

C/Sells Leitidee V1.0

Projektinterne Version

Autoren: Partner AP 2.2 unterstützt durch die Teilprojektleiter

Datum: 11.10.2017

Inhalt

1.	Einleitung	2
1.1.	Was ist die Funktion der Leitidee?	2
1.2.	Einbettung der Leitidee	2
2.	C/sells ist zellulär, partizipativ und vielfältig – für das Energiesystem der Zukunft.	3
2.1.	Zellulär	3
2.2.	Partizipativ	5
2.3.	Vielfältig	8
3.	Wie ermöglichen wir das? Die wesentlichen Instrumente	9
3.1.	IKT: Infrastrukturinformationssystem (IIS)	9
3.2.	Abstimmungskaskade	11
3.3.	Regionalisierter Handel mit Energie und Flexibilität	12
4.	Wie demonstrieren wir das?	15

1. Einleitung

1.1. Was ist die Funktion der Leitidee?

Die Leitidee beschreibt die grundlegenden Kernelemente, mit denen C/sells die Energiewende ermöglichen will. Arbeitshypothesen spiegeln die Erwartungen an den Nutzen der Demonstrationzellen (BUCs) wider.

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 diesem Rahmen sollen die für jedes Kapitel formulierten Arbeitshypothesen untersucht werden.

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. Unter anderem kann die Robustheit der C/sells-Lösungen vor dem Hintergrund unterschiedlicher Energiewendepfade überprüft werden.

1.2. Einbettung der Leitidee

Grundsätzlich basiert die C/sells Leitidee auf der Vision eines Energiesystems, in dem sich viele verschiedene Einzelakteure zu einem Movement zusammenschließen und gemeinsam die Energiewende voranbringen mit dem Ziel, Energie und andere Ressourcen möglichst effizient und umweltschonend einzusetzen. Der betrachtete Zeithorizont erstreckt sich mit Zwischenschritten bis in das Jahr 2050. Obwohl der Fokus im Projekt auf der Photovoltaik im Solarbogen Bayern / Baden-Württemberg / Hessen liegt, ist die Leitidee und die darauf aufbauenden Konzepte auf Regionen außerhalb des Projektgebietes mit z.B. höheren Anteilen von Windenergieanlagen übertragbar.

Die bestehenden Energiewendeziele der Bundesregierung bilden den bestimmenden Rahmen der C/sells-Leitidee wie auch des gesamten Projektes (Abbildung 1-1). Das heißt: Die Treibhausgasemissionen sollen insgesamt gegenüber 1990 um 80 bis 95 % bis zum Jahr 2050 reduziert werden; dazu müssen die Treibhausgasemissionen im Energiesektor gegenüber 1990 um ca. 60 % bis zum Jahr 2030 gemindert werden und der Anteil Erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung auf 80 % bis zum Jahr 2050 erhöht werden. Gleichzeitig ist der Primärenergiebedarf bis 2050 zu halbieren. Insgesamt soll die Vereinbarung der UN-Klimakonferenz in Paris, die globale Erderwärmung deutlich unter 2 °C gegenüber vorindustriellen Werten zu begrenzen, berücksichtigt werden. **C/sells strebt somit eine ökologische, wirtschaftliche sowie versorgungssichere Energiewende an.**

C/sells ist durch die Lösungsansätze „zellulär“, „partizipativ“ und „vielfältig“ geprägt (Kapitel 2). Diese Lösungsansätze leiten sowohl das Handeln der C/sells-Akteure und prägen den Fokus der Projekt-Untersuchungen. Diese Kernelemente werden mit Hilfe der drei wesentlichen Instrumente „Infrastrukturinformationssystem“, „Abstimmungskaskade“ und „Regionalisierter Handel mit Ener-

gie und Flexibilität“ umgesetzt (Kapitel 3). Das Wirken dieser Instrumente wird in über 30 realen Zellen demonstriert (Kapitel 4).

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



Quelle: Eigene Darstellung

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

Das Handeln der Akteure innerhalb von C/sells ist zellulär, partizipativ und vielfältig. Diese beschreibenden Adjektive formen als Lösungsansätze die Leitidee und werden im Folgenden näher erläutert.

2.1. Zellulär

Der zelluläre Ansatz beschreibt eine Zellstruktur von untereinander verbundenen autonom handelnden Zellen. Innerhalb dieser Zellen agieren verschiedene (neue und alte) Marktakteure des Energiesystems. Zellen können auf der Infrastrukturebene sowohl Erzeuger als auch Verbraucher und auch Speicher umfassen. Dabei können sich Zellen auf unterschiedliche Energieträger beziehen (z.B. Strom, Wärme, Gas). Die Zellen können physisch und informatorisch verbunden sein. Innerhalb der Zelle sowie zwischen Zellen können Energie- und Informationsflüsse stattfinden. Die Energie- und Informationsflüsse können sowohl die Netz- wie auch die Marktebene betreffen. Im Sinne eines Movements aber auch vor dem Hintergrund des EU-Binnenmarktes zielt die Leitidee in C/sells auf eine optionale, d.h. freiwillige Teilnahme der Akteure ab. Insbesondere mit Blick auf den regionalisierten Handel mit Energie und Flexibilität ist diese optionale Teilnahme relevant (vgl. Kapitel 3.2).

Im Prozess zur Leitidee-Entwicklung konnten drei Funktionen von Zellen und einem zellulären System herausgearbeitet werden. Diese Varianten sind unter Umständen in einer Zelle auch kombi-

nierbar. Alle drei Varianten und die davon abhängigen Ausprägungen der Zellen sind in Abbildung 2-1 dargestellt. Variante 1 fokussiert auf den netzdienlichen Einsatz der in Zellen strukturierten Flexibilität. Variante 2 handelt Produkte oder Energiedienstleistungen innerhalb einer Zelle sowie zwischen Zellen. Neben regionalen Produkten sind auch Produkte für virtuelle, nicht regional gebundene Zellen vorstellbar. Zelluläre Ansätze, welche die Variante 3 verfolgen, streben nach dem Subsidiaritätsprinzip einen primären Ausgleich auf Zellebene an. Erst danach wird der Austausch mit anderen Zellen gesucht. Neben diesen Funktionen können noch weitere ergänzende oder alternative Funktionen definiert werden.

Je nach Variante können so unterschiedliche Zellgrößen (z.B. einzelne Liegenschaften, Stadtquartiere, Verteilnetzstränge usw.) mit entsprechend unterschiedlicher Akteursanzahl und -struktur (z.B. Verbraucher, Erzeuger, Speicher) sinnvoll sein. In C/sells wird angenommen, dass sich die Akteure einer Zelle zumeist in einer bestimmten räumlichen Nähe zueinander befinden. Für Variante 2 könnten auch virtuelle Zellen umgesetzt werden. Solche Zellen könnten sich auf marktliche oder netzdienliche Funktionen oder auf eine Kombination aus beidem ausrichten. So wäre eine ausschließliche Umsetzung der Variante 1 klar auf netzdienliche Funktionen beschränkt. Ein weiteres Ausprägungsmerkmal von zellulären Funktionen ist die Frage, ob durch die Funktion primär der Energiefluss, also eine Anpassung des Verbrauchs- oder Erzeugungsverhaltens adressiert wird oder ob das Ziel eine Koordinierung der Informationen in Netz und Markt ist.

Abbildung 2-1: Funktionen von Zellen und davon abhängige Zellausprägungen



Quelle: Eigene Darstellung

Arbeitshypothesen zur Zellularität

Nachfolgend sind die im Rahmen der Leitidee erarbeiteten Arbeitshypothesen zur Zellularität aufgeführt. Zunächst folgen die Kernthesen für das Projekt C/sells, die in den bisherigen Diskussionen zur Leitidee in den Vordergrund gestellt wurden.

Arbeitshypothese 1: Durch die Schaffung von Zellen kann die Komplexität des zukünftigen Energiesystems mit vielen dezentralen Anlagen reduziert werden.

- Können optionale Zellen also eine parallele Struktur zu einer Komplexitätsreduktion führen?
- Kann das IIS auch ohne eine Zellstruktur die Komplexität managen?
- Welche alternativen Ansätze zur Komplexitätsreduktion gibt es?

Arbeitshypothese 2: Eine zelluläre Struktur führt zu einer erhöhten Resilienz und Systemstabilität.

- Kann aus einer Komplexitätsreduktion unmittelbar auf eine erhöhte Resilienz des Energiesystems geschlossen werden?
- Können die Zellen bei Bedarf im Inselbetrieb fahren?
- Wie hoch ist der zusätzliche Infrastrukturbedarf für eine Resilienz auf Zellebene?

Arbeitshypothese 3: Je nach Funktion einer Zelle sind unterschiedliche Zellgrößen im Sinne der Anzahl und Struktur der Akteure als auch der räumlichen Ausdehnung sinnvoll.

- Was sind jeweils sinnvolle Größen für die unterschiedlichen Funktionen?
- Welche Akteure werden benötigt?

Arbeitshypothese 4: Die zelluläre Struktur führt im Vergleich zu alternativen Ansätzen zu Kosteneinsparung im Gesamtsystem und ökologischen Verbesserungen.

- Im Laufe des Projektes sollen diese Vorteile quantifiziert oder auch die These angepasst werden.

Weitere relevante Arbeitshypothesen sind:

Ein primärer Ausgleich zwischen Erzeugung und Verbrauch auf kleinräumiger Ebene reduziert den Netzausbaubedarf.

- Dies würde zu weniger Investitionen und höherer Akzeptanz der Energiewende führen.
- Dabei stellt sich jedoch die Frage auf welcher Spannungsebene und in welchem Umfang Netzausbaubedarf eingespart werden könnte.

Eine dezentrale Erzeugungsstruktur ist die Alternative zu EE-Großprojekten.

- Hierbei wird angenommen, dass eine dezentrale EE Erzeugungsstruktur Großprojekte wie Offshore- und Onshore-Windparks ersetzen kann.
- Inwiefern sind für eine dezentrale Erzeugungsstruktur Zellen erforderlich?

Eine zelluläre Struktur trägt zur Erschließung dezentraler Flexibilität bei.

- Wie wird durch das Zellkonzept zusätzliche dezentrale Flexibilität erschlossen?

2.2. Partizipativ

Das C/sells-Projekt sieht gesellschaftliche Partizipation als zentrale Säule der Energiewende. C/sells ist partizipativ, indem umfassende Möglichkeiten der Teilhabe der Bürgerinnen und Bürger als auch Unternehmen und Institutionen an der Gestaltung und Umsetzung der Transformation des Energiesystems geschaffen werden. Partizipation umfasst 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, die Beteiligung an der technischen und organisatorischen Gestaltung der Energiewende. Eine spezielle Form der aktiven Partizipation stellt prosuming dar, d.h. erzeugen und verbrauchen von Energie in

einer Hand. Darüber hinaus kann Partizipation aber auch in der ideellen Unterstützung des Transformationsprozesses stattfinden, etwa durch die (ideelle) Zustimmung zum Ausbau von Anlagen und Infrastruktur oder durch deren Mitgestaltung in geeigneten Verfahren. Diese Handlungsräume sollen innerhalb von C/sells nicht nur geschaffen werden, sondern die Akteure sollen auch zur Handlung motiviert werden, indem etwa Investitionen in erneuerbare Stromerzeugung wie PV-Anlagen oder Beteiligung an Windparks oder Energiedienstleistungen angeboten werden. Partizipation besteht dann im Bereitstellen von Flexibilität z.B. durch Lastverlagerung, Anschaffung von Speichermöglichkeiten und Übergabe der (temporären) Anlagensteuerung vom Prosumenten bspw. an den Verteilnetzbetreiber. Diese Form der Teilhabe wird unter dem Stichwort Systemteilnahme zusammengefasst.

C/sells baut wesentlich auf Partizipation. Das durch die Partizipation entstehende 'Movement' ermöglicht es den Prosumenten, Endkunden und gesellschaftlichen Vertretern, die Transformation mit zu steuern. Dadurch findet eine gesellschaftliche Verantwortungsübernahme statt. Zudem entstehen Möglichkeiten zur erhöhten regionalen Wertschöpfung. Aus Partizipationsicht bieten Zellen eine Identifikationsfläche, z.B. im Sinne von Regionalisierung durch regionale Erzeugung und Verbrauch.

Partizipation und Akzeptanz sind nach gängigem Verständnis (Schweizer-Ries et al., 2009) aneinander gekoppelt, da Akzeptanz in einer aktiven Form konkretes Handeln (bspw. Beteiligung an Projekten, Investitionsentscheidungen, lastausgleichendes Verhalten) umfasst. Es besteht allerdings keine kausale Verbindung zwischen beiden Konzepten (es gilt also NICHT „Partizipation fördert Akzeptanz“). Im Grundsatz ist die Zustimmung zur Energiewende in Deutschland in der Bevölkerung hoch, Erneuerbare Energieerzeugungsformen werden im Vergleich zu fossilen oder Atomkraft bevorzugt. Wenn es um Detailfragen geht oder persönliche Betroffenheit dazukommt, fällt die Akzeptanz differenzierter und häufiger niedrig aus.

Dennoch scheint die Akzeptanz für einen Teil der Bevölkerung an die Partizipation gekoppelt zu sein: Etwa ein Viertel der Bevölkerung unterstützt die Energiewende, weil sie mitgestalten können. Es gibt selbst bei den gegenüber der Energiewende eher Unentschiedenen eine deutliche Bereitschaft, sich durch eigene Investitionen zu beteiligen.

Fehlen Möglichkeiten zur Partizipation, schlägt sich dies ebenfalls in der gesellschaftlichen Akzeptanz bestimmter Technologieoptionen (und vermutlich auch gegenüber dem gesellschaftlichen Projekt Energiewende) nieder: Im Vergleich der Technologieoptionen zur Energiewende (Wind onshore, offshore, ÜT-Leitungen, PV) ist eine sehr deutliche Präferenz zur PV zu verzeichnen. Insbesondere der Bau von großen Windkraftparks wird zudem zunehmend als unfair im regionalen Kontext verstanden werden (da internationale Investoren kaum zur regionalen Wertschöpfung beitragen), eine verlässliche Ausbaustrategie für PV und andere dezentrale Technologieoptionen könnte insofern auch dazu beitragen, gesellschaftliche Akzeptanz zu unterstützen.

Eine wichtige Komponente für die Transformation des Energiesystems ist insbesondere auch die Systemteilnahme, d.h. die Übernahme von Funktionen, die dem Versorgungssystem direkt zugutekommen. Hierbei geht es primär um netzdienliches Verhalten während kritischer Netzzustände, insbesondere zur Angleichung von aktueller Erzeugung und Verbrauch. Technische Voraussetzung bzw. Einstiegstechnologie sind intelligente Messzähler, weitere technologische Ausbauschritte können der Einsatz von IKT bspw. zur Signalübermittlung sowie (Teil-) Automatisierung von Lasten, Erzeugern und Speichern sein. Flexibilität kann auch durch individuelle Verhaltensan-

passungen im Strom-/ Energieverbrauchsverhalten erzielt werden, beispielsweise gesteuert und unterstützt durch flexible Tarife und durch den Einsatz von Kommunikationstechnologien.

Arbeitshypothesen zur Partizipation

Nachfolgend sind die drei Hauptarbeitshypothesen zur Partizipation dargestellt.

Arbeitshypothese 1: Partizipation muss einfach und mit geringem Aufwand im Alltag unter Berücksichtigung der verschiedenen Bedürfnisse der Akteure möglich sein.

- Aus Sicht heutiger Stromkunden erscheint der zellulare Ansatz sehr komplex.
- Massentauglich ist nur etwas, das leicht umzusetzen, in der Gesellschaft anerkannt und positiv besetzt ist.
- Es wird davon ausgegangen, dass es einen sicht- oder spürbaren individuellen Nutzen geben muss, um verstärkte Partizipation zu erreichen. Nutzen kann je nach Zielgruppe stärker ökonomisch oder ideell ausgeprägt sein, eine entsprechende Ausgestaltung von Anreizen wird erfolgsentscheidend sein.
- Die explizite Berücksichtigung entstehenden gesellschaftlichen Nutzens könnte Anreize zusätzlich aufwerten.

Arbeitshypothese 2: Eine verstärkte Systemteilnahme von Akteuren - Haushalten und Organisationen - kann das Energiesystem funktional unterstützen und zusätzliche Wertschöpfungsketten ermöglichen.

- Es gibt unterschiedliche Einschätzungen, in welchem Umfang sich Prosumenten und Kunden tatsächlich für eine Systemteilnahme entscheiden.
- Gibt es eine „kritische Masse“, die für den Erfolg des zellulären Ansatzes erreicht werden muss?

Arbeitshypothese 3: Durch Partizipation wird gesellschaftliche Verantwortung übernommen, Anreize müssen fair gestaltet sein.

- Nicht alle Bürgerinnen und Bürger sowie Organisationen möchten handelnde Akteure im Energiesystem sein, viele möchten passive Strombezieher bleiben.
- Eine sozial gerechte Verteilung von Nutzen und zusätzlichen Belastungen ist anzustreben.

Weitere relevante Arbeitshypothesen sind:

Der zelluläre Ansatz wird das Systemvertrauen in der Gesellschaft erhöhen.

- Die Bildung von Zellen und ein verstärkter regionaler Bezug stärkt die Rolle regionaler bzw. kommunaler Akteure, die von der Öffentlichkeit eher als vertrauenswürdig eingeschätzt werden.
- Zusätzliches Vertrauen könnte zu mehr Investitionen und höherer Akzeptanz der Energiewende führen.

Die Bildung von Zellen fördert die Identifikation mit der Umsetzung der Energiewende durch eine größere Transparenz und Sichtbarkeit von Zusammenhängen (z.B. Wetterphänomene und Stromüberschuss) und möglicherweise auch – in begrenztem Maße - die Akzeptanz von Zusatzkosten.

- Die Energiewende wird sprichwörtlich greifbarer und taucht im Erlebensraum der breiten Öffentlichkeit auf (Konkretisierung).
- Diese Wirkung wird entweder durch die größere Transparenz oder durch die regionale Identifikation erzielt oder durch beide Faktoren. Die Mechanismen werden im Rahmen von c/sells genauer untersucht.

2.3. Vielfältig

Vielfalt spiegelt zum einen die pluralistische, hochgradig vernetzte Struktur des Projekts C/sells wider und steht zum anderen für die Zielvorstellungen des zukünftigen Energiesystems. In dieser Vorstellung sind vielfältige Infrastrukturzellen intelligent zu einem Organismus verbunden. Es ist vielfältig durch die große Zahl und Unterschiedlichkeit der teilnehmenden Akteure am Markt, durch eine Fülle an technischen Komponenten und Lösungen sowie durch eine größere Zahl an Standards und technischen Schnittstellen. Die Dezentralität zukünftiger Energiesysteme befördert diese Vielfalt.

Beispiele für Vielfalt finden sich in den Demonstrationszellen (siehe Kapitel 4), die unterschiedliche Typen von Liegenschaften, Quartieren oder Microgrids repräsentieren. Durch den zellulären Ansatz und die Dezentralisierung nehmen künftig deutlich mehr und viele neue Akteure am Energiesystem teil, da die Möglichkeiten zunehmen, in Netz und Markt einerseits autonom und andererseits in der Smart-Energy-Community verbunden zu agieren. Die Akteure speisen Energie ein oder stellen Flexibilitäten bereit, um damit zu handeln oder das Netz zu unterstützen. Mit der großen Zellen- und Akteursvielfalt ist eine größere Diversität von Informationen und Daten verbunden, die verarbeitet und gesichert werden müssen. Die Kommunikationswege werden dabei diverser und vernetzter, beispielsweise sowohl vertikal zwischen Übertragungs- und Verteilnetzbetreiber wie auch horizontal innerhalb eines Verteilnetzes sowie zwischen Verteilnetzen.

Dezentralisierung sowie Digitalisierung bewirken mehr Vielfalt im Bereich der technischen Komponenten. In diesen Themen sehen viele angestammte wie auch neue Akteure große Marktchancen, was die Vielfalt zusätzlich befördert. In C/sells werden unterschiedliche Soft- und Hardwarelösungen entwickelt und demonstriert, die durchaus vergleichbare Leistungen bereitstellen und somit auch in Konkurrenz zueinander stehen. Es kommen unterschiedliche IKT-Lösungen, Datenmodelle und Protokolle zum Einsatz. Ebenso werden verschiedene Energiemanagementsysteme, Dienste und Marktmodelle entwickelt und entsprechend ihrer möglichen Rollen im Energiesystem angepasst.

Aus Kundensicht dient Vielfalt in Produkten und Handlungsmöglichkeiten dazu, die individuellen Kundenbedürfnisse optimal zu befriedigen, gleichzeitig kann Vielfalt neue Bedürfnisse erzeugen. Diese Bedürfnisse werden sich durch die Individualisierung der Gesellschaft weiter auffächern. Bei der Entwicklung von Lösungen müssen entsprechend die Kundenbedürfnisse im Vordergrund stehen.

C/sells will die Kernbausteine des zukünftigen Energiesystems demonstrieren, vernetzen und vermarkten. Bei aller Vielfalt muss Komplexität kanalisiert und reduziert werden. Dafür sind robuste-

Mechanismen zu schaffen, die die Vielfalt sinnvoll ordnen. Smarte Regeln sollten starre Regularien ersetzen. Lösungsansätze müssen auf unterschiedlichen Ebenen durch gemeinsame Prinzipien und Regeln miteinander in Einklang gebracht werden. Die angestrebten Lösungen erfassen dabei die Vielfalt der Akteure und Elemente und bilden diese in geeigneten Prozessen ab.

Arbeitshypothesen zur Vielfältigkeit

Nachfolgende Arbeitshypothesen sollen im Laufe des Projekts untersucht und bewertet werden.

Arbeitshypothese 1: Vielfalt fördert Partizipation, Wettbewerb und Resilienz.

Arbeitshypothese 2: Das Infrastruktur-Informationssystem, die Abstimmungskaskade und der regionalisierte Handel mit Energie und Flexibilität als offene Plattformen ermöglichen und ordnen Vielfalt.

Arbeitshypothese 3: Standards, Normen und Regularien reduzieren Komplexität, wie sie durch Vielfalt entstehen kann.

Arbeitshypothese 4: Damit zeigt C/sells: Vielfalt ist technisch beherrschbar.

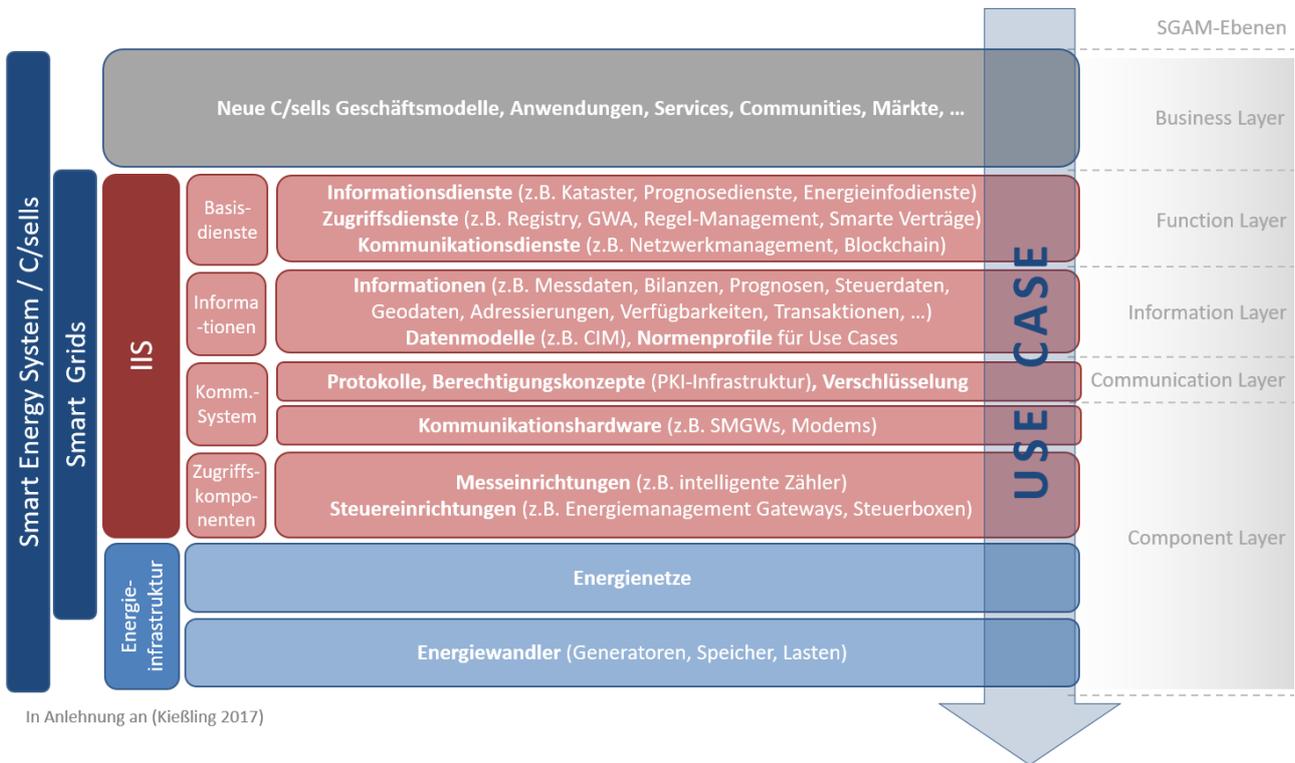
3. Wie ermöglichen wir das? Die wesentlichen Instrumente

Die drei Lösungsansätze von C/sells werden mit Hilfe der drei wesentlichen Instrumente „Infrastrukturinformationssystem“, „Abstimmungskaskade“ und „Regionalisierter Handel mit Energie und Flexibilität“ umgesetzt.

3.1. IKT: Infrastrukturinformationssystem (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 Komponenten der Sensorik, Aktorik, des Kommunikationssystems und gemeinsamer Basisdienste (Abbildung 3-1). Die Architektur des IIS wird derartig implementiert werden, dass durch Gewährleistung einer hohen Widerstandsfähigkeit eines dezentralen und informationstechnisch vernetzten Energiesystems bei Angriffen oder Störungen der hohe Stand der Versorgungssicherheit erhalten bleibt.

Abbildung 3-1: Struktur des Infrastruktur-Informationssystems



Das IIS ist Infrastruktur zur Digitalisierung des Energiesystems, das Akteuren gemeinsame Basisdienste (Informationen, Zugriffsdienste) und gemeinsame Zugriffskomponenten (Sensorik, Aktorik) auf die Energieinfrastruktur als auch ein geschütztes Kommunikationssystem bereitstellt sowie dabei Autonomie und Verbundenheit der Zellen gewährleistet. Das IIS ist zur Gewährleistung 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 Flexibilitäten zwischen Zellen 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 Kommunikati-

onsystem 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 Technologie-dienste bei bidirektionalen Interaktionen einer Energie-Community, z.B. Blockchain.

Arbeitshypothesen zum IIS

Arbeitshypothese 1: Gemeinsame Zugriffsdienste des IIS wie Anlagen-Registry, Regelmanagement, Kommunikationsprofile sowie Mehrwertbasisdienste (z.B. Clearing, Roaming, Smarte Vertragsprozesse) befördern Wirtschaftlichkeit für die Vielfalt der Teilnehmer im dezentralen Energiesystem.

Basisfunktionen des IIS bieten gemeinsame Zugriffsdienste für alle Akteure der Zellen in Liegenschaften, Energienetzen und Energiemärkten. Die verteilte Architektur zur Implementierung der Zugriffsdienste ermöglicht sowohl autonome Zellen als auch die Synergie des Verbundes und gewährleistet den Systemschutz der vernetzten, kritischen Infrastruktur. Die Zugriffsdienste umfassen eine Registry zur einheitlichen Anlagen-Adressierung, das Management von Regeln und Prozessprioritäten bei parallelen Interaktionen mit einer Zelle, die Bereitstellung von interoperablen Kommunikationsprofilen sowie weitere Mehrwertbasisdienste wie smarte, automatisierte Vertragsprozesse, die die Interaktion von Zellen beim Energie- und Flexibilitätsaustausch mit gemeinsamen Infrastrukturfunktionen unterstützen.

Arbeitshypothese 2: Gemeinsame Informationen des IIS wie geografische Daten, Prognose- und Bilanzierungsdaten sowie öffentliche Daten für Energie- und Flexibilitätspotenziale (z.B. Flexibilitäts-Kataster) befördern neue Geschäftsmodelle und damit einen hohen Partizipationsgrad am zukünftigen Energiesystem

Weitere Basisfunktionen des IIS bieten gemeinsame Informationen für alle Akteure der Zellen in Liegenschaften, Energienetzen und Energiemärkten. Hier gilt die Anforderung, durch eine verteilte Architektur zur Bereitstellung von Daten, das Verhältnis der Datenhoheit in autonomen Zellen und der Synergie im Verbund mit geteilten Daten zu gestalten.

Arbeitshypothese 3: Ein Energieinformationsnetz mit gemeinsamen Informationen für ÜNBs und VNBs unterstützt das Zusammenwirken der Netzbetreiber bei der gemeinsamen Systemverantwortung.

Für einen sicheren und zuverlässigen Netzbetrieb mit Unterstützung der Systemverantwortung von ÜNBs durch zelluläre Strukturen der VNBs ist ein erhöhter Informationsaustausch zwischen den Netzbetreibern notwendig. Der damit zusammenhängende Daten- und Informationsaustausch wird als Energieinformationsnetz bezeichnet und ist in § 12 Abs. 4 EnWG verankert.

3.2. Abstimmungskaskade

Die Abstimmungskaskade ist ein weiterer Baustein zur Umsetzung des C/sells-Zellenansatzes und der partizipativen Integration der dezentralen Verbraucher und Erzeuger, um Vielfalt im zukünftigen Energiesystem zu ermöglichen. Damit diese Integration unter Wahrung der Systemsicherheit gelingt, müssen die Netze über alle Spannungsebenen hinweg kommunikationstechnisch mitei-

inander verbunden sein. Eine Schlüsselrolle spielt hier der Austausch von Informationen, z.B. zum jeweiligen Netzzustand, zwischen den Übertragungs- und Verteilnetzbetreibern, den sogenannten Betreibern von Netzzellen. Der Austausch von Informationen beginnt bereits in der vortägigen Betriebsplanung bis hin zum Echtzeitbetrieb, um z.B. im Rahmen der Kaskade nach § 13(2) EnWG oder den Redispatch-Kapazitäten 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 und Zählwerten (Monitoringsystem) den eigenen Netzzustand und ordnen diesen einer Ampelphase zu. Dabei haben die Netzbetreiber über das IIS die Möglichkeit jede Information aus einer Anlage zur erfassen, auch wenn diese an einem anderen Netz angeschlossen ist. Im Rahmen der Abstimmungskaskade stehen die Informationen zum Netzzustand allen Netzbetreibern kontinuierlich zur Verfügung. In kritischen Netzsituationen, welche der Netzbetreiber nicht eigenständig für den Markt lösen kann, kommt es zu einer sogenannten gelben Ampelphase (Marktpartizipationsphase). In dieser Marktpartizipationsphase können Zellen bzw. einzelne Akteure partizipativ ihre Flexibilität den Netzbetreibern im Rahmen von Systemdienstleistungsprodukten (SDL-Produkten) zur Verfügung stellen.

Damit ermöglichen die Netzbetreiber als neutraler market facilitator die diskriminierungsfreie, gleichberechtigte und ungehinderte Entfaltung der Akteursvielfalt, unabhängig des Netzzustandes. 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 partizipieren. Vor diesem Hintergrund gilt es, diese Akteure den heutigen Marktakteuren in ihren Rechten und Pflichten gleichzustellen.

Reicht die netzdienliche Flexibilität aus den Zellen in der gelben Ampelphase nicht aus, muss der Netzbetreiber nach vorheriger Abstimmung mit den anderen Netzbetreibern direkt über eine Kaskade 13(2) EnWG in den Markt eingreifen. Damit erlangt der Netzbetreiber direkten Zugriff auf die Anlage, welche bei diesem Netzbetreiber angeschlossen ist. Vorgelagerte Netzbetreiber behelfen sich durch eine kaskadierte Anforderung von Flexibilität aus den unterlagerten Netzen, um Engpässe im eigenen Netz zu beheben.

Arbeitshypothesen

1. Netzzellen berechnen den Netzzustand ex-ante (z.B. d-1), stimmen sich mit über- und unterlagerten Ebene ab und aktualisieren diesen kontinuierlich.
2. Netzbetreiber rufen Flexibilität zur Behebung eines prognostizierten Netzengpasses allein aus einem diskriminierungsfreien und wettbewerblichen SLD-Markt ab.
3. Der Markt benötigt zu den bereits veröffentlichten Daten keine weiteren Informationen, insbesondere nicht zum prognostizierten bzw. aktuellen Netzzustand (z.B. pro Netzelement).

3.3. 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.

Arbeitshypothesen zum regionalisierten Handel mit Energie und Flexibilität

In C/sells sollen die Chancen und Herausforderungen eines regionalisierten Handels analysiert werden. Nachfolgend werden die bisherigen Vorstellungen (Arbeitshypothesen) sowie eine (unvollständige) Reihe von noch offenen Fragen beschrieben.

Arbeitshypothese 1: Die Plattformen zum regionalisierten Handel mit Energie und Flexibilität haben Anbindung an überregionale / zentrale Märkte.

Plattformen zum regionalisierten Handel sollten eine Anbindung an überregionale bzw. die existierenden zentralen Märkte haben. Dadurch kann Jevons' Gesetz von der Unterschiedslosigkeit der Preise, welches besagt, dass bei vollständiger Information für ein Gut nur ein einheitlicher Preis auf dem Markt entsteht, sobald räumliche, zeitliche, sachliche und persönliche Differenzierungen entfallen („Law of one price“) eingehalten werden. Zudem ist vorstellbar, dass regionale Produkte auf überregionalen Märkten mitgehandelt werden können. Offene Fragen, mit Bezug zu dieser Arbeitshypothese, die im Verlauf des Projekts beantwortet werden müssen:

- Welche Produkte werden nach welchen Regeln gehandelt?
- Wer agiert auf welchen Märkten?
- Wie wirken sich Preisunterschiede zwischen den Märkten aus, die sich aus unterschiedlichen Produktmerkmalen ergeben?
- Welche Regeln müssen eingeführt werden, um Doppelvermarktungen etc. zu verhindern?
- Wie wirkt sich insbesondere die räumliche Differenzierung auf die Preise aus?
- Geht dezentralen Märkten durch eine Anbindung an zentrale Märkte Liquidität verloren?

Arbeitshypothese 2: Regionale Energie- und Flexibilitätsmärkte sind dezentrale Märkte für ein Konglomerat mehrerer Zellen.

Zu den zentralen Fragen bei der Ausgestaltung des regionalen Handels mit Energie und Flexibilität zählt, auf welcher Ebene die regionalen Energie- und Flexibilitätsmärkte angesiedelt sind. Theoretisch ist sowohl ein Markt pro Zelle, als auch ein regionaler Markt für mehrere Zellen vorstellbar. In der Praxis ist die Liquidität auf den regionalen Märkten entscheidend. Auf regionalen Märkten kommt es ggf. zu sehr kleinen Marktteilnehmerkreisen. Hier stellen sich Fragen zur Marktmacht. Offene Fragen, mit Bezug zu dieser Arbeitshypothese, die im Verlauf des Projekts beantwortet werden müssen:

- Welche Auswirkungen hat die Regionalisierung des Handels auf die Gesamtsystemeffizienz?
- Was ist die optimale Größe / Anzahl regionaler Märkte? Und nach welchen Kriterien werden diese bewertet?
- Welche Auswirkung hat die Marktgröße auf Liquidität und Marktmacht?
- Müssen sich regionale Märkte an den physischen Grenzen der bestehenden Netze orientieren?
- Werden / können regionale Energie- und Flexibilitätsmärkte in Zukunft verschmelzen?

Arbeitshypothese 3: Der regionalisierte Handel mit Energie und Flexibilität benötigen erheblichen IKT-Einsatz sowie geeigneten Plattformen.

Der zusätzliche notwendige IKT-Einsatz ist dabei insbesondere durch die Teilnahme einer Vielzahl von (neuen) Akteuren am Handel bedingt. Offene Fragen, mit Bezug zu dieser Arbeitshypothese, die im Verlauf des Projekts beantwortet werden müssen:

- Welche Daten und Technologien werden zur Umsetzung benötigt? Hier besteht insbesondere Abstimmungsbedarf mit den entsprechenden APs
- Wer betreibt die Handelsplattformen und wer ist für den Ausgleich von Erzeugung und Verbrauch zuständig?

Arbeitshypothese 4: Die Teilnahme am regionalisierten Handel mit Energie und Flexibilität ist freiwillig.

Auch wenn ein regionalisierter Handel flächendeckend eingeführt wird, muss die zusätzliche Teilnahme an diesem den einzelnen (Markt)Teilnehmern überlassen bleiben, die immer auch direkt am zentralen Markt partizipieren können. Offene Fragen, mit Bezug zu dieser Arbeitshypothese, die im Verlauf des Projekts beantwortet werden müssen:

- Wie kann diese Erhöhung der Komplexität, verursacht durch den regionalisierten Handel kompensiert werden?
- Wie müssen Anreize gestaltet sein, um auch bei freiwilliger Teilnahme Akteure am Handel zu motivieren?
- Können „große“ Akteure mit relevantem Flexibilitätspotenzial dazu verpflichtet werden an regionalen oder überregionalen Flexibilitätsmärkten zu partizipieren?

Arbeitshypothese 5: Flexibilitäten werden zukünftig je nach Systemzustand netzdienlich oder marktgetrieben eingesetzt.

C/sells folgt damit dem Konzept des Ampelmodells. Liegen keine Engpässe im Netz vor, werden Flexibilitäten marktgetrieben eingesetzt. Der regionalisierte Handel mit Flexibilität ist jedoch auch ein Mittel zum regionalen Engpassmanagement. Offene Fragen, mit Bezug zu dieser Arbeitshypothese, die im Verlauf des Projekts beantwortet werden müssen:

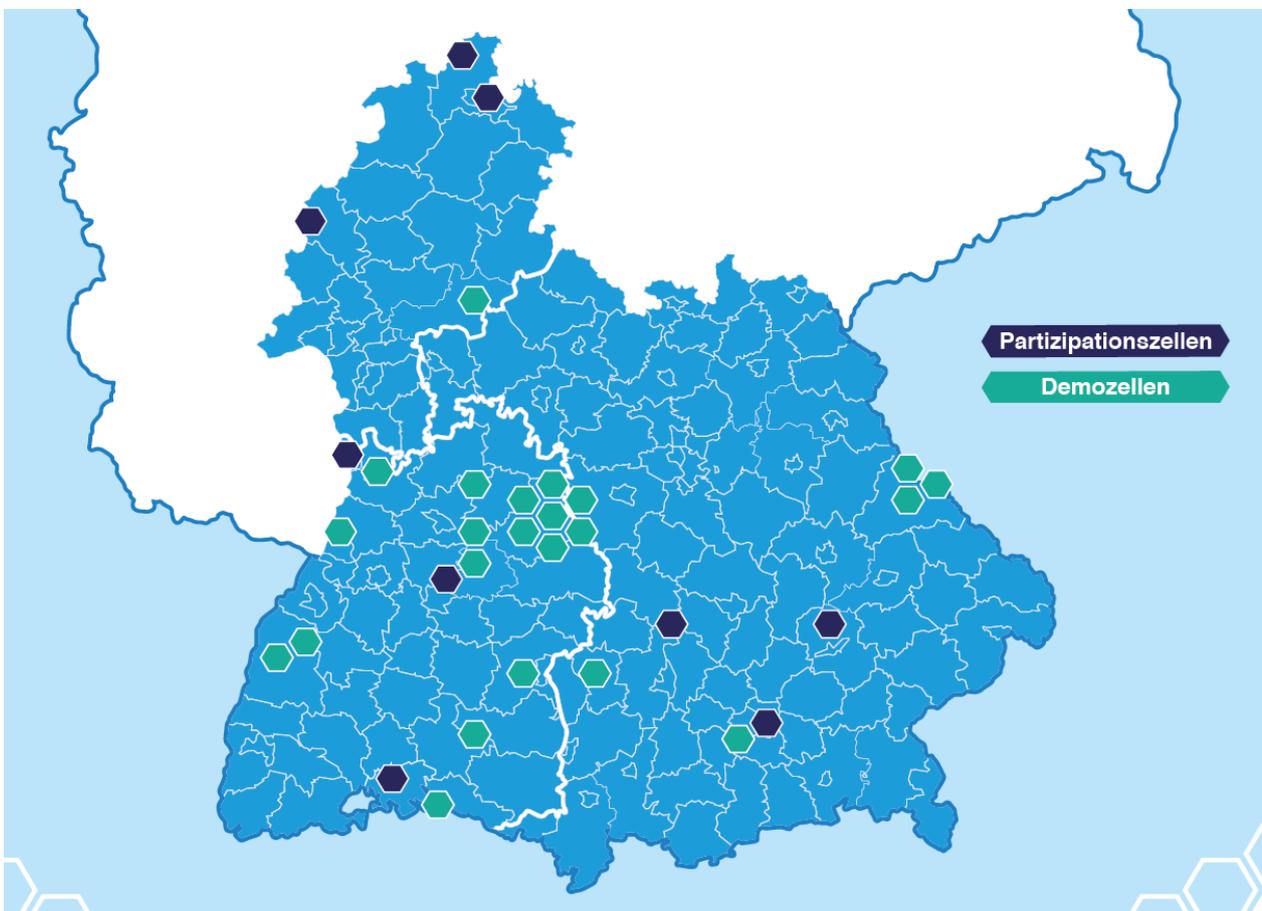
- Wie kann der markt- und netzdienliche Einsatz von dezentraler Flexibilität organisiert werden?
- Welche Flexibilitäten stehen für den netzdienlichen und welche für den marktdienlichen Einsatz zur Verfügung?

- Weiterhin ist im Rahmen von C/sells zu erforschen, welchen Beitrag der regionalisierte Handel zur Erreichung der Ziele leisten kann. Dabei können auch Zielkonflikte je nach Ausgestaltung der des regionalen Handels entstehen.

4. Wie demonstrieren wir das?

Die Leitidee wird anhand von über 30 Demozellen demonstriert. Dort liegt der Fokus auf technischen Lösungen und Marktansätzen. Der Nutzen dieser teils autonomen, teils im Verbund agierenden Zellen wird im Rahmen der übergelagerten Energiewendeziele analysiert. Zudem gibt es 9 Partizipationszellen bei denen das Augenmerk auf der Kommunikation liegt.

Abbildung 4-1: Partizipations- und Demozellen in C/sells



Quelle: Eigene Darstellung