

Grundlagen der Massenfähigkeit

Teilprojekt 2 – Umfeldgestaltung

Arbeitspaket 2.8 - Massenfähigkeit durch Technische Regeln / Normen / Standards



C/sells – Großflächiges Schaufenster im Solarbogen Süddeutschlands

SINTEG - Förderprogramm

"Schaufenster intelligente Energie - Digitale Agenda für die Energiewende" (SINTEG)
des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie

**Methoden und Modelle für Terminologie, Use Case- und Sicherheitsanalyse
sowie Flexibilitätsmodellierung**

Interoperabilität durch vereinbarte Regeln, Standards und Normen

**--- Planung von Energiezellen und Verbund – Herausforderungen / Architektur
/ Komponenten / Musterlösungen ---**

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Version: **05/2020** (Aktualisierung vom 07.12.2020)

Verfasser: Andreas Kießling (energy design) in Zusammenarbeit mit Projektpartnern
SW Schwäbisch Hall, Schleupen AG, PPC AG, Vivavis AG, EEBus Initiative e.V., Fraunhofer-
Institut IEE zu Autonomie Lab Leimen

Yasmin Lachmann / Dr. Robert Thomann (MVV Energie AG) zu FRANKLIN full connected

Inhalt

Abbildungsverzeichnis 3

1 Herausforderungen der Planung und Gestaltung 4

 1.1 Veränderungen sind Herausforderungen und bieten Chancen 4

 1.2 Vorbild Bauhaus 5

 1.3 Aktivierung von Unterschieden als Quelle der Dynamik 5

 1.4 Bauhaus 2.0 - Nachhaltige Gestaltungsformen und integriertes Energiedesign 5

2 Energie für nachhaltige Gebäude- und Raumgestaltung sowie Mobilität 7

 2.1 Chancen zum Gedeihen durch Innovation und Inspiration 7

 2.2 Beteiligung an lokaler und regionaler Gestaltung von Nachhaltigkeit..... 7

 2.3 Bedeutet Nachhaltigkeit Verzicht 7

 2.4 Gestaltung neuer nachhaltiger Handlungsräume mit Innovation und Inspiration 8

 2.5 Geschäftsmodelle und Handlungsmotivationen für den Wandel zum nachhaltigen Wachstum 9

3 Planungsprozesse und generischer Bauplan für Energiezellen 10

 3.1 Architekturentscheidung in C/sells 10

 3.2 Begriff der Energiezelle und Einsatzmöglichkeiten 11

 3.3 Generischer Bauplan für Energiezellen und ihren Verbund 13

4 Gestaltungsbeispiele 19

 4.1 Autonomielab Leimen 19

 4.1.1 Inselfähigkeit im Gebäudeverbund für den Störfall - *Lab Noir* 19

 4.1.1 Digitaler Netzanschluss und autonomes Energiemanagement - *Lab Hybrid* 22

 4.1.1 Zielstellung und Systemaufbau 28

 4.2 Quartierszelle FRANKLIN connected 30

 4.2.1 Energiemanagement und Flexibilität - *FRANKLIN connected powerful*..... 30

 4.2.1 Zelluläre Architektur und Systemaufbau..... 34

 4.2.2 Zielstellung und Systemaufbau 35

5 Quellen 38

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Beispieltypen von Energiezellen und ihr Zusammenwirken	12
Abb. 2: Horizontale, vertikale und überlappende, virtuelle Organisation von Energiezellen	13
Abb. 3: Definition der Zelle mit Systembegriff und Use Case-Methodik [C/sells – IOP Teil F. (03/2020)]	14
Abb. 4: Systemaggregat	14
Abb. 5: System aus Systemen	15
Abb. 6: Systemmodell für die Energiezelle mit vier Komponentenkategorien sowie Digitalisierungsschicht B... ..	15
Abb. 7: Bauplan der Energiezelle	16
Abb. 8: Multi-Level-Architektur des Energieorganismus mit Infrastruktur-Informationssystem	17
Abb. 9: Typen von Infrastrukturzellen und Dimensionen der Interaktion	18
Abb. 10: Zelltypen und Integration im Autonomie Lab Leimen	21
Abb. 11: Steuerbarkeit am Netzanschluss des Gebäudes, vom Netz zum digitalen Netzanschluss über das lokale Energiemanagementsystem bis zum Elektrofahrzeug	23
Abb. 12: Architektur – Leistungsbegrenzung am digitalen Netzanschluss	24
Abb. 13: Komponentenmodell in der Energiezelle des Autonomie Lab Leimen.....	28
Abb. 14: Schlaglichter zum neuen Stadtquartier Franklin in Mannheim	30
Abb. 15: Steuerung von Wärmespeichern und Hausstationen.....	31
Abb. 16: Kombination von Photovoltaik und Power-to-Heat stellt Flexibilität für Wärmenetz	32
Abb. 17: Energiemanagement im Stadtquartier FRANKLIN	33
Abb. 18: Architektur der FRANKLIN-Infrastruktur für intelligente Messsysteme	34
Abb. 19: Zelltypen und Integration in FRANKLIN	35

1 Herausforderungen der Planung und Gestaltung

1.1 Veränderungen sind Herausforderungen und bieten Chancen

Städte spielen eine zentrale Rolle für Energiewende und Klimaschutz. Autonome Lösungen auf Basis erneuerbarer Energien, die Verbindung mit neuen Werkstofftechnologien sowie Digitalisierung führen zu neuen Formen des Bauens.

Gleichzeitig bringen Klimawandel, zunehmende Vernetzung und eine globalisierte Welt neue Gefahren für die sichere Funktion der Stadt mit sich. Dies zeigt die zunehmende Anzahl der Cyber-Angriffe aus dem Internet wie auch die aktuelle Krise mit dem Corona-Virus. Die Stadt muss sich mit autonomen Funktionen auf diese Gefahren einstellen.

Zur Bewältigung der Veränderungsprozesse in Bezug auf die Gefahren sowie die Nutzung neuer Chancen müssen die Kommunen bei der Stadt- und Quartiersentwicklung lernfähig gemacht werden. Die neuen Themen der Stadtentwicklung lauten

- Erhöhung der Widerstandsfähigkeit der Stadt durch Maßnahmen zur Klimaanpassung (Starkregen, Hitze) sowie autonomer Infrastrukturfunktionen (Energie, Wasser, Ernährung, Mobilität)
- Nachhaltige Stadtentwicklung in Beziehung zum Umland bezüglich verbundener Infrastrukturen in der Art autonomer und gleichzeitig verbundener Zellen
- Neue Formen der lebenswerten Stadt im Wechselverhältnis von Privatheit und Zusammenkommen
- Maßnahmen für die gesunde Stadt (z.B. bezüglich Luftqualität sowie kurzer Wege zum Gehen und Fahrrad fahren)

Genannte Themen entfalten mit der Entwicklung lokaler, resilienter Infrastrukturkreisläufe in Verbindung zur Umgebung sowohl lokale Autonomie als auch die Vernetzung in der Gemeinschaft im regionalen und globalen Kontext.

Die Beherrschung dieser vielfältigen Wechselbeziehungen basiert auf der Flexibilität von Gebäuden, von Stadtquartieren sowie von gewerblichen und öffentlichen Arealen. Unverzichtbare Grundlage dieser Zukunft ist insbesondere die Digitalisierung.

Somit ergibt sich die Notwendigkeit einer integrierten und transdisziplinären Gestaltung von Landschafts-, Gebäude- und sektorenübergreifendem Anlagendesign, von Energiekreisläufen und zugehöriger Digitalisierung.

Zur Unterstützung der Städte- und Raumplaner sowie der Gebäudeentwickler werden Beispiele benötigt, die Akteure in den Kommunen befähigen, vielfältige Formen geschlossener und offener Lebens- und Arbeitsräume mit autonomen Energiekreisläufen und verbindender Infrastruktur zu schaffen.

Die Stadt der Zukunft kann nicht **autark** funktionieren. Sie kann aber mittels digitaler, energetischer und stofflicher Kreisläufe **autonom** geregelt werden, einen höheren Grad an Resilienz entwickeln sowie in Verbindung mit der Umgebung stehen.

Damit kann auf Basis der Bauhaus-Idee eine Art Postmoderne mit dem Bauhaus 2.0 folgen, deren Ziel nicht mehr das Wachstum auf Grundlage der Ressourcenverschwendung ist. Mit dem Leitprinzip der Moderne – „Die Form folgt der Funktion“ – erfolgt die Hinwendung zu einer neuen Funktion, die einer **nachhaltige Lebensweise mit für Mensch und Umgebung gedeihlichem Wachstum** dient ([Gedeihen durch Inspiration und Innovation](#)). Die daraus erwachsenden Formen der nachhaltigen Stadtentwicklung können durch die sogenannte organische Architektur mit zellulärer, biologischer, psychologischer, sozialer und ökologischer Bauweise beschrieben werden.

Das Erreichen dieser Zielstellungen ist mit einem hohen Lernbedarf verbunden. Diese interdisziplinäre Herausforderung benötigt systemische Forschung und Ausbildung, Reallabore zum Testen von Lösungen, zur Verbreitung sowie zur Unterstützung entsprechender Vorhaben. Dabei ist die Verbindung von Architektur und Landschaftsgestaltung mit dem Design von Energie- und Informationslösungen für autonome und gleichzeitig zur Umgebung interagierende Systeme eines gedeihlichen (nachhaltig wachsenden) Lebens herzustellen.

1.2 Vorbild Bauhaus

Das in Weimar gegründete und nach Dessau umgezogene Bauhaus verfolgte das Ziel, Kunst und Handwerk zusammenzuführen. Es galt die im Rahmen der Kunst neu definierten Gestaltungsmöglichkeiten in die Architektur und das Handwerk zu überführen und somit das Design der Moderne vielfältig zu verbreiten.

Im Bewusstsein verblieben oft nur die Inhalte zu Architekturstil und Einrichtungsgestaltung. Die Zielstellungen des Bauhauses waren aber von weiteren Schwerpunkten geprägt.

Hierzu gehört die Fokussierung auf eine neue Sachlichkeit. Es galt den Anforderungen an das Bauen im Zusammenhang mit einer stark steigenden Weltbevölkerung durch Rationalisierung und Typisierung gerecht zu werden. Wichtig war somit auch der Einsatz neuer Werkstoffe und Technologien als auch die Internationalisierung des neuen Stils.

Bezüglich dieser Anliegen galt es eine Experimentierumgebung zu schaffen sowie auf dieser Grundlage Beispiele zu erstellen. Diese Muster waren sowohl Mittel der Ausbildung in Architektur und Handwerk als auch der Darstellung neuer Möglichkeiten für die breite Öffentlichkeit. Schlussendlich sollte die weltweite Verbreitung der Konzepte und Beispiele befördert werden.

1.3 Aktivierung von Unterschieden als Quelle der Dynamik

Der mit dem Bauhaus verbundene Funktionalismus im Design unter dem Leitmotiv „Die Form folgt der Funktion“ sowie Sachlichkeit besitzen auch eine Schattenseite. Rationalisierung und Typisierung führen zur Abnahme von Differenzen, zur gleichen Erzählung von Geschichten der Gestaltung. Aus Gründen der Vereinfachung werden Gestaltungsthemen quasi in Schubkästen eingeordnet, weitere formbildende Ursachen wie Ästhetik und kulturelle Sprache von Architektur zurückgestellt. In der Folge sind Gebäudegestaltung, Einrichtungen sowie Energieflüsse weitgehend getrennte Themen. Außerdem führt Rationalisierung zur Abnahme von Vielfalt in der Gestaltung. Dies zeigt sich auch an der starr und zentral organisierten Struktur des heutigen Energiesystems.

Nun bietet aber die Energiewende sowohl Chancen für neues Wachstum als auch zur Neudefinition der Gestaltung von Gebäuden, Quartieren und regionalen Landschaften. Gleichzeitig muss zur Kenntnis genommen werden, dass Menschen vor starken Veränderungen Angst verspüren. Die Akzeptanz für Veränderungsprozesse benötigt damit einen intensiven Prozess der Einbeziehung aller Menschen in die Diskussion neuer Wege und Chancen. Sie ergeben sich dabei oft aus der Fokussierung auf persönliche, lokale und regionale Lebensumstände. Hier sind Möglichkeiten oft leichter verständlich zu machen.

Es ist notwendig, in Beteiligungsprozessen zu erarbeiten und begreifbar zu machen, wie aus Problemen neue Chancen erwachsen. Diese dezentral und vielfältig erwachsenen Möglichkeiten bei der Gestaltung von Energiekreisläufen sind nicht in einen festgelegten Funktionalismus national und international einzuordnen. Die jeweiligen Potentiale sind aufgrund lokaler, regionaler Umfelder zu untersuchen und in Standortkonzepte nachhaltiger Entwicklung und Energieangebote zu überführen.

Dabei sind die Bestrebungen zur Autonomie und Autarkie ein legitimes Gestaltungsinteresse des Einzelnen oder von Gruppen. Gleichzeitig verfolgen Menschen als soziale Wesen gemeinschaftliche Interessen sowie zeigen die Fähigkeit zur gegenseitigen Unterstützung. Insofern beschreibt der Begriff Solidarität die Bereitschaft der Einzelnen zu kooperieren.

1.4 Bauhaus 2.0 - Nachhaltige Gestaltungsformen und integriertes Energiedesign

Im Vergleich zur Moderne des Bauhauses wird mit dem Bauhaus 2.0 eine Art „Postmoderne“ definiert. Es geht nicht mehr vorrangig um gemeinsame Modelle, sondern um die Gestaltung von Vielfalt und von Unterschieden,

um eine hohe Entwicklungsdynamik zu befördern. Mit dem Begriff Postmoderne soll hier aber keine Innovationskritik geführt werden.

Nicht Innovation ist die Grundlage aktueller Probleme, sondern die Anwendung von Innovationen, die den nicht nachhaltigen Umgang mit Ressourcen befördern. Wir benötigen das schnelle Ende der fossilen Ära. Aber soll Ungerechtigkeit in der Welt nicht zementiert werden, bleibt nur der **Weg des nachhaltigen Wachstums, ein Green New Deal, um Wohlstand und Gedeihen der Weltgemeinschaft weiter voranzutreiben.**

Dabei lohnt es sich, das Zusammenspiel aller Lebensformen im Ökosystem anzuschauen. Das Gedeihen und Vergehen von Leben basiert auf geschlossenen Stoffkreisläufen. Pflanzen gedeihen in einem Umfang, wie es die Bedingungen der Umgebung erlauben. In einem dynamischen Prozess dehnen sie sich aus und ziehen sich entsprechend den Umweltbedingungen zurück. Das Gedeihen basiert auf dem Gleichgewicht zwischen zufließendem Angebot und Nutzung von Ressourcen.

Entsprechend kann die menschliche Gesellschaft langfristig nur bei Erhaltung dieses Gleichgewichtes gedeihen. Allem Leben ist das Bestreben zum gedeihlichen Wachstum immanent. Gleichzeitig legt ein Wachstum, das die Grenzen der möglichen Zuflüsse an Ressourcen überschreitet, die Grundlage des Unterganges.

Die Überschreitung der Ressourcengrenzen kann aber angesichts der in vielen Teilen der Welt herrschenden Armut nicht mit einer reinen Verzichtskultur beendet werden. Ein Gedeihen durch Inspiration und Innovation scheint vernünftiger. Wachstum ist mit geringerem oder effektiverem Ressourceneinsatz zu generieren. Zusätzlich kann die Systemerweiterung, beispielsweise durch Raumfahrt, die Möglichkeit zur Überschreitung der Ressourcengrenzen bieten.

Nun gilt es, die vielfältigen Möglichkeiten zur Gestaltung nachhaltiger Gebäude und Landschaften auf Basis des integrierten Energiedesigns der Gesellschaft bewusst zu machen.

Daraus ergeben sich zum Bauhaus analoge Zielstellungen zur

- transdisziplinären Vernetzung kreativer Geister als Ideenfabrik für Energiekreisläufe in Verbindung mit dem Gebäudedesign und der Landschaftsgestaltung sowie der Digitalisierung
- Bereitstellung einer Experimentierumgebung für diese Ideen,
- Beförderung der Übertragung der Experimentierbeispiele in reale Umgebungen,
- Präsentation von Mustern für Architektur und Handwerk als auch Darstellung neuer Möglichkeiten für die breite Öffentlichkeit sowie
- Unterstützung der weltweiten Verbreitung der Konzepte und Beispiele.

Auf Basis von Inspiration und Innovation und Übernahme der Gestaltungshoheit entstehen vielfältige Lösungen. Dabei sind die Chancen der beschriebenen Veränderungen durch Fokussierung auf regionale Möglichkeiten mit der breiten Beteiligung der Gesellschaft in verschiedenen Communities zu befördern.

2 Energie für nachhaltige Gebäude- und Raumgestaltung sowie Mobilität

2.1 Chancen zum Gedeihen durch Innovation und Inspiration

Der beschleunigte Übergang zum nachhaltigen Wachstum in allen Ländern der Erde ist alternativlos. Ansonsten droht der Kollaps der modernen Industriegesellschaft und damit ein Rückfall in dunkle Zeiten der Zivilisation. Gleichzeitig ist die psychologische Tatsache zu berücksichtigen, dass Menschen vor starken Veränderungen Angst verspüren. Vorrangig möchten sie, dass bekannte Lebensumstände erhalten bleiben und kein Verlust entsteht. Sie glauben nicht so leicht den Versprechungen neuer Möglichkeiten. Die Akzeptanz für Veränderungsprozesse benötigt damit einen intensiven Prozess der Einbeziehung aller Menschen in die Diskussion neuer Wege und Chancen. Diese Chancen ergeben sich dabei oft aus der Fokussierung auf persönliche, lokale und regionale Lebensumstände. Hier sind Möglichkeiten oft leichter verständlich zu machen. Es gilt die Chancen zum Wachstum oder besser ausgedrückt zum Gedeihen durch Inspiration und Innovation zu suchen.

2.2 Beteiligung an lokaler und regionaler Gestaltung von Nachhaltigkeit

Es ist also notwendig, in Beteiligungsprozessen zu erarbeiten und begreifbar zu machen, wie aus Problemen neue Chancen erwachsen. Die grundlegende Erkenntnis zur Ergreifung dieser Möglichkeiten ist aus Studien bekannt. Die jeweiligen Potentiale sind aber aufgrund lokaler, regionaler Umfelder zu untersuchen und in Standortkonzepte nachhaltiger Entwicklung und Energieangebote zu überführen. Dazu gilt es, sich mit dem Begriff des nachhaltigen Wachstums auseinander zu setzen.

Im Kern wird mit dem Begriff Nachhaltigkeit das Handlungsprinzip zur Ressourcen-Nutzung beschrieben. Dabei soll eine dauerhafte Bedürfnisbefriedigung durch die Bewahrung der natürlichen Regenerationsfähigkeit der beteiligten Systeme (insbesondere Lebewesen und Ökosysteme) gewährleistet werden. [Seite „Nachhaltigkeit“, In: Wikipedia, 06.10.2019]. Die Definition deutet darauf hin, dass hiermit eher Dynamik als Statik beschrieben wird. Die Entwicklung der Lebensräume und damit der darin eingebetteten Energiesysteme ist ein dynamischer Prozess der Veränderung, der die Systemwandlung beinhaltet.

Der Erhalt des Lebens erfordert aber auch eine gewisse Stabilität des Systems und seiner wesentlichen Eigenschaften. Zur Entwicklung des Lebens werden die Systemressourcen der jeweiligen Lebensräume benötigt. Um die notwendige Stabilität des Systems zu sichern, ist zwingend dessen Regenerationsfähigkeit zu gewährleisten. Diese ergibt sich auf Grundlage interner Prozessgeschwindigkeiten und auf Basis des Austausches mit der externen Systemumgebung durch Zuflüsse und Abflüsse. Dieses fragile, metastabile Gleichgewicht wurde durch die übermäßige Nutzung unserer fossilen Ressourcen sowie der natürlichen Angebote unserer Lebensräume gestört.

In diesem komplexen Umfeld bewegt sich der Kern der Nachhaltigkeitsdiskussionen und die Suche nach dem Gedeihen durch Inspiration und Innovation.

2.3 Bedeutet Nachhaltigkeit Verzicht

Was ist daraus für das zukünftige Handeln der Menschen im jeweiligen Lebensumfeld zu schließen?

Keanu Reeves kündigte im Film „Der Tag, an dem die Erde stillstand“ das Ende der Entwicklung mit den Worten an: „Ihr werdet für eure Art zu leben einen hohen Preis zahlen“. Er erhielt die Antwort: „Aber wir können uns ändern und eine gerechte Welt aufbauen. Kurz vor dem Abgrund entwickeln wir uns weiter.“ Wie sollte diese Veränderung aber aussehen?

In Deutschland werden die meisten Menschen der Erkenntnis zustimmen, dass wir unsere Lebensweise verändern müssen, um dem Klimawandel zu begegnen. Über den Weg besteht aber keine Einigkeit. Auf der einen Seite stehen Vorschläge für mehr Verzicht, für Verbote und den Übergang in ein wachstumsloses

Wirtschaftssystem. Dem stehen Entwürfe für ein nachhaltiges Wachstum gegenüber. Sie vertrauen den Fähigkeiten der Menschheit, um Gedeihen durch Inspiration und Innovation zu gestalten.

Die Verzichtsdiskussion basiert auf der Erkenntnis, dass die Menschheit in den letzten zwei Jahrhunderten dem Ökosystem der Erde geschadet hat. Wir verbrauchen die über Jahrmillionen entstandenen Ressourcen wie Kohle, Öl und Gas innerhalb weniger Jahrhunderte. Noch deutlicher wird das menschliche Handeln angesichts der folgenden Tatsache. Selbst die innerhalb eines Jahres nachwachsenden Ressourcen werden inzwischen innerhalb von sieben Monaten eines Jahres verbraucht. Bald benötigt die Menschheit zwei Erden für ihren unstillbar wachsenden Bedarf. Wir betätigen uns auf dem Planeten Erde quasi als „Schädling“. Damit geht es um unseren Willen, weniger schädlich zu sein.

Bei näherer Betrachtung nutzen die führenden Industrieländer sowie wachsende Nationen wie China den größten Teil der Ressourcen. Eine Verzichtsdiskussion würde einerseits fordern, dass die führenden Industrieländer die weitere Entwicklung begrenzen. Auf der anderen Seite verbietet aber ein derartiger Ansatz in seiner Konsequenz dem größten Teil der Menschheit in weniger entwickelten Regionen, ihren gerechten Anteil am Wohlstand einer Minderheit einzufordern.

2.4 Gestaltung neuer nachhaltiger Handlungsräume mit Innovation und Inspiration

Soll Ungerechtigkeit nicht zementiert und das Wachstum der gesamten Menschheit ermöglicht werden, bleibt nur der Weg des nachhaltigen Wachstums.

Professor Leukefeld plädiert hierzu für einen neuen Ansatz: „Es geht nicht mehr um weniger schädlich, sondern um nützlich, was letztlich eine neue industrielle Revolution bedeutet, weil es sämtliche Herstellungsprozesse in sinnvoller Weise auf den Prüfstand stellt. Dabei geht es darum, alles Verbrauchte zurück in den Ressourcenkreislauf zu geben. Dies bewirkt den Wandel vom schädlichen Wirken zum nützlichen Handeln.“

Dabei lohnt es sich, das Zusammenspiel aller Lebensformen im Ökosystem anzuschauen. Das Gedeihen und Vergehen von Leben basiert auf geschlossenen Stoffkreisläufen. Pflanzen gedeihen in einem Umfang, wie es die Bedingungen der Umgebung erlauben. In einem dynamischen Prozess dehnen sie sich aus und ziehen sich entsprechend den Umweltbedingungen zurück. Das Gedeihen basiert auf dem Gleichgewicht zwischen zufließendem Angebot und Nutzung von Ressourcen.

Entsprechend kann die menschliche Gesellschaft langfristig nur bei Erhaltung dieses Gleichgewichtes gedeihen. Eventuell sollte der Begriff der Nachhaltigkeit durch den Begriff Gedeihen ersetzt werden. Dies beschreibt eher, worum es den Menschen bei der Entwicklung der Zivilisation geht. Allen Lebensformen ist das Bestreben zum gedeihlichen Wachstum immanent. Gleichzeitig legt ein Wachstum, das die Grenzen der möglichen Zuflüsse an Ressourcen überschreitet, die Grundlage für den Untergang von Lebensformen.

Insofern gibt es zwei Möglichkeiten, die Überschreitung der Ressourcengrenzen zu beenden.

Die erste Lösung besteht im Verzicht. Angesichts der in vielen Teilen der Welt herrschenden Armut ist dieser Weg zynisch. Alle Regionen der Welt haben das Recht, ihren Anteil am Wohlstand einzufordern.

Der zweite Weg folgt dem Gedeihen durch Inspiration und Innovation, um Wachstum bei geringerem oder effektiverem Ressourceneinsatz zu ermöglichen, aber auch beispielweise durch Raumfahrt die Möglichkeiten zum Überschreiten aktueller Ressourcengrenzen zu suchen. Es stellt sich die Frage, wie ein nachhaltiges Wachstum erreicht werden kann.

2.5 Geschäftsmodelle und Handlungsmotivationen für den Wandel zum nachhaltigen Wachstum

Das neue Zentrum für Klimaschutz der Boston Consulting Group stellt fest, dass schnelle Fortschritte bei kohlenstoffarmen Technologien einen klaren Geschäftsvorteil für ehrgeizige Anstrengungen zur Reduzierung des CO₂-Ausstoßes schaffen. Geschäftsmodelle bei der Gestaltung eines nachhaltigen Wachstums haben längst ihre Wirtschaftlichkeit bewiesen.

"Die gute Nachricht ist, dass dramatische Emissionsreduzierungen nicht nur möglich sind, sondern auch wirtschaftlich sinnvoll sind.", sagte Michel Frédeau, Global Leader for Climate & Environment bei BCG und Co-Autor einer Publikation zu Geschäftsmodellen im Rahmen des Klimaschutzes.

Festgestellt wurde aber auch, dass diese gewaltige Herkules-Herausforderung die Kraft der Innovation und Inspiration unter Beteiligung aller Akteure der Gesellschaft erfordert und nicht allein durch staatliche Detailplanung und Regulierung gelingen wird. Der Transformationsprozess ist von vielfältigen sozio-ökologischen und sozio-ökonomischen Herausforderungen geprägt.

Diese Aufgabe wird verstärkt durch eine zusätzliche technische Herausforderung.

Die zum nachhaltigen Wachstum notwendige, weltweite Energiewende ist eine holistisch zu betrachtende Herausforderung für die gesamte Menschheit mit neuen Gestaltungschancen für die Bürger, für Stadt und Land sowie Regionen im internationalen Verbund und in der Kopplung aller Energieflüsse, dessen Komplexität nur mit verteilten, zellularen Teilsystemen unter Stärkung subsidiärer Eigengestaltung beherrscht werden kann.

Hierbei bilden globales und gleichzeitig lokales Denken keinen Widerspruch.

Die EU hat diese Herausforderungen erkannt und stellt den Nutzen für den Bürger in den Mittelpunkt aller Anstrengungen. Hierzu fordert die EU-Kommission mit der Richtlinie 2018 zu Erneuerbaren Energien im sogenannten Winterpaket Maßnahmen zur Beförderung von Eigenversorgungslösungen, Eigenversorgungsgemeinschaften im privaten Raum aber auch Energiegemeinschaften im öffentlichen Bereich. Bei der Umsetzung dieser Richtlinie gibt es erhebliche Widerstände mit dem Ziel der Erhaltung bisheriger Strukturen, deren zentrale detailliert geplante technische Vorgehensweisen und langfristig gewachsene Marktstrukturen aber ihre Grenzen offenbaren.

Insbesondere aktuelle Vorschläge der Bundesnetzagentur zur Integration dezentraler, erneuerbarer Energien stellen vorrangig die Zielstellungen der Netze sowie der etablierten Märkte in den Mittelpunkt und negieren die Chancen der Beteiligung von Bürgern, Unternehmen, Kommunen und Regionen. Die Möglichkeiten zur Beherrschung des zukünftig komplexeren Energiesystems durch Flexibilisierung im Sektorenverbund und Energiespeicher, unterstützt durch Digitalisierung, mit neuen Formen dezentraler Architekturen und mit dem aktiven Prosumenten (Produzent und Konsument) werden verkannt.

Die EU-Kommission, andere europäische Länder, wie zum Beispiel Österreich, nutzen diese Möglichkeiten zunehmend proaktiv. Der Prosument soll gestärkt werden, während regulatorische Vorschläge ihn tendenziell schwächen. Die Stärkung des Prosumenten bedeutet schlussendlich, nicht mehr zu regulieren, sondern überbordende technische Regulierung abzubauen und einen motivierenden, unbürokratischen Rahmen für Prosumenten (autonom agierender Akteur, der als Produzent, Konsument, Speicherbetreiber und Energie-Manager agiert) zu schaffen. Insbesondere auf der Ebene der europäischen Kommission ist dies deutlich daran abzuleiten, dass neue Programme den Nutzen für den Prosumenten in das Zentrum rücken müssen und nicht länger die finanzstarken, etablierten Akteure gefördert werden sollen.

Neue innovative Lösungen gestalten autonome und verbundene Energiezellen, nutzen holistische gesamtsystemische Betrachtungsweisen im Sektorenverbund, Energie-Gemeinschaften, fortschrittliche Kommunikationstechnologien wie Blockchain sowie gestalten mit aktiver Partizipation der Bürger und Lokalpolitiker Gebäude, Quartiersverbände, gewerbliche und Industrieareale und demonstrieren ihre Funktion in Reallaboren.

3 Planungsprozesse und generischer Bauplan für Energiezellen

3.1 Architekturentscheidung in C/sells

Die beschriebenen sozio-ökologischen und sozio-ökonomischen Gründe sowie die Herausforderung zur Beherrschung wachsender Komplexität im volatilen, dezentralen, erneuerbaren Energiesystem haben im SINTEG-Schaufenster C/sells zur Entscheidung für eine zelluläre Architektur des Gesamtsystems geführt.

Damit ergeben sich aber auch neue planerische Aufgaben. Energie wird nicht mehr ausschließlich über große Kraftwerke bereitgestellt, sondern Energiekreisläufe sind auch subsidiär in Gebäuden, Stadtquartieren auf Arealen und in Regionen zu planen. Verwaltungen erhalten mit der Aufstellung von Energiekonzepten neue Herausforderungen. Gebäude- und Landschaftsarchitekten haben die Aufgabe, Gebäude- und Landschaftsdesign mit der Spezifikation von Energiekreisläufen sowie von dazu notwendigen Digitalisierungsmaßnahmen zu verbinden. Aber auch die Einbettung in die umgebende Infrastruktur ist zu planen, um die Widerstandsfähigkeit der eigenen Lösung gegen digitale Angriffe einer vernetzten Welt und im Katastrophenfall zu erhöhen.

Daraus ergeben sich drei planerische Bereiche, deren zukünftige Möglichkeiten zuerst in Reallaboren abzubilden sind:

- autonome Energie- und Lebenswelten (SMARTES ENERGIESYSTEM) mit hohem Freiraum gesellschaftlicher und individueller Gestaltung von Gebäuden, Landschaften und Mobilität → AUTONOMIELABS
- verbindende Infrastrukturen (SMART GRIDS) als gemeinsame gesellschaftliche Basis zur Vernetzung von autonomen als auch verbundenen Energie- und Lebenswelten → GRIDLABS
- Bewältigung der ersten beiden Handlungsfelder durch Beteiligung aller gesellschaftlichen Kräfte zur Entfaltung von Motivation, Inspiration und Innovation für den notwendigen Wandel → SYSTEMWENDE.

Die nachfolgende Beschreibung des zellulären Energiesystems zeigt, dass dabei Planungsprozesse für verschiedene Gestaltungsebenen zu entwickeln und die daraus resultierenden Umsetzungen zu demonstrieren sind. Zur Entfaltung vielfältiger Initiativen und Transformationsvorhaben werden deshalb benötigt:

- Impulsgeber, Konzepte und Machbarkeitsstudien
- Werkstätten und Softwarewerkzeug zur Planung, Simulation und Pilotierung
- Reallabore zur Demonstration von Musterlösungen
- Akademien zur Wissensverbreitung, Workshops und Messen
- Supportcenter zur Lösungsfinanzierung sowie für Genossenschafts- und Community-Gründungen
- Netzwerk zur Lösungsverbreitung

Um bei dieser Vielfalt der Partner eine gemeinsame Sprache zu finden, wird eine gemeinsame Sprache zur Beschreibung des zellulären Energiesystems benötigt. Hierzu wurde im Projekt C/sells die nachfolgende generische Beschreibung des zellulären Systems und der dabei genutzten Komponenten entwickelt.

3.2 Begriff der Energiezelle und Einsatzmöglichkeiten

Zur Umsetzung eines intelligenten Energiesystems einerseits als autonomes System und gleichzeitig als Teil einer verbundenen Struktur wird für diese Entität der Begriff **Energiezelle** oder zu Verallgemeinerung einer zellulären Infrastruktur auch der Begriff der **Infrastrukturzelle** eingeführt.

Dazu wird nachfolgend zuerst die Definition des Begriffes Energiezelle eingeführt.

Begriff: Infrastrukturzelle, Energiezelle, Zelle

Definition: von der Umgebung abgegrenztes und gleichzeitig über Schnittstellen verbundenes System aus Komponenten einer Energieinfrastruktur¹⁾ verschiedener Energieformen²⁾ sowie auch weiterer Infrastrukturen der Kommunikation und Logistik, deren Funktionen ein autonomes Zellenmanagement³⁾ mit Optimierung von Angebot und Nachfrage im System über alle vorhandenen Energieformen in Verbindung mit dem Austausch von Produkten und Dienstleistungen über bidirektionale Flüsse von Energie, Stoffen und Information zu physikalischen Nachbarzellen sowie zu nicht lokal definierten virtuellen Marktzellen⁴⁾ ermöglichen

Quelle: C/sells, von VDE ETG/ITG AK Energieversorgung 4.0 abgeleitete und erweiterte Definition

english glossary: infrastructure cell, energy cell, cell

Bemerkung:

¹⁾ z.B. zur Energieinfrastruktur zählen alle Komponenten (**Assets: Schicht A**), die zur Wandlung von Energie, zu Transport und Verteilung sowie zur Speicherung eingesetzt werden.

²⁾ Energieformen umfassen u.a. Elektrizität, Gas, Wärme und Energieträger für Mobilität.

³⁾ Zum Zellenmanagement zählen Anwendungskomponenten der Systemnutzer (Schicht D), Betriebsführung- und Leittechnikkomponenten (**Schicht C**) sowie Digitalisierungskomponenten (**Schicht B**) mit Informations- und Unterstützungsfunktionen (Basiskomponenten), Mess- und Steuereinrichtungen (Zugriffskomponenten) sowie gesicherte Kommunikationskomponenten

⁴⁾ Infrastrukturzellen können zu umfassenderen Infrastrukturzellen über Austausch- und Marktfunktionen (**Schicht D**) verbunden werden. Es gibt somit Zellen auf der gleichen Stufe sowie auf überlagerten und unterlagerten Stufen.

Die Spezifikation des Energiesystems in einer realen Umgebung erfolgt dabei aus verschiedenen Blickwinkeln, die jeweils eine innere und äußere Sicht beinhalten.

Ausgangspunkt ist in der Regel der Blick auf das eigene Objekt mit dem Ziel der Konzipierung eines Energiesystems auf Basis eigener Erzeugungs- und Speicherkapazitäten in Verbindung mit einem Energiemanagementsystem. Die Zielstellung besteht in der Erhöhung des Autonomiegrades in Wohngebäuden, im gewerblichen und öffentlichen Objekten, auf Industriearealen, aber auch in Städten und ländlichen Regionen, um wirtschaftliche Vorteile zu erzielen, Eigengestaltung zu übernehmen, aber auch einen höheren Grad an Versorgungssicherheit im Falle von externen Stromausfällen zu erreichen.

Gleichzeitig wird Versorgungssicherheit auch durch den Verbund mit der Umgebung gewährleistet. Energiegemeinschaften bilden Mittel zur Beförderung des Ausbaues Erneuerbarer Energien, zur Erhöhung von Wirtschaftlichkeit und zur Solidarität in der Gemeinschaft. Dies kann wiederum auf verschiedenen Ebenen lokalen, regionalen, nationalen und globalen Handelns geschehen.

Auf Basis dieser zwei Ansätze verbinden sich lokales und globales Handeln auf verschiedenen Wirkungsebenen. Zur Abgrenzung zwischen eigenem Wirkungsbereich und der Umgebung ist jeweils eine Systemgrenze sowie das Wirken über diese Grenze zu definieren. Als Abbildungsmittel für den eigenen Wirkungsbereich in Abgrenzung zur Umgebung wird nachfolgend der Begriff der Zelle benutzt. Das vertikale Zusammenwirken der Zellen visualisiert nachfolgende Abbildung beispielhaft.

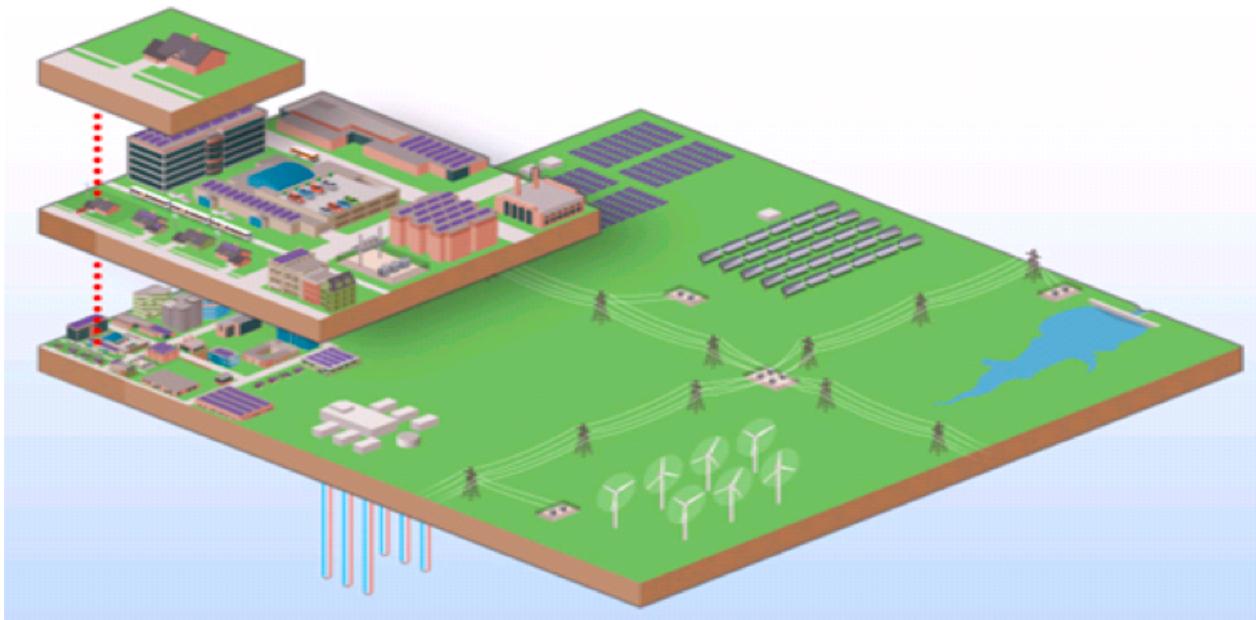


Abb. 1: Beispieltypen von Energiezellen und ihr Zusammenwirken

Zellen werden hier gestaltet im Rahmen privater oder politischer Strukturen als

- Einzelgebäude (Wohnhäuser und kommerzielle Gebäude),
- Stadtquartiere,
- Areale der Industrie oder auch öffentliche Flächen wie Flughäfen,
- ländliche Regionen.

Die Spezifikation von Energiesystemen lässt sich ebenso an vorhandenen, abgegrenzten Strukturen der Stromnetze planen, wie zum Beispiel in

- Verteilnetzbereichen,
- Verteilnetzen,
- Regionalnetzen,
- Regelzonen der Übertragungsnetzbetreiber.

Schlussendlich wirken in all diesen physikalisch abgrenzbaren Zellen virtuelle, also nicht räumlich definierte Marktstrukturen, z.B. als

- Bilanzkreise von Energielieferanten, die in verschiedene der genannten Gebiete liefern,
- virtuelle Kraftwerke, die Energiemengen oder Flexibilität von beliebigen Stromerzeugern in den Gebieten zusammenfassen und gemeinsam vermarkten,
- Energie-Gemeinschaften, die Stromangebote, Speichermöglichkeiten oder Stromverbrauch gebietsübergreifend gemeinsam organisieren und dabei auch neue Methoden der Digitalisierung einsetzen.

Diese gemeinschaftlichen, virtuellen Strukturen können auch als virtuelle Energiezellen betrachtet werden, die über ihre Grenzen hinaus mit den physikalischen Zellen interagieren. Damit ergibt sich eine Organisation horizontaler Interaktionen zwischen gleichartigen physikalischen Zellen (z.B. zwischen Wohngebäuden, Quartieren, Regionen) als auch vertikaler Interaktionen zwischen verschiedenen politischen Strukturen und Netzebenen, aber drittens auch zwischen den physikalischen Strukturen und virtuellen Marktgebieten.

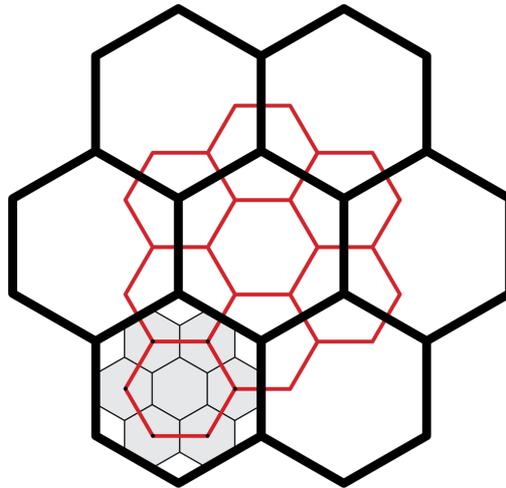


Abb. 2: Horizontale, vertikale und überlappende, virtuelle Organisation von Energiezellen

Bei Betrachtung dieser verschiedenen Zelltypen kann als gemeinsamer Ausgangspunkt einer Planung ein gemeinsames Modell einer Energiezelle genutzt werden, das im nächsten Kapitel eingeführt wird.

3.3 Generischer Bauplan für Energiezellen und ihren Verbund

Um die vom jeweiligen Interessenträger benannten Ziele zu erreichen, benötigt er ein entsprechendes **System**, das in einem Planungsprozess als Energiezelle zu beschreiben ist und durch verschiedene Akteure im Rahmen bestimmter **Anwendungsfälle** genutzt wird.

Das System bildet eine abgegrenzte Struktur, die über Schnittstellen an den Grenzen mit der **Systemumgebung** verbunden ist und durch folgende **Merkmale** beschrieben wird.

Entsprechend nachfolgender Darstellung stellt dieses System eine Struktur von benötigten physikalischen **Infrastrukturkomponenten – Assets - (A)** dar, deren gemeinsame Funktion durch **Betriebskomponenten (C)** gesichert und koordiniert wird, als auch verschiedenen **Austauschkomponenten (D - Mensch oder Maschinen)** zur Verfügung steht.

Funktionen (Operationen) von Komponenten in den Infrastrukturzellen wirken innerhalb des Systems und interagieren über **Schnittstellen** mit Systemen der Umgebung (**Relationen**). Dabei tauschen sie **Nachrichten** auf Basis vereinbarter **Informationsmodelle** aus sowie ändern den Systemzustand (**Eigenschaften**) in der Zeit im **Prozess** der Regelungsfunktionen (**kybernetisches System**).

Das System wird damit auf Basis der **Use Case-Methodik** [C/sells – IOP Teil F. (03/2020)] sowohl als **attributives System** mit seinen Komponenten, Funktionen, Eigenschaften und Relationen, aber auch bezüglich seiner Prozesse zur Regelung des Systems (Energiemanagement, Betriebsführung) als **kybernetisches System** beschrieben.

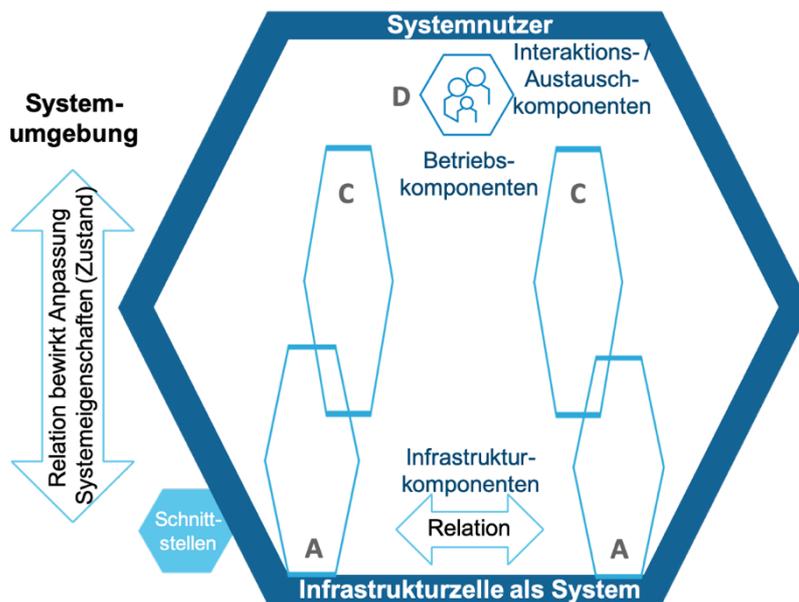


Abb. 3: Definition der Zelle mit Systembegriff und Use Case-Methodik [C/sells – IOP Teil F. (03/2020)]

Wie schon ausgeführt besteht die Zielstellung in der Regel nicht darin, ein von der Systemumgebung vollständig unabhängiges, autarkes System zu schaffen. Somit sind Regeln zur Verbindung von Systemen nach außen zu definieren.

Werden nun ausschließlich Regeln zur Verbindung von Systemen zum Austausch von Energie, Stoffen und Information aufgestellt, ohne neue, gemeinsame Komponenten und Funktionen zu schaffen, entsteht ein sogenanntes **Systemaggregat**, das eine Art Zellverbund bildet.

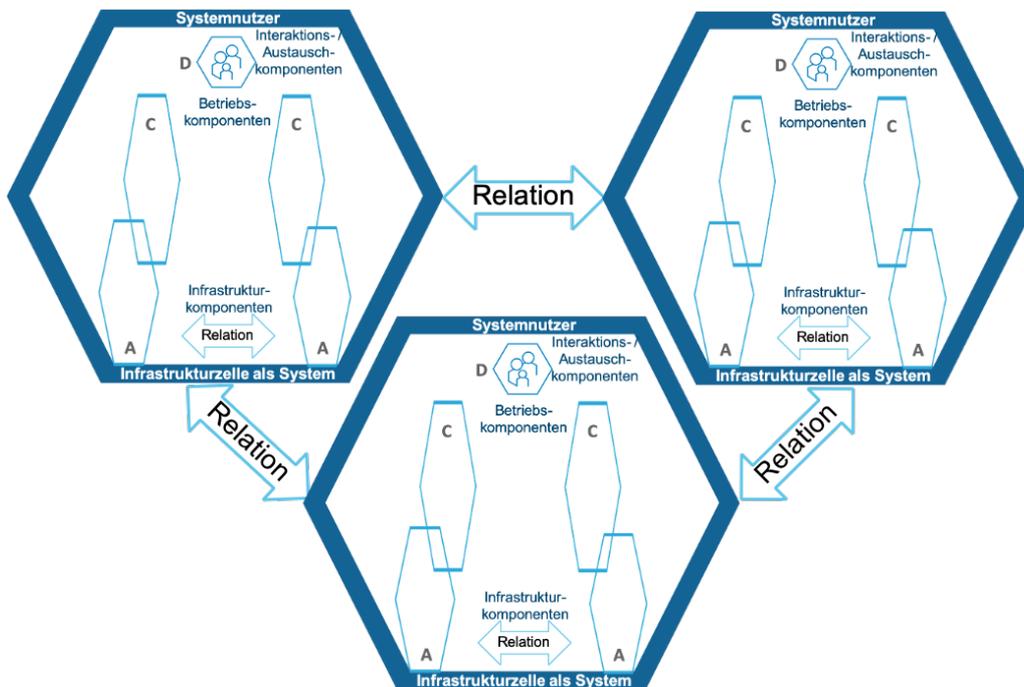


Abb. 4: Systemaggregat

Wird aber durch die Akteure der einzelnen Systeme die Delegation bestimmter Aufgaben an eine einbettende Struktur definiert, womit mindestens eine gemeinsame Komponente benötigt wird, entsteht ein **System aus Systemen**. Zum Beispiel aggregiert ein Energiemanagementsystem eines Stadtquartieres alle Energieflüsse über die Managementsysteme der Gebäude hinaus. Derartige Systemstrukturen sind als fraktale Organisation auch in Form politischer Strukturen über eine beliebige Anzahl von Ebenen bekannt.

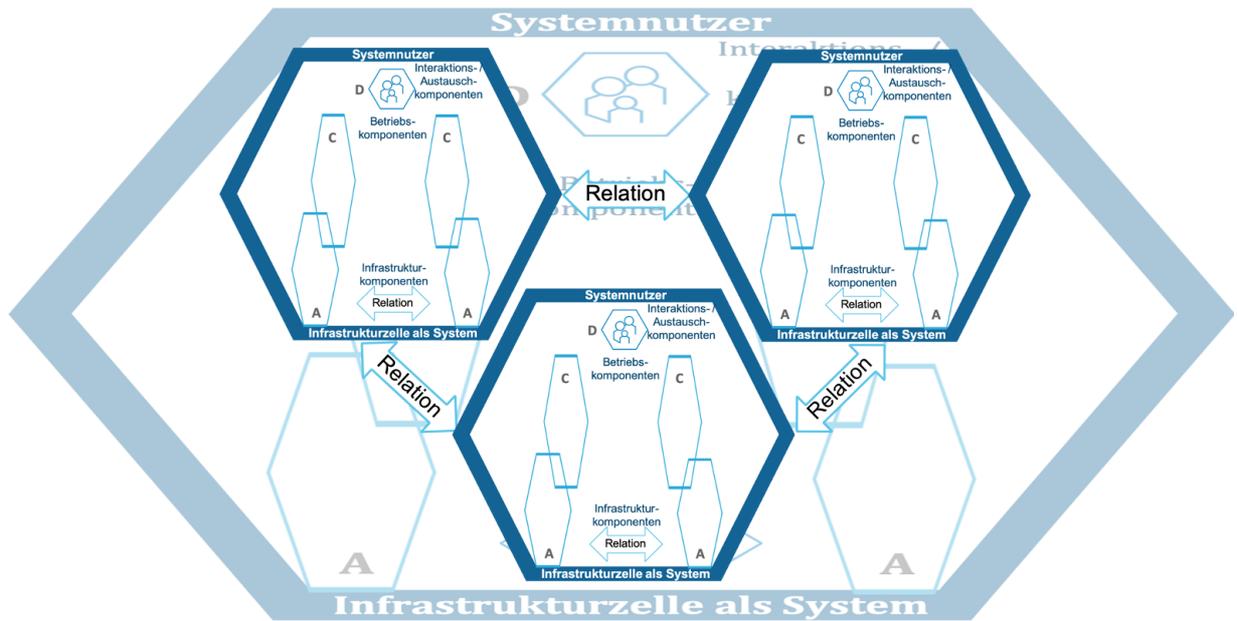


Abb. 5: System aus Systemen

Die millionenfache Vielfalt derartiger, potentieller Systeme, der zunehmende Grad ihrer Vernetzung und neue Organisationsformen zum Beispiel in Energiegemeinschaften, des privaten Austausches von Energie, virtueller Kraftwerke sowie die zunehmende Anforderung, die Infrastrukturen der menschlichen Gesellschaft in die Entwicklung der intelligenten Stadt integrieren, erfordert die Digitalisierung der Energieinfrastruktur. Hierzu wird die vierte Schicht der **Digitalisierungskomponenten (B)** in der Energiezelle definiert.

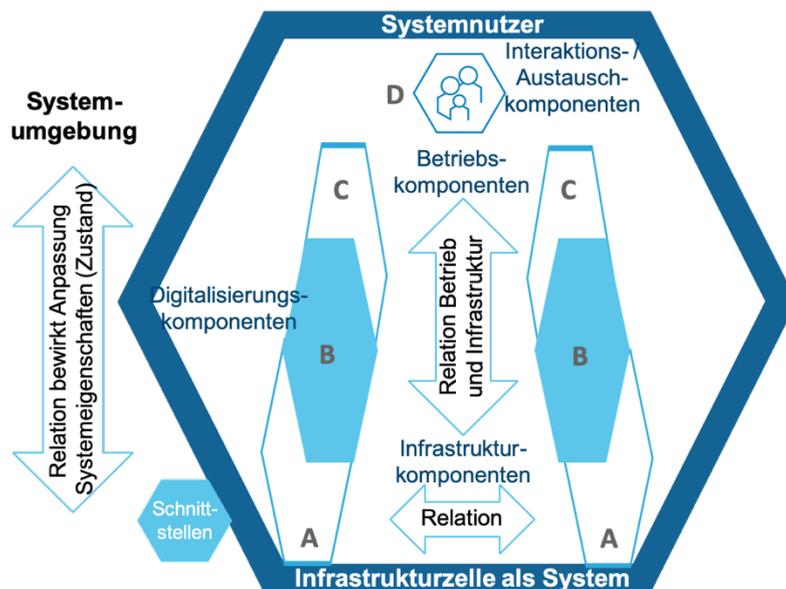


Abb. 6: Systemmodell für die Energiezelle mit vier Komponentenkategorien sowie Digitalisierungsschicht B

Die Inhalte der vier genannten Komponentenschichten lassen sich entsprechend der nachfolgenden Tabelle in gleichartige funktionale Klassen einordnen, die in der Vielfalt der Ausprägungen von Energiezellen (siehe Abb. 1) auf gleichartige Weise benötigt werden.

Sie bieten die Möglichkeit der Kategorisierung und Gliederung beim Erstellen eines Bauplanes für eine spezielle Energiezelle.

D: Interaktionskomponenten		Anwendungen zur Interaktion Mensch oder Maschine für Marktfunktionen und Austausch von Produkten / Dienstleistungen (inkl. Daten) auf Basis von Smart Data für hohen Grad der Partizipation, vielfältiger Eigengestaltung, Planungshoheit und selbstbestimmte Wertschöpfung
C: Betriebskomponenten		Leit- und Managementkomponenten (Betrieb, Station, Feld) als Zell-Manager <ul style="list-style-type: none"> ○ Beobachtung: Datenmonitoring zu Energieflüssen und sonstigen, beeinflussenden Parametern ○ Analyse: Datenverarbeitung, Wissensgenerierung (lernende Systeme) und Entscheidungsalgorithmen ○ Steuerung: Datenerzeugung und Versand zur Steuerung des Verhaltens gewünschter Assets
B: Digitalisierungskomponenten (Infrastrukturinformationssystem – IIS)		Infrastruktur-Informationssystem als Digitalisierungsschale für andere Infrastrukturen (Energie, Logistik, Mobilität) <ul style="list-style-type: none"> ○ B3: Basiskomponenten: Plattformen / verteilte Umgebungen zur Datenverwaltung, Datenschutz und Datenbereitstellung sowohl für eine Zelle als auch für die Interaktionen zwischen Zellen ○ B2: Geschützte Kommunikationskomponenten: Datenübertragung, Informationssicherheit sowohl in der Zelle als auch zwischen den Zellen ○ B1: Geschützte Zugriffskomponenten: an den Assets für Datenerhebung mit Messeinrichtungen (Sensorik) und Datenreaktionen über Steuereinrichtungen (Aktorik)
A: Infrastrukturkomponenten (Assets einer Zelle)		Datenquellen der Energieinfrastruktur jeder Zelle mit <ul style="list-style-type: none"> ○ Energiewandlern zur Generierung und Nutzung von Energie (Elektrizität, Wärme, Gas) als Erzeuger, Speicher und Verbraucher ○ Energienetze zur Ermöglichung der Energieflüsse mit Transportkanälen und Netzbetriebsmitteln

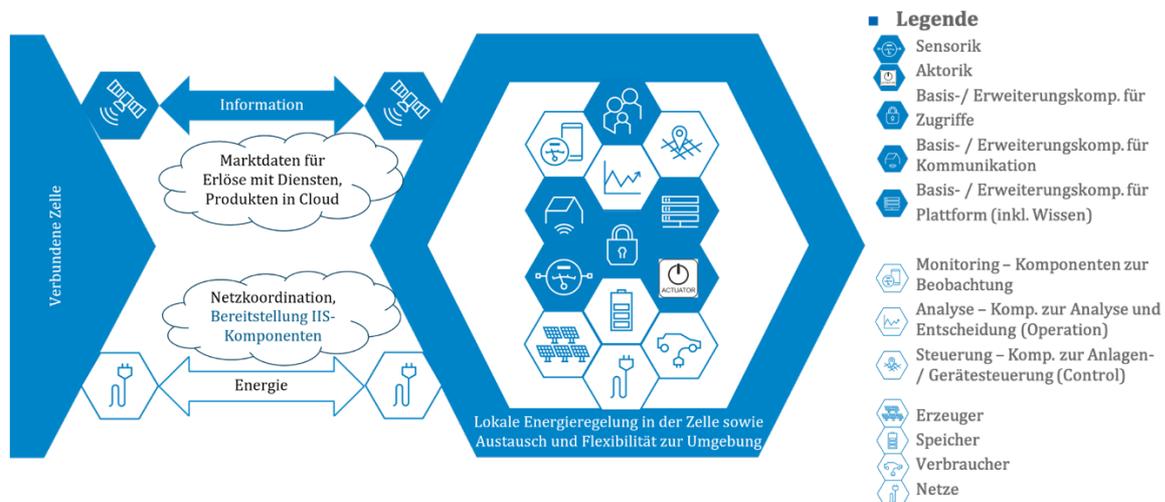


Abb. 7: Bauplan der Energiezelle

Die Steuerbarkeit von Erzeugung und Verbrauch sowie die zeitliche Entkopplung zwischen Erzeugung und Verbrauch auf Basis von Speichermöglichkeiten im **Sektorenverbund von Strom, Wärme und Gas** sowie Energieträger für Mobilität schafft Flexibilität bei Angebot und Nutzung von Energieflüssen.

Der zellulare Ansatz erlaubt sowohl horizontale Verbindungen zwischen gleichrangigen Energiezellen als auch vertikale Verbindungen im Rahmen verschiedener Organisationsebenen. Deshalb wird auch für die integrierende Informationsinfrastruktur in Gestalt des IIS eine Multi-Level-Architektur entsprechend nachfolgender Abbildung vorgeschlagen.

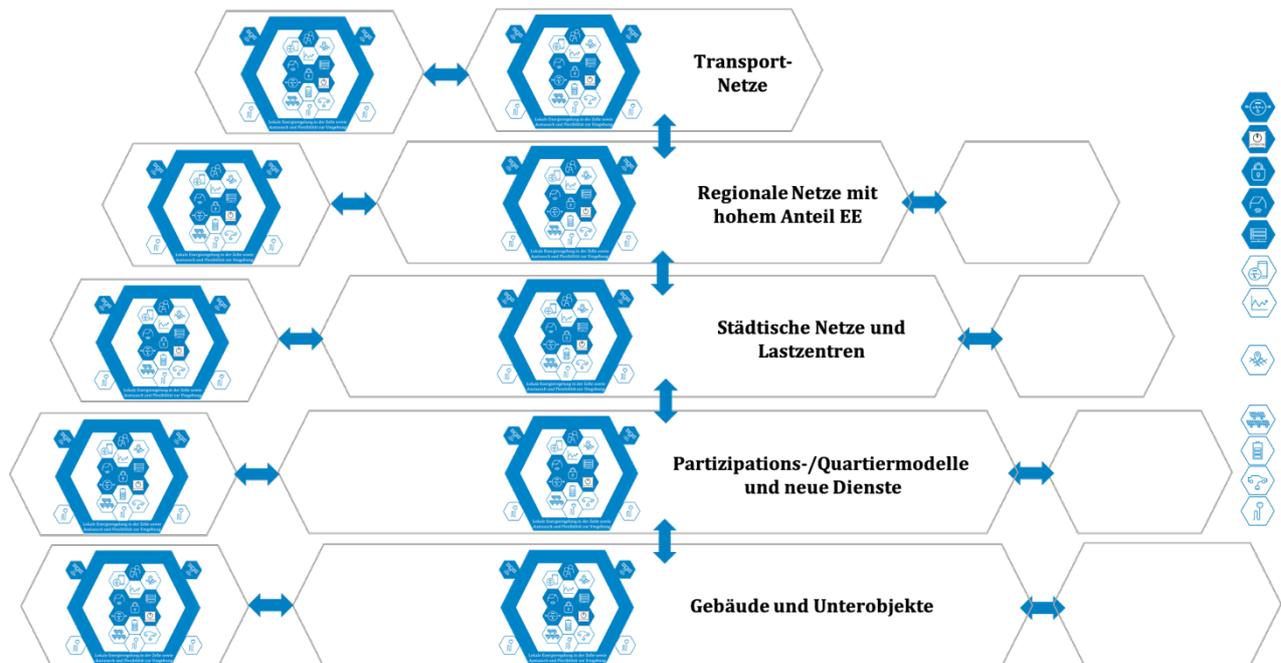


Abb. 8: Multi-Level-Architektur des Energieorganismus mit Infrastruktur-Informationssystem

Auf Basis dieser generischen Vorgehensweise und Gliederungen kann das zelluläre Energiesystem ausgehend von Planungen der einzelnen Interessenträger zu ihren Teilsystemen schrittweise als neues Verbundsystem, dem Energieorganismus entstehen.

Diese Zellen interagieren in zwei Dimensionen als **physikalische, energetisch direkt gekoppelte Zellen horizontal** mit Zellen gleichen Typs (Wohngebäude zu Wohngebäude, Quartier zu Quartier, Verteilnetz zu Verteilnetz, usw.) als auch **vertikal** mit Zellen anderen Typs (Wohngebäude mit Quartier, Quartier mit Verteilnetz, Verteilnetz mit Übertragungsnetz, usw.).

Ausgeprägt werden können auch **virtuelle, informationstechnisch verbundene, Marktzellen**, deren energetische Kopplung zu anderen Zellen indirekt über andere Zellen erfolgt, für Handlungsräume wie Märkte, Energie-Communities oder virtuelle Kraftwerke.

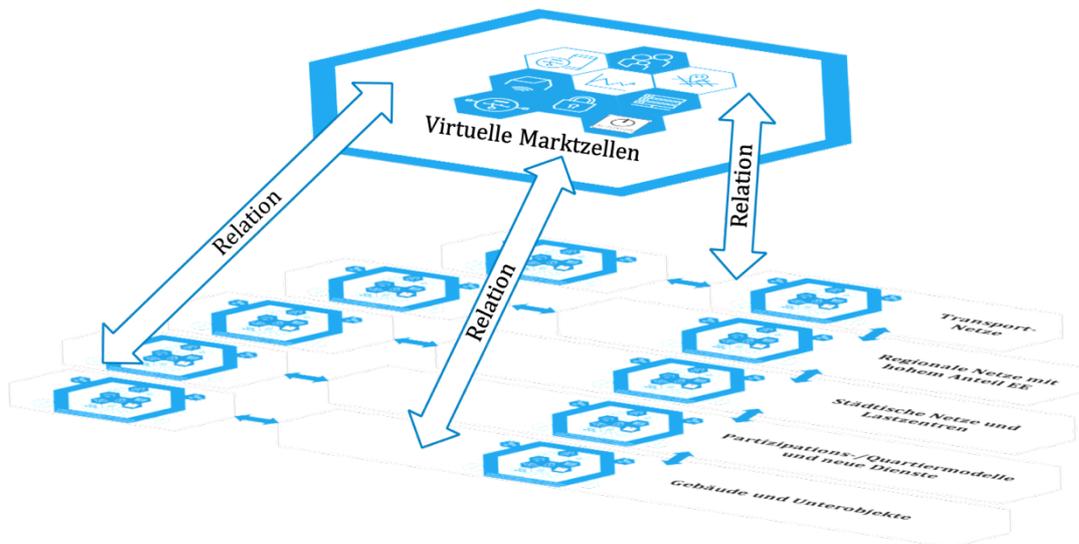


Abb. 9: Typen von Infrastrukturzellen und Dimensionen der Interaktion

4 Gestaltungsbeispiele

4.1 AutonomieLab Leimen

4.1.1 Inselfähigkeit im Gebäudeverbund für den Störfall - *Lab Noir*

Motivation für Gebäude-, Quartiers- und Arealbetreiber

Dezentrale Energiekreisläufe, zellulare Systemkonzepte und Digitalisierung bieten neue Möglichkeiten zur Sicherstellung der Versorgungssicherheit in Gebäuden, Stadtquartieren sowie gewerblichen Arealen und Industriegebieten. In Gebäuden mit erneuerbaren Energieanlagen und Energiespeichern sowie mit Netzersatzanlagen und Gebäudeenergiemanagementsystemen kann bei externen Netzausfällen die Abtrennung des Gebäudes vom Netz aktiv durch das Gebäude selbst erfolgen.

In der Folge wird autark im Gebäude die korrekte Frequenz und Spannung aufrechterhalten sowie der Energiefluss zwischen lokalen Erzeugern, Speichern und Verbrauchern gesteuert. Bei nicht ausreichendem Energie- und Leistungsangebot von Erzeugung und Speicherung kann im Gebäude ein Notbetrieb für die wichtigsten Verbraucher umgesetzt werden, wobei nicht zwingend benötigte größere Verbraucher von der Versorgung getrennt werden können.

Wenn der Energiefluss im externen Netz wieder zur Verfügung steht, erfolgt durch die Netzersatzanlage des Gebäudes wieder die Zuschaltung und die Wiedersynchronisierung zum umgebenden Netz. Dabei erhält das Gebäude über einen zur Sicherstellung von Datenschutz und Informationssicherheit geschützten Kommunikationskanal – CLS-Kanal des Smart Meter Gateways und FNN-Steuerbox - die Meldung, dass das Niederspannungsnetz wieder zur Verfügung steht.

Im Rahmen eines ersten Demonstrationsobjektes als Nachbarschaftsverbund aus zwei Reihenhäusern in Leimen auf der Rudolf-Diesel-Straße bei den Familien Andreas Kießling und Marc Berghaus wurde dieses Verfahren am 22. Mai 2019 beim **Lab Noir** vorgestellt.

Das Thema betrifft jedoch alle Wohnquartiere, gewerbliche Areale, Infrastrukturbetriebe als auch Flughäfen oder Industriegebiete.

Ablauf beim Netzbetreiber Stadtwerke Schwäbisch Hall

Im simulierten Netzbetrieb ging am 22. Mai 2019 gegen 18 Uhr über das Awareness-System Baden-Württemberg (ASBW) in der Verbundleitwarte der Stadtwerke Schwäbisch Hall die Meldung über einen Netzausfall in allen 22 angeschlossenen Verteilnetzen ein. Die im Netzsimulator für den Netzwiederaufbau geschulten Techniker und Schaltungingenieure der Stadtwerke Schwäbisch Hall griffen daraufhin auf den Ablauf "Inselnetzaufbau" zurück. Das Führungskraftwerk nahm den Betrieb auf. Sukzessive wurden ebenso die weiteren Kraftwerke und Abnehmer versorgt. Das Netz Schwäbisch Hall lief in der Folge stabil als Inselnetz, während die beiden Reihenhäuser in Leimen im Verbund über die im Gebäude eingebaute Batterieanlage versorgt wurden.

Im Szenario erfolgte anschließend der Wiederaufbau des Verbundnetzes, woraufhin der Dispatcher über das ASBW die Meldung erhielt, die Leistung zu erhöhen und alle verfügbaren Reserveaggregate hochzufahren. Parallel wurde das Netz wieder synchronisiert.

Durch den Versand eines Signales an die FNN-Steuerbox erfolgte die Meldung, dass das Niederspannungsnetz wieder zur Verfügung steht, womit das Gebäude für den Prozess der Wiedersynchronisierung mit der Umgebung wieder freigegeben wurde.

Bei einem breiten Einsatz eines solchen Netzersatzbetriebs mit einer Wiedersynchronisation auf das Netz könnte der Netzwiederaufbau nach einer größeren Netzstörung wesentlich erschwert werden. Wenn die Wiedersynchronisation unkoordiniert abläuft, sind die Lastflüsse im Netz, das sich noch in der Stabilisierungsphase befindet, kaum vorhersehbar. Im Rahmen des Lab Noir wurde die Wiedersynchronisation

durch den Verteilungsnetzbetreiber gesteuert. Auf diese Weise wandelte sich der Netzersatzbetrieb von einem potenziellen Störfaktor zu einer entscheidenden Unterstützung des Netzwiederaufbaus.

Im Rahmen des Projekts C/sells wird dieser Zustand zur Führung des Energiesystems in einer begrenzten Energiezelle bei Ausfall der Elektrizitätsversorgung in der Umgebung „Schwarz-/Blauphase“ genannt- in Abgrenzung zu den drei Ampelphasen bei Bestehen des Gesamtsystems.

Motivation für Anbieter von Solaranlagen und Energiemanagementsystemen

Für Anbieter von Solaranlagen ist eine funktionierende Inselnetzfähigkeit insbesondere vor dem Hintergrund der Optimierung des Eigenverbrauches erzeugten Solarstromes interessant. Nach Auslaufen der EEG-Förderung wird die Bedeutung der Gestaltung von Autonomie und Eigenverbrauch in Gebäuden, Quartieren und Arealen als Energiezellen wachsen. Gleichzeitig autonome und verbundene Energiezellen können die Versorgungssicherheit erhöhen sowie neue Handlungsmöglichkeiten in der Energie-Community hervorbringen. Das zusätzliche Angebot zur Autarkie im externen Störfall verstärkt das Leistungsangebot der Anbieter von Solaranlagen und Energiemanagementsystemen.

Nach Herstellerangaben wird inzwischen mehr als jede vierte PV-Anlage mit einem inselnetzfähigen Wechselrichter installiert. Somit werden Produkte bereitgestellt, die sowohl den zeitweiligen, autarken Betrieb und den schrittweisen Wiederaufbau des Verbundnetzes unterstützen als auch den Betreibern von Liegenschaften und Anlagen neue Chancen beim Einsatz des Solarstromes in Gebäuden sowie bei der Interaktion mit Energiemärkten und Energienetzen bieten.

Im Rahmen der Demonstration Lab Noir wurde die begrenzte Autarkie bei externem Spannungsausfall durch jeweils ein Energiemanagementsystem pro verbundenes Gebäude ermöglicht. Dabei übernahm der integrierte Batteriespeicher, der über die auf dem Hausdach installierte PV- Anlage gespeist wird, die Versorgung beider Reihenhäuser.

Ziel war es, in der Übergangsphase des Netzausfalles möglichst lange die Versorgung in beiden Gebäuden zu gewährleisten. Deshalb wurden an den im Gebäude benötigten Verbrauchern Sensoren eingebaut, die den Leistungsbedarf sekundlich erfassten und diese Information den Energiemanagementsystemen zur Begrenzung und Priorisierung des Leistungsbedarfes bereitstellten. Somit wurde die zeitliche Staffelung der Gerätenutzung unter den Bedingungen einer Leistungsgrenze im Notfallbetrieb ermöglicht.

Der Geräteeinsatz, die bezogenen Leistungen und der Speicherstand wurden durch das Energiemanagementsystem auf smarten Endgeräten (Computer, Tablett, Smartphone) dargestellt. Der Nutzer erhielt hiermit die Möglichkeit, die Priorisierung der Gerätenutzung zu beeinflussen. Mittels der Sensoren konnte das Energiemanagementsystem ebenso Beginn und Ende des externen Ausfalles erkennen und somit die Phase des Notbetriebes starten und auch wieder beenden.

Eine Integration eines solchen speziellen Energiemanagementsystems für den Inselnetzbetrieb im Rahmen einer Lösung für die Eigenstromoptimierung im Smart Home kann der Schlüssel für ein effizientes und attraktives Angebot einer solchen Lösung auch für kleinere Gebäude und Privathaushalte sein. Das prioritätenbasierte Energiemanagement und die modulare Realisierung im Open Source-Framework OGEMA stellen somit eine wesentliche Weiterentwicklung gegenüber bestehenden Lösungen dar.

Folgende **Zelltypen und Zellgrenzen** werden mit dem Vorhaben Lab Noir und in der zugehörigen Weiterentwicklung zum AutonomieLab Leimen adressiert.

- Gebäudezellen mit informationstechnischen Schnittstellen zu Energiemanagementsystemen und intelligenten Messsystemen
- Gebäudeverbund mit gemeinsamem Netzanschluss und informationstechnischer Schnittstelle zum Netzbetreiber

- Verteilnetz mit IIS-Komponenten intelligente Messsysteme, Gateway-Administration und Plattform für aktive Energiemarktteilnehmer
- Regelzone TransnetBW für vertikale Einbindung in Abstimmungskaskade

Die drei in [Abb. 9](#) genannten **Dimensionen der Verbindung von Energiezellen** werden entsprechend nachfolgender Abbildung umgesetzt.

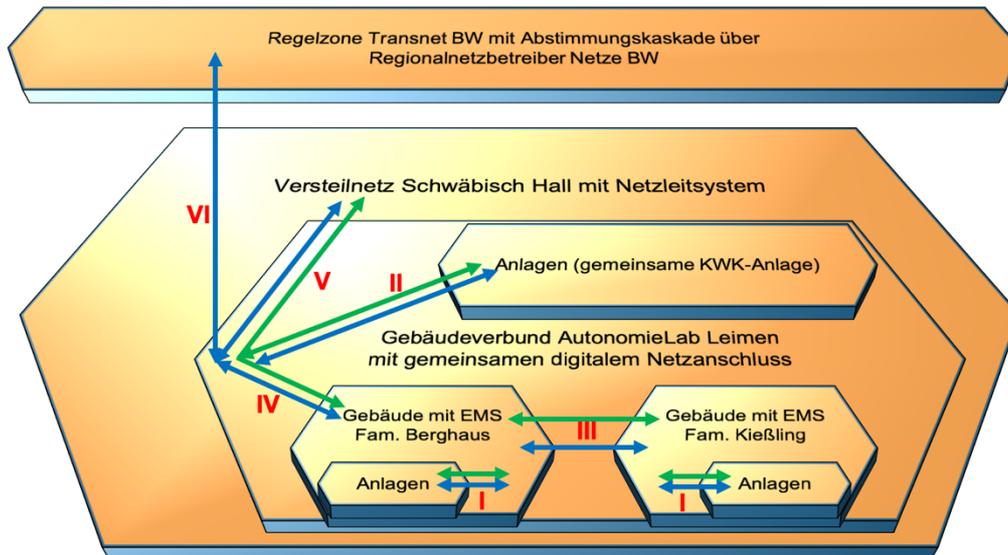


Abb. 10: Zelltypen und Integration im Autonomie Lab Leimen

Dabei sind folgende energietechnischen Schnittstellen (grüne Pfeile) und informationstechnischen Schnittstellen (blaue Pfeile) ausprägen.

- I - Integration von Anlagen / Geräten in Gebäudezellen
- II - Integration von Anlagen in Gebäudeverbund
- III - horizontale Integration von Gebäudezellen über Energiemanagementsysteme zum Austausch von Flexibilität
- IV - vertikale Integration von Gebäudezellen im Gebäudeverbund (Wohnquartier) zur gemeinsamen Nutzung einer KWK-Anlage und eines gemeinsamen Netzanschlusses
- V - vertikale Integration von Netzanschluss des Gebäudeverbundes in Verteilnetz
- VI – vertikale Verbindung zur Regelzone über Regionalnetzbetreiber zur Einbindung in Abstimmungskaskade

4.1.1 Digitaler Netzanschluss und autonomes Energiemanagement - *Lab Hybrid*

C/sells Autonomie Lab Leimen als Blaupause für Novellierung des §14a EnWG und des §9 EEG

- *Digitaler Netzanschluss und autonomes Energiemanagement: Autonomie Lab Leimen demonstriert praktische Umsetzbarkeit der Steuerbarkeit am Netzanschlusspunkt mit dem EEBUS Standard und der neuen VDE 2829-6*
- *C/sells Partner Stadtwerke Schwäbisch Hall, VIVAVIS AG, Schleupen AG, Fraunhofer IEE und die KEO GmbH sowie Andreas Kießling (energy design) erzielen technischen Erfolg mit dem digitalen Netzanschluss auf Basis einer Initiative der Stadtwerke München*
- *Interoperabilität und Skalierbarkeit: Mit Markteinführung einer sicheren Kommunikationseinrichtung in Kombination mit der FNN Steuerbox wird die Beeinflussung des Strombezuges und der Einspeisung auch für Gebäude möglich*

Im Rahmen des Förderprojektes C/sells zeigten die Projektpartner erstmals eine Lösung für die Praxis zu den aktuellen Erweiterungen des §14a des Energiewirtschaftsgesetzes (EnWG), dessen Entwurf voraussichtlich zum Jahresende 2020 veröffentlicht wird, und des aktuellen Entwurfs zur Novelle des §9 des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) vom September 2020. Digitaler Netzanschluss und autonomes Energiemanagement bilden dabei eine Lösung für die interoperabel durchgängige Steuerung einer Liegenschaft mit Smart Meter Gateway (SMGW), digitaler Steuerbox des Netzbetreibers und mit lokalem Energiemanagementsystem (EMS) im Gebäude.

Als Demonstrationszelle dient das Autonomie Lab in Leimen, welches über die entsprechenden Erzeugungsanlagen (z.B. Solaranlage) und flexible Verbraucher (z.B. Ladeeinrichtung) verfügt. Eingesetzt wurde eines der ersten verfügbaren Muster der VIVAVIS Steuerbox nach dem FNN-Standard inklusive der digitalen EEBUS-Schnittstelle zusammen mit dem SMGW von der PPC AG, einem Energiemanagementsystem von Fraunhofer IEE sowie einer Wallbox von Mennekes. Die Kommunikation zwischen allen beteiligten Komponenten basiert auf der auch aus C/Sells mitgestalteten VDE 2829-6, einer Anwendungsregel für die Kommunikation am Netzanschlusspunkt, welche auf den EEBUS Spezifikationen und einer Initiative der Stadtwerke München basiert. Die hierzu im Gebäude des Prosumenten und Projektentwicklers Andreas Kießling (energy design) umgesetzte Lösung ist damit der erste Praxistest der neuen VDE-Anwendungsregel und zugleich der erste Anwendungsfall des zum Jahresende 2020 veröffentlichten FNN-Lastenheftes zur Steuerbox.

Über interoperable Prozesse der Systemarchitektur wurden neben der Beeinflussung der Erzeugungs- und Verbrauchsleistung durch die Leitwarte von Stadtwerke Schwäbisch Hall auch die Inselfähigkeit bei externer Störung getestet (Lab Noir im Kap. 4.1.1) und damit der Nachweis angetreten, dass Prosumenten dem Netzbetreiber mit verfügbarer, standardisierter Technik Flexibilität bereitstellen können. Das lokale Energiemanagementsystem im Gebäude gewährleistet durch Steuerung der einzelnen Geräte und Anlagen die

Einhaltung der gewünschten Leistungswerte am Netzanschlusspunkt, ohne dass der Netzbetreiber auf einzelne Geräte zugreifen muss.



Abb. 11: Steuerbarkeit am Netzanschluss des Gebäudes, vom Netz zum digitalen Netzanschluss über das lokale Energiemanagementsystem bis zum Elektrofahrzeug

Vom Haus, zur Straße, zum Quartier – C/Sells schafft Standardisierung und Technik für die Energiewende

Die Steuerbarkeit der Leistung am Netzanschluss, ist nicht nur für eine einzelne Liegenschaft wichtig: Seitens der Netzbetreiber wird vermehrt nach Lösungen für Quartiere gefragt, welche sich aus Liegenschaften mit unterschiedlichsten Verbrauchs- und Erzeugungseigenschaften zusammensetzen. Mehrere Liegenschaften mit Solaranlagen erzeugen einen Überschuss an Strom, welchen der Netzbetreiber zuerst lokal ausgleicht. Die aktuelle VDE 2829-6 beschreibt auch, wie der Netzbetreiber über die Steuerbox der Liegenschaft an Energiemanagementsysteme in Gebäuden einen vorhandenen Stromüberschuss im lokalen Netz signalisiert und Anreize gibt, die Leistungsaufnahme des Gebäudes durch das Einschalten flexibler Verbraucher und Speicher zu erhöhen. So kann über Häusergrenzen hinweg das Elektroauto mit höherer Leistung laden oder die Wärmepumpe bereits vor der ursprünglich geplanten Zeit den Wärmespeicher füllen.

Weitere Demonstrationszellen in C/sells haben gezeigt, dass marktgetriebene, vorausschauende Mechanismen im Zusammenwirken von Flexibilitätsanbietern mit Flexibilitätsplattformen zur Stabilisierung der Netze beitragen können. Digitaler Netzanschluss und autonomes Energiemanagement bilden Mechanismen zur Abgrenzung der Selbstbestimmung innerhalb des Gebäudes von regulierten Maßnahmen zum Netzanschluss an der Grenze des Gebäudes. Die Verfahren sollen nun schrittweise in der EEBUS Initiative spezifiziert und anschließend in die VDE 2829-6 übernommen werden. Zusammen mit der in Leimen gezeigten Eingriffsmöglichkeit des Netzbetreibers, als Lösung bei kritischen Netzsituationen, hat C/sells mit der Blaupause einen wesentlichen Beitrag für die zukünftigen, intelligenten Stromnetze geleistet.

Vorschlag für Blaupause zum digitalen Netzanschluss in einer Gebäudezelle

„Partizipation durch Recht auf Eigenversorgung und autonome Gestaltung auf Basis von Innovationen und technischen Normen sowie verbindende, aber nicht verhindernde rechtliche Regeln - all das konnten wir im Autonomie Lab Leimen erfolgreich zeigen!“ Andreas Kießling

Die Demonstration Lab Hybrid im Autonomie Lab Leimen wird im Rahmen des SINTEG-Programmes als Blaupause für einen digitalen Netzanschluss vorgeschlagen, um sowohl systemdienliches Verhalten am Netzanschluss eines Gebäudes als auch Autonomie der selbstbestimmten Gestaltung von Energieflüssen im Gebäude zu ermöglichen (**hybrides Verhalten einer Gebäudezelle**).

Die insbesondere durch die C/sells-Partner **Stadtwerke München** und **EEBUS-Initiative** als **VDE-Anwendungsregel** in einem DKE-Normungsgremium vorangetriebene Lösung ist ein Vorschlag für die aktuellen Gesetzgebungsprozesse zum EEG und EnWG zur praktischen Ausgestaltung eines interoperablen, steuerbaren und digitalen Netzanschlusses.

Digitaler Netzanschluss und autonomes Energiemanagement bieten Netzbetreibern die Möglichkeit zur flexiblen Netzführung im Niederspannungsbereich unter den Bedingungen dezentraler Stromerzeugung. Vorgaben zu Leistungsflüssen können vom Netzbetreiber über Plattformen zur Koordination der Energiemarktteilnehmer an den digitalen Netzanschluss von Liegenschaften übersendet werden. An der Steuerbox endet der Verantwortungsbereich des Netzbetreibers mit der Übergabe von Leistungswerten.

Das kundenseitige Energiemanagementsystem gewährleistet auf Basis dieser Information die maximal beziehbare oder die maximal einzuspeisende Leistung und sorgt für deren Einhaltung. Dazu wird beispielsweise der Ladestrom eines Elektrofahrzeugs über die Wallbox reduziert oder erhöht.

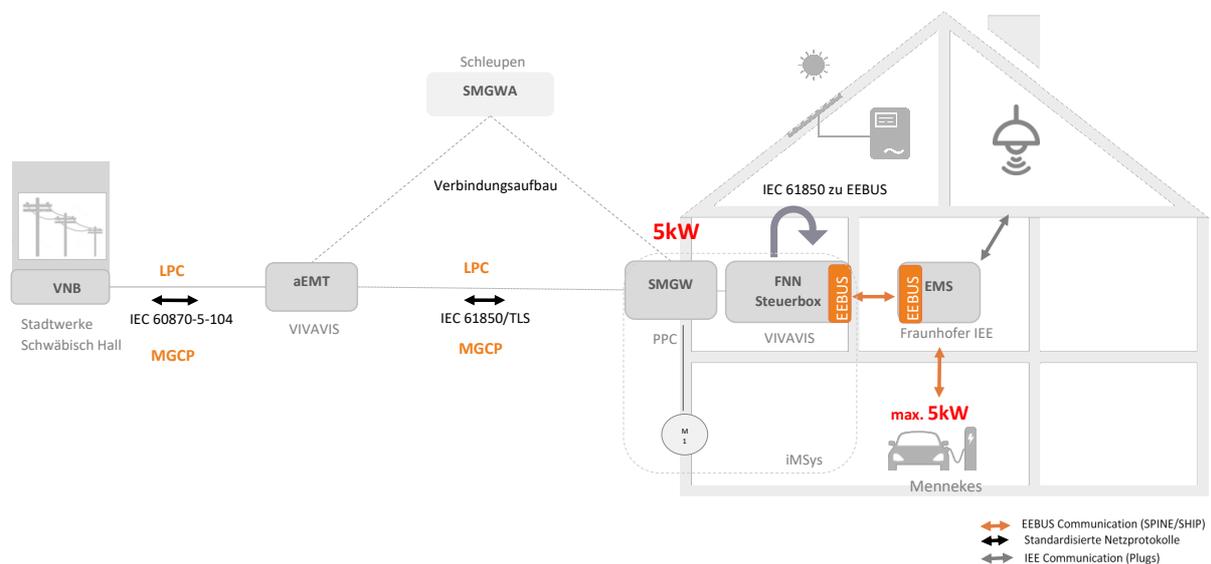


Abb. 12: Systemarchitektur – Autonomie und Systemdienstleistungen mit digitalem Netzanschluss

Vereinte Kompetenz, vom Netzbetrieb über die Steuerbox bis hin zum Energiemanagement

Das Schaufensterprojekt C/sells bot einer großen Anzahl von Partnern aus Forschung, Industrie und Netzbetrieb eine optimale Basis, um die vielfältigen Interessen und Anforderungen der verschiedenen Stakeholder rund um die Energieversorgung der Zukunft abzubilden. Auch hier war in der Zusammenarbeit diverser Partner mit vielseitigen Kompetenzen eine ganzheitliche Lösung möglich.

Zitat Dr. David Nestle, Leiter des C/sells-Teilvorhabens am Fraunhofer IEE:

„In der Niederspannungsversorgung sehen wir eine wachsende installierte Leistung an dezentraler Erzeugung aus Photovoltaik sowie an Verbrauchern mit hoher Leistung wie Ladesäulen und Wärmepumpen. Damit gewinnt die Steuerbarkeit der Leistungsaufnahme auch in der Niederspannungsversorgung für den Netzbetreiber an Bedeutung. Zugleich möchten die Nutzer selbst entscheiden und Prioritäten setzen, durch welche Zu- und Abschaltungen die Vorgaben lokal umgesetzt werden. Das Energiemanagement des Fraunhofer-Institutes IEE bringt diese Anforderungen zusammen und bietet durch die Anbindung über den CLS-Kanal des SMGW zugleich die notwendige Sicherheit bei der Umsetzung, die sowohl aus Sicht des einzelnen Nutzers als auch für den Betrieb des Netzes als Ganzes entscheidend ist. Das EMS kann unter Bewahrung der jeweiligen Effizienzziele im Gebäude

die Steuerungsinformationen des Netzes in der Liegenschaft auf Basis selbstbestimmter Prioritäten des Gebäudenutzers umsetzen.“

EEBUS - Standardisiertes Kommunikationsprotokoll und Anwendungsfälle

Die EEBus Initiative e.V. arbeitet aktiv in den relevanten Normungsgremien mit. Sowohl in Arbeitskreisen des DKE und in den Task Forces des Bundesamts für Sicherheit der Informationstechnik (BSI), als auch im Forum Netztechnik Netzbetrieb (FNN) ist die Initiative mit ihren Experten vertreten. Besonders für die netzbezogenen Anwendungen wurde innerhalb der Initiative eine Arbeitsgruppe aufgesetzt, in welcher interdisziplinäre Experten aller relevanten Gewerke an der Spezifizierung der Anwendungsfälle arbeiten.

Zitat Ralph-Ino Prümm, Leiter Produktmanagement EEBus e.V.:

„Netzbetreiber müssen die Leistung am lokalen Netzanschluss beeinflussen können, egal ob Verbrauch oder Einspeisung. Am Ende interessiert es einen Netzbetreiber nicht, wie und welche Geräte in einer Liegenschaft verbaut sind. Einzig die Wirkung auf den Netzanschluss ist in der kumulierten Sicht, z.B. der eines Gebäudes oder Straßenzuges, entscheidend. Die hierfür zwingend erforderliche standardisierte Kommunikation setzen wir bei der EEBus Initiative zusammen mit unseren Mitgliedsunternehmen um. Unsere Lösungen mit realen Geräten und Systemen haben wir mit unseren Projektpartnern erfolgreich testen können.“

Ein großer Fortschritt der Standardisierungsarbeiten zum EEBUS zeigt sich in den, vor kurzem zur öffentlichen Kommentierung vorgelegten, VDE-Anwendungsregeln der Reihe VDE AR-E 2829-6. Hierin sind alle wichtigen Aspekte von technischen Standards für Datenaustausch, Datenmodelle, Sicherheitsanforderungen bis hin zur konkreten Umsetzung beschrieben. Die Kommunikation mit dem EEBUS Datenmodell SPINE (Smart Premises Interoperable Neutral-Message Exchange) über das standardisierte Transportprotokoll SHIP (Smart Home IP) bildet die Grundlage. Die Veröffentlichung der Anwendungsregeln ist zum Jahreswechsel 2020/2021 geplant.

Zitat Jörg Schmidtke, Gremien und Förderprojekte, VIVAVIS AG:

“Mit der erstmalig durchgängig automatisierten Anwendung einer Leistungslimitierung über ein intelligentes Messsystem und die FNN konforme Steuerbox der VIVAVIS wurde die Einsatzreife der SMGW für Steuerungsaufgaben belegt. Wir hoffen damit einen positiven Beitrag zur Diskussion der Mehrwerte rund um das das intelligente Messsystem geliefert zu haben.“

Digitaler Netzanschluss und autonomes Energiemanagement sind Ausgangspunkt weiterer, sowohl netz- als auch marktbezogener Anwendungsfälle. Dazu zählen beispielsweise der Austausch von flexiblen Tarifen oder Prognosedaten, die aktuell innerhalb der EEBus Initiative spezifiziert und somit baldmöglichst als standardisierte und interoperable Anwendung öffentlich verfügbar gemacht werden.

Zitat Peter Breuning, Abteilungsleitung Netzleittechnik Stadtwerke Schwäbisch Hall:

“Erlauben sie mir bitte eine Projektion des digitalen Netzanschlusses in das Jahr 2050: Millionen von derartigen Netzanschlüssen bilden intelligente Zellen im Netz der Verteilnetzbetreiber, mittlerweile sind wir in Deutschland in der Energiewelt bei Redispatch 5.0; weltweit haben Elektroautos die Verbrenner abgelöst. Die Netzeinspeisung in Deutschland und im Europäischen Netz besteht überwiegend aus Kraftwerken mit regenerativer Energie, Blockheizkraftwerke werden mit Wasserstoff betrieben, alle Kohlekraftwerke haben den Weg der Dinosaurier angetreten. Der Netzbetreiber sendet an jede Zelle Fahrpläne (Prosumentenprofile für Strombezug und Einspeisung am Netzanschluss des Gebäudes), wie seit 2021 beim Redispatch 2.0. Die Zelle reagiert auf die Fahrpläne und regelt den Bedarf der Zelle gemäß lokalem Angebot und Nachfrage. Bei Bedarf werden Anpassungen der Prosumentenprofile zwischen der jeweiligen Zelle und dem Netzführungssystem automatisiert abgestimmt. Bei Netzausfällen ist ein lokaler Inselbetrieb in jeder Gebäudezelle sowie ein gezielter

Netzwiederaufbau nach Beseitigung der Störung möglich. Mein Fazit lautet – lieber einen Euro für zukunftssträchtige Lösungen investieren, als alle paar Jahre die Straßen aufzugraben und die Netze zu verstärken!“

Partner

Über VIVAVIS AG:

Die VIVAVIS AG ist Lieferant intelligenter Systemlösungen im Bereich der Energiewirtschaft und Ihr Ansprechpartner für eine effiziente Digitalisierung rund um Netze, Metering, Quartiere und Wasserwirtschaft. Wir sind verlässlicher Partner für Energieversorger, Industrie, Wohnungswirtschaft, Kommunen sowie andere Versorgungsunternehmen für die Integration digitaler Technologien in eine vorhandene Infrastruktur – national wie international. Ganz gemäß unserer Philosophie „smart, simplistic, visionary“ gestalten wir Lösungen, die sich umfassend in das vorhandene Umfeld einfügen und leicht ergänzen lassen.

Entstanden ist die VIVAVIS AG aus der Fusion der vier Technologie-Unternehmen VIVAVIS GmbH, IDS GmbH, GÖRLITZ AG sowie Erwin Peters Systemtechnik GmbH. Das Produktportfolio der neuen VIVAVIS AG umfasst Energiemanagementsysteme, Geoinformationssysteme, Automatisierungs- und Prozessleittechnik, Lösungen rund um Zählerfernauslesung, Smart Metering, Submetering und IoT-Technik sowie Netzleit- und Fernwirk-Technik. Mit dem gebündelten Know-how der über viele Jahre am Markt agierenden Experten aus unserem Unternehmen bieten wir unseren Kunden kreative, zukunftssichere IoT-Lösungen aus einer Hand.

Unsere Komplettlösungen können sparten- und funktionsübergreifend beliebige Daten empfangen, qualifizieren, überwachen, steuern, regeln, aufbereiten und verständlich kommunizieren. Dies umfasst Betriebsmitteldaten über georeferenzierte, sicherheitskritische Daten bis hin zu Messdaten aus Zähler-, Submetering- oder IoT-Infrastrukturen. Mehr als 10.000 Kunden vertrauen bereits auf die breite Produktpalette der VIVAVIS AG und das branchenübergreifende Fachwissen unserer Mitarbeiter und profitieren somit von größtmöglichem Mehrwert.

www.vivavis.com

Über Fraunhofer IEE:

Das Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik IEE in Kassel forscht für die Transformation der Energiesysteme. Es entwickelt Lösungen für technische und wirtschaftliche Herausforderungen, um die Kosten für die Nutzung erneuerbarer Energien weiter zu senken, die Versorgung trotz volatiler Erzeugung zu sichern, die Netzstabilität auf hohem Niveau zu gewährleisten und die Energiewende zu einem wirtschaftlichen Erfolg zu führen. Unternehmen aus den Branchen Energieversorgung, Netzbetrieb, Energieelektronik, Energieinformatik, Windenergie, Photovoltaik, Bioenergie und Investment bieten wir ein reichhaltiges, an die Bedürfnisse unserer Kunden anpassbares, Portfolio von Leistungen, Know-how und Produkten.

www.iee.fraunhofer.de

Über Stadtwerke Schwäbisch Hall:

Die Stadtwerke Schwäbisch Hall GmbH, ein innovativer Netzbetreiber und Dienstleister, versorgt in Schwäbisch Hall und angrenzender Gemeinden rund 70.000 Einwohner mit Energie. Derzeit speisen Kraftwerke mit einer Leistung von rund 180 MW bei einer maximalen Netzabgabe von 70 MW ein. Aktuell wird im Rahmen vom Projekt Grid Radar und der Einführung von Redispatch 2.0 ein Forecast von 36 Stunden für die Netzsicherheit im Mittel- und Niederspannungsnetz implementiert. Des Weiteren tauscht die Verbundleitwarte mit ihren vorgelagerten Netzbetreibern auf elektronischem Weg Daten über die aktuelle Netzsituation aus, der Datenaustausch bei der Kaskade erfolgt über eine Kopplung der Netzführungssysteme. Der bisherige unsichere Weg via E-Mail ist damit Geschichte. Wichtig war die Umsetzung, da die Verbundleitwarte die Dienstleistung Meldestelle und Netzführung für 21 Stadtwerke in Deutschland durchführen.

www.stadtwerke-hall.de

Über EEBUS:

Die EEBus Initiative e.V. verfügt über mehr als 60 Mitglieder, die in allen Bereichen des vernetzten Haushalts, der Elektromobilität, der Energie und der intelligenten Geräte die führenden Interessenvertreter sind. Die Mitglieder arbeiten in verschiedenen Arbeitsgruppen zusammen, um die standardisierte und gemeinsame Sprache für die Interoperabilität der angeschlossenen Geräte zu entwickeln – EEBUS. Smart Heating, Elektrofahrzeuge, Photovoltaiksysteme, Smart Home Systeme, Energiemanager und andere Geräte können so schon heute nahtlos über das lokale Energiemanagement kommunizieren.

www.eebus.org

Über KEO:

KEO ist der führende EEBUS Software Integrator. Mit den EEBUS Software Stacks verbindet das Unternehmen energierelevante Geräte mit Energiemanagementsystemen und dem Netz. Die Softwarelösungen von KEO basieren auf verschiedenen Technologien, sind herstellerunabhängig und auf verschiedene Bereiche zugeschnitten. Die Produkte und Dienstleistungen von EEBUS treiben die Integration einer gemeinsamen Sprache für Energie voran, die eine nahtlose Kommunikation ermöglicht. Neben Connectivity-Stacks bietet KEO Testwerkzeuge und -umgebungen rund um die EEBUS-Spezifikationen an.

www.keo-connectivity.com

Über Andreas Kießling (energy design & management consulting):

Andreas Kießling hat in Dresden Physik studiert und lebt im Raum Heidelberg. Er beteiligt sich als Freiberufler und Autor an der Gestaltung nachhaltiger Lebensräume und zugehöriger Energiekreisläufe. Dies betrifft Themen zu erneuerbaren und dezentral organisierten Energien auf Basis der Digitalisierung. Veröffentlichungen als auch die Aktivitäten zur Beratung, zum Projektmanagement und zur Lehre dienen der Gestaltung von Energietechnologie, Energiepolitik und Energieökonomie mit regionalen und lokalen Chancen der Landschaftsentwicklung in einer globalisierten Welt.

www.energieorganismus.de

4.1.1 Zielstellung und Systemaufbau

Entsprechend der im Kap. 3.3 stattgefundenen Einführung zum Komponentenmodell wird nachfolgend die Zielstellung des Vorhabens eingegrenzt und bezüglich der zu vier Schichten zugeordneten Komponenten abgebildet.

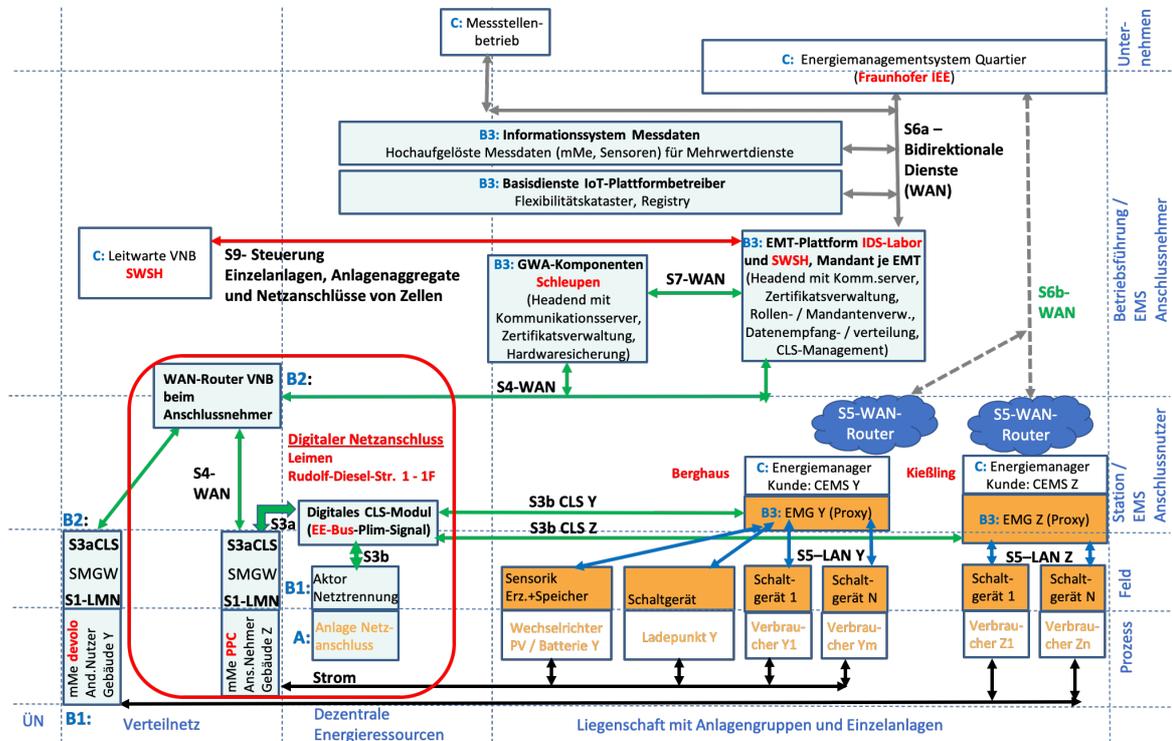


Abb. 13: Komponentenmodell in der Energiezelle des Autonomie Lab Leimen

Im Falle des C/sells-Vorhabens zum Autonomie Lab Leimen wird die Organisation der Energieflüsse innerhalb von zwei Gebäuden einer Quartierszelle aus sieben Reihenhäusern betrachtet. Zwei der Gebäude werden mit einem Energiemanagementsystem ausgestattet und können im Falle externer Netzausfälle vom Netz getrennt und zur Insel zusammengeschaltet werden (**Lab Noir**).

Für den Normalbetrieb werden die Gebäude mit einem digitalen Netzanschluss ausgestattet. Dies erlaubt in Verbindung vom sicheren Kommunikations-Gateway, von Steuerbox und Energiemanagementsystem sowohl die Bereitstellung von Flexibilität durch die Gebäude an den Netzbetreiber als auch das autonome Energiemanagement in den Gebäuden. Bei Leistungsproblemen im externen Netz hat der Netzbetreiber somit die Möglichkeit, Leistungslimitierungssignale sowohl für Bezug als auch für die Einspeisung der Gebäude zu versenden.

Dies verwirklicht das zelluläre Konzept in der Wechselwirkung von Autonomie und Systemdienlichkeit (**Lab Hybrid**).

Es werden innerhalb des Gebäudeverbundes insbesondere betrachtet:

- zur Komponentenkategorie **A** das System aus Photovoltaik-Erzeugung (**PV**) und Batteriespeicher, der Ladepunkt sowie die Verbraucher im Haus Berghaus (Y) als auch die Verbraucher im Haus Kießling (Z)
- zur Komponentenkategorie **B2** der WLAN-Router in Zuständigkeit des VNB beim Anschlussnehmer
- zur Komponentenkategorie **B** intelligente Messsysteme, bestehend je Gebäude Y und Z aus SMGW (**B2**) und moderner Messeinrichtung (**B1**), wobei Gebäude Z einen Zweirichtungs-Messeinrichtung für Messung von Einspeisung und Bezug benötigt sowie SMGW Haus Z als Bestandteil der Strecke WLAN-

Router, SMGW, digitale CLS-Steuerbox beim Anschlussnehmer dient und weitere SMGWs den Anschlussnutzern zugeordnet sind

- zur Komponentenkategorie **B2** die digitale Steuerbox (CLS-Modul) des Anschlussnehmers zu Entgegennahme des Leistungsbegrenzungssignales über die CLS-Schnittstelle des SMGW des Anschlussnehmers
- zur Komponentenkategorie **B1** Aktorik des Netzbetreibers zur Abtrennung und Wiedereinschaltung des Netzanschlusses als Teil des digitalen Netzanschlusses
- zur Komponentenkategorie **B1** weitere Sensorik im Wechselrichter von PV und Batterie zum Monitoring von Erzeugung, Speicherung und Speichernutzung als auch Sensorik und Schaltgeräten zur Bestimmung der Leistungsaufnahme der einzelnen Verbraucher sowie die im Schaltgerät integrierte Aktorik zur Zu- und Abschaltung von Einzelgeräten jeweils im Haus Y und im Haus Z
- zur Komponentenkategorie **B3** Energiemanagement-Gateways der Anschlussnutzer als Proxy zwischen CLS-Netz und LAN der Gebäude jeweils in Haus Y und Haus Z
- zur Komponentenkategorie **B3** Plattform für aktive Energiemarktteilnehmer und GWA bei Verteilnetzbetreiber (für Autonomie Lab Leimen die Stadtwerke Schwäbisch Hall)
- zur Komponentenkategorie **C** Energiemanagementsysteme jeweils im Haus Y und Haus Z, installiert auf Energiemanagement-Gateways (Fraunhofer-Plattform OGEMA)
- zur Komponentenkategorie **C** Energiemanagementsystem des Quartieres zur Abstimmung zwischen den Gebäuden zur Einhaltung der vorgegebenen Leistungsgrenze am Netzanschluss des Anschlussnehmers
- zur Komponentenkategorie **C** Leitwarte des VNB zur Übergabe von Leistungsbegrenzungen über die aktive EMT-Plattform an den digitalen Netzanschluss des Anschlussnehmers

4.2 Quartierszelle FRANKLIN connected

4.2.1 Energiemanagement und Flexibilität - *FRANKLIN connected powerful*

Motivation

So groß wie die gesamte Mannheimer Innenstadt soll es werden – das Stadtquartier »FRANKLIN«, das derzeit auf einem Areal der Universitätsstadt im Zentrum der Metropolregion Rhein-Neckar entsteht. Die Vision ist eine integrierte, energieeffiziente Quartiersentwicklung mit erneuerbaren Energien. Die Stadt Mannheim treibt das nachhaltige Quartierskonzept auf 144 Hektar Fläche voran. Dabei soll Energie mit Innovation und der Kraft der Gemeinschaft verbunden werden – und eine umweltfreundliche Nachbarschaft entstehen.

Die Konversionsfläche bietet aufgrund der neu entstehenden Infrastruktur die Möglichkeit, eine Energiezelle mit autonomen Eigenschaften zu bilden. In diesem Stadtquartier simuliert und testet die MVV das Energiesystem der Zukunft, indem die Sektoren Strom, Wärme und Mobilität miteinander verknüpft werden. Die Digitalisierung liefert hierfür die notwendigen Werkzeuge: Eine IoT-Plattform (Internet of Things – die Verknüpfung der realen Welt über das Internet) wird implementiert, um die verschiedenartigen Infrastrukturkomponenten im Quartier – Gebäudesysteme, Energieanlagen, Mess- und Steuerungssysteme sowie Anwendungen zum Energiemanagement – miteinander zu verbinden.

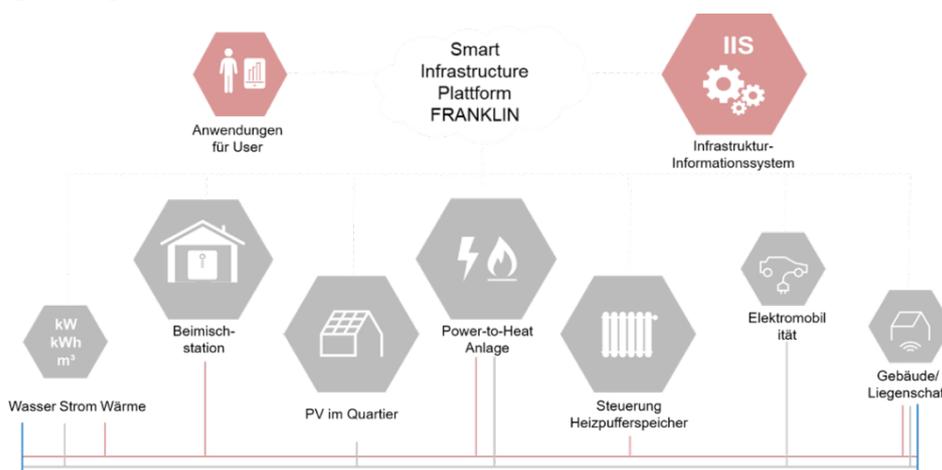


Abb. 14: Schlaglichter zum neuen Stadtquartier Franklin in Mannheim

Grundlage der Plattform ist der flächendeckende Einsatz intelligenter Messsysteme. Das nahezu in Echtzeit erfolgte Monitoring schafft nicht nur für den Quartiersbetreiber Transparenz, sondern auch für die Bewohner. Weiterhin wird die Erkennung von Flexibilitätspotenzialen beim Energieeinsatz möglich. Die MVV schafft die Basis für ein modernes, zukunftsweisendes Quartier, indem sie Mehrwertdienste und innovative Dienstleistungen anbietet.

Mit dem Ziel, Flexibilität nutzbar zu machen, baut MVV die Ladeinfrastruktur für Elektromobilität aus und schafft eine smarte Wärmезelle. Dabei soll gezeigt werden, wie Wärme aus regenerativen Quellen lokal sinnvoll in das Nahwärmenetz eingebunden und bedarfsorientiert verteilt werden kann. Dazu erfolgt der Einsatz von mit Photovoltaik gekoppelten Power-to-Heat-Anlagen sowie die Steuerung der Wärmeaufnahme in Wärmespeicher der Gebäude.

Die MVV schafft die Basis für ein modernes Stadtquartier, indem sie Flexibilität bereitstellt sowie Mehrwertdienste und innovative Dienstleistungen anbietet.

Flexibilität im Wärmenetz mit Wärmespeicherschwarm

Die Wärmeerzeugung im Mannheimer Stadtquartier FRANKLIN basiert auf einem Niedertemperatur-Nahwärmenetz, das über eine Beimischstation mit dem Hochtemperatur-Fernwärmenetz der Stadt gekoppelt ist. Insbesondere in Zeiten geringer Wärmeabnahme – beispielsweise im Sommer – kann die Temperatur an den Endpunkten des Netzes aufgrund geringer Wärmedurchflüsse absinken. Zugleich erhöht sich die zeitliche Trägheit des Wärmenetzes. Ein zu geringer Wärmefluss im Netz führt dazu, dass neu erzeugte Wärme zeitlich stark verzögert an Gebäuden ankommt.

Problematisch wird dies, wenn die Temperatur am Hausanschlusspunkt, hinter dem ein Wärmespeicher angeschlossen ist, unter die Mindesttemperatur für die Trinkwasseraufbereitung fällt. Durch eine gezielte Wärmeaufnahme in den Wärmespeichern kann der Durchfluss erhöht werden. Die Wärmespeicher fungieren hierbei wie eine Batterie. Die Wärme wird zunächst aus dem Netz in den Speicher übertragen und danach an die Verbraucher wie Heizung und Trinkwassererwärmung abgegeben.

Die Wärmespeicher sollen im Schwarm eingesetzt werden, um im Netz eine Wirkung analog zum Großspeicher erzielen zu können. Hierfür werden die Speicher mit Mess- und Steuereinrichtungen ausgerüstet und über das Kommunikationssystem des Wärmenetzes mit dem Wärmemanagementsystem verbunden.

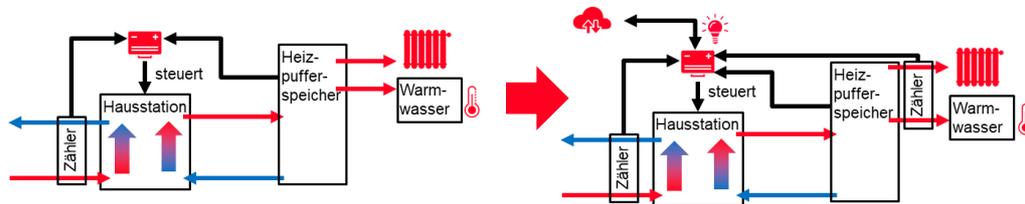


Abb. 15: Steuerung von Wärmespeichern und Hausstationen

Auf Grundlage eines Leitsystems zum umfassenden Energiemanagement im Stadtquartier, das das Wärmemanagement beinhaltet, wird die Steuerung der Wärmespeicher gekoppelt mit der Steuerung des Betriebs von Photovoltaik-Anlagen (PV) und Anlagen zur Strom-Wärme-Umwandlung. Zu niedrige Temperaturen im Wärmenetz können durch zusätzliche Wärmeeinspeisung in Verbindung mit der Steuerung der Wärmespeicher ausgeglichen werden. Die PV-Anlagen liefern den dazu notwendigen Strom.

Weiterhin wird es mit der Einführung intelligenter Wärmemesseinrichtungen möglich sein, das Verbrauchsverhalten im Wärmenetz zu analysieren und so zukünftig die Ansteuerung der einzelnen Gruppen von Wärmespeichern durch die Anwendung künstlicher Intelligenz zu optimieren.

Flexibilität durch Strom-Wärme-Kopplung

Zur Unterstützung der Flexibilität des Wärmenetzes und zur Erhöhung des Anteiles der Erneuerbaren Wärmeerzeugung werden zwei Systeme jeweils aus einer PV-Anlage und einer Power-to-Heat-Anlage errichtet. Der Begriff Power-to-Heat (P2H) steht für die direkte Umwandlung von Erneuerbaren Strom zu Wärme. Somit wird im Quartier die Anlagenbasis zur Schaffung einer autonom geregelten und mit dem weiteren Stadtnetz verbundenen Wärmezelle geschaffen.

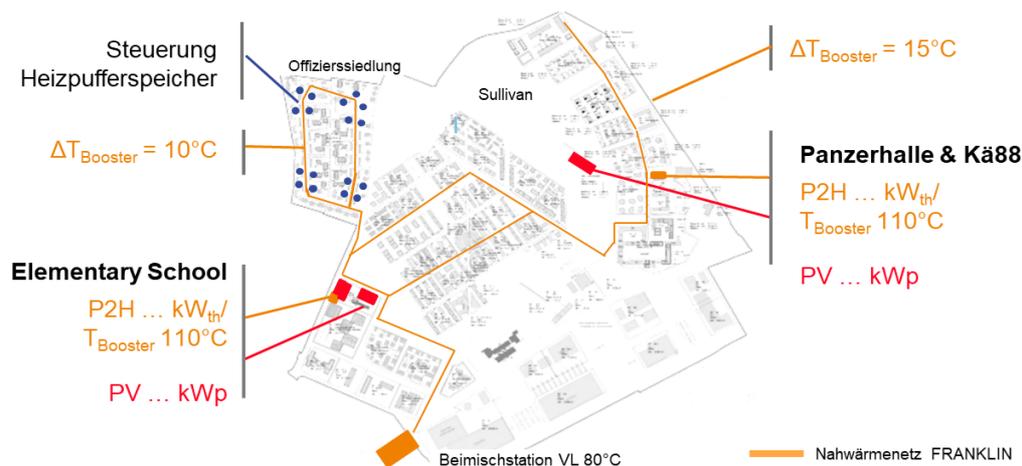


Abb. 16: Kombination von Photovoltaik und Power-to-Heat stellt Flexibilität für Wärmenetz

Die innerhalb dieser Wärmezelle erzeugte Wärme soll zunehmend bilanziell aus Erneuerbaren Energien stammen. Deshalb wird der von PV-Anlagen erzeugte Strom nicht primär vermarktet, sondern weitgehend lokal für den Betrieb der P2H-Anlagen eingesetzt. Dabei liefern die PV-Anlagen den Strom zuerst an die P2H-Anlagen zur Einspeisung in das Wärmenetz aufgrund zu niedriger Temperaturen.

In Zeiträumen ohne Bedarf wären die P2H-Anlagen ausgeschaltet und der PV-Strom, würde in das externe Stromnetz eingespeist. Mittels Energiemanagement im Quartier in Verbindung mit der Steuerung der Wärmespeicher können die P2H-Anlagen auch ohne Wärmebedarf eingeschaltet werden. In diesem Falle wird die hohe Speicherfähigkeit des Wärmenetzes genutzt, um den Strom trotzdem lokal zu verbrauchen. Die zusätzliche Wärme lässt sich flexibel für spätere Bedarfe der Wärmenutzer speichern. Andererseits kann im Falle überschüssiger Wärmeeinspeisung auch der Wärmezufluss vom externen Fernwärmenetz zum Nahwärmenetz reduziert werden. Eine zukünftige Steuerung der Beimischstation als Übergabestelle erhöht dann den Anteil der Erneuerbarer Wärmeerzeugung im Stadtquartier zusätzlich.

Die Flexibilität in der Wärmeerzeugung ermöglicht auch die zum Betrieb erforderliche Stromerzeugung der PV-Anlagen flexibel zu planen sowie überschüssige Energie und Flexibilität zu vermarkten. Dabei wird in der Umsetzungsphase die Steuerbarkeit der Stromaufnahme der P2H-Anlagen genutzt, um am Regelenergiemarkt teilzunehmen.

Flexibilität für die Ladeinfrastruktur im Quartier

Auf dem Gebiet des Mannheimer Stadtquartieres FRANKLIN wird eine öffentliche Ladeinfrastruktur errichtet. Im ersten Schritt werden dazu zwölf Ladesäulen aufgebaut. Es handelt sich überwiegend um Stationen mit einer Ladeleistung von 22 Kilowatt. Für deren Einsatz wird die Garantie ausgesprochen, dass die Maximalleistung jederzeit an allen Stationen zur Verfügung steht. Somit steht die Option eines marktgetriebenen Lastmanagement der Ladeinfrastruktur zur Quartiersoptimierung sowie zur Bereitstellung von Flexibilität für den Netzbetreiber in der Gelbphase der Netzampel nicht zur Verfügung.

Die Herausforderung besteht also darin, bei kritischen Netzsituationen aufgrund maximaler Ladeleistung aller Ladesäulen flexible Verbraucher anzusteuern, die die Möglichkeit zur Leistungsbegrenzung als Systemdienstleistung bereitstellen.

Die für die Ladeinfrastruktur benötigte Flexibilität kann durch mit PV-Anlagen und dem Wärmenetz gekoppelte Power-to-Heat-Anlagen als auch durch die Energiemanagementsysteme flexibler Gebäude im Quartier bei entsprechenden Netzsituationen bereitgestellt werden. Damit kann die maximal benötigte Ladeleistung jederzeit garantiert werden. Dies ermöglicht das Energiemanagementsystem des Stadtquartieres, das die

Leistung flexibler Anlagen prognostiziert sowie mit den Energiemanagementsystemen der Gebäude im Austausch steht.

Eine Herausforderung bleibt, dass die Ladeleistung an öffentlichen Ladepunkten kaum prognostizierbar ist, weshalb das System in Echtzeit auf Leistungsänderungen reagieren muss. Dies begrenzt auch die Vermarktbarkeit der Flexibilität entsprechender Anlagen und Gebäudenetzanschlüsse.

Die Verbindung zwischen Anlagen und Energiemanagement im Stadtquartier, dem Energiemanagement in den Gebäuden sowie der externen Vermarktung von Flexibilität als Regelleistung unter Berücksichtigung der Leistungsanforderungen der Ladesäulen zeigt nachfolgende Abbildung. Flexibilität kann durch die Energiemanagementsysteme (GEMS) der Gebäude, aber auch durch die Aggregation der Anlagenkombinationen – insbesondere PV in Verbindung mit P2H – durch das Energiemanagementsystem (QEMS) im Stadtquartier bereitgestellt werden. Das QEM-System nutzt die Flexibilität zur Regelung des Wärmenetzes in Verbindung mit den Wärmespeichern (WS), zur Vermarktung von Regelleistung (REL), aber auch zur Entlastung des Stromnetzes bei maximalen Leistungsbedarf der Ladeinfrastruktur.

Um Flexibilität außer für Regellenergie auch auf parallel existierenden Märkten vermarkten zu können, werden durch das Energiemanagementsystem bestimmte Flexibilitätspotentiale im Flexibilitätskataster bereitgestellt.

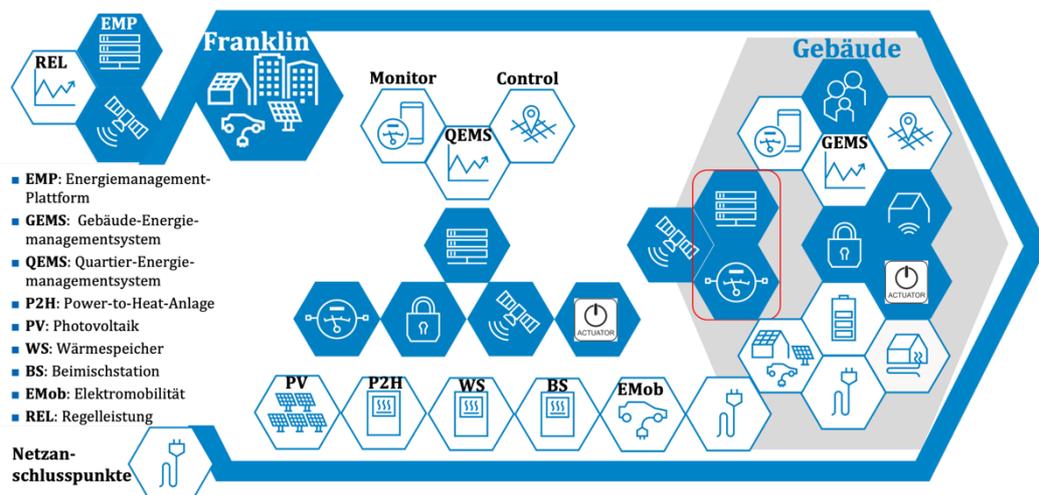


Abb. 17: Energiemanagement im Stadtquartier FRANKLIN

Monitoring der Energieflüsse – Basis von Energieeffizienz

Digitalisierung im Stadtquartier FRANKLIN bedeutet, mittels einer Plattform für das Internet der Dinge (Verknüpfung der realen Welt über das Internet) die Infrastrukturen für Energie, Mobilität, Information und Kommunikation mit Gebäuden, Energieanlagen, Einrichtungen zum Messen und Steuern sowie Systemen zum Gebäudemanagement zu verbinden.

Wichtige Grundlage dafür ist die flächendeckende Einführung moderner Messeinrichtungen (**mMe**). Der Datenschutz gewährleisten dabei die Smart Meter Gateways (**SMGW**) als geschützte Kommunikationseinrichtung. Der Messstellenbetreiber (**MSB**) der MVV Energie AG ermittelt den Verbrauch von Strom, Wärme und Wasser, aber auch im Quartier erzeugten Strom und Wärme. Über den geschützten Kommunikationskanal landen die Zählerdaten im Minutentakt beim zertifizierten Betreiber einer geschützten Plattform zur Datenerhebung und Weiterleitung. Hierbei wird sichergestellt, dass der Betrieb nach den Richtlinien des Gesetzgebers und des Bundesamtes für Sicherheit in der Informationsverarbeitung erfolgt.

Die vom Energienutzer freigegebenen sowie die im öffentlichen Raum erhobenen Daten werden von dieser Plattform an eine sichere Cloud-Infrastruktur der MVV zum Monitoring der Energieflüsse im Stadtquartier

weitergeleitet. Damit entstehen Mehrwertdienste zur Erhöhung der Energieeffizienz sowohl für die Bewohner und Nutzer in den Gebäuden als auch für den Betreiber der Smart City-Infrastruktur im Stadtquartier.

Die sichere Datenplattform des Infrastrukturbetreibers ist ebenso Basis der Verwendung von Messdaten zur Energieabrechnung und Vermarktung sowie den Prozessen zur Flexibilitätsbestimmung und für Prognosen als auch zur Steuerung von Anlagen über den sicheren Steuerungskanal (CLS). Auf dieser Grundlage wirkt das Energiemanagementsystems von ABB zur effizienten Führung der Energieflüsse im Stadtquartier. Mit dieser Plattform demonstriert die MVV eine konkrete Form der Umsetzung des Infrastruktur-Informationssystems von C/sells im Rahmen der Entwicklung eines Stadtquartieres als Energiezelle.

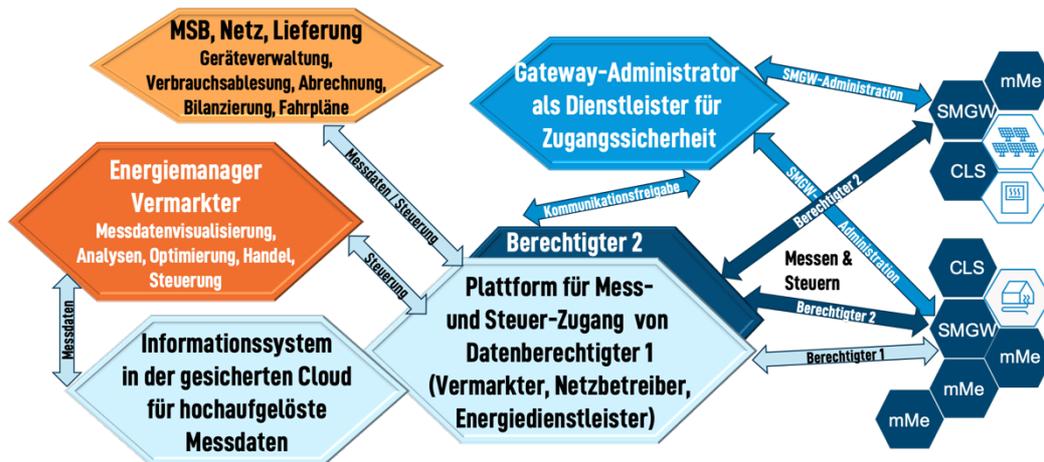


Abb. 18: Architektur der FRANKLIN-Infrastruktur für intelligente Messsysteme

4.2.1 Zelluläre Architektur und Systemaufbau

Der **zellulare Ansatz** in C/sells wird im Rahmen der Stadtquartiersentwicklung mit einem zweistufigen Konzept der Organisation von Energiezellen im Sektorenverbund von Elektrizität und Wärme umgesetzt. Der Fokus wird dabei auf die Prozesse zum lokalen Energiemanagement in den Gebäudezellen sowie auf die Marktintegration von Energieüberschüssen und Flexibilität aus der Quartierszelle Franklin gerichtet.

Dieses Konzept wird ergänzt durch die genannte IoT-Plattform - der „Smart Infrastructure Plattform“ im Quartier, wobei diese Umgebung wiederum in folgende zwei Ebenen gegliedert wird:

- unterstützende **Informationsinfrastruktur** (zellbezogenes **Infrastruktur-Informationssystem**) sowie
- Komponenten zum **lokalen Energiemanagement** zur effizienten Organisation der Energieflüsse im Quartier zuzüglich lokaler Energiemanagementsysteme in den Gebäuden.

Mit dieser Lösung können sowohl Gebäude-Energiemanagementsysteme als auch Einzelanlagen (PV-Anlagen, Power-to-Heat-Anlagen, Heizpufferspeicher, Ladepunkte der Elektromobilität sowie Beimischstationen) Energieüberschüsse und Flexibilität sowie hochwertige Systemdienstleistungen im Stadtquartier bereitstellen. Die Smart Infrastructure Plattform nutzt diese zusätzliche Flexibilität aus dem Verbund von Strom und Wärme, um die Energieflüsse im Stadtquartier effizient und damit kostengünstig bei Nutzung erneuerbarer Energien zu regeln. Mittels hochauflösender Messung der Energieflüsse wird Energienutzung transparent, um Energieeffizienz zu befördern.

Schlussendlich können Energieüberschüsse und Flexibilitätspotentiale des Stadtquartieres durch die Gestaltung einheitlicher Prozesse und Schnittstellen auch über verschiedene regionale und überregionale Handlungsmöglichkeiten an Markt- und Netzakteure vermarktet werden. Dies unterstützt das C/sells-Ziel zur Erschließung neuer **Handlungsräume** unter **Partizipation** vielfältiger Akteure, hier insbesondere unter Beteiligung der **Vielfalt** von Bewohnern und Nutzern des Stadtquartieres.

Ebenso kann die zellulare Ausgestaltung den zellularen Netzbetrieb unterstützen und ist somit auch Beitrag zur lokalen Versorgungssicherheit.

Folgende **Zelltypen und Zellgrenzen** werden mit dem Vorhaben in Mannheim FRANKLIN adressiert.

- Gebäudezellen mit informationstechnischen Schnittstellen zu Energiemanagementsystemen und intelligenten Messsystemen
- Quartierszelle FRANKLIN mit Energiemanagementsystem und Sektorkopplung von Elektrizität und Wärme
- Regelzone des zuständigen Übertragungsnetzbetreibers zur Lieferung von Regelenergie

Die drei in **Abb. 19** genannten **Dimensionen der Verbindung von Energiezellen** werden entsprechend nachfolgender Abbildung umgesetzt.

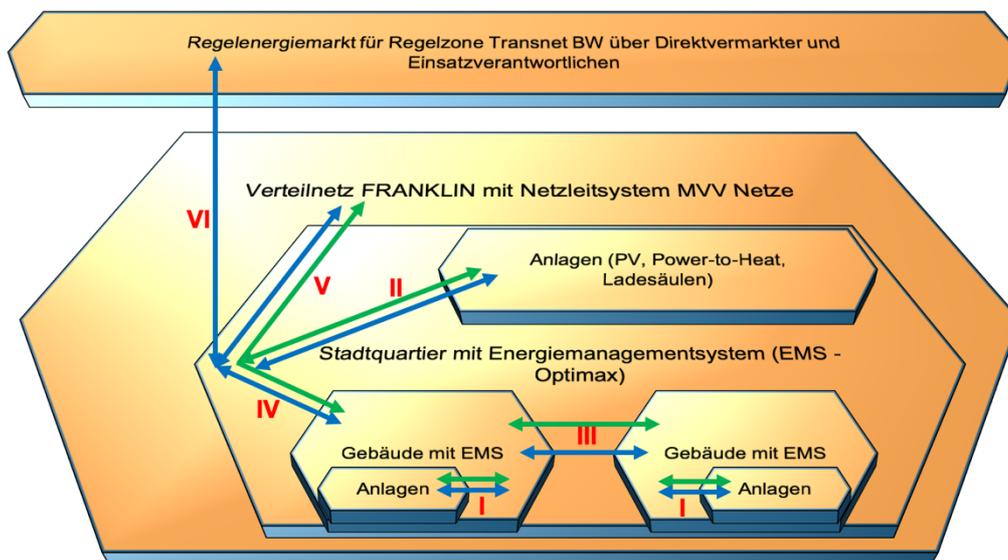


Abb. 19: Zelltypen und Integration in FRANKLIN

Dabei sind folgende energietechnischen Schnittstellen (grüne Pfeile) und informationstechnischen Schnittstellen (blaue Pfeile) auszuprägen.

- I - Integration von Anlagen / Geräten in Gebäudezellen
- II - Integration von Anlagen in Quartierszelle
- III - horizontale Integration von Gebäudezellen über Energiemanagementsysteme zum Austausch von Flexibilität
- IV - vertikale Integration von Gebäudezellen und Quartierszelle zur Lieferung von Wärmeflexibilität an das Nahwärmenetz der Quartierszelle
- V - vertikale Integration von Quartierszelle in Verteilnetz
- VI – virtuelle (bilanzierende) Verbindung zum Direktvermarkter für Regelenergie zum Angebot von Regelenergie sowie zum Einsatzverantwortlichen für Regelenergieabruf

4.2.2 Zielstellung und Systemaufbau

Entsprechend der im Kap. 3.3 sowie Abb. 7 stattgefundenen Einführung zum Komponentenmodell und der Anwendung auf die Quartierszelle FRANKLIN entsprechend Abb. 17 wird nachfolgend die Zielstellung des Vorhabens eingegrenzt und bezüglich der zu vier Schichten zugeordneten Komponenten abgebildet.

Im Falle des C/sells-Vorhabens zur Quartierszelle Franklin sind die Anlagen innerhalb von Gebäuden **außer den Wärmespeichern** den intelligenten Messsystemen und der Schnittstelle zu den Energiemanagementsystemen der Gebäude weitgehend außerhalb der Zielstellung des Vorhabens.

Es werden **innerhalb** von Gebäuden **nicht** betrachtet (Zielstellung weiterer Projekte):

- zur **Schicht A** Geräte und Anlagen zur Erzeugung, Speicherung und Verbrauch sowie Netzanschlussanlagen
- zur **Schicht B** gebäudeinterne Sensorik und Aktorik, Kommunikationssysteme und Kommunikationssicherung
- zur **Schicht C** Funktionen zur Regelung von Energieflüssen mittels Gebäude-Energiemanagementsystem (**GEMS**) inkl. Beobachtung, Analyse und Steuerung
- zur **Schicht D** die Anwender der genannten Komponenten und Funktionen

In den Rahmen der Zielstellung des Projektes sind dagegen zum Gebäude einzuordnen im rot umrandeten Bereich der Abb. 17

- zur **Schicht B** intelligente Messsysteme (**iMSys**) der Anschlusspunkte des Gebäudes oder eventueller Einzelanlagen im Gebäude inkl. moderne Messeinrichtungen für Strom, Wärme, Gas und Wasser sowie des zugehörigen Smart Meter Gateways (**SMGW**)
- zur **Schicht B** eine lokale Energiemanagement-Plattform (**EMP**) als Schnittstelle zur Nachrichtenübertragung zwischen Gebäude und Quartier zwecks optimierten Energiemanagements im Verbund
- zur **Schicht B** eine Schnittstelle zur Weitkommunikation (**WAN**) zur kommunikationstechnischen Verbindung von Gebäude mit anderen Gebäuden, mit Quartiersdiensten sowie anderen Funktionen der Energiemärkte und verbundener Netzbetreiber

Insbesondere Zielstellung des Franklin-Vorhabens im Rahmen von C/sells ist die **Nahwärmeversorgung**, die Ladeinfrastruktur für Elektromobilität (**EMob**) und das hochauflösende Metering (**HR-Metering**).

Es werden innerhalb des Stadtquartiers **insbesondere** betrachtet:

- zur Komponentenkategorie **A** Geräte und Anlagen zur Photovoltaik-Erzeugung (**PV**) im Quartier zur Strom-Wärme-Umwandlung (**P2H**) sowohl zur Unterstützung („boostern“) des Nahwärmenetzes als auch zur Bereitstellung von Regelleistung (**REL in Verbindung mit P2H**), dezentrale Wärmespeicherung zur Netzoptimierung (**WS**) und Verbrauch an öffentlichen Ladepunkten zu **EMob** als auch die **Netzanschlusspunkte** vom Quartier zur Umgebung zwecks Bereitstellung von aggregierter Flexibilität
- zur Komponentenkategorie **B** intelligente Messsysteme und weitere Sensorik und Steuersysteme an den genannten Anlagen (PV, P2H, WS, Ladepunkte für EMob, BS), geschützte Kommunikationssysteme und Kommunikationssicherung zur Verbindung genannter Anlagen, Gebäude sowie IKT-Technologieumgebung (**EMP** - dezentrales IIS-Plattform) als Basis der Smart Infrastructure Plattform
- zur Komponentenkategorie **C** Funktionen zur Regelung von Wärme flüssen, zum Monitoring von Energieflüssen sowie zur Bereitstellung von Flexibilität durch Ladeinfrastruktur mittels Quartiers-Energiemanagementsystem (**QEMS**) inkl. Beobachtung, Analyse und Steuerung - **Smart Infrastructure Plattform (SIP)**
- zur Komponentenkategorie **D** die Akteure des Infrastrukturbetriebes im Stadtquartier, die Gebäude zur energieeffizienten Regelung im Verbund sowie mit aggregierten Energiemengen und Flexibilität des

Quartieres über die Weitkommunikation (**WAN**) die externen **Märkte** inklusive der Vermarktung von Regelenergie (**REL**) und externe Infrastrukturbetreiber mit ihren Energiemanagement-Plattformen (**EMP**) als Nutzer der genannten Komponenten und Funktionen

Während auf Basis dieser Gliederung die Komponentenkategorien A mit den Assets und D mit den Nutzern nicht im Scope des Projektes sind – **außer den notwendigen Schnittstellen zu den Schichten A und D** -, werden mit dem Vorhaben insbesondere die Schichten B und C in Bezug auf die genannten Bausteine ausgeprägt. Beispielhafte Anwendungen der Nutzer in Schicht A werden ebenso eingeführt.

Die genannten Assets der Schicht A sind vorhanden oder wurden während der Projektlaufzeit außerhalb des C/sells-Vorhabens installiert.

5 Quellen

siehe Quellenverzeichnis in

[C/sells – IOP Teil B+C. (11/2020)] Interoperabilität - Grundlagen der Massenfähigkeit Teil B+C. Ergebnisse zu Methoden, Modelle für Interoperabilität durch Regeln, Standards und Normen sowie Verhältnis von Innovation, Standardisierung und Regulierung. SINTEG-Programm des BMWi. Projekt C/sells. Teilprojekt 2 / Arbeitspaket 2.8. 11/2020