Einleitung „C/sells auf einen Blick“	3
3.	Unser Ausgangspunkt: Dekarbonisierung durch Dezentralisierung, Digitalisierung und Partizipation	4
4.	C/sells adressiert die Herausforderungen der Energiewende	5
5.	C/sells ist zellulär, partizipativ und vielfältig – für das Energiesystem der Zukunft.	6
5.1.	C/sells ist zellulär	6
5.2.	C/sells ist partizipativ	6
5.3.	C/sells ist vielfältig	7
6.	Die C/sells Basis-Instrumente	8
6.1.	Das Infrastruktur-Informationssystem (IIS)	8
6.2.	Abstimmungskaskade	10
6.3.	Regionalisierter Handel mit Energie und Flexibilität	13
7.	Die spezifischen Lösungsoptionen auf Zellebene	14
7.1.	Partizipation zur Stärkung der Energiewende	15
7.2.	Ausgleich von Erzeugung und Verbrauch in der Zelle	17
7.3.	Regionale Energieprodukte	19
7.4.	Netzwiederaufbau / Inselbetrieb als Systemdienstleistung	19
7.5.	Bereitstellung von netzdienlicher Flexibilität über Flexibilitätsplattformen	20



7.6. Aggregation von Daten zur Komplexitätsreduktion

21

1. Die Funktion der Leitidee

Die Leitidee beschreibt die Kernelemente, mit denen C/sells die Energiewende ermöglicht.

Als **interne Funktion** gibt die Leitidee eine transparente Orientierung für alle C/sells-Partner und -Akteure. Gleichzeitig zeigt sie die Leitplanken auf, zwischen denen sich die einzelnen Beiträge und Arbeiten der C/sells-Partner bewegen. Daneben ist die Leitidee Grundlage für diverse Bewertungsarbeiten im Projekt.

In ihrer **externen Funktion** kommuniziert die Leitidee Lösungsansätze für das Energiesystem der Zukunft an die Öffentlichkeit und an zukünftige Kunden von in C/sells entwickelten Geschäftsmodellen. Die Leitidee soll darüber hinaus der Politik Lösungsoptionen im Rahmen der Energiewende aufzeigen. Dazu wurde die Kurzversion der Leitidee im C/sells-Magazin veröffentlicht.

2. Einleitung „C/sells auf einen Blick“

Die notwendige Begrenzung der Erderwärmung auf 1,5°C erfordert ein dekarbonisiertes Energiesystem. Um dies zu erreichen, setzen wir in C/sells auf Dezentralisierung, Digitalisierung und Partizipation. Die Herausforderungen bei der Transformation des Energiesystems sind: Mehr dezentrale, verteilte erneuerbare Stromerzeugungsanlagen mit schwankender Erzeugung zusammen mit wachsenden Lasten aus E-Mobilität und weiterer Sektorkopplung setzen Verteilnetze unter Stress. Da viele große Kraftwerke nicht zuletzt auch durch den Kernenergie- und Kohleausstieg stillgelegt werden, müssen Erzeugung und Nachfrage zunehmend durch dezentrale, kleinteilige Flexibilitäten ausgeglichen werden. Die Koordination einer großen Anzahl dezentraler Anlagen ist eine komplexe Aufgabe, die mit der Digitalisierung möglich wird. Zudem könnte der weitere notwendige EE-Ausbau verstärkt zu Akzeptanzproblemen führen.

In C/sells demonstrieren wir mit unseren drei Basis-Instrumenten „Infrastruktur Informationssystem“, „Abstimmungskaskade“ und einem „regionalisierten Handel“ ein zelluläres, partizipatives und vielfältiges Energiesystem der Zukunft. Mehr und neue Akteure übernehmen Verantwortung, und es ergeben sich wirtschaftliche Chancen mit neuen Geschäftsmodellen.

Die Struktur der Leitidee zeigt Abbildung 2-1. Der Ausgangspunkt des C/sells Ansatzes ist die Dekarbonisierung durch Dezentralisierung, Digitalisierung und Partizipation (siehe Kapitel 3). Die in C/sells adressierten Herausforderungen im Rahmen der Energiewende werden in Kapitel 4 dargestellt. Wie diese Herausforderungen angegangen werden sollen, wird von dem C/sells Lösungsansatz in Kapitel 5 beschrieben. Unser Ansatz ist zellulär, partizipativ und vielfältig. Welche grundlegenden Instrumente für die Umsetzung dieser Lösungsansätze notwendig sind, wird in Kapitel 6 mit den Basis-Instrumenten der C/sells Lösungen erläutert. Mit welchen angepassten Prozessen und Funktionen die Energiewelt von morgen ausgestaltet werden kann, wird in Kapitel 7 mit den Lösungsoptionen der C/sells Zellen beschrieben.

Abbildung 2-1: Struktur der Leitidee im Rahmen der Energiewendeziele



Quelle: Eigene Darstellung

3. Unser Ausgangspunkt: Dekarbonisierung durch Dezentralisierung, Digitalisierung und Partizipation

Das Energiesystem wird erneuerbar und emittiert keine Treibhausgase mehr. Das ist das Ziel für das Energiesystem der Zukunft, auf welches das SINTEG Projekt C/Sells hinarbeitet. Dieser Zustand wird einerseits durch den Ausbau von erneuerbaren Erzeugungsanlagen sowie die Stilllegung nuklearer sowie fossil betriebener Kraftwerke erreicht. Auch die Reduktion des Energieverbrauchs spielt eine zentrale Rolle zur Erreichung eines THG-neutralen Energiesystems.

Aus diesem übergeordneten Zielbild folgen Entwicklungen, die für C/sells der Ausgangspunkt der Arbeiten sind:

Das Energiesystem wird dezentraler und kleinteiliger. Wind und PV-Erzeugungsanlagen sind vermehrt auf unterer Netzebene angeschlossen und die Einzelanlagen haben eine geringere Leistung als die bisherigen fossilen Großkraftwerke. Zusätzlich zur Erzeugung entstehen auch Flexibilitätsoptionen wie Speicher oder Lastmanagementoptionen mehr und mehr auf den unteren Netzebenen und werden kleinteiliger. Der vermehrte Eigenverbrauch durch ‚Prosumer‘ eröffnet Handlungsmöglichkeiten auf dezentraler Ebene für ‚kleine‘ Akteure.

Digitalisierung vernetzt die Dezentralität und die Sektoren. Die kleinteiligen, dezentralen Anlagen können durch digitale Lösungsansätze effizient in das System integriert werden. Zudem bietet die Digitalisierung auch die Möglichkeit einer effizienten und automatisierten Verknüpfung zwischen den Sektoren Strom, Mobilität und Wärme mit dem Ziel, die THG-Emissionen auch in diesen Sektoren weiter zu reduzieren.

Mehr und neue Akteure müssen und können aktiv(er) werden. Da die dezentralen, kleinteiligen Erzeugungs- und Flexibilitätsoptionen für das Energiesystem der Zukunft relevanter werden, müssen und können sich die entsprechenden Akteure aktiv in das Energiesystem einbringen.

4. C/sells adressiert die Herausforderungen der Energiewende

Die Energiewende führt zu neuen Herausforderungen, die nachfolgend beschrieben werden. Sie bietet aber auch Chancen, die mit den C/sells Basis-Instrumenten und Lösungsoptionen (siehe Kapitel 7) ergriffen werden.

- a) **Koordination dezentraler Anlagen: Große Anzahl dezentraler Anlagen muss koordiniert werden.** Der Anlagenpark in Deutschland wächst von wenigen hundert Großkraftwerken und Speichern auf Millionen Kleinkraftwerke und Flexibilitätsoptionen. Diese Vielzahl an Kleinanlagen muss mit geeigneten Technologien und Prozessen effizient koordiniert werden. Dabei muss berücksichtigt werden, dass die Betreiber dieser Anlagen nicht zwingend professionelle Betreiber mit den notwendigen Kenntnissen der energiewirtschaftlichen Prozesse sind.
- b) **Regelung durch zentrale Kraftwerke entfällt: Flexibilitätsbedarf durch fluktuierende erneuerbare Energien muss perspektivisch durch dezentrale Flexibilitätsoptionen gedeckt werden.** Flexibilität wird im bestehenden Stromsystem maßgeblich durch steuerbare, fossile Großkraftwerke und Pumpspeicherwerke erbracht. Fallen Großkraftwerke perspektivisch sukzessive weg, muss der Flexibilitätsbedarf durch andere Optionen gedeckt werden. Hier besteht die Herausforderung, kleinteilige und dezentrale Flexibilitätsoptionen in das System zu integrieren und möglichst effizient zu nutzen. Auch muss die Funktion von Großkraftwerken zur Aufrechterhaltung der Versorgungssicherheit (z.B. Schwarzfall) ersetzt werden. Reduziert sich im Zuge der Energiewende die Anzahl zentraler Großkraftwerke im System, so müssen die Aufgaben zur Aufrechterhaltung der Versorgungssicherheit von anderen Systemen übernommen werden.
- c) **Akzeptanz für erneuerbare Energien: Der weitere notwendige EE-Ausbau ist auf die Akzeptanz der Bürger vor Ort angewiesen.** Die erneuerbare Stromerzeugung wird verteilt, an neuen und zusätzlichen Orten sichtbar und verändert das Landschaftsbild. Dadurch sind mehr Menschen direkt betroffen, gleichzeitig ist der weitere Ausbau von der Akzeptanz der Bürger vor Ort abhängig.
- d) **Netzengpässe: Engpässe im Verteilnetz und Übertragungsnetz durch EE-Integration.** Der Zubau von erneuerbarer Erzeugungsleistung basiert hauptsächlich auf Windkraft- und PV-Anlagen. Da die Stromerzeugung aus diesen Anlagen vom Dargebot durch Wind bzw. der Sonneneinstrahlung abhängig ist, schwankt die Erzeugung zeitlich stark. Bei Einspeisespitzen aus Windkraft- und PV-Anlagen kommt es vermehrt zu (regionalen) Engpässen im Verteil- und Übertragungsnetz. Der Strom kann also nicht zu den Verbrauchern transportiert werden. Aber auch die Nachfrageseite kann Netzengpässe hervorrufen: In Regionen, in denen eine große Dichte von neuen Stromverbrauchern z.B. Elektroautos und Wärmepumpen zu erwarten ist, sind die Stromnetze ggf. nicht ausreichend dimensioniert, um die Nachfragespitzen bedienen zu können.
- e) **Zunehmende Komplexität: Dezentralität, Vernetzung und Digitalisierung erfordern verstärkte Standardisierung.** Die Digitalisierung ermöglicht vielfältige Lösungsoptionen zur Koordination von dezentralen Anlagen im Energiesystem. Zur Sicherstellung der Interoperabilität dezentraler Lösungen in einem vernetzten Energiesystem braucht es verstärkte Standardisierungsaktivitäten.

5. C/sells ist zellulär, partizipativ und vielfältig – für das Energiesystem der Zukunft.

Die C/sells Lösungsoptionen und das Handeln der Akteure innerhalb von C/sells sind **zellulär, partizipativ und vielfältig**. Diese beschreibenden Adjektive formen die Leitidee und werden im Folgenden näher erläutert.

5.1. C/sells ist zellulär

In C/sells denken und handeln wir zellulär, um die Potenziale der Infrastruktur und der Akteure bestmöglich zu nutzen. Zellen in C/sells sind sowohl bekannte Organisationseinheiten wie Regelzonen oder Verteilnetze als auch neue Zelltypen wie beispielsweise Quartiere oder Zusammenschlüsse von Akteuren, die im Zellverbund agieren. Sie sind digital vernetzt und integrieren ihre dezentralen Anlagen und Prozesse in das bestehende Energiesystem. Unter einem einheitlichen Rahmen können die Zellen innerhalb des Energiesystems frei handeln und entscheiden. So können sie vielfältige Funktionen und Aufgaben im Energiesystem übernehmen. Diese werden in Kapitel 7 detailliert beschrieben.

C/sells nutzt für die Weiterentwicklung des Energiesystems die Fortschritte der Digitalisierung und versucht überdies, soweit möglich und sinnvoll marktwirtschaftliche Lösungen einzuführen. Zur Wahrung der Versorgungssicherheit und der Gesamtstabilität des Energiesystems wird weiterhin über alle Netzsituationen eine übergeordnete Kontrolle des Systems durch die Netzbetreiber sowie eine enge und effiziente Abstimmung zwischen den Netzbetreibern erforderlich sein. Durch die zunehmende Komplexität des Energiesystems muss ein kontinuierlicher Informationsaustausch und eine Koordination von Maßnahmen durch verstärkte Digitalisierung organisiert werden (siehe Kapitel 6.2).

Die digitale Infrastruktur ermöglicht, dezentrale Elemente in die existierende – eher zentrale – Systemstruktur zu integrieren und idealerweise, wo sinnvoll, als ein selbstregulierendes und selbstoptimierendes – eben zelluläres – System nach gemeinsamen Regeln zu organisieren.

Unter einem einheitlichen Rahmen können die Zellen innerhalb des Energiesystems frei handeln und entscheiden; das zelluläre Energiesystem wird über Marktpreise und andere Signale des Energiesystems (bspw. Netzauslastung über NNE) gesteuert. Teilweise ist eine Anpassung der Regulierung des Energiemarkts notwendig, sodass ein Handeln einzelner Marktakteure im Gesamtsystem ermöglicht wird. Innerhalb von C/sells besteht die Erwartung, dass durch diese Organisationsstruktur beispielsweise eine marktwirtschaftliche Beschaffung von Flexibilität über die Flex-Plattformen die volkswirtschaftlichen Kosten für die Abregelung erneuerbarer Energien deutlich reduzieren können.

5.2. C/sells ist partizipativ

Das C/sells-Projekt sieht gesellschaftliche Partizipation als zentrale Säule der Energiewende. Dabei wird Partizipation als die Einbeziehung von Individuen und Organisationen (so genannte Stakeholder) in marktliche Entscheidungs- und Willenbildungsprozesse verstanden.

Die Unterstützung von Individuen (beispielsweise in Nachbarschaften), Stakeholdern und Gemeinden im Sinne einer vermehrten Selbstbestimmung, ihre Autonomie und Kontrolle über die eigenen Ziele der Energieversorgung zu stärken, ist ein zentrales Anliegen von C/sells.

In Anlehnung an das vorherige Kapitel, bedeutet die Strukturierung des künftigen Energiesystems in einer zellulären Struktur für den Aspekt Partizipation, dass Zellen innerhalb des Energiesystems Entscheidungs- und Handlungsfreiheit zugestanden wird. Daraus ergibt sich die Fragestellung, wie viel Entscheidungsmacht jeweils bei staatlichen Institutionen und bei den tatsächlich beteiligten Bevölkerungsgruppen, Stakeholdern und ihren anwaltlichen Akteuren liegt, um

1. die Konstitution und die Funktionalitäten einer Zelle innerhalb der regulatorischen Korridore festzulegen und
2. innerhalb des Betriebs den jeweiligen bevorzugten Funktionsmodus bzw. Interaktionen mit anderen Zellen zu entscheiden.

Innerhalb der aktuellen Konzeption des zellulären Ansatzes in C/sells wird davon ausgegangen, dass der Punkt 2.) im zelluläre Energiesystem über den marktwirtschaftlichen Mechanismus des Marktpreises gesteuert wird.

Die technischen Möglichkeiten der Digitalisierung der Energiewende schaffen dabei neue, direkte und umfassendere Möglichkeiten der Beteiligung und der Ansatz des zellulären Energiesystems zieht als ideale Teilhabe die Selbstorganisation in Betracht. In C/sells werden Prozesse und Technologien entwickelt, damit Übertragungsnetzbetreiber verstärkt mit Verteilnetzbetreibern kooperieren (siehe Kapitel 6.2 „Abstimmungskaskade“) und Prosumenten und Konsumenten sich aktiv an Entscheidungen zu beteiligen (siehe Beispiele in Kapitel 7).

C/sells demonstriert zudem eine starke Partizipation der Kommunen. Als bürgernächste politische Ebene sind diese in der Lebenswelt die sichtbarsten Akteure des politischen Systems sowie der Verwaltung und haben damit eine besondere Vorbildfunktion. Die Bürger müssen die Möglichkeit bekommen, sich vor Ort für ihre Energieversorgung engagieren zu können. Innerhalb der Partizipation auf kommunaler Ebene sollten sich Bürgerinnen und Bürger frühzeitig über neue Entwicklungen informieren können. Dies wird in den Partizipationszellen durch anschauliche Informationsformate im Alltag der Bürger vor Ort erreicht, wie beispielsweise ein Tag der Energiewende, Nachhaltigkeitstage, etc (siehe auch Kapitel 7.1). Weitere Verbreitung des Themas Energie, Klimaschutz und Eigenverantwortung in Schulen wird für sinnvoll erachtet, um das Ziel zu erreichen, dass Ressourcenschonung ein Grundwert unserer Gesellschaft wird.

5.3. C/sells ist vielfältig

Unser Energiesystem der Zukunft ist vielfältig durch die große Zahl und Unterschiedlichkeit der teilnehmenden Akteure am Markt, durch eine Fülle an technischen Komponenten, Lösungen und Schnittstellen. Die Dezentralisierung des Energiesystems befördert diese Vielfalt und wird umgekehrt von ihr befeuert. Ähnliches gilt für die Digitalisierung, mit der Besonderheit kurzer Innovationszyklen, sodass mehrere Generationen von Lösungen parallel eingesetzt werden. Vielfalt ist Herausforderung, da die Komplexität steigt, aber auch Chance durch erhöhte Innovationskraft. Und: Vielfalt ist sowohl Ergebnis als auch Ziel im künftigen Energiesystem.

Beispiele für Vielfalt finden sich in C/sells in den Demozellen (siehe Kapitel 7), welche etwa als Liegenschaft und Quartier organisiert sind. Durch die Dezentralisierung nehmen künftig deutlich mehr und viele neue Akteure am Energiesystem teil, da die Möglichkeiten zunehmen, in Netz und Markt autonom und dennoch verbunden im System zu agieren. Die Akteure stellen Energie oder Flexibilität bereit, um damit zu handeln oder das Netz zu stützen (siehe Zellfunktionen in Kapitel 5.1). Vermarkten lässt sich z. B. aggregierte Flexibilität, Regelleistung oder Strom über einen Peer-to-

Peer-Handel. Mit der Zellen- und Akteursvielfalt ist eine größere Diversität von Informationen und Daten verbunden, die verarbeitet und gesichert werden müssen. Die Kommunikationswege werden diverser und vernetzter, sowohl vertikal beispielsweise zwischen Übertragungs- und Verteilnetzbetreiber als auch horizontal innerhalb eines Verteilnetzes oder zwischen Verteilnetzen. Es werden unterschiedliche Soft- und Hardwarelösungen, etwa Energiemanagementsysteme, Dienste und Marktmodelle entwickelt, an neue Funktionen angepasst und demonstriert. Manche stehen dabei durchaus in Konkurrenz zueinander, da sie vergleichbare Leistungen bereitstellen. Es kommen unterschiedliche Datenmodelle und Protokolle zum Einsatz. Ein Beispiel für die neue Systemlandschaft sind die Flexplattformen mit mehreren neuen Rollen und Funktionen, die die Erschließung kleinteiliger Flexibilität ermöglichen: das intelligente Messsystem, aktive externe Marktteilnehmer, die Plattform selbst mit Angebots-, Nachfrage- und Abrufregister sowie Prognosedienste.

Aus Kundensicht dient Vielfalt in Produkten und Handlungsmöglichkeiten dazu, die individuellen Kundenbedürfnisse und -anforderungen optimal zu bedienen. Dabei sind Kunden nicht nur Endverbraucher, sondern nehmen unterschiedliche Rollen in B2B-Beziehungen innerhalb der Wertschöpfungskette ein. Diese Bedürfnisse werden sich durch die Individualisierung der Gesellschaft und die Differenzierung der Akteure und Rollen weiter auffächern, gleichzeitig kann Vielfalt zusätzliche Bedürfnisse erzeugen, wie das Beispiel der Mehrwertdienste durch Smart Metering zeigt.

Die Bewertung der Vielfalt erfordert einen Blick auf das Spannungsfeld zwischen Regulierung im Sinne der Effizienz und Sicherheit (Versorgungssicherheit, Datensicherheit, Datenschutz) und Technologieoffenheit. Unsere Antwort ist der zelluläre Ansatz: In einem zellulär organisierten System sollten die Regeln miteinander ausgehandelt werden. Dabei geht es um die Fragen: Wo ist Vielfalt notwendig und förderlich und sollte also zugelassen werden? Wo erhöht Vielfalt die Komplexität und muss kanalisiert, d. h. standardisiert und reguliert werden. In C/sells schaffen wir mit dem IIS gemeinschaftlich getragene Infrastrukturen mit dezentraler Datenhaltung. Dabei kommen vielfältige Technologien und Komponenten zur Anwendung, eine Einigung ist bezüglich interoperabler Schnittstellen und Kommunikationsprozesse notwendig.

6. Die C/sells Basis-Instrumente

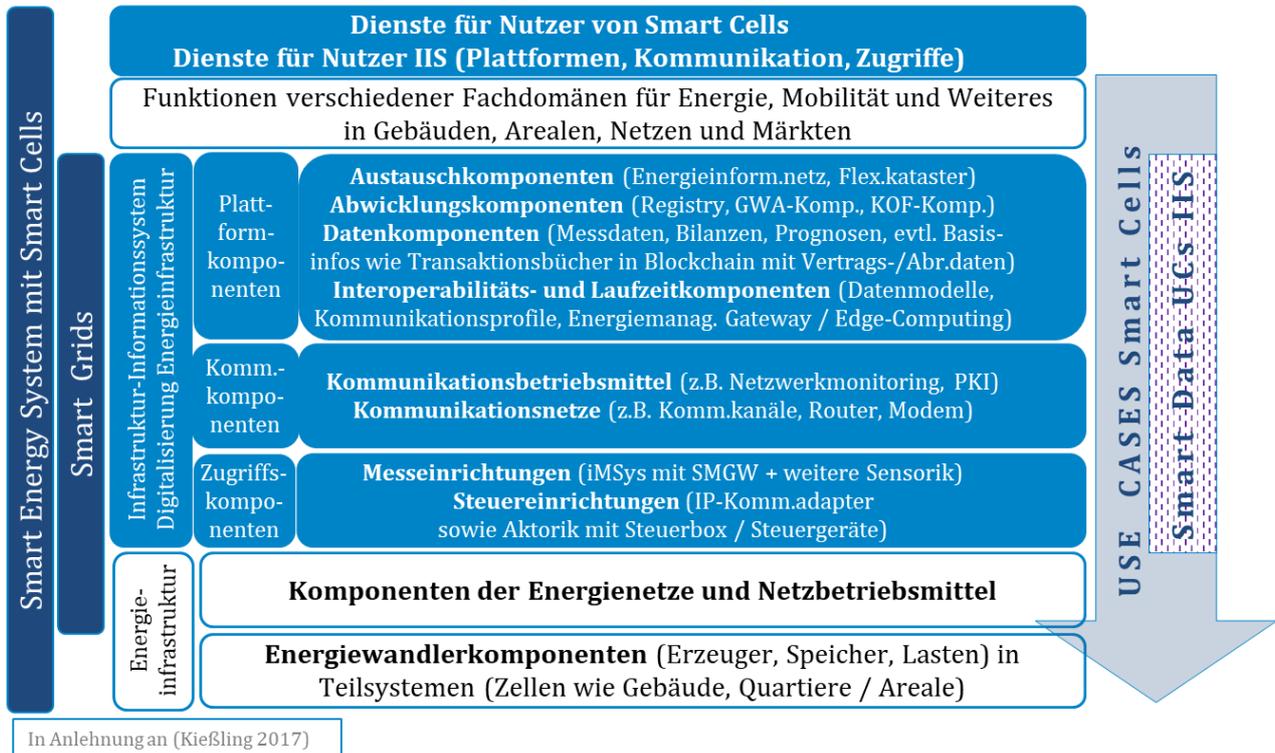
Die drei Lösungsansätze „zellulär“, „partizipativ“ und „vielfältig“ werden mit Hilfe der drei C/sells Basis-Instrumente „Infrastrukturinformationssystem (IIS)“, „Abstimmungskaskade“ und „Regionalisierter Handel mit Energie und Flexibilität“ ermöglicht. Diese Basis-Instrumente werden im Folgenden erläutert.

6.1. Das Infrastruktur-Informationssystem (IIS)

Um im Rahmen des zellulären Ansatzes horizontale und vertikale Verbindungen für bidirektionale Energieflüsse zwischen den Zellen wirtschaftlich, interoperabel und sicher zu ermöglichen, soll eine Informationsinfrastruktur Energienetze, Energiemärkte und Liegenschaften mit gemeinsamen informations- / kommunikationstechnischen Bausteinen unterstützen. Diese Bausteine sollen die Interaktion der Zellen im Verbund über Systemebenen hinweg gewährleisten, so dass sich dezentrale Energiekonzepte in lokalen Wohn- und Arbeitsumfeldern sowie in städtischen und regionalen Lebensräumen mit europäischen Lösungen integrieren. Das Infrastruktur-Informationssystem (IIS) ist ein technisches Mittel, das die Einheit der verschiedenen Zellen im Verbund ermöglicht. Das IIS

besteht aus einer Vielzahl an Komponenten, die in die drei Gruppen Zugriffskomponenten, Kommunikationskomponenten und Plattformkomponenten gegliedert werden können (Abbildung 6-1). Die Architektur des IIS wird derartig implementiert, dass durch Gewährleistung einer hohen Widerstandsfähigkeit eines dezentralen und informationstechnisch vernetzten Energiesystems bei Angriffen oder Störungen der hohe Stand der Versorgungssicherheit erhalten bleibt.

Abbildung 6-1: Struktur des Infrastruktur-Informationssystems



Als Infrastruktur zur Digitalisierung des Energiesystems stellt das IIS Akteuren über ein geschütztes Kommunikationssystem gemeinsame Dienste zum Informationsaustausch und Zugriff auf die Energieinfrastruktur bereit und gewährleistet dadurch gleichermaßen Autonomie und Verbundenheit der Zellen. Das IIS ist zur Realisierung sowohl von autonomen Lösungen der Zellen als auch zur Verbundenheit im nationalen und europäischen Kontext ein System verteilt implementierter Komponenten, das gemeinsame Regeln, Strukturdaten, Schnittstellen und technische Komponenten als einheitlichen Smart Grid Verbindungspunkt von Zellen bereitstellt. Das IIS umfasst Bausteine im gesamten SGAM-Framework. So sind Komponenten des IIS auch durch verschiedene Akteure betreibbar.

Das intelligente Messsystem (iMSys) bildet als Baustein des IIS die Basis für eine Vielzahl neuer Anwendungen und Dienstleistungen und ist sichere Zugriffskomponente auf Dienste der Messdatenerfassung (Sensorik) als auch auf Steuerungsdienste der Energieinfrastruktur (Aktorik) in Liegenschaften. Das IIS umfasst durch verschiedene Akteure nutzbare Mess- und Steuereinrichtungen an den Grenzen der Zellen als Infrastrukturkomponenten. Dabei nimmt das intelligente Messsystem (iMSys) eine zentrale Rolle bei der Gewährleistung von Datenschutz in der Liegenschaft und als Grundlage neuer Zellenfunktionen zum lokalen Energiemanagement als auch zum Austausch von

Energie und Flexibilität zwischen Zellen ein. Die Anforderungen und Erkenntnisse, die aus der Erprobung der iMSys-Infrastruktur in den diversen Zellen gewonnen werden, fließen wechselseitig in die funktionale Weiterentwicklung ein.

Das Kommunikationssystem des IIS gewährleistet mit Powerline-, Funk- und Kabelnetzwerken in Verbindung mit Zugriffskomponenten der iMSys (Gateways) und zugehörigen Kommunikationsdiensten (Administration, Monitoring, PKI, Blockchain) Echtzeitfähigkeit, Informationssicherheit und Vertrauenswürdigkeit bei Zugriffen auf Messdaten sowie Anlagen und Geräte. Das Kommunikationssystem umfasst breitbandige Kommunikationsnetzwerke, die Informationssicherheit gewährleisten sowie die Zellen miteinander verbinden. Eine zentrale Rolle nehmen die Gateways intelligenter Messsysteme (iMSys) ein. Energiemanagement Gateways / Steuerboxen mappen die Markt- / Netzkommunikation interoperabel auf die Anlagen- und Gerätekommunikation in den Liegenschaften. Die Kommunikation wird unterstützt durch eine PKI-Infrastruktur, durch Dienste zum Gateway-Betrieb, durch Qualitäts- und Monitoring-Dienste, aber auch durch weitere Technologiedienste bei bidirektionalen Interaktionen einer Energie-Community, z.B. Blockchain.

Wo und wie wird das IIS in einer C/sells Zelle eingesetzt?

Da es sich bei dem IIS um die gemeinsame Digitalisierungsinfrastruktur im Projekt handelt, ohne die ein kommunikativer und energetischer Austausch innerhalb und zwischen Zellen nicht möglich ist, finden sich in nahezu jeder Zelle IIS Komponenten. Dabei ermöglicht es die modular aufgebaute Architektur des IIS, dass die Zellen je nach bereits vorhandener Infrastruktur die Komponenten bedarfsgerecht zusammenstellen und nutzen können.

Anhand der nachfolgenden Best Practice Beispiele wird der vielfältige Einsatz des IIS in C/sells deutlich:

- Die **Zelle Ortenau** plant im Rahmen von C/sells die Installation sowie den Betrieb von intelligenten Messsystemen und Steuerboxen. Aktuell sind bereits über 40 intelligente Messsysteme in ihrem Netzgebiet verbaut. Die für den Betrieb der iMSys notwendige Gateway-Administration haben sie bereits intern ausgeprägt und erproben und evaluieren diese. Darüber hinaus untersuchen sie die Eignung verschiedener Kommunikationstechnologien für Smart Grid Anwendungen. Für das Monitoring sowie den Betrieb der unterschiedlichen Kommunikationstechniken wird die Zelle Ortenau mit dem C/sells-Netzwerkmanagementsystem eine weitere IIS-Komponente einsetzen und erproben.
- Die **Zelle MVV** plant den Einsatz intelligenter Messsysteme im Franklin Quartier, um den Bewohnern mithilfe hochaufgelöster Stromverbräuche innovative Mehrwertdienste anbieten zu können. Die vom gesamten Quartier erbringbare Flexibilität wird durch die Nutzung eines gemeinsamen, standardisierten Flexibilitätsmodells unter Zuhilfenahme des Flex-Katasters sowie der Registry für diverse Vermarktungsplattformen nutzbar gemacht.
- Die **Zellen Nord-/Mittelhessen, Altdorf und Schwäbisch Hall** nutzen unter anderem den IIS-Wetterprognosedienst, um Netzzustände zu monitoren und vorherzusagen.
- Das Zusammenspiel aller IIS-Komponenten wird im **IIS-Labor** bei IDS in Ettlingen erprobt. In einem ersten Schritt wurde die Basis-Kommunikationsinfrastruktur, ausgehend von einem externen Marktteilnehmer, über SMGW, Steuerbox, GWA, CLS-Management bis hin zu simulierten Anlagen getestet. Im nächsten Schritt werden die IIS-Komponenten Flex-Kataster, Registry, Netzwerkmanagementsystem und Prognosen in den Laboraufbau aufgenommen und das Zusammenspiel getestet.

6.2. Abstimmungskaskade

Die Abstimmungskaskade ist ein weiterer Baustein zur Organisation des intelligenten Energienetzes und ermöglicht damit die partizipative Integration der dezentralen Verbraucher und Erzeuger, um Vielfalt im zukünftigen Energiesystem zu ermöglichen. Die zellulare Organisationsstruktur hilft dabei,

die Komplexität zu reduzieren, Informationen auf Zellebene zu aggregieren, lokal zu verorten und Akteure bis auf Niederspannungsseite zur Bereitstellung von netzdienlichen Systemdienstleistungen zu integrieren. Damit diese Integration unter Wahrung der Systemsicherheit gelingt, müssen die Netze und damit die Leitstellen der Netzbetreiber über alle Spannungsebenen hinweg kommunikationstechnisch miteinander verbunden sein. Eine Schlüsselrolle spielt hier der Austausch von Informationen, z. B. zum jeweiligen Netzzustand (visualisiert mittels Ampel), zwischen den Übertragungs- und Verteilnetzbetreibern sowie Verteilnetzbetreibern untereinander, den so genannten Betreibern von Netzzellen. Der Austausch von Informationen beginnt bereits in den vortägigen Betriebsplanungsprozessen und geht in den Echtzeitbetrieb über. Vor diesem Hintergrund unterstützt die ausgetauschte Information z.B. die Prozesse im Rahmen der Kaskade nach § 13(2) EnWG oder die Ermittlung des Flexibilitätsbedarfs am Übergabeknoten, um alle relevanten Informationen transparent zur Verfügung zu haben. Dieser bidirektionale Austausch kann nur noch mit Automatisierungstechnik und einer vollautomatisierten Kommunikation zwischen den Netzleitstellen erfolgen, um kontinuierlich über die zeitabhängigen Netzzustände des vor- und unterlagerten Netzes informiert zu sein.

Die Netzbetreiber bewerten anhand von Messdaten sowie ggfs. Zählwerten aus dem SMGW die Netzsituation und ordnet diesen einer Ampelphase zu. Die Netzbetreiber können durch netztopologische Schaltmaßnahmen (z. B. Phasenschieber) das Netz stabil halten. Reichen diese Maßnahmen nicht aus und das Netz befindet sich in einer netzkritischen Situation, welche der Netzbetreiber nicht eigenständig lösen kann, kommt es zu einer sogenannten gelben Ampelphase (Marktpartizipationsphase). In dieser Marktpartizipationsphase können Zellen bzw. einzelne Akteure partizipativ ihre Flexibilität den Netzbetreibern über eine Plattform zur Verfügung stellen und damit über ein Systemdienstleistungsprodukt (SDL-Produkt) das Netz stabil halten und in die grüne Ampelphase zurückführen.

Damit ermöglichen die Netzbetreiber als neutraler market facilitator die diskriminierungsfreie, gleichberechtigte und ungehinderte Entfaltung der Akteursvielfalt. Durch den partizipativen Zellenansatz und den technologischen Fortschritt im Rahmen der Digitalisierung werden mehr und mehr Prosumer (inkl. Endkunden) in den Zellen und damit an den Märkten für Systemdienstleistung partizipieren. Vor diesem Hintergrund gilt es, diese Akteure gegenüber den heutigen Marktakteuren in ihren Rechten und Pflichten zu etablieren.

Reicht die netzdienliche Flexibilität aus den Zellen in der gelben Ampelphase nicht aus, greift der Anschlussnetzbetreiber nach vorheriger Anweisung durch den überlagerten Netzbetreiber gem. 13(2) EnWG direkt auf die Anlage zu. Diese hierarchisch strukturierte Maßnahme wird als Kaskade bezeichnet (rote Ampelphase). Durch die kaskadierte Anforderung von Flexibilität aus den unterlagerten Netzen helfen sich die Netzbetreiber gegenseitig, um kritische Netzsituationen zu beheben.

Einsatz der Abstimmungskaskade in Schwäbisch Hall

Im Rahmen von C/sells wurden im TP4 die Vorarbeiten der Umsetzung der informatischen Kaskade erstellt. Zum Zweck des Datenaustausches wurden die Netzführungssysteme der TransnetBW und der Netze BW (VNB Ebene 1) gekoppelt. Im Rahmen von TP 6 wurden bei Tennet die Vorbereitungen zum Datenaustausch mit den VNB Ebene 1, Stadtwerke München und Städtische Werke Kassel, implementiert.

Des Weiteren wurden in der Regelzone der TransnetBW die Stadtwerke Schwäbisch Hall (VNB Ebene 2) mit einer schwarzfallfesten Satellitenverbindung ausgestattet mit dem Ziel des Informationsaustauschs bei Netzproblemen. Zusätzlich werden energieträger- und netzknotenscharf die Einspeisungen aggregiert und übertragen.

Über das Ampelsystem aus TP 4 wird dem Dispatcher sofort mitgeteilt, welche Maßnahmen zur Stabilisierung der Netze vorgenommen werden müssen. Dies gilt sowohl für Maßnahmen nach EnWG §§13.1 und 13.2.



Aus Gründen der Datensicherheit wurde eine Protokolltrennung an der Übertragungseinheit, die bei den Stadtwerken Schwäbisch Hall verbaut ist, vorgenommen. Die Datenübertragung erfolgt via Fernwirktechnik und kann somit bei allen Stadtwerken eingesetzt werden.

Die bisherige Aufforderung Einsenkungen vorzunehmen, die mittels E-Mail durch den vorgelagerten Netzbetreiber übertragen wurden, können zukünftig entfallen.

Durch die direkte Informationsübertragung zwischen den Leitstellen kann die in der DIN VDE AR-4140 vorgegebene Reaktionszeit mit 12 Minuten eingehalten werden.

Die notwendigen Maßnahmen nach EnWG §§13.1 und 13.2 werden zukünftig unter Berücksichtigung der Netzstabilität umgesetzt. Hierfür wurde ein Einspeisemanagementtool im Netzführungssystem integriert. Dieses berechnet zu jeder Zeit die verfügbare Anlagenleistung, die im Falle des Aufrufs der Abstimmungskaskade eingesenkt oder angefahren werden kann. In einer weiteren Iterationsstufe werden die Isteinspeisungen aller Anlagen größer 100 kW an das ZSW mit Auflösung von einer Minute übertragen. Durch das ZSW wird auf Basis der aktuellen Wettermodelle eine Prognose über den Zeitraum von 36 Stunden für die Einspeisung aller Anlagen erstellt. Über das Programmpaket Gridstabilität erfolgt die Berechnung der Netzstabilität des Mittelspannungsnetzes. Über Gridradar erfolgt die Visualisierung im Netzführungssystem. Durch die Vorausschau auf die nächsten 36 Stunden kann somit gezielt eine Netzüberlastung von Netzknoten und Leitungen vermieden werden. In das Programm Gridstabilität ist die Koordinierungsfunktion integriert, welche über das CLS-Management über den SMGWA auf die SMGW und die Steuerbox zugreifen kann. Zusätzlich werden Flexplattformen und Redispatchplattformen angeschlossen. Ein weiterer Baustein ist die Ankopplung eines Programmpaketes zur Visualisierung und Berechnung des Niederspannungsnetzes. Hierbei werden dem Programmpaket Wirk- und Blindleistung, Strom und Spannungswerte aus dem Netz-

führungssystem der Mittelspannung übergeben. Dieses berechnet mittels Stammdaten den aktuellen Netzzustand im Niederspannungsnetz und meldet gegebenenfalls unzulässige Zustände über ein Ampelsystem an das Netzführungssystem weiter.

6.3. Regionalisierter Handel mit Energie und Flexibilität

Dritter, zentraler Baustein ist der regionalisierte Handel mit Energie und Flexibilität. Während IKT-Infrastruktur und IIS die informationstechnische Grundlage der C/sells-Konzepte darstellen und die Organisation intelligenter Energienetze den Abstimmungsprozess der Netzbetreiber definiert, dient der regionalisierte Handel mit Energie der Koordination von Marktteilnehmern und der Flexibilitäts-handel dem regionalen Management von Spannungs- und Engpassproblemen sowie dem Angebot von Produkten zur Marktflexibilisierung. Der regionalisierte Handel ist somit ein wichtiger Baustein zur Koordination der Vielzahl an Akteuren im zukünftigen Energiesystem. Der regionalisierte Handel mit Energie und Flexibilität schafft zusätzliche Partizipationsmöglichkeiten und ermöglicht es somit einer großen Anzahl an Teilnehmern, einen aktiven Beitrag zur Energiewende zu leisten und dabei ökonomische Erlöse zu erzielen. Folglich muss ein Marktdesign entwickelt werden, welches neben der markt- und netzdienlichen Flexibilitätsbereitstellung auch die Option eines marktlichen Zellenausgleichs bereitstellt. Der Ausgleich kann sowohl auf regionalen Märkten als auch über den zentralen Markt stattfinden, wobei sowohl Wechselwirkungen verschiedener, parallel existierender Märkte beachtet als auch „physikalische“ Netzrestriktionen berücksichtigt werden müssen.

Flexibilitätsplattformen

Durch den Wandel des Energiesystems ergeben sich neue Anforderungen an die Übertragungs- und Verteilnetze gegenüber dem ursprünglichen Auslegungszustand, denen Netzbetreiber entsprechend den geltenden Planungsgrundsätzen (Netzoptimierung, Netzverstärkung und Netzausbau) begegnen. Neben dem Ausbau der EE führt insb. die Elektrifizierung zu einer höheren Belastung in den Netzen und steigender Komplexität in der Netzführung.

Netzbetreiber müssen limitierte Kapazitäten des elektrischen Netzes in ihren Netzbetriebsplanungsprozessen berücksichtigen. Während die Definition von netzengpassfreien Marktgebieten und der Netzausbau rahmensetzende Lösungsoptionen zur Vermeidung von Netzengpässen darstellen, sind kurzfristig lediglich Anpassungen im Netz- und Anlagenbetrieb mögliche Lösungsoptionen. Die heute verfügbaren Maßnahmen sind in § 13 EnWG und § 14 EnWG definiert. Sie umfassen Einspeisemanagement und Redispatch und wurden ursprünglich als Notfallmaßnahmen konzipiert, haben sich mittlerweile aber zur einer häufig auftretenden Regemaßnahme entwickelt. Dadurch ergeben sich deutlich höhere Ansprüche an Standardisierbarkeit und Automatisierung.

Eine Option zur Lösung dieser Engpässe stellt das Flex-Plattform Konzept dar, welche im Rahmen von C/sells entwickelt wird. Das Flex-Plattform-Konzept in C/sells erweitert die marktbezogenen Maßnahmen für Netzbetreiber aller Spannungsebenen und zielt auf einen effizienten Prozess zur Anzeige und Vermittlung von Flexibilitätsoptionen zur Anwendung für das Netzengpassmanagement ab. Die Nutzbarmachung der Flexibilität aus dezentralen, im Verteilnetz angeschlossenen Anlagen, steht dabei im besonderen Fokus.

Als Flex-Anbieter können Betreiber von Erzeugungs-, Verbrauchs- und Speicheranlagen auftreten, die ihre Einspeise- oder Entnahmeleistung bei Bedarf gezielt anpassen können. Hierbei werden die Stammdaten des Einsatzverantwortlichen und seiner flexiblen technischen Einheit (TE) übertragen. Die TE wird hinsichtlich ihrer netztechnischen Wirksamkeit im Netzgebiet durch die Netzbetreiber verortet. Nach Abschluss der Registrierung können Gebote durch den Flex-Anbieter auf der Flex-Plattform eingestellt werden. Netzbetreiber stellen ihrerseits Gebote ein, die mittels Netzzustandsprognosen und Sensitivitätsanalysen ihren Flexibilitätsbedarf sowie potenzielle Einschränkungen für den Abruf von TE in ihrem Netzgebiet widerspiegeln. Die Plattform beinhaltet neben einer Benutzerschnittstelle zur Dateneingabe und zur Visualisierung von verfügbaren Flexi-

bilitätsangeboten (Frontend), der Datenverarbeitung (Backend) insbesondere das Zusammenführen (Matching) von Angebot und Nachfrage zur Behebung von Netzengpasssituationen und den energetischen Ausgleich. Nachdem der Abruf entsprechend der Auswahl der TE übertragen wurde und erfolgt ist, umfasst der abschließende Settlement-Prozess die dem Abruf nachgelagerten Funktionen. Dazu zählt der Nachweis zur Erbringung der angeforderten Flexibilität, die Abrechnung, der bilanzielle Ausgleich und die Erfüllung der Dokumentationspflichten.

Abbildung 2 gibt einen Überblick zum Zusammenspiel der am Prozess der Flex-Plattform beteiligten Akteure. Dies umfasst die Interaktion der Netzbetreiber mit Flexibilitätsanbietern und die Koordination zwischen überlagerten und unterlagerten Netzbetreibern hinsichtlich netztechnischen Randbedingungen über die Flex-Plattform.

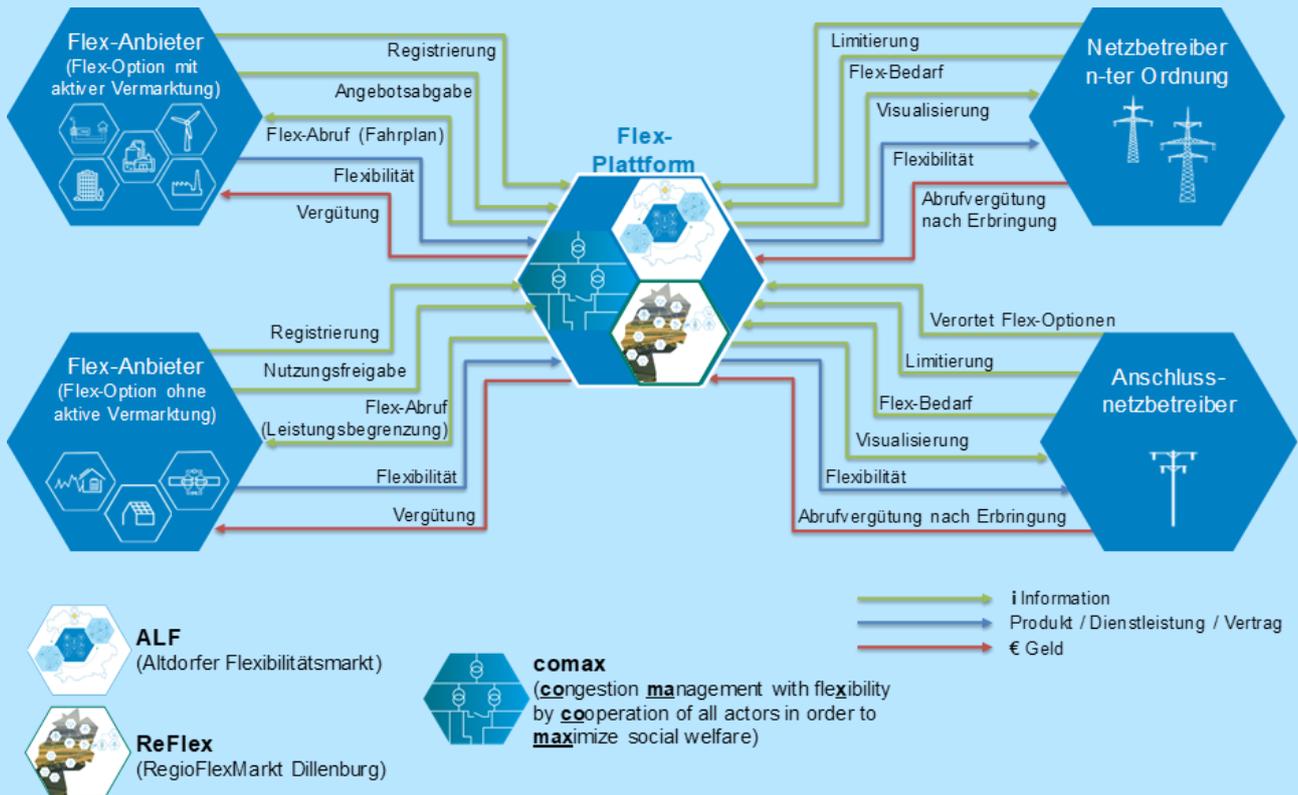


Abbildung 2: Funktionen und Interaktionen der beteiligten Akteure über die in C/sells entwickelten Flex-Plattformen ALF, ReFlex und comax

In C/sells existieren insgesamt drei Umsetzungen des Flex-Plattform Konzepts (ReFlex der Energienetz Mitte GmbH, comax der TenneT TSO GmbH und ALF der Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V. (in Kapitel 7.4 näher beschrieben) gemeinsam mit der Bayernwerk AG) mit unterschiedlichen Schwerpunkten wie beispielsweise der Produktausgestaltung, dem Matching-Mechanismus oder der Integration von Kleinanlagen.

7. Die spezifischen Lösungsoptionen auf Zellebene

Vielfältige C/sells-Lösungen erweitern bestehende Ansätze der Energiewirtschaft und können in Zellfunktionen kategorisiert werden. Diese Zellfunktionen ermöglichen die Teilhabe von kleinteiligen, dezentralen Erzeugern und steuerbaren Verbrauchseinrichtungen. Die zuvor beschriebenen Basis-Instrumente bilden die notwendige Grundlage, damit die Zellfunktionen in das System eingebracht werden können.

Zellen können netzdienliche Flexibilität bereitstellen und dezentrale Daten für übergelagerte Ebenen aggregieren. Neben dem vorrangigen Ausgleich von Erzeugung und Verbrauch innerhalb der Zelle können auch regionale Energieprodukte in oder zwischen den Zellen gehandelt werden. Im Extremfall können einzelne Zellen auch im Inselnetzbetrieb gefahren werden und beim Netzwiederaufbau helfen. Die Zellfunktionen eröffnen dabei eine neue Dimension der Partizipation. Verbraucher können in ihrem Haushalt oder Quartier in Erneuerbare oder steuerbare Verbrauchseinrichtungen investieren, den Strom und die Flexibilität selbst nutzen oder vermarkten.

Abbildung 7-1: Zellfunktionen und Lösungsoptionen



Quelle: eigene Darstellung

Diese einzelnen Zellfunktionen werden im Folgenden näher beschrieben.

7.1. Partizipation zur Stärkung der Energiewende

In vielen C/Sells Zellen wird explizit eine Partizipation der Bürger an der Energiewende ermöglicht. Diese Zellen haben zum Teil die vorrangige Funktion die Partizipation und Teilhabe der Bürger an der Energiewende zu stärken. Wie in Kapitel 5 beschrieben umfasst Partizipation aktive Handlungsmöglichkeiten wie die Umsetzung von Anlagen im direkten Umfeld der Akteure, das Ermöglichen gemeinschaftlichen Handelns, etwa im Austausch von Energie und Information, die finanzielle Beteiligung und die Beteiligung an der technischen und organisatorischen Gestaltung der Energiewende. Diese Punkte werden auf verschiedenen Dimensionen in C/sells adressiert:

Aktive Beteiligung am Flexibilitäts- und Energiehandel: Mit Ausgestaltung von neuen Handelsplattformen eröffnet C/sells dezentralen Erzeugern und Verbrauchern neue Beteiligungsmöglichkeiten. Dazu zählen u.a. die Flexibilitätsplattformen und der Blockchain-basierte Handel von Grünstromzertifikaten.

Beteiligung an Erneuerbaren und Speicher innerhalb eines Quartiers: Darüber hinaus werden bei C/sells Konzepte zur Ausgestaltung und Betrieb von Liegenschaften und Quartieren erstellt und in Piloten umgesetzt. In solchen Zellen erhalten Verbraucher die Möglichkeit, sich an Investitionen in Erneuerbare oder Speicher zu beteiligen oder von solchen Investitionen in Rahmen von Contracting Lösungen oder Mieterstrommodellen zu profitieren. Der Besitz von Immobilien ist damit keine Grundvoraussetzung mehr für eine Investition und es können Skaleneffekte gehoben werden. Zu diesen Piloten zählen die Intelligente Wärme der Stadtwerke München, das Quartiersprojekt Franklin der MVV und die IKT Siedlung Hohentengen.

Eigennutzung und Vermarktung von Photovoltaikanlagen: Zusätzlich ermöglicht die informativische Einbindung von Photovoltaikanlagen in das IIS eine höhere Transparenz von Erzeugung und Verbrauch und damit eine Optimierung des Verbrauchers.

Informationskampagnen für Bürger: C/sells leistet einen starken Beitrag zur Verbreitung des zellulären Ansatzes und damit einhergehenden neuen Energiekonzepten. Beispielweise wurde im Lab Noir der Inselbetrieb und der Netzwiederaufbau bei zwei Wohnhäusern in Leimen demonstriert oder im Tramtalk in München Kurzvorträge über C/sells gehalten.

Die vielfältigen Maßnahmen machen die Energiewende auf verschiedenen Dimensionen greifbarer für die Verbraucher und stärken damit die Partizipation der Energiewende.

Der Tram Talk von der Dialogplattform "Ich bin Zukunft"

Die Dialogplattform "Ich bin Zukunft" hat sich zur Aufgabe gemacht die Energiewende im C/sells-Gebiet und ganz Deutschland voranzutreiben. Sie versorgt ihre Interessant*innen mit Tipps, Beteiligungsmöglichkeiten, Hintergrundinfos zu Vorzeigeprojekten und klärt über innovative Technologien auf. Dies passiert sowohl medial in klassischen Printformaten, Internet, als auch über verschiedenen Social Media-Kanäle. Weiterhin werden mehr als vierzig Beteiligungsveranstaltungen in den neun C/sells-Citys (jeweils drei pro Bundesland BW, BY, HE) durchgeführt. Eines der Highlights ist sicherlich der „Tram Talk“. Bei Rundfahrten quer durch die Städte präsentieren Expert*innen in spannenden und niedrigschwelligen Vorträgen, inwieweit „die Energiezukunft“ uns alle betrifft und welche strukturellen und technischen Veränderungen dabei auf uns warten. Wo keine Tram fährt wurden die Bürger*innen bei anderen Veranstaltungen vor Ort im wahrsten Sinne des Wortes vor Ort abgeholt, sei es bei Marktfesten, Messen oder einfach in den Fußgängerzonen. Die Botschaft dabei immer: Die Energiewende beginnt vor Ort, schon mit kleinen Schritten.



7.2. Ausgleich von Erzeugung und Verbrauch in der Zelle

Zellen können einen Ausgleich von Erzeugung und Verbrauch innerhalb der Zelle anstreben. Dazu kann der Betrieb der zur Zelle zugehörigen Elemente (bspw. Erzeugungseinheiten, P2H Anlagen, Speicher) entsprechend optimiert werden. Entweder optimieren sich die Zellakteure nach einem Preissignal (regionalisierter Handel) oder eine zentrale Instanz innerhalb der Zelle optimiert die Elemente zu zuvor festgelegten Konditionen der Zellakteure. Die Optimierung kann dabei nicht nur Kostenaspekte berücksichtigen, sondern auch weitreichendere Wohlfahrtsaspekte. Bspw. können durch eine Analyse der Bedingungen innerhalb der Zelle und eine stärkere Beteiligung der Zellakteure maßgeschneiderte Lösungen entworfen, zusätzliche Investitionen getätigt werden und die lokale Wertschöpfung gestärkt werden. Das Beispiel Franklin zeigt auf, wie bei einem der größten Konversionsprojekte in Südwestdeutschland innovative Konzepte aus Wärme-, Strom- und Mobilitätsanwendungen entstehen, die für ein vernetztes, interaktives Energiesystem der Zukunft auf Zellebene stehen.

Stadtquartier FRANKLIN: Autonomes Energiemanagement im Verbund Strom/Wärme

Der zellulare Ansatz in C/sells wird im Rahmen der Stadtquartiersentwicklung Franklin in Mannheim mit einem zweistufigen Konzept der Organisation von Energiezellen umgesetzt. Mit Unterstützung des Infrastrukturbetreibers MVV Energie entstehen hier Wohn- und Gewerbegebäude für etwa 9000 Bewohner mit einem innovativen Sektorenverbund aus Wärme, Strom und Mobilitätsanwendungen.

Schwerpunkte sind Prozesse zum lokalen Energiemanagement im Quartier in Interaktion mit den Liegenschaften sowie die Marktintegration von Energie und Flexibilität auf Basis einer modernen und sicheren Messinfrastruktur für hochaufgelöste Messdaten.

Das zweistufige Konzept von Energiezellen basiert auf

- der Energieinfrastruktur als autonom geregelte Systeme in Quartier und Gebäuden sowie
- einer Smart Infrastructure Plattform - auch als IoT-Plattform (Internet of Things) bezeichnet.

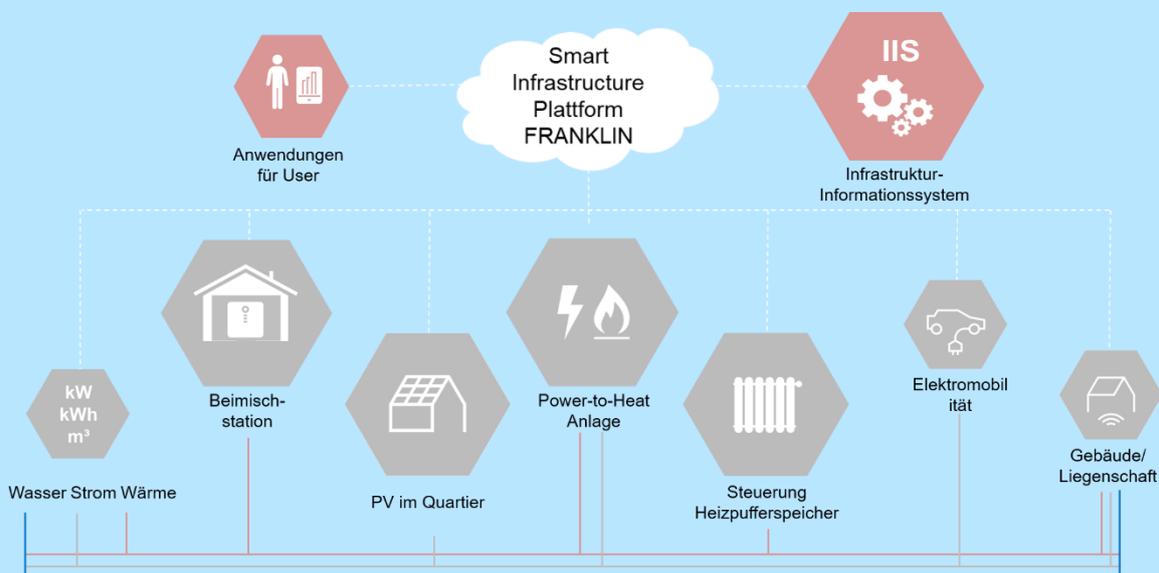


Abbildung7-1-1: Zweistufiges Systemkonzept von Energiezellen in Mannheim Franklin

Dieses zweistufige Energiesystem wird in der Weise geregelt, dass Gebäude-Energiemanagementsysteme Energie und Flexibilität sowie Systemdienstleistungen im Stadtquartier bereitstellen können. Die Smart Infrastructure Plattform nutzt diese zusätzliche Flexibilität in Verbindung mit den direkt im Stadtquartier gesteuerten Anlagen (PV-Anlagen, Power-to-Heat-Anlagen, Heizpufferpeicher, Ladepunkte der Elektromobilität), um im Verbund von Strom und Wärme die Energieflüsse im Stadtquartier effizient unter Nutzung erneuerbarer Energien zu regeln. Grundlage ist eine breite Durchdringung mit hochauflösendem Monitoring von Verbrauchsdaten (High Resolution-Monitoring; HR-Metering).

Zusätzlich kann die Flexibilität des Stadtquartieres durch die Gestaltung einheitlicher Prozesse und Schnittstellen auch über verschiedene regionale und überregionale Handlungsmöglichkeiten an Markt- und Netzakteure vermarktet werden (siehe Zellfunktion „Bereitstellung von netzdienlicher Flexibilität“).

Bei einem dezentralen Ausgleich von Erzeugung und Verbrauch können unterschiedliche Akteure und Technologien integriert werden. Auf Akteursseite können das Bilanzkreisverantwortliche der Zelle, Liegenschafts- oder Quartiersbetreiber, Stromhändler, Prosumer oder Plattformbetreiber sein. Mögliche Ziele des dezentralen Ausgleichs sind eine Komplexitätsreduktion, regionale Resilienz sowie Autonomie, verstärkte Partizipation, regionale Kostensenkung oder Erhöhung der regionalen EE-Nutzung. Der dezentrale Ausgleich von Erzeugung und Verbrauch wird beispielsweise in der C/sells-Zelle „IKT-Siedung Hohentengen“ umgesetzt.

IKT Siedlung Hohentengen

Auf dem Gebiet der ehemaligen Oberschwabenkaserne im Landkreis Sigmaringen nahe Hohentengen werden Quartiersverbände zur Versorgung mit Wärme, Kälte und Strom mit einem hohen Anteil erneuerbarer Energien, überwiegend aus PV, entwickelt.

Dabei sollen die Lasten nicht nur dem lokalen Energieangebot angepasst, sondern auch mittels des innerhalb von C/sells entwickelten Infrastruktur-Informationssystems, kurz IIS, netzdienlich koordiniert werden. Lastspitzen und damit einhergehend hohe Anschlussleistungen der Quartiersverbände können somit vermieden werden und zusätzlich dem Netzbetreiber positive und negative Regelenergie angeboten werden.

In der Quartierszelle „IKT-Siedlung Hohentengen“ wird das Konzept umgesetzt mit kompakten Energie-Modulen, den TH-E Boxen, das Areal energieautark zu versorgen und außerdem zu jeder Jahreszeit und zu jeder Wetterlage dem Netzbetreiber je nach Bedarf, positive und negative Regelenergie zu bieten.

7.3. Regionale Energieprodukte

In Zellen können regionale Energieprodukte bereitgestellt werden. Diese können innerhalb einer Zelle oder zwischen Zellen gehandelt werden. Als Akteure in Zellen sind Stromhändler, Prosumer oder Plattformbetreiber vorstellbar. Mit diesen neuen Energieprodukten soll die Partizipation der Bürger gestärkt, Anreize für einen lastnahen EE-Ausbau oder eine Stärkung der lokalen Wertschöpfung erreicht werden. Regionale Energieprodukte aus Zellen werden in verschiedenen C/sells Zellen umgesetzt. Die „WIRcommunity“ werden beispielsweise kleine Strommengen regional gehandelt.

Die „WIRcommunity“

Photovoltaikanlagen in verschiedenen Größen und Umgebungen (Prosumer, Gewerbe, Freifläche) werden in den lokalen „WIRcommunity“-Markt integriert. Bei der Konzeptionierung und Implementierung der „WIRcommunity“ durch WIRCON und die OLI Systems GmbH kommt Blockchaintechnologie als Basisinfrastruktur in Verbindung mit der Komponente des intelligenten Messsystems zum Einsatz. Ziel ist es, kleine Strommengen lokal und viertelstundengenau zu handeln, die Ergebnisse zu dokumentieren und die dazugehörigen Prozesse zu automatisieren.

Über das Smart Meter Gateway werden Anlagen- und Zählerdaten fälschungssicher allen Stakeholdern zur Verfügung gestellt, um Prozesse dezentral über Smart Contracts zu automatisieren. Zu diesen zählen etwa die Bereitstellung von Prognosen, das Einsammeln der Gebote, die Abwicklung der Markträumung sowie die Dokumentation der Strommengen auf Verbraucher- und Produzentenseite im 15-Minuten-Takt.

Der lokale Markt der „WIRcommunity“ ist technisch gesehen sehr leicht skalierbar und kann mit angepassten Marktregeln und ansonsten kaum verändertem Backend auch in anderen Regionen als „lokaler Markt“ eingesetzt werden. Auch eine direkte Kopplung mehrerer lokaler Märkte ist denkbar. Ebenso wird untersucht, ob sich, neben „Kilowattstunden“ auch komplexere Flexibilitätsprodukte mit der beschriebenen Architektur handeln lassen.

7.4. Netzwiederaufbau / Inselbetrieb als Systemdienstleistung

Mit nur etwa 15 min pro Jahr sind Versorgungsunterbrechungen in Deutschland eine Seltenheit. Damit das angesichts der Umstellung von großen, zentralen konventionellen Kraftwerken auf kleinteiligere Erneuerbaren Energien auch in Zukunft so bleibt, werden im Rahmen von C/sells Konzepte zum Inselbetrieb und lokalem Netzwiederaufbau entwickelt. Durch die entwickelte Zellarchitektur kann bei einem Netzausfall ein Versorgungsgebiet automatisch getrennt und lokal versorgt werden. Zum Wiederaufbau des Netzes werden Netznutzer Schritt für Schritt mithilfe des Basisinstruments

Abstimmungskaskade wieder zugeschaltet. Sobald das Netz wiederaufgebaut ist, kann das Freigabesignal über das Smart Meter Gateway zur Schaltbox im Haushalt weitergegeben werden. Dieser Ablauf wurde in Leimen im Rahmen von C/sells bereits erfolgreich demonstriert.

Netzwiederaufbau in Leimen

Um einen lokalen Netzwiederaufbau zu demonstrieren, wurde in Leimen in einem Reihnhaus die vorhandene Technik erweitert. Da nur eine Batterie in beiden Häusern vorhanden war, musste das Hausnetz entsprechend umkonfiguriert werden. Zusätzlich wurden Smart Meter Gateway, Smart Meter und Steuerboxen eingebaut. Das Ziel dabei war, dass die Familien im Falle eines Netzausfalls noch wichtige elektrische Betriebsmittel über einen bestimmten Zeitraum weiter betreiben können. Bei Netzausfall erfolgt die Versorgung über einen Wechselrichter, der über die integrierte Batterieanlage gespeist wird.

Die Auswahl der Betriebsmittel erfolgt automatisch über das integrierte Managementsystem. Das Managementsystem überwacht kontinuierlich alle Lastdaten und den Zustand des Batteriewechselrichtersystems.

Der Netzbetreiber kann im Falle eines Blackouts über schwarzstartfähige Kraftwerke das Netz schrittweise wiederaufbauen und gezielt einzelne Inselbezirke zuschalten. Nach Netzwiederkehr erfolgt die Freigabe zur Rücksynchronisierung durch den Netzbetreiber mit Freigabesignal an die FNN-Steuerbox.

Dieser Befehl wird über den Smart Meter Gateway Administrator an das Smart Meter Gateway und somit an die FNN-Steuerbox weitergegeben. Nach erfolgter Rücksynchronisierung sind beide Häuser wieder im Normalbetrieb.

7.5. Bereitstellung von netzdienlicher Flexibilität über Flexibilitätsplattformen

Mit einer stärkeren Dezentralisierung der Erzeugung verlagern sich auch die Anbieter von netzdienlicher Flexibilität in niedrigere Spannungsebenen. Neue nachfrageseitige Flexibilität im Rahmen der Sektorkopplung verstärkt diese Verlagerung zusätzlich. Zuvor wurden Redispatchmaßnahmen in Form von Eingriffen bei konventionellen Kraftwerken > 10 MW organisiert. Neue Ansätze und Prozesse, die eine Nutzung der kleinteiligeren Flexibilität ermöglichen, werden aktuell diskutiert. Eine Reduktion der Redispatchgrenze auf 100 kW im Rahmen des Netzausbaubeschleunigungsgesetz war ein erster Schritt. Der Handel von netzdienlicher Flexibilität über eine Flexibilitätsplattform ist eine Weiterentwicklungsmöglichkeit. Bei dieser können über eine zentral organisierte Plattform je netzspezifischer Gebotszone netzdienliche Flexibilität angeboten werden. Die Zellen stellen somit den Netzbetreibern regionale und dezentrale Flexibilität „marktbasiert“ zur Verfügung.

Im Rahmen von C/sells werden solche Flexibilitätsplattformen konzipiert und in drei Piloten getestet. Relevante Aspekte bei der Konzeption sind bspw. die Auswahl der gehandelten Flexibilitätsprodukte, die Preisbildung und Präqualifikation der Anbieter. Die drei Pilotprojekte testen in unterschiedlichen Gebieten verschiedene Produkte und Vergabeverfahren. Diese sind der Altdorfer Flexmarkt in Bayern, der ReFlex-Markt in Hessen sowie die C/sells-weite comax-Plattform. Die Umsetzung der verschiedenen Plattformen ermöglicht eine umfassende Bewertung der verschiedenen Ansätze.

Mit einem gut ausgestalteten Flexibilitätsmarktconcept können auch kleinteilige Netznutzer einen Beitrag zur Netzstabilität leisten und Flexibilitätspotentiale umfassend gehoben werden. Zusätzlich wird das Risiko einer unkoordinierten Netznutzung neuartiger Großverbraucher (bspw. Elektroautos) eingegrenzt.

Flexibilitätsbereitstellung über den Altdorfer Flexmarkt

Mit dem Altdorfer Flexmarkt (ALF) setzt die Bayernwerk Netz GmbH in Zusammenarbeit mit der Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. die in Kapitel 6.3 beschriebene Flex-Plattform um. Der Fokus liegt dabei auf dem Mittel- und Niederspannungsnetz, somit ist der Verteilnetzbetreiber alleiniger Nachfrager für Flexibilität. Der Altdorfer Flexmarkt stellt eine Schnittstelle zwischen dem Netzbetreiber und Flexibilität im Netz dar. Dabei gilt es zu zeigen, wie Netzbetreiber in ihrer Betriebsplanung flexibel auf Netzengpässe reagieren können und durch die Nutzung vorhandener Flexibilität zu vermeiden.

Die Beteiligung der Altdorfer Bürger ist für die erfolgreiche Umsetzung des Projekts entscheidend. Daher werden diese seit Beginn des Projekts aktiv eingebunden.

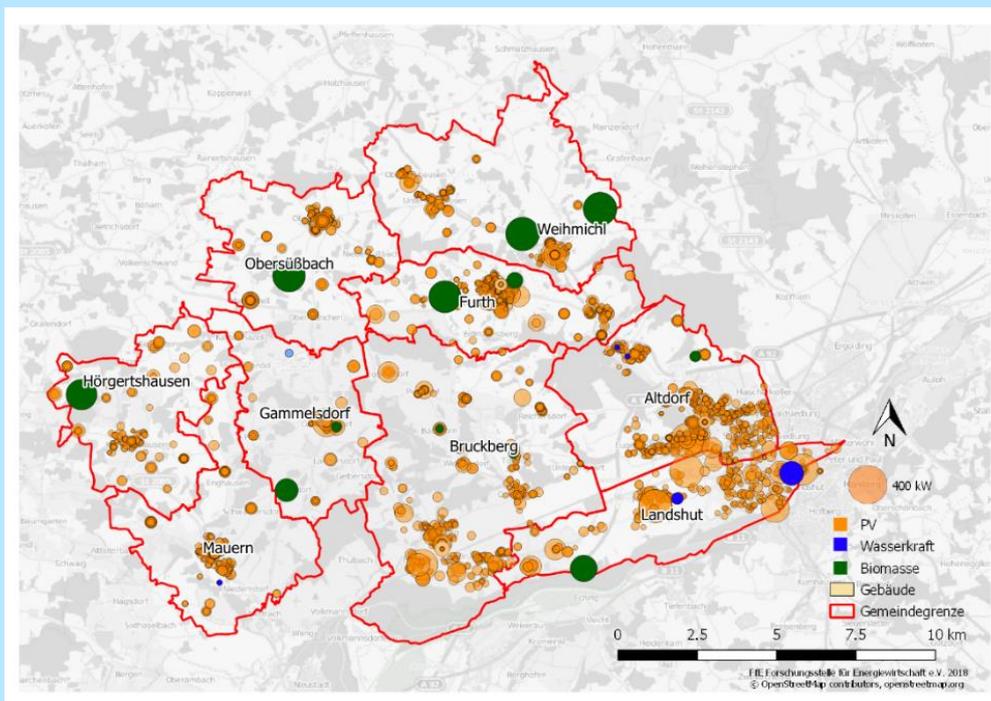


Abbildung 2: Darstellung der Projektregion inkl. der installierten EE-Anlagen

Grundlage für die erfolgreiche Durchführung des Feldversuches ist dabei die Ausstattung der Haushalte mit intelligenten Messsystemen. Diese ermöglichen den Abruf von Messdaten und im Bedarfsfall die Steuerung der Flexibilität. Zudem müssen die Flex-Optionen über einen eigenen Zählpunkt verfügen, um den Nachweis und die Dokumentation der Erbringung sicherzustellen. Dafür sind eine Anbindung über das sog. Smart Meter Gateway sowie eine Schnittstelle zur Datenübertragung erforderlich. Diese kann über eine CLS-Schnittstelle oder über eine Steuerbox erfolgen.

Der Feldversuch in Altdorf soll demonstrieren, wie die Flexibilität von dezentralen, kleinteiligen Anlagen nutzbar gemacht werden kann und über einen marktbasierten Mechanismus dem Netzengpassmanagement zur Verfügung gestellt werden

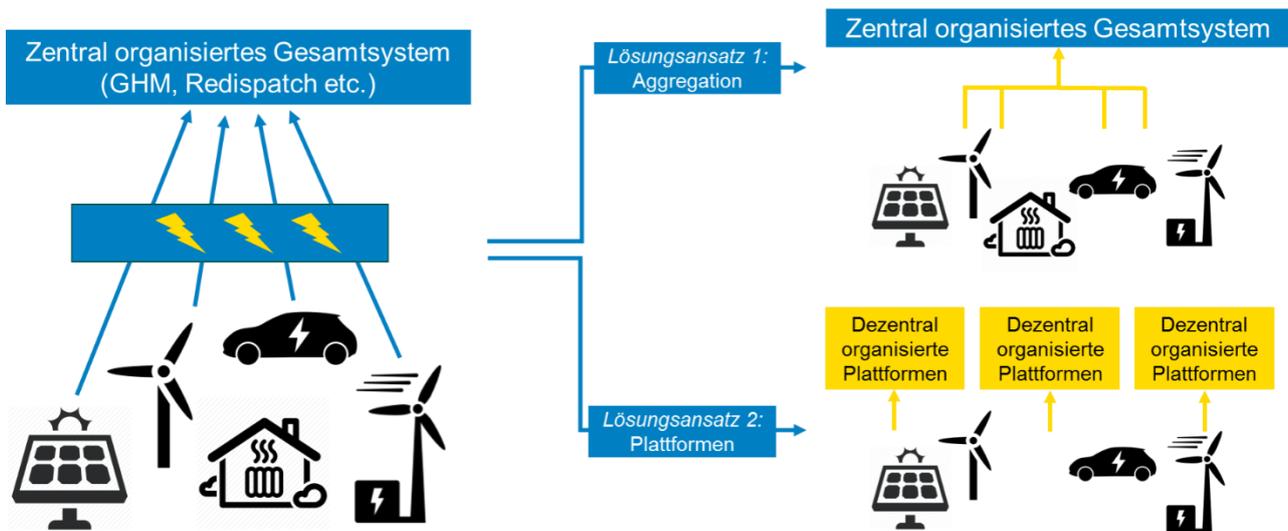
7.6. Aggregation von Daten zur Komplexitätsreduktion

Das Volumen der erhobenen Daten in der Energiewirtschaft steigt kontinuierlich an. Das beruht zum einen darauf, dass mehr kleinteilige Netznutzer, die einzeln abgerechnet werden, am Netz angeschlossen werden. Zum anderen gibt es im Rahmen des Rollouts der intelligenten Messsysteme und darauf aufbauenden Smart Home Produkten neue Technologien, die eine detailliertere Datenerhebung ermöglichen.

Das Datenaufkommen ermöglicht eine bessere Koordination der dezentralen Energieversorgung. Erzeugungs- und Netzauslastungsprognosen können präzisiert werden, Flexibilisierungspotentiale identifiziert und systemwirksam eingesetzt werden. Die benötigte technische Infrastruktur wird innerhalb von C/sells entwickelt und näher im Kapitel zum Basisinstrument IIS beschrieben.

Gleichzeitig sind die bestehenden Prozesse nicht für die Menge an Daten ausgelegt. Allgemein sind zwei Ansätze möglich, um diese Komplexität zu handhaben. Entweder bleiben die bestehenden Prozesse und Verantwortlichkeiten erhalten und es wird in einem Zwischenschritt aggregiert (bspw. durch einen Drittanbieter). Oder die Prozesse und Verantwortlichkeiten werden stärker auf einer dezentralen Ebene vorortet und damit der dezentralen Erzeugungsstruktur angepasst.

Abbildung 7-3: Ansätze zur Integration kleinteiliger Marktteilnehmer



Quelle: Eigene Darstellung

Beide Ansätze werden durch den zellulären Ansatz als grundlegendes Konzept und durch die Flexibilitätsplattform, Quartierslösungen und regionaler Handel als Instrumente in C/sells verfolgt. Es wird eine Einbindung von kleinteiliger Erzeugung und Verbrauch unter der Berücksichtigung des Netzzustands auf niedrigeren Spannungsebenen angestrebt. Die verfügbaren Erzeugungsmengen und dezentralen Flexibilitätspotentiale können so im Gesamtsystem gehandelt werden. Die Verbrauchs-, Erzeugungs- und Netzdaten werden dazu auf der niedrigeren Ebene ausgewertet, z.T. abgerechnet und gebündelt, um auf regionaler Ebene und im Gesamtsystem für Systemdienstleistungen, Engpassmanagement oder Stromhandel genutzt zu werden.

Demonstrationszellen sind an dieser Stelle die intelligente Wärme München der Stadtwerke München, die den überbleibenden Strom eines lokalen virtuellen Kraftwerks in Wärmeanwendungen speichern, das Quartiersprojekt Franklin der MVV, bei dem lokale Erzeuger und Verbraucher mit einem Quartiersspeicher optimiert werden und das Projekt des Karlsruher Instituts für Technologie und des Forschungszentrums Informatik.

Energy Lab 2.0

Mit dem Energy Lab 2.0 ist am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) eine intelligente Forschungsinfrastruktur als Reallabor aufgebaut worden, mit Hilfe der das KIT gemeinsam mit dem Forschungszentrum Jülich (FZJ) und dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) das Zusammenspiel der Komponenten von zukünftigen intelligent verknüpften Energienetzen erforscht. Dabei werden neue Netzarchitekturen, die Integration verschiedener Speichertechnologien, neue Netzhardware und Regelstrategien sowie Konzepte für eine intelligente Verknüpfung von Strom, Wärme und chemischen Energieträgern zum Gelingen der Energiewende erforscht. Der Anlagenverbund umfasst neben Erzeugungsanlagen, verschiedene Formen von Energiespeichern sowie Energiekonversionstechnologien, die elektrische Energie in Gas bzw. Gas in elektrische Energie umwandeln, und flexibel steuerbare Verbraucher (intelligent steuerbare Büro- und Musterhäuser).

Im Rahmen des C/Sells-Projektes wird untersucht, wie sich ein Anlagenverbund (der Speicherverbund Karlsruhe/Stuttgart), der aus einer Kombination verschiedener Anlagen des Energy Lab 2.0 als Mix aus Erzeugern, Speichern, Konversionstechnologien und flexiblen Verbrauchern besteht, so als integrierte Zelle steuern und betreiben lässt, dass er dem angeschlossenen elektrischen Netz größtmögliche Flexibilitäten zur Netzsteuerung bietet. Hierzu wurden gemeinsam mit anderen C/Sells-Partnern Konzepte für die Beschreibung der Flexibilitäten eines solchen Anlagenverbundes aus Sicht des elektrischen Netzes erarbeitet, sowie ein Konzept für eine integrierte Steuerung des Anlagenverbundes zur Bereitstellung der Flexibilitäten entworfen. Eine leichtgewichtige Kommunikationsschnittstelle unter Nutzung der Datensemantik der „IEC 61850“-Standardreihe sowie modernster Internettechnologien ermöglicht eine einfache Instrumentierung des Abrufs dieser Flexibilitäten unter Berücksichtigung der Aspekte Ausfallsicherheit, Datensparsamkeit und dem Schutz vor Cyberangriffen. Weiterführende Informationen unter: <https://www.elab2.kit.edu/>