

## Gesamtvorhabensbeschreibung

### zur Förderbekanntmachung

Angewandte nichtnukleare Forschungsförderung im 7. Energieforschungsprogramm „Innovationen für die Energiewende“ vom 01.10.2018



---

## 5G Infrastrukturen für zellulare Energiesysteme unter Nutzung künstlicher Intelligenz

---

### Keywords zum Verbund (max. 10):

5G, Network Slicing, Künstliche Intelligenz, zellulare Energiesysteme, Agentensysteme, Blockchain, Security, Stadt- und Raumplanung

**Verbundkoordinator:** adesso AG  
**Ansprechpartner:** *Frau Dr. Angela Carell*  
**Telefon:** +49 231 7000-2168  
**Fax:** +49 231 7000-1000  
**E-Mail:** *angela.carell@adesso.de*

## Adressen und Ansprechpartner der Verbundpartner

Nr.	Organisation	Ansprechpartner	Adresse	Postleitzahl, Stadt	Rufnummer	Email
P1	adesso AG	Dr. Angela Carell	Adessoplatz 1	44269 Dortmund	+49 231 7000-2168	<a href="mailto:angela.carell@adesso.de">angela.carell@adesso.de</a>
P2	Dortmunder Energie- und Wasserversorgung GmbH (DEW21)	Sven Baumgarte	Günter-Samt- lebe-Platz 1	44135 Dortmund	+49 231 544 3698	<a href="mailto:sven.baumgarte@dew21.de">sven.baumgarte@dew21.de</a>
P3	urban ENERGY	Paul Dittrich	Rotherstr. 19	10245 Berlin	+49 152 38097533	<a href="mailto:info@urbanenergy.de">info@urbanenergy.de</a>
P4	PHYSEC	Dr. Christian Zenger Technische Geschäftsführung	Universitätsstr. 142	44799 Bochum	+49 234 544 40439	<a href="mailto:christian.zenger@physec.de">christian.zenger@physec.de</a>
P5	Stadt Dortmund Amt für Angelegenheiten des Oberbürgermeisters und des Rates Leitung Chief Information/ Innovation Office	Dr. Jan Fritz Rettberg  Geschäftsführung Allianz Smart City Dortmund	Betenstraße 19	44122 Dortmund	+49 231 50-29246	<a href="mailto:jrettberg@stadtdo.de">jrettberg@stadtdo.de</a>
P6	Fraunhofer ITWM	Dr. Andreas Wirsén	Fraunhofer- Platz1	67663 Kaiserslautern	+49 631 316004629	<a href="mailto:Andreas.wirsén@itwm.fraunhofer.de">Andreas.wirsén@itwm.fraunhofer.de</a>
P7	RWTH Aachen	Lehrstuhl und Institut für Städtebau und Entwerfen Dipl.-Ing., Univ. Prof. Christa Reicher	Wüllnerstraße 5b	52062 Aachen	+49 241 80 95033	<a href="mailto:reicher@staedtebau.rwth-aachen.de">reicher@staedtebau.rwth-aachen.de</a>
P8	Technische Universität Dortmund (TU Do)  Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik	Lehrstuhl für Kommunikationsnetze (CNI), Univ. Prof. Dr.-Ing. Christian Wietfeld	Otto-Hahn- Straße 6	44227 Dortmund	+49 231 755-4515	<a href="mailto:christian.wietfeld@tu-dortmund.de">christian.wietfeld@tu-dortmund.de</a>
		Institut für Energiesysteme, Energieeffizienz und Energiewirtschaft (ie3), Univ. Prof. Dr.-Ing. Christian Rehtanz	Emil-Figge- Straße 70	44227 Dortmund	+49 231 755-2396	<a href="mailto:christian.Rehtanz@tu-dortmund.de">christian.Rehtanz@tu-dortmund.de</a>
A1	Innogy SE	Dr. Philipp Werdelmann	Kruppstraße 5	45128 Essen	+49 201 12-29390	<a href="mailto:philipp.werdelmann@innogy.com">philipp.werdelmann@innogy.com</a>

P: Verbundpartner; A: assoziierter Partner

## Inhalt

<b>Ziele .....</b>	<b>2</b>
Gesamtziel des Vorhabens .....	2
Bezug zu förderpolitischen Zielen .....	2
Wissenschaftliche und technische Arbeitsziele des Vorhabens .....	3
Individuelle Teilziele der Projektpartner .....	5
<b>Stand der Wissenschaft und Technik und bisherige Arbeiten .....</b>	<b>9</b>
Stand der Wissenschaft und Technik.....	9
Bisherige Arbeiten der Antragssteller .....	11
Schutzrechte .....	16
Angestrebte Innovationen.....	16
<b>Ausführliche Beschreibung des Arbeitsplans .....</b>	<b>18</b>
Vorhabensbezogene Ressourcenplanung .....	18
Meilensteinplanung .....	59
<b>Verwertungsplan .....</b>	<b>60</b>
Wirtschaftliche Erfolgsaussichten.....	60
Wissenschaftliche und/oder technische Erfolgsaussichten .....	62
Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit.....	64
<b>Arbeitsteilung/Zusammenarbeit mit Dritten .....</b>	<b>67</b>
<b>Notwendigkeit der Förderung .....</b>	<b>68</b>
<b>Anhang A: Zeitplanung Gesamtvorhaben.....</b>	<b>71</b>
<b>Anhang B: Ressourcenübersicht Gesamtvorhaben .....</b>	<b>72</b>
<b>Anhang C: Netzplan Gesamtvorhaben .....</b>	<b>73</b>
<b>Anhang D: Mittelaufwand Gesamtvorhaben .....</b>	<b>74</b>
<b>Anhang E: Qualifikation und Expertise der Verbundpartner .....</b>	<b>75</b>

## Ziele

### Gesamtziel des Vorhabens

Bedingt durch den Ausbau dezentraler, erneuerbarer Energiequellen sowie steuerbarer Lasten und Speicher (z.B. Elektromobilität) gewinnt die Kontrolle von Energiesystemen – mit dem Ziel der Stabilitätshaltung – zunehmend an Komplexität. Gleichzeitig soll der Ausbaubedarf des Stromnetzes möglichst gering gehalten werden. Ein Lösungsansatz zur Bewältigung dieser Herausforderung ist die Einteilung des Energienetzes in Zellen, innerhalb derer ein dezentrales, weitgehend autonomes Last- und Einspeisemanagement durchgeführt wird.

Dementsprechend ergeben sich als wesentliche Ziele des Projektes die Entwicklung und Evaluierung von Konzepten für **zellulare Energiesysteme**, deren regionales Entnahme- und Erzeugungsverhalten mittels maschineller Lernverfahren optimiert wird. Die Abrechnung in solchen autonomen Energiezellen erfolgt direkt zwischen den involvierten Einheiten (**Smart Contracts**). Weiterhin wird die Machbarkeit zusätzlicher, erst durch 5G-Netze ermöglichter Dienste, wie z.B. die Datenratenintensive, automatisierte Fernwartung verteilter Infrastrukturen durch Drohnen, analysiert. Die dafür erforderliche Vernetzung aller Einheiten einer Zelle unter Einhaltung notwendiger Dienstgüteggarantien kann nicht über aktuelle, öffentliche IKT-Infrastrukturen (LTE, etc.) umgesetzt werden. Hingegen ermöglichen neuartige 5G Mobilfunknetze über den Einsatz von Network Slicing eine dynamische, dedizierte Zuweisung von ortsbezogenen Übertragungsressourcen auf Basis geteilter Kommunikationsinfrastrukturen (**Regional Network Slices**) für Energiesystemanwendungen. Sich dabei eröffnende neue Geschäftsmodelle werden hierbei ebenso erforscht wie sich durch die zellulare Struktur des Lösungsansatzes ergebenden Wechselwirkungen mit der Stadtentwicklung. Durch den autonomen Charakter der Energienetzzellen sowie korrespondierender 5G Kommunikationsnetze kann ein hohes Maß an Abhärtung gegenüber Störungen und Ausfällen erzielt werden (**Resilienz**). Zudem ist eine Vernetzung im Weitbereich vorgesehen. Hierbei soll in Abgrenzung zu anderen Projekten nicht nur die Einbindung in öffentliche 5G Infrastrukturen, sondern vor allem die Machbarkeit regionaler, in Verantwortung von energiewirtschaftlichen Unternehmen betriebenen 5G Netzen untersucht werden. Die entsprechende 5G Netztechnik wird dabei auf Basis von quelloffenen Software-Defined Networking (SDN) und Software-Defined Radio (SDR) Systemen realisiert. Aspekte der Cybersicherheit sind dabei integrativ mit allen Teilbereichen des Projekts verwoben, um die Sicherheit der kritischen Infrastrukturen zu gewährleisten.

### Bezug zu förderpolitischen Zielen

Die Projektidee 5Gain leistet große Beiträge zur Verwirklichung der förderpolitischen Ziele des Förderaufrufs „Digitalisierung der Energiewende“, welche sich wie folgt darstellen:

#### **Beitrag zu energietechnischen Forschungsbereichen Energienutzung, Energiebereitstellung, Systemintegration, Systemübergreifende Forschung**

Das Ziel einer bedingt durch volatile Erzeuger und Verbraucher notwendigen Stabilitätshaltung (Verteilernetz) lässt sich abhängig von den jeweiligen regionalen Besonderheiten und systemübergreifenden Fragestellungen nur durch den vorgeschlagenen transdisziplinären Systemansatz lösen.

Der notwendige hohe Vernetzungsgrad beteiligter Systemakteure geht mit einem hohen Maß an Komplexität einher und wird in diesem Projektvorschlag über den Einsatz zukünftiger 5G Mobilfunkinfrastrukturen gelöst. Mit dem Ziel der Erhöhung der Systemzuverlässigkeit wird das 5G Regional Network Slicing Konzept zum Einsatz gebracht, um eine Gewährleistung anforderungsabhängiger Dienstgüte zu ermöglichen. Diese stark fokussierte 5G Forschung und Weiterentwicklung laufender 5G Standardisierungsaktivitäten im Anwendungsfeld der Energiewirtschaft wird national und international maßgebliche Impulse setzen und die Position der Forschung und Entwicklung zuverlässiger Energienetze international nachhaltig stärken.

Der Einsatz maschineller Lernverfahren, die auf einer transdisziplinären Datenbasis (Energie- und Mobilfunknetz, Verkehr, Wetter, soziale Medien, Kommune/Quartier) angewendet werden, zielt auf die Entwicklung innovativer Algorithmen für die Überwachung und –steuerung weitestgehend autonomer zellulärer Energiesysteme ab. Dadurch wird die wechselseitige Abhängigkeit von Energie- und

5G Kommunikationssystem zur Umsetzung eines flexiblen Last- und Einspeisemanagements über das Bindeglied der künstlichen Intelligenz abgebildet. Somit leistet 5Gain einen wesentlichen Beitrag zur Verknüpfung elektro- und informationstechnischer Kernkompetenzen, die zur Potentialausschöpfung der Datenverarbeitung und -analyse in komplexen Energiesystemen unumgänglich sind.

Die vorgeschlagenen innovativen Konzepte für autonomes Last- und Einspeisemanagement in zellularen Energiesystemen auf Basis neuartiger 5G Technologien findet nur Akzeptanz, wenn sich die Lösungsansätze in regionale Netz- und Quartiersumgebungen integrieren lassen. Für die nachhaltige Nutzung der entwickelten Konzepte wird die Umsetzbarkeit unter Berücksichtigung individueller, regionaler Besonderheiten untersucht und gleichzeitig ein integraler Lösungsansatz erarbeitet, der eine Übertragbarkeit auf andere städtische Modellregionen gewährleistet.

### **Beitrag zur Zuverlässigkeit und Sicherheit digitaler Energiesysteme**

Auf Basis einer Bewertung der Kritikalität aller beteiligten Smart Grid Komponenten und Anwendungen wird ein hochgradig zuverlässiges Energiesystem ermöglicht. Unter Berücksichtigung regionaler Besonderheiten stärkt die zusätzliche KI-basierte Prädiktion der zum einen energiewirtschaftliche Anforderungen und zum anderen der potentiellen kommunikativen Engpässe die Resilienz des zellularen Energienetzes trotz einer Vielzahl hochgradig vernetzter, beteiligter Akteure.

Neben der Betriebssicherheit leistet 5Gain einen Beitrag zu den wichtigen Kriterien Datenschutz und -sicherheit. Mit steigender Anzahl digital vernetzter Entitäten steigt die Gefahr externer Manipulationsversuche und Angriffe auf die Energieinfrastruktur. Über den Beitrag innovativer Technologie, die es ermöglicht, die Bedrohungslage zu minimieren, wird in Abhängigkeit einer Risikoabschätzung das erforderliche Maß an IT Security für alle Bereiche der Energiezelle gewährleistet.

### **Beitrag zu neuen Geschäftsmodellen und innovativen, smarten Dienstleistungen**

Innerhalb des transaktiven, zellularen Energienetzes sollen dezentrale Einheiten einer Energienetz zelle direkt und ohne weitere Zwischeninstanzen Leistungen über den Einsatz Blockchain-basierter Smart Contracts miteinander abrechnen können. 5Gain leistet dazu einen Beitrag in der Identifikation der regulatorischen und technischen Anforderungen eines sicheren und zuverlässigen Einsatzes der Blockchain-Technologie. Dies trägt als wichtiger Treiber für die Energiewirtschaft zur Entwicklung neuer digitaler Geschäftsmodelle und zur erfolgreichen Transformation des Energiesystems bei.

In diesem Kontext sollen sowohl bestehende Geschäftsmodelle weiterentwickelt, als auch neue Modelle und Systemdienstleistungen erschlossen werden. Ziel ist es Handlungsempfehlungen und Beiträge für Normen sowie Standards zu erarbeiten, um entwickelte Konzepte ökonomisch nachhaltig zu sichern. Es sind insbesondere übergreifende Fragestellungen, Synergie- und Cross-Innovations-Potentiale mit anderen Bereichen des Smart Grids und der Smart City zu prüfen und thematisieren.

### **Wissenschaftliche und technische Arbeitsziele des Vorhabens**

Vor dem Hintergrund der Bestrebungen zur Begrenzung der globalen Erwärmung werden die Energiesysteme, als ein wesentlicher Verursacher von CO<sub>2</sub>-Emissionen, einem nicht dagewesenen Wandel unterworfen. Eine der wichtigsten Maßnahmen stellt hierbei die Umstellung von konventioneller Energieerzeugung auf erneuerbare Energiequellen dar. Dies verändert die Struktur des Energiesystems schon heute maßgeblich. Zunehmend dezentrale, lokale Erzeugungsanlagen und Offshore Windparkanlagen, mit einem Erzeugungsschwerpunkt weit von Lasten entfernt, durchdringen die historisch gewachsene Struktur des Energiesystems. Zusätzlich wächst das elektrische Energiesystem immer mehr mit den Sektoren Wärme und Mobilität zusammen, wobei Elektrofahrzeuge und Wärmepumpen sowie Kraftwärmekopplungsanlagen das Last- bzw. Einspeiseverhalten verändern. Um volatile Einspeiser und neue sektorgekoppelte Anlagen in einem transformierten, effizienten Energiesystem zu betreiben, sind Marktmechanismen und Systemdienstleistungen zu etablieren, welche auf die neuen systemischen Anforderungen angepasst sind. **Volatile Einspeisung** bedingt ein Ungleichgewicht zwischen Energieerzeugung und -entnahme, wodurch zunehmend die **Stabilität des Energienetzes in Gefahr** gerät. Um dieser Entwicklung entgegenzuwirken, ist neben neuartigen Konzepten der Netzführung eine flächendeckende, kontinuierliche Überwachung und Steuerung von Energiesystemen bis hinab auf die Energieverteilnetzebene erforderlich. Dies wiederum führt zu signifikanten Anforderungen an die **Dienstgüte überlagerter IKT-Infrastrukturen**, insbesondere in Hinblick auf

Übertragungslatenzen, Verfügbarkeit und Skalierbarkeit. Zudem wird eine hohe Kosteneffizienz bei Aufbau und Betrieb der Kommunikationsnetze angestrebt. Darüber hinaus ergibt sich eine **wechselseitige Abhängigkeit** von Energie- und Kommunikationssystemen.

Diese globale Herausforderung der effektiven Kontrolle zukünftiger Energiesysteme soll im Rahmen dieses Projektes lokal, mit Hilfe des Konzepts **zellularer Energienetze** adressiert werden. Entsprechend dieses Ansatzes wird das Energienetz in Abschnitte, sogenannte Zellen, unterteilt, die teilautonom agieren und ein dezentrales Last- und Einspeisemanagement etablieren. Eine einzelne Zelle beinhaltet neben einem regionalen Verteilnetz auch nahegelegene Erzeugungseinheiten, Lasten und Speicher höherer Spannungsebenen. Diese können entsprechend ebenfalls in die zellspezifische Koordination von Stromerzeugung und –entnahme einbezogen werden. Ziel ist dabei eine Flexibilisierung des **Energienetzmanagements** mit Hilfe **künstlicher Intelligenz (KI)**. Hierfür sollen umfangreiche Netz- und Umgebungsdaten erhoben werden, auf die maschinelle Lernverfahren angewendet werden können. Über die einzelnen Verteilnetzzellen hinaus ergeben sich relevante Wechselwirkungen mit anderen Zellen und dem überlagerten Energieübertragungsnetz. Nichtsdestotrotz liegt der Fokus des vorgestellten zellularen Konzepts auf einer vorwiegend autonomen Koordination einzelner Zellen. Zu diesem Zweck sollen Agentensysteme zum Einsatz kommen, die mit Hilfe von **Edge Cloud-Ansätzen echtzeitfähige Steuerungsalgorithmen** ermöglichen.

Für die kommunikationstechnische Verknüpfung der energietechnischen Einheiten einer Zelle soll in diesem Projekt als zentraler Bestandteil zukünftiger **5G Mobilfunknetze** das Network Slicing Konzept Anwendung finden. Um insbesondere den lokalen Bezug der zugrundeliegenden Energiezelle zu berücksichtigen und ein definiertes Maß an Dienstgüte garantieren zu können, sollen hierbei, ortsgenau und an die dynamischen Anforderungen energiewirtschaftlicher Anwendungen angepasst, benötigte Funkressourcen exklusiv reserviert werden. Über das im Projekt angestrebte, erweiterte **5G Regional Network Slicing** Konzept soll lokal, innerhalb einer Energiezelle, also eine klare Trennung von Kommunikationsressourcen einzelner Anwendungen für die benötigte Zeitdauer ermöglicht werden. Das Ziel der **dynamischen Anpassung** der Regional Network Slices an **variable Anforderungen** ist die Einhaltung definierter **Dienstgütegarantien** bei gleichzeitiger **Kosteneffizienz** (anforderungsabhängige Weitervermarktung freier Ressourcen an Dritte, z.B. im Rahmen sektorübergreifender Smart City Dienste). Zur Gewährleistung der Versorgungssicherheit werden energiewirtschaftliche Dienste unterschiedlicher Anforderungsgüte gegeneinander abgegrenzt und entsprechend Ihrer Relevanz priorisiert. Spezifisch sollen Anwendungen des kritischen Netzbetriebs vorrangig gegenüber weniger netzrelevanten Wartungsdiensten und Metering-Applikationen bedient werden.

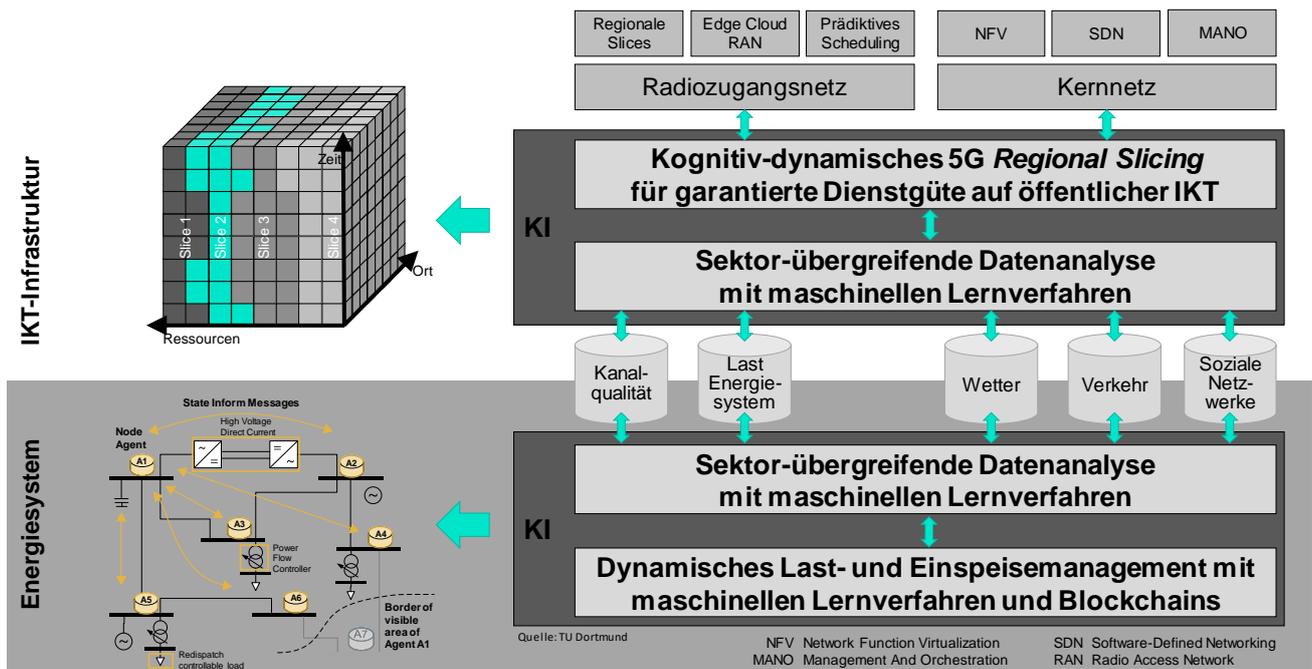


Abbildung 1: 5Gain Grundkonzept einer KI-basierten Energie- und IKT-Infrastruktur

Die dynamische Dimensionierung der Network Slices soll – analog zum Last- und Einspeisemanagement im Energienetz – auf Basis maschineller Lernverfahren erfolgen, wobei Faktoren wie die Funkkanalqualität, Wetter, aber auch applikationsspezifische Informationen Eingang finden. Eine Übersicht über die kombinierten, KI-basierten Energie- und IKT-Systeme ist in Abbildung 1 gegeben. Im Vergleich hierzu ermöglichen aktuelle Kommunikationstechnologien ein solches umfassendes Dienstgüteangebot nur durch den Einsatz dedizierter Netze mit fester Ressourcenzuteilung. Das Projekt hat dabei insbesondere zum Ziel, den Betrieb eines regionalen 5G Netzes durch regional tätige Unternehmen (z.B. Stadtwerke) zu untersuchen, im Vergleich zur Realisierung über öffentliche Netzinfrastrukturen. In beiden Fällen ist das oben angesprochene 5G Network Slicing essentiell, um Dienste mit unterschiedlichen Anforderungen zuverlässig gegeneinander abzugrenzen.

Das Prinzip der Dienstgüte bei hoher Kosteneffizienz ist prägend für den im Projekt verfolgten **Smart Contracts** Abrechnungsmechanismus. Dabei sollen dezentrale Einheiten einer Energienetzzele **direkt** und ohne weitere Zwischeninstanzen Leistungen miteinander **abrechnen**. Ziel ist dabei die Evaluierung der Machbarkeit und Weiterentwicklung der Sicherheit der Basistechnologie Blockchain für den zuverlässigen Einsatz in der Energiewirtschaft. Dabei fokussiert sich 5Gain auf die Bewertung und Optimierung der Sicherheit verfügbarer Lösungen, sowie die Evaluierung der kommunikationstechnischen Aufwände und der Machbarkeit als zusätzliche Last zukünftiger 5G Mobilfunknetze.

Die nachhaltige Sicherung der entwickelten technischen Konzepte macht die Kombination der zellularen Energienetzplanung mit zielgerichteten **Quartiers- und Stadtentwicklungsfragen** zukünftig unumgänglich. Im direkten Dialog mit Kommunen, ansässigen Anwohnern, sowie Betreibern sollen wechselseitige Fragestellungen diskutiert werden. Dabei wird maßgeblich das Ziel verfolgt, ein einheitliches Bewusstsein für geplante Technologiekonzepte und deren Potentiale zu schaffen.

Darauf aufbauend dienen die neuartigen, technologischen Möglichkeiten als Treiber für die Entwicklung von **Geschäftsmodellinnovationen**, die vor dem Hintergrund ihres strategischen und betriebswirtschaftlichen Nutzens und regulatorischen Möglichkeiten evaluiert und bewertet werden.

Damit fassen sich die wissenschaftlich-technischen Ziele von 5Gain wie folgt zusammen:

Teilziel 1	KI-basierte Verwaltung (Energienetzmanagement, Metering, Fernwartung, EV Flottenmanagement) zellulärer Energienetze mit effizienten Hardwarestrukturen
Teilziel 2	Dynamische, ortsgenaue Ressourcenzuweisung von 5G Network Slices zur kosteneffizienten Einhaltung harter Dienstgütegarantien in zukünftigen Energiesystemen ( <i>Regional Network Slices</i> )
Teilziel 3	Evaluierung der Machbarkeit und Weiterentwicklung der Sicherheit von Smart Contracts zur autonomen Abrechnung von Energietransaktionen mittels Blockchain-Technologie
Teilziel 4	Integration der Stadtentwicklung in die Planung zellulärer Energienetze und an regionale Aspekte des Zielnetzes angepasste Geschäftsmodellinnovationen

### Individuelle Teilziele der Projektpartner

Im Folgenden werden die individuellen Teilziele der am Projekt beteiligten Partner dargelegt.

#### adesso

adesso wird insbesondere an der Evaluierung, Konzeption und Entwicklung von Smart Contract Anwendungen für das Energiemanagement arbeiten, um hier die Vorteile der Blockchaintechnologien hinsichtlich Unveränderlichkeit, Sicherheit und Automatisierbarkeit zu erproben.

Weiterhin wird eine Edge Computing Lösung konzipiert und aufgebaut, die es ermöglicht, ausgewählte Prozesse und Verarbeitungsschritte dezentral am Ort der Datendetektion durchzuführen, so dass Latenzzeiten minimiert und das Datentransferaufkommen optimiert werden können.

Die bereitgestellten Prototypen sollen im Campus- und Reallabor hinsichtlich ihrer Praxistauglichkeit überprüft werden.

<b>Teilziel 1</b>	<b>Evaluierung der Machbarkeit und Entwicklung eines Prototypen zur Bereitstellung von Smart Contracts für das Energiemanagement auf Basis von Blockchain / Distributed Ledger Technologien</b>
<b>Teilziel 2</b>	<b>Evaluierung der Machbarkeit und Entwicklung einer prototypischen Edge Computing Lösung unter Berücksichtigung von KI-basierten Mechanismen zur Skalierung im 5G Netz</b>

### **DEW21**

Die DEW21 wird als kommunaler Energieversorger die Herausforderungen des lokalen Netzmanagements in zellularen Energiesystemen (bspw. Volatilität der Einspeisung und des Verbrauchs und damit verbundene Netzstabilität) aus Anwenderperspektive einbringen. Um diese Herausforderungen durch 5G-Technologie und mit Hilfe von künstlicher Intelligenz und / oder Smart Contracts für das Energiemanagement auf Basis von Blockchain / Distributed Ledger Technologien lösen zu können, wird DEW21 in Kooperation mit urban Energy einen Energy Data Hub mit Anbindung an alle relevanten Datenschnittstellen aufbauen und bestehende Mess- und Steuerungstechnik in ein Reallabor einbringen. Zudem wird DEW21 in enger Abstimmung und Zusammenarbeit mit der TU Dortmund ein 5G-Netz im Reallabor aufbauen. Dafür werden vorab notwendige Bedingungen im Campuslabor definiert und weiterentwickelt.

Die nachhaltige Sicherung der entwickelten technischen Konzepte macht die Kombination der zellularen Energienetzplanung mit zielgerichteten **Quartiers- und Stadtentwicklungsfragen** zukünftig unumgänglich. Im direkten Dialog mit Kommunen, ansässigen Anwohnern, sowie Betreibern sollen wechselseitige Fragestellungen diskutiert werden.

Darauf aufbauend dienen die neuartigen, technologischen Möglichkeiten als Treiber für die Entwicklung von **innovativen Geschäftsmodell**, die vor dem Hintergrund ihres strategischen und betriebswirtschaftlichen Nutzens und regulatorischen Möglichkeiten auch in Bezug auf Systemdienstleistungen evaluiert und bewertet werden.

<b>Teilziel 1</b>	<b>Definition der Herausforderungen des lokalen Netzmanagements in zellularen Energiesystemen mit daraus abgeleiteten Use Cases</b>
<b>Teilziel 2</b>	<b>Aufbau eines Energy Data Hubs mit Anbindung an alle relevanten Datenschnittstellen in enger Kooperation mit urban Energy</b>
<b>Teilziel 3</b>	<b>Kompetenzaufbau im Bereich 5G-Technologie und Definition der Anforderung für eine Umsetzung im kommunalen (Netz-)Umfeld</b>
<b>Teilziel 4</b>	<b>Erfolgreiche Integration und Evaluierung innovativer Netzmanagement- und 5G-Slicing Systeme innerhalb der 5Gain Campus- und Reallabore</b>
<b>Teilziel 5</b>	<b>Kompetenzaufbau in Bezug auf Machbarkeit und Weiterentwicklung der Sicherheit von Smart Contracts zur autonomen Abrechnung von Energietransaktionen mittels Blockchain-Technologie sowie daraus abgeleiteten innovativen Geschäftsmodellen sowie Smart-Grid-Konzepten</b>

### **urban ENERGY**

urban ENERGY wird insbesondere an der Evaluierung, Konzeption und Entwicklung des Energy Data Hubs und Machine Learning Algorithmen arbeiten.

Es werden unterschiedliche Energieverbraucher und Energieerzeuger in den urban ENERGY Optimierungsalgorithmus und die notwendigen Kommunikationsprotokolle eingebunden, mit dem Ziel in Kooperation mit der DEW21 urban ENERGY als Energy Data Hub aufzubauen. So wird eine weitreichende, energetische Optimierung der zellularen Quartiere erreicht.

<b>Teilziel 1</b>	<b>Entwicklung eines Software-Prototypen mit Machine Learning Algorithmen für die Regelung bzw. dem Energiemanagement von zellulären Energiesystemen, insbesondere Integration der benötigten Kommunikationsprotokolle</b>
<b>Teilziel 2</b>	<b>Aufbau eines Energy-Data-Hubs in enger Abstimmung mit der DEW21 zur Bündelung sektorübergreifender Datenquellen</b>
<b>Teilziel 3</b>	<b>Entwicklung eines Software-Prototypen von Machine Learning Algorithmen für die dynamische, ortsgenaue Ressourcenzuweisung von 5G Network Slices zur kosteneffizienten Einhaltung harter Dienstgütegarantien in zukünftigen Energiesystemen (Regional Network Slices)</b>

### PhySec

PHYSEC wird im ersten Schritt die Analyse und Verbesserung bestehender Sicherheitsansätze für LPWAN-Kommunikation sowie für Energieanwendungen erarbeiten. Danach unterstützt PHYSEC die Entwicklung eines ganzheitlichen Transdisziplinäre Energie-, Kommunikations- und Sicherheitskonzept sowie einer Systemarchitektur für zukünftige 5G-basierte Energie- und KRITIS-Systeme. Die Entwicklung und Herstellung eines Demonstrators zur sicheren Anbindung von Netzinformationen über LPWAN (5G, ggf. aber auch NB-IoT, o.ä.) folgt. Zudem soll eine Enclosure-PUF Lösung für den Anwendungsfall erarbeitet werden. Zudem soll ein weiterer Demonstrator zur cyber-physikalischen Integritätsüberwachung und ML-unterstützter Zustandsklassifikatoren von verteilten Infrastruktursystemen erarbeitet mit erstem Demonstrator zusammengeführt werden.

<b>Teilziel 1</b>	<b>Sicherheitsaspekte der Transdisziplinäre Energie-, Kommunikations- und Sicherheitskonzept sowie Systemarchitektur</b>
<b>Teilziel 2</b>	<b>5G-Demonstrator zur sicheren Anbindung von Netzinformationen über LPWAN (5G, NB-IoT, o.ä.)</b>
<b>Teilziel 3</b>	<b>5G-Demonstratorerweiterung zur cyber-physikalischen Zustandsüberwachung von verteilten Infrastruktursystemen mit Physical-Layer Security</b>

### Stadt Dortmund

Die Stadt Dortmund verfolgt im Wesentlichen das Ziel, Kompetenzen und Erfahrungen zur Nutzung der 5G-Technologie in den unterschiedlichen Einsatzgebieten einer Smart City zu erlangen. Darüber hinaus sollen die Einsatzmöglichkeiten für zellulare Energiesysteme geprüft und in die Stadtentwicklung integriert werden. Die Betrachtung der Potentiale von Energiezellen erfolgt hier sowohl für den Bestand als auch für die Erschließung neuer Wohn- oder Gewerbegebiete. Auf übergeordneter Ebene möchte die Stadt Dortmund mit dem Projekt einen Beitrag zur Energiewende und zur Digitalisierung des kommunalen Energiesystems und somit auch zur Erreichung der Nachhaltigkeitsziele leisten. Des Weiteren verfolgt die Stadt Dortmund das Ziel, die hier erprobten Konzepte und Technologien in die gesamtstädtische Smart City- und Digitalisierungsstrategie zu übertragen.

<b>Teilziel 1</b>	<b>Kompetenzaufbau und Definition der Anforderungen an den 5G-Rollout aus kommunaler Sicht</b>
<b>Teilziel 2</b>	<b>Einsatz und Erprobung von 5G-Technologien in den kommunalen Versorgungsinfrastrukturen am Beispiel des Energiesystems</b>

<b>Teilziel 3</b>	<b>Unterstützung der Energiewende und der Digitalisierung des kommunalen Energiesystems zur Einbindung dezentraler Erzeuger, Speicher und Lastflexibilitäten</b>
<b>Teilziel 4</b>	<b>Erkenntnisse zum Einsatz von 5G und insbesondere Network Slicing in weiteren Versorgungsinfrastrukturen wie Gas, Wasser und Wärme sowie in den Einsatzbereichen der Smart City</b>
<b>Teilziel 5</b>	<b>Integration der von Energiezellen und 5G-Technologie in die Smart City- und Digitalisierungsstrategie sowie in die integrierte Stadtentwicklung</b>

### **Fraunhofer ITWM**

Ziel des Fraunhofer ITWM in 5Gain ist die Entwicklung und Anwendung von überwachten und verstärkenden Maschinellen Lernverfahren auf die verteilte Netzregelung innerhalb und unterhalb zellulärer Energiesysteme. Die Anforderungen der verteilten Regelung an die 5G-basierte Kommunikation wird durch Anwendung unüberwachter maschineller Lernverfahren bedarfsabhängig prognostiziert, damit diese situativen Anforderungen als Dienstgüte per Regional Network-Slicing im 5G-Netz zugesichert werden können.

<b>Teilziel 1</b>	<b>Entwicklung von Algorithmen des Maschinellen Lernens für die Regelung bzw. das Energiemanagement von zellulären Energiesystemen</b>
<b>Teilziel 2</b>	<b>Entwicklung von Algorithmen des Maschinellen Lernens für die dynamische, ortsgenaue Ressourcenzuweisung von 5G Network Slices zur kosteneffizienten Einhaltung harter Dienstgütegarantien in zukünftigen Energiesystemen (<i>Regional Network Slices</i>)</b>

### **RWTH Aachen**

Die Analyse und Erfassung der räumlich relevanten Einsatzbereiche für die Anwendung der 5Gain-Technologien und ihre Akzeptanz bildet einen Schwerpunkt der Forschung. Die Ergebnisse werden für eine stadtbildverträgliche Integration der Antennenanlagen genutzt, wobei die Übertragbarkeit auf andere Quartierstypen ein wichtiger Bestandteil ist. Das Ziel der Forschung ist darüber hinaus die Integration der Zielnetzplanung der Energieversorger in die Stadtplanung der Kommune. In der lokalen Projektumsetzung sollen stadtentwicklungsrelevante Mehrwerte identifiziert werden.

<b>Teilziel 1</b>	<b>Integration der Zielnetzplanung in die Stadtplanung</b>
<b>Teilziel 2</b>	<b>Identifizierung von stadtentwicklungsrelevanten Mehrwerten</b>
<b>Teilziel 3</b>	<b>Bewertung der Stadtbildverträglichkeit der 5G IKT-Infrastruktur in unterschiedlichen Kontexten</b>

### **TU Dortmund**

Die TU Dortmund bündelt innerhalb des 5Gain Projektes die Kernkompetenzen der Energiesysteme (Institut für Energiesysteme, Energieeffizienz und Energiewirtschaft, ie3), sowie der Informations- und Kommunikationsnetze mit Fokus für 5G Mobilfunk (Communication Networks Institute, dt. Lehrstuhl für Kommunikationsnetze, CNI).

Entsprechend der jeweiligen Kernkompetenz fokussiert sich das ie3 auf die Konzeptionierung von KI-Verfahren zum Netzmanagement zellulärer Energiesysteme, welche durch effiziente Blockchain (Smart Contract) Verfahren im Kontext Lastmanagement ergänzt werden. Das CNI entwickelt ein

Ende-zu-Ende 5G Regional Network Slicing System zur dynamischen, ortsgenauen Ressourcenzuweisung. Ziel ist die Einhaltung harter Dienstgütegarantien trotz variabler Energiesystemanforderung bei gleichzeitiger Einhaltung der Kosteneffizienz. Gemeinsam werden beide Institute Ihre Kerninnovationen in das zum 5G Campuslabor erweiterte Smart Grid Technology Lab (SGTL*) integrieren sowie eine Validierung des Zusammenspiels der Komponenten und ihrer Leistungsfähigkeit unter kontrollierten Bedingungen durchführen. Unter Berücksichtigung der im 5G SGTL Campuslabor gehärteten Lösungen erfolgt ein Transfer und eine Validierung in der finalen Reallaborumgebung.	
<b>Teilziel 1</b>	<b>Konzeptionierung von KI-Verfahren zum Netzmanagement zellulärer Energiesysteme</b>
<b>Teilziel 2</b>	<b>Entwicklung eines Ende-zu-Ende 5G Regional Network Slicing Systems zur Einhaltung harter Dienstgütegarantien in zukünftigen Energiesystemen</b>
<b>Teilziel 3</b>	<b>Erfolgreiche Integration und Evaluierung innovativer Netzmanagement- und 5G-Slicing Systeme innerhalb der 5Gain Campus- und Reallabore</b>

## Stand der Wissenschaft und Technik und bisherige Arbeiten

### Stand der Wissenschaft und Technik

Dieser Abschnitt erläutert den für 5Gain relevanten Stand von Wissenschaft und Technik.

#### Ende-zu-Ende 5G Network Slicing und Edge Computing für resiliente Energienetze

Der Schutz und die Steuerung von kritischen Infrastrukturen, wie Smart Grids, stellt anwendungsspezifische, extrem hohe Anforderungen an zukünftige Kommunikationsnetze. Klassischerweise werden zur Bereitstellung der geforderten Dienstgüte dedizierte, drahtgebundene Kommunikationsinfrastrukturen eingesetzt. Aus Gründen der Effizienz bezüglich Ausbaudauer und Kosten, ist die Nutzung drahtloser Kommunikationslösungen sinnvoll. 5G soll mehreren Anwendungen virtuell dedizierte Kommunikationsressourcen (Slices) auf Basis einer gemeinsamen Infrastruktur bieten. Dabei wurde final noch keine technische Lösung standardisiert.

Zur datenbasierten Prognose von regelungsbasierten Güteanforderungen an 5G-Kommunikationsnetze wird ein skalierendes Clustering-Verfahren der zur Verfügung stehenden Daten in Form von mehr oder weniger kontinuierlichen Datenströmen benötigt. Es gilt hierbei Cluster in hochdimensionalen Merkmalsräumen zu finden, die gefundenen Cluster fachlich zu interpretieren, und eine Toleranz gegenüber fehlenden Datenpunkten zu gewährleisten.

Ansätze dazu werden beispielsweise in den Horizon 2020 Projekten SliceNet<sup>1</sup> sowie 5G-Pagoda<sup>1</sup> entwickelt. Dabei wird jedoch anwendungsagnostisch die reine Technologie betrachtet, ohne Wechselwirkungen und Schnittstellen mit Energienetzen, sowie die notwendige Resilienz bzw. Systemicherheit zu berücksichtigen. 5Gain wird demgegenüber aufbauend auf Vorarbeiten<sup>2</sup> einen Ende-zu-Ende Slicing Ansatz umsetzen, welcher die von zellularen Energieinfrastrukturen benötigten Dienstgütegarantien lokal bereitstellt. Die Resilienz der Kommunikation gegenüber Angriffen wird ebenso adressiert wie sich eröffnende neuartige Geschäftsmodelle, die Ressourcen nutzungsscharf erfassen und freie Kapazitäten beispielsweise Anwendungen der Smart City über einen Handelsplatz zur Verfügung stellen. Eine weitere, für 5G zentrale Technologie ist Edge Computing bzw. Edge Clouds. Dabei werden Funktionen aus zentralisierten Cloud-Infrastrukturen an den Rand des Kommunikationsnetzes verlagert, wodurch die Anforderungen zukünftiger Energieinfrastrukturen bezüglich Reaktionszeiten dezentraler Steuerungsalgorithmen erfüllt werden. Das Projekt PrEstoCloud<sup>1</sup> entwickelt Cloud Lösungen für Big Data Anwendungen, ohne die Anforderungen von bzw. Wechselwirkungen mit der Digitalisierung der Energiewende zu betrachten. 5Gain hingegen verbindet Regional Network

<sup>1</sup>Horizon 2020 Projekte: slicenet.eu, prestocloud-project.eu

<sup>2</sup>C. Bektas, S. Monhof, F. Kurtz, C. Wietfeld, "Towards 5G: An Empirical Evaluation of Software-Defined End-to-End Network Slicing", In IEEE GLOBECOM Workshops, Dezember 2018.

Slicing, zelluläre Netze und prädiktive KI auf Basis lokaler Edge Clouds zu einer skalierbaren Lösung, die jederzeit Resilienz sowie Autarkie für zukünftige Energienetze gewährleistet, und unterstützt zudem die Akzeptanz von Endkunden durch eine Teilhabe mittels Smart Contracts. Durch den im Projekt gewählten Hersteller- und Netzbetreiber-unabhängigen Ansatz grenzt sich das Projekt hinsichtlich der 5G-orientierten Forschung deutlich vom „National 5G Energy Hub<sup>3</sup>“ ab, in dem ein IKT-Hersteller und ein Netzbetreiber eingebunden sind. Hinsichtlich der energie-wirtschaftlichen Fragestellungen grenzt sich das Projekt sehr klar durch die nachfolgend und im Abschnitt 4.2 beschriebenen Innovationen (Block Chains, Smart Contracts, Verknüpfung mit künstlicher Intelligenz) ab, die nicht Gegenstand des National 5G Energy Hubs sind. Im Falle einer Förderung ist ein Austausch mit dem National 5G Energy Hub geplant und aus Sicht des 5Gain-Projekts im Sinne eines offenen Vergleichs unterschiedlicher Ansätze zielführend.

### **Sichere Blockchains und Smart Contracts für das Energy Trading**

Die durch den Einsatz bei Kryptowährungen bekannte Blockchain-Technologie ermöglicht eine dezentralisierte Buchführung. Dabei wird ein Datensatz („Block“), der sämtliche Informationen aller Transaktionen enthält, mithilfe kryptographischer Funktionen miteinander verkettet („Chain“). Die Sicherheit wird durch das Anhängen eines sogenannten Hash-Wertes des vorangegangenen Datensatzes auf den aktuellen Block gewährleistet, sodass eine nicht-manipulierbare Kette an Daten entsteht. Sogenannte intelligente Verträge (Smart Contracts) nutzen Blockchains, um Transaktionen ohne die Notwendigkeit einer vertrauenswürdigen Drittpartei direkt zwischen einzelnen Akteuren abzuwickeln. Dabei können automatisiert Transaktionen durchgeführt werden, wenn zuvor vereinbarte Voraussetzungen (z.B. Lieferung einer definierten Energiemenge) erfüllt worden sind. Zahlreiche Forschungsvorhaben fokussieren sich auf die Weiterentwicklung der Technologie, beispielsweise durch Anpassung an die jeweiligen Einsatzbereiche<sup>4</sup> oder als Grundlage für neuartige Abrechnungsplattformen<sup>5</sup>. So fokussiert sich das enera<sup>5</sup> Projekt auf neue Geschäftsmodelle der Energiewende indem ein Marktplatz für regionale Produkte und Dienstleistungen geschaffen wird bzw. flexible Endkunden Tarife zwecks Akzeptanzerhöhung entwickelt werden. Windnode<sup>5</sup> derweil nutzt eine Markt- und Verbraucherplattform, ohne die spezifischen Chancen bzw. Anforderungen der Blockchain-Technologie zu beleuchten. 5Gain derweil betrachtet Blockchains als Basistechnologie gemäß dena<sup>6</sup>, die einer kritischen Bewertung der konkreten Machbar- bzw. Zukunftsfähigkeit unterzogen wird. Die Reallabore dienen dabei als Machbarkeitsstudie hinsichtlich der zu erwartenden Belastung der Mobilfunkschnittstelle, der IT-Sicherheit sowie der Resilienz, um eine detaillierte Kosten-/Nutzen-Analyse zu bieten. Durch Blockchain basiertes Lastmanagement hervorgerufene Rückwirkungen auf die Stadtentwicklung und Landschaftsgestaltung fließen in die Betrachtungen mit ein, um mit dem Einsatz von Blockchains verwobene Auswirkungen auf Bereiche der Soziologie und Ökonomie zu erfassen.

### **Künstliche Intelligenz für prädiktive Kontrolle transaktiver, zellulärer Energienetze**

Die Einspeiseleistung erneuerbarer Energiequellen fluktuiert in Abhängigkeit des Wetters. Transaktive, zelluläre Energienetze stellen dazu einen neuen Ansatz zur Sicherstellung der Versorgungssicherheit dar, der zudem den Ausbau der Transport- sowie Verteilnetze begrenzt, indem Erzeugung und Lasten in regionalen Zellen ausbalanciert werden. Dafür ist eine hochpräzise, echtzeitfähige Erfassung des Netzzustandes sowie entsprechende Regelungsalgorithmen unerlässlich. Mittels der gewonnenen Datenbasis ermöglichen Verfahren der Künstlichen Intelligenz (KI) eine prädiktive Anpassung der Leistungsflüsse sowie der notwendigen Ressourcen im Kommunikationsnetz. Reinforcement Learning (RL, auf Deutsch: Bestärkendes Lernen) bezeichnet Verfahren, bei denen optimale Strategien zur Regelung durch iterative Wechselwirkung mit der Regelstrecke über „bestärkende“ Belohnungsmechanismen ohne den Einsatz von Simulationsmodellen erlernt werden. Verglichen mit Modellprädiktiver Regelung erspart man sich beim Reinforcement Learning zwar den Einsatz und Aufbau komplexer Simulationsmodelle, kann aber aktuell keine Gewährleistung zur Stabilität der Per-

---

<sup>3</sup><https://n5geh.com/>

<sup>4</sup>M. L. Di Silvestre, P. Gallo, M. G. Ippolito, E. R. Sanseverino and G. Zizzo, „A Technical Approach to the Energy Blockchain in Microgrids“, IEEE Transactions on Industrial Informatics, Nov. 2018.

<sup>5</sup>BMWi SINTEG Projekte: projekt-enera.de, windnode.de, re-serve.eu, csells.net, Designnetz.de, new4-0.de

<sup>6</sup>Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), „Blockchain in der integrierten Energiewende“, Feb. 2019.

formanz geben. Um das Auftreten von kritischen Zuständen während des Lernprozesses zu verhindern und um diesen zu beschleunigen wurden Konzepte des überwachten, des sicheren und des invertierten RL vorgeschlagen. Aktuell werden diese Methoden noch nicht zur Regelung von Energienetzen eingesetzt. In 5Gain werden verteilte regelnde Agenten auf Basis dieser Methoden gezielt weiterentwickelt und zur verteilten Regelung des Energienetzes umgesetzt. Der Einsatz eines Supervisors erfolgt hierbei auf Basis existierender Netzsimulationen und Reglern aus Forschungsaktivitäten von MathEnergy.

Das RESERVE<sup>5</sup> Projekt entwickelt in diesem Kontext Bausteine für angepasste Netzanschlussregeln, Energienetz-Simulatoren und Frequenzkontrollstrategien. Im Vergleich legt 5Gain durch den Fokus auf zelluläre Netze verstärktes Augenmerk auf die regionalen Aspekte der Energiewende. Dies wird durch die Verknüpfung von KI mit 5G-Technologien, entsprechend der Bedürfnisse der Marktteilnehmer, mit einem integrierten Ansatz zur Erhöhung der Systemsicherheit bei Berücksichtigung gesellschaftlich relevanter Fragestellungen erreicht. Das C/sells<sup>5</sup> Projekt verfolgt ebenfalls den Ansatz der zellularen Energienetze, konzentriert sich dabei jedoch stärker auf Aspekte der Einbindung in Energiemärkte. DESIGNNETZ<sup>5</sup> derweil führt verschiedene Projekte im Kontext der Energiewende zusammen, wozu Integrationskonzepte für die Energietechnik entwickelt werden. Dabei werden 5Gain-Ansätze wie die KI-gestützte, prädiktive Anpassung regionaler Kommunikationsnetz-Slices oder auch Themen der Cybersicherheit durch die andere Ausrichtung des Projekts nicht adressiert. Das Projekt NEW 4.0<sup>5</sup> beabsichtigt eine Steigerung des Stromexports in andere Regionen und will Potentiale im Bereich der Flexibilisierung des Stromverbrauchs heben. Die Arbeiten überschneiden sich damit nicht mit den von 5Gain verfolgten Ansätzen.

## Bisherige Arbeiten der Antragssteller

### adesso

adesso ist Vorreiter im Bereich der digitalen Transformation und begleitet sowie berät dazu zahlreiche Unternehmen. Die Themengruppe Blockchain wurde bereits 2016 gegründet, um Grundkompetenzen mit einem multidisziplinären, länderübergreifenden Team aufzubauen und die steigende Nachfrage in diesem Themengebiet befriedigen zu können. adesso erarbeitet aktuell insbesondere in den Kernbereichen (Line of Business) Insurance und Banking verschiedene Proof-of-Concepts für seine Kunden. Neben dem Banken- und Versicherungsbereich hat adesso bereits folgende Projekte durchgeführt, die die Blockchaintechnologie zur Grundlage hatten (Auszug):

- **Bankenkonsortium:** Das größte Blockchain-Projekt, bei dem adesso zurzeit die Umsetzungsverantwortung hat und das eine Größenordnung von über 5 Personenjahren hat, ist das Projekt eines Bankenkonsortiums (fünf deutsche Banken sind beteiligt). Als Blockchain-Technologie wird Ethereum mit dem entsprechenden Entwicklertool Stack verwendet. Das Web Frontend basiert auf React, Material und im Backend wird das Java Framework Spring Boot eingesetzt. Der Anwendungsfall darf leider bis zur Produktivsetzung im Q2 2019 nicht genauer beschrieben werden.
- **CITES:** CITES ist eine UNO Organisation, an der 183 Länder angeschlossen sind, indem diese das entsprechende CITES Abkommen unterzeichnet haben. CITES regelt den Handel von geschützten und vom Aussterben bedrohten Tier- und Pflanzenarten. Bei der "CITES Supply Chain" handelt es sich um die Entwicklung einer Supply Chain für einen kontrollierten Handel von geschützten Tier- und Pflanzenarten mit der Hyperledger Fabric Blockchain für das Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen (BLV).
- **Ripple AKBank Türkei:** Bei der AKBank in der Türkei hat adesso die Mobile Bankenportal App erstellt. Die Bank möchte den Austausch von Crypto Währungen über die App anbieten. Als erste Währung wurde Ripple gewählt, da diese eine große Beliebtheit in der Türkei genießt. adesso integriert diese Funktion in die mobile App, so dass direkt von einem Mobile Device zu einem anderen per Ripple Geld übertragen werden kann.

Darüber hinaus ist adesso Teil des Verbundprojektes BIMCHAIN. In diesem Rahmen verantwortet adesso die Erstellung eines automatisierten Vertrags- und Abrechnungssystems für die Baubranche mittels Blockchaintechnologie.

Im Zusammenhang mit Edge Computing Projekten sei hier beispielhaft der aktuelle Abschluss des Forschungsprojektes **“InVerSiV”** genannt, in dem u.a. Edge Computing Technologien genutzt wurden, um eine dezentrale Datenaufbereitung und –verarbeitung von anfallenden Verkehrsdaten zu gewährleisten. Dabei wurden die dezentral ermittelten Daten einer Vielzahl von Sensoren zur Darstellung konkreter Verkehrsbilder genutzt – abgestimmt auf den jeweiligen Empfänger.

### **DEW21**

Die DEW21 wurde 1995 als Tochterunternehmen von DSW und VEW in Dortmund gegründet und ist entlang der gesamten Wertschöpfungskette aufgestellt. Sie beliefert als lokaler Energieversorger das gesamte Stadtgebiet Dortmund mit Erdgas, Strom, Wärme und Wasser. Dadurch ist die DEW21 täglich mit den Herausforderungen der Energiewende, im Speziellen im Bereich Verteilnetzinfrastruktur, konfrontiert. Ein wichtiger Baustein der DEW21-Strategie ist der kontinuierliche Ausbau der Eigenerzeugungskapazitäten, insbesondere im Bereich der regenerativen Energieerzeugung. Um dabei im Rahmen der Energiewende der gesteigerten Komplexität gerecht zu werden, erprobt die DEW21 bereits innovative Digitalisierungsoptionen und betreibt bspw. ein eigenes IoT Funknetz auf Basis der LoRaWAN Technologie. Die Vernetzung von unterschiedlichen Datenquellen über einen so genannten Smart City bzw. Energy Data Hub wird gemeinsam mit der Stadt Dortmund vorangetrieben, um auf Basis von Daten neue Geschäftsmodelle für Kunden und alle Bürger der Stadt Dortmund zu entwickeln. Als lokaler Quartiersentwickler koppelt die DEW21 verschiedene Sektoren unter dem Gesichtspunkt Energieeffizienz und Emissionsreduktion, z.B. im „Wohnquartier Mitte“ in Dortmund und bietet Kunden umweltschonende und innovative Produkte (bspw. „Echte Wärme“).

### **urban ENERGY**

urban ENERGY entwickelt zusammen mit seinen Partnern adesso AG, com2m GmbH sowie der Phoenix Contact Gruppe ein cloudbasiertes Energiemanagementsystem, welches auf einem Energy Data Hub basiert, zur optimierten Nutzung von Energie in zellularen Stadtquartieren.

urban ENERGY bündelt Know-how in den Bereichen KI, intelligente Algorithmen, Data Science, Energiewirtschaft, Elektromobilität, Data Hub sowie IoT und beschäftigt ausgewiesene Experten und Softwareentwickler in unserm Team.

In den Bereichen Elektromobilität und Energiewirtschaft haben die drei Gründer von urban ENERGY jeweils mehr als 10 Jahre Erfahrung in Softwareprojekten. Dies wird ergänzt durch Referenzen der com2m und Phoenix Contact. So hat die com2m GmbH beispielsweise mit der wallbe GmbH die wallbe Cloud zur Überwachung, Steuerung und Management von Ladelösungen in einer agilen Vorgehensweise konzipiert und entwickelt. Die Phoenix Contact E-Mobility GmbH ist mit über 200 Mitarbeitern innerhalb der Phoenix Contact-Gruppe das Kompetenzzentrum für Ladetechnik im Bereich der Elektromobilität – und liefert Komponenten und Lösungen für Ladeinfrastruktur und Elektrofahrzeuge.

In den Bereichen Künstliche Intelligenz, Algorithmen und Data Science erarbeitet urban ENERGY aktuell eine KI-Lösung zur Prognose von Photovoltaik-Erzeugungsdaten. Ziel ist es eine Prognose mit hoher Treffgenauigkeit auch für kleine, regionale und zellulare Energiesysteme anzubieten. adesso ist dem Segment ebenfalls tätig und hat unter anderem die Anwendung „Ask Mercedes“ für die Daimler AG entwickelt. Die Anwendung „Ask Mercedes“ sorgt dafür, dass sich jeder Nutzer schnell im Fahrzeug zurechtfindet. Angesprochen wird die virtuelle Helferin mit der Stimme, mithilfe der Smartphone-Tastatur oder -Kamera. Im Hintergrund sorgt dann ein System aus Künstlicher Intelligenz (KI) und Augmented Reality (AR) dafür, dass auch ein modernes Auto mit unzähligen Funktionen, Einstellungsmöglichkeiten und Assistenzsystemen im Handumdrehen verständlich wird.

urban ENERGY nimmt als Basis für die weitere Produktentwicklung einen Energy Data Hub in Betrieb. Die Test-Daten von PV-Anlagen und Ladesäulen wurden bereits von einem IoT Gerät über MQTT Protokoll an eine Test-Instanz gesendet.

## **PHYSEC**

Die PHYSEC GmbH ist spezialisiert auf Physical Layer Security (PHYSEC)-Algorithmen, die Sicherheitsmechanismen bereits auf der Übertragungsschicht implementieren, und dabei die Eigenschaften des drahtlosen Übertragungskanal gezielt ausnutzen (Umkehrbarkeit, Nicht-Rekonstruierbarkeit). Die Anwendbarkeit solcher Ansätze für ein effizientes Schlüsselmanagement konnte im **BMBF-Projekt PROPHYLAXE** [PROPH] im Prinzip bereits nachgewiesen werden. In laufenden **BMBF-Projekt SecureFog** werden innovative Ansätze untersucht, die wesentliche Schwachstellen von PHYSEC-Algorithmen, insbesondere im Hinblick auf stationäre Szenarien mit „schwachen“ Schlüsseln beheben und PHYSEC damit insgesamt nachweisbar sicherer machen.

Die PHYSEC GmbH hat als erster und (soweit bekannt) einziger Know-how Träger angewandte und praxisnahe Verfahren zur Kanalbasierten Schlüsselgenerierung entwickelt und implementiert. Basierend auf diesen Verfahren soll im 5Gain Projekt insbesondere die Effizienz der Fingerprint-Extraktion sowie die Anti-Relay Mechanismen von Teilnehmer weiter erforscht werden. Die Verfahren der PHYSEC GmbH zur Absicherung, Vermessung und Evaluierung von Funkverbindungen sind beispielweise in der Lage, Probleme klassischer Ansätze (zur Schlüsseletablierung, Authentifizierung oder Relaydetektion) zu verbessern und/oder zu komplementieren.

## **Stadt Dortmund**

Die Stadt Dortmund hat sich als eine der führenden deutschen Städte im Bereich Digitalisierung und Smart City aufgestellt. In diesem Zuge hat die Stadt in Technologieprojekten im Rahmen ihrer Allianz Smart City bereits Vorarbeiten hinsichtlich der Anforderungen an die Konnektivität in einem hyperlokalen Gebiet geleistet. Technologien einer vernetzten Stadt wie LoRaWAN und Narrow-band-IoT befinden sich in ersten Anwendungen. Der Einsatz von Kommunikationstechnologien bspw. im Bereich der städtischen Stromnetze ist insbesondere bei neu erschlossenen Wohn- und Gewerbegebieten etabliert. Die Vernetzung von unterschiedlichen Datenquellen über einen so genannten Smart City bzw. Energy Data Hub wird vorangetrieben, um damit im Energiebereich bspw. die Kopplung der Sektoren Strom, Mobilität und Wärme voranzutreiben. Darüber hinaus verfügt Dortmund über das nach aktuellem Stand größte Straßenbeleuchtungserneuerungsprogramm in Europa, welches nicht nur den Einsatz von LED-Technologie zum Ziel hat, sondern insbesondere für die Sicherstellung der Konnektivität im Sinne der Smart City ein großes Asset darstellt, um hier bspw. eine kommunale Basisinfrastruktur für den 5G-Rollout nutzbar zu machen.

Im Zuge der Bemühungen zur Umsetzung einer stadtweiten Smart City-Strategie hat die Stadt Dortmund unter Leitung des am vorliegenden Projekt beteiligten Chief Information/Innovation Office (CIO) eine fachbereichsübergreifende Arbeitsgruppe in der kommunalen Verwaltung gebildet, die die Projektergebnisse fortlaufend aus kommunaler Sicht schärfen wird.

## **Fraunhofer ITWM**

Das Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik (ITWM) zählt zu den größten Forschungsinstituten für angewandte Mathematik weltweit. Die spezifische Kompetenz des ITWM ist die mathematische Herangehensweise an praktische Fragestellungen; sie ergänzt ingenieurwissenschaftliches Arbeiten ideal und führt darum zu einem breiten Anwendungsspektrum: Fahrzeugindustrie, Maschinenbau, Textilindustrie, Luft- und Raumfahrt, Energie und Finanzwirtschaft. Die Abteilung Systemanalyse, Prognose und Regelung entwickelt im Bereich der erneuerbaren Energien zahlreiche Lösungsansätze und Algorithmen, u. A. Algorithmen des maschinellen Lernens zur Analyse des Verhaltens von Windenergieanlagen (EU-Horizon 2020 GA No. 763990) oder zur Modellierung, Sensorplatzierung, Zustandsschätzung und Stabilisierung von Energienetzen („MathEnergy – FKZ0324019A). Spezialkompetenzen sind Regelungskonzepte für die Verteilung erneuerbarer Energien, die Anwendung statistischer und probabilistischer Lerntheorie für komplexe Datenlagen, sowie Deep-Learning für die Verarbeitung von hochdimensionalen Sensordaten.

Im vom BMWi geförderte Projekt „MathEnergy – Mathematische Schlüsseltechnologien für Energienetze im Wandel“ (FKZ 0324019A) ist das ITWM derzeit für die Entwicklung von prädiktiven Reglern zur netzebenenübergreifenden Stabilisierung des elektrischen Netzes zuständig. Neben zentralen Regelkonzepten kommen hier verteilte modellbasierte prädiktive Regler zum Einsatz. Die Berücksichtigung von Wetter, Verkehr, Soziale Medien, etc. erfolgt im MathEnergy nur implizit in Rahmen

von prognostizierten Last- und Einspeiseprognosen. Auch basieren die Regler rein auf physikalischen Modellen des Netzes.

Im vom BMWi geförderte Projekt DESPRIMA erfolgt die Entwicklung von prädiktiven Regelkonzepten für das Demand-Side-Management von Getränkeabfüllanlagen. Eine direkte Verbindung mit Methodenentwicklungen in 5Gain erfolgt nicht, da hier primär die internen Produktionsabläufe in Getränkeabfüllprozessen in Bezug auf plus/minus Flexibilitäten und deren Bereitstellung von Systemdienstleistungen erfolgen. 5Gain liefert hier aber mit der 5G Technik potentielle zukünftige Kommunikationsmechanismen für die Regelung von Anlagen in Produktionsbetrieben.

Das vom MBWWK Rheinland-Pfalz geförderte Projekt mySmartGrid (07/2009-12/2011) hatte zum Ziel, eine Smart Metering-Referenzarchitektur auf der Basis von Open-Source Techniken zur Verfügung zu stellen. Dabei werden nicht nur Messdaten in Privathäusern erfasst, sondern auch Lasten der privaten Nutzer durch Demand-Side Management verschoben mit dem Ziel, die erneuerbaren Energien möglichst sinnvoll ins Stromnetz zu integrieren.

Das vom MULEWF Rheinland-Pfalz geförderte Projekt my-PowerGrid (05/2010-04/2014) konzentrierte sich auf die Entwicklung der Technologie sowie eines Businessmodells für einen verteilten, batteriegestützten Stromspeicher und seine Einbindung in ein regeneratives Kombikraftwerk durch Entwicklung eines lokalen Energiemanagementsystems. Industrieprozesse stehen nicht im Fokus.

Im Rahmen des EU H2020 Projekts UPWARDS entwickelt das ITWM eine integrierte Simulationsplattform für die einzelnen Softwaremodule der Projektpartner zur Windparksimulation. Diese simulieren Windkraftanlagen und Windparks hochpräzise – einschließlich Windströmung, vollständig gekoppelter Fluidstruktur-Interaktion, Systemermüdung sowie Schallausbreitung. Mit Verfahren des Maschinellen Lernens (ML) werden Zusammenhänge wichtiger Phänomene wie Einström- und Turbinenwind, Rotorgeräusche und Versagen der Verbundwerkstoffe identifiziert, um die Performance der zugehörigen Windturbinen zu prognostizieren und zu optimieren.

Im Forschungs-Cluster Cognitive Internet Technologies (CIT) erforscht das ITWM gemeinsam mit 12 weiteren Fraunhofer-Instituten gemeinsam kognitive Technologien und das industrielle Internet. Das langfristige Ziel besteht darin, durch Erforschung kognitiver Technologien ein neues Internet für die Industrie zu errichten – vom Sensor über intelligente Lernverfahren bei der Datenverarbeitung bis hin zur Cloud. Die Forschung gliedert sich dabei in die drei Zentren: »IoT-COMMs«, »Fraunhofer Data Spaces« und »Machine Learning«. Das ITWM arbeitet dabei im Zentrum Machine Learning an verlässlichen und »informed« Machine-Learning-Verfahren.

### **RWTH Aachen**

Das Institut für Städtebau und europäische Urbanistik beschäftigt sich schon seit vielen Jahren mit Forschungsvorhaben im Kontext der Energie-Infrastrukturen und der nachhaltigen Entwicklung von Stadtquartieren. So wird im Rahmen des BMBF Forschungsprojekts **R2Q- Ressourcenplan im Quartier (2019-2022)** untersucht, wie die Verwendung der Ressourcen Wasser, Stoffe, Energie und Fläche/Raum im Quartier zusammenkommen und aus diesen Erkenntnissen Technologien und Instrumente zur effizienten Bewirtschaftung dieser Ressourcen zu bestimmen. Der „Ressourcenplan“ soll als ein Fachplan entwickelt werden und als ein systematischer Werkzeugkoffer für Kommunen mit modularen Technologien und Instrumenten das Ressourcenmanagement in den Quartieren erleichtern. Dieses Projekt schließt gut an die Zielvorgabe der Integration von Zielnetzplanung und Stadtplanung an.

Die umfassenden Erkenntnisse durch das MKW NRW **Forschungskolleg NRW “Energieeffizienz im Quartier” (2014-2018)** bilden eine wesentliche Grundlage für den Umgang mit Energie im Stadt- raum, die aktuell in dem MWIDE NRW **Forschungskolleg NRW “Nachhaltige Energiesysteme im Quartier” (2018-2022)** als Projektleitung und –koordinierung fortgeführt werden mit dem Ziel, technische, wirtschaftliche und soziale Steuerungsmodelle zur Steigerung der Energieeffizienz im Quartier zu entwickeln. Damit leistet das Forschungskolleg mit seiner breiten interdisziplinären Zusammensetzung und Einbettung in die Praxis (transdisziplinär) einen wichtigen Beitrag, um integrierte Konzepte zu entwickeln und die notwendige Verständigung zwischen den Disziplinen sowie zwischen zukünftigen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern mit Praktikerinnen und Praktikern unterschiedlicher

Disziplinen zu fördern. Konkrete Handlungsmöglichkeiten und Optionen sollen die handelnden Parteien, allen voran Stadtwerke, Kommunen, Politik und Bürger darin unterstützen, die Energiewende im Quartier voranzutreiben.

Durch die bereits abgeschlossenen Projekte "Urban Factory" und Forschungscampus FEN Flexible Elektrische Netze besteht bereits eine gute wissenschaftliche Grundlage für den Umgang mit weiteren Herausforderungen der urbanen Energie- und Infrastrukturforschung. Das BMWi Forschungsvorhaben "**Urban Factory – Entwicklung ressourceneffizienter Fabriken in der Stadt (2015-2018)**" vernetzte die Fachdisziplinen Industriebau, Produktion, Städtebau, Logistik und Energiedesign unter Einbindung der Unternehmen, Kommunen, Versorgungsunternehmen und Bürger in dem „Forschungsnetzwerk Urbane Fabrik“. Damit soll die rein energetische Bilanzierung überwunden werden, welche in den klassischen Effizienzinitiativen ausschließlich den Strom als Messgröße heranzieht. Zentrales Alleinstellungsmerkmal ist daher die Ausweitung auf Technologien und Simulations-/Planungswerkzeuge zur Entwicklung von Methoden der integrierten Verbrauchssenkung von Boden, Treibstoff, Gas oder Öl und die unbedingte Betrachtung der Rolle der Stadtgesellschaft und ihrer Planungsprozesse und Partizipationsverfahren. Damit können Erfahrungswerte in das Projekt 5Gain eingebracht werden, die insbesondere im projektierten Untersuchungsgebiet des Reallabors eine zielgerichtete Bearbeitung ermöglichen. Der BMBF **Forschungscampus FEN Flexible Elektrische Netze (2014-2019)** geht auf ganz grundlegende Art mit der Fragestellung zukünftiger Stromnetze in einem volatilen Erzeugermarkt um. Als mögliche neue Netztechnologie auf Mittelspannungsebene wurden Gleichstrom-Netzkomponenten als Wegbereiter zukünftiger Energienutzungen im Stadtraum identifiziert und bewertet. Die Veränderungen der Energieerzeugung und –nutzung, auch insbesondere im Verkehrssektor lassen umgreifende räumliche Auswirkungen in den Städten vermuten, die stadtplanerisch und städtebaulich integriert werden müssen. Mit den Erfahrungen aus dem Innovationspotential der Gleichstromtechnologie innerhalb städtischer Räume können Übertragungen auf die bevorstehenden Innovationen im Bereich der 5G- und KI-basierten Maschinen-Kommunikationen geleistet werden. Der Forschungscampus befindet sich derzeit in der Antragsphase für die Fortführung von 2020-2024 in der ein TRL von 6-7 für die Mittelspannungs-Gleichstromtechnik erzielt werden soll. Mögliche Synergien aus dem 5Gain Projekt mit dem Forschungscampus könnten zu weiteren Use-Cases führen und damit neue Forschungsvorhaben anstoßen.

### **TU Dortmund**

Der Lehrstuhl für Kommunikationsnetze an der Technischen Universität Dortmund hat in den vergangenen Jahren zahlreiche Vorarbeiten zu den in 5Gain relevanten Forschungsthemen geleistet. Im Bereich der Cyber-Physikalischen Systeme (unterstützt durch das CPS.HUB/NRW), insbesondere hinsichtlich Kommunikationsnetze für intelligente Energiesysteme (Smart Grids), kann auf Vorarbeiten aus den Bereichen der Weiterentwicklung von LTE hin zu 5G, Software-Defined Networking (SDN) und Core-Network-Slicing aufgebaut werden. So wurde das Core-Network-Slicing als Aspekt zukünftiger 5G-Infrastrukturen in das Deutsch-Französische BMBF Projekt BERCOM (Blueprint for Pan-European Resilient Critical Infrastructures based on LTE Communications) einbracht. Damit können Anforderungen moderner Energienetze in leitungsgebundenen Kommunikationsnetzen bedient werden. Aspekte wie die Einhaltung der durch zellulare Energiesysteme verschärften Anforderungen und funkbasiertes Regional Network Slicing, bleiben jedoch als kritische Forschungsfragen zur Adressierung in 5Gain bestehen. Eine besondere Bedeutung kommt dabei der Einhaltung hoch-kritischer Anforderungen auf der Luftschnittstelle zu, wobei auf Erfahrungen und Ausrüstungen aus dem genannten Projekt zurückgegriffen wird.

Weitere Vorarbeiten im Rahmen der DFG Forschergruppe 1511 (Schutz- und Leitsysteme zur zuverlässigen und sicheren elektrischen Energie-übertragung) umfassen die Spezifikation und Implementierung der Co-Simulations-Umgebung „Integrated Co-Simulation of Power and ICT Systems for Real-Time Evaluation“ (INSPIRE). Diese hochdynamische Plattform für die integrierte Abbildung von Energie- und Kommunikationsnetzen fließt als unmittelbare Vorarbeit in das Arbeitspaket 4 ein, um dort die Verkehrsmodellierung von Blockchain basierten Transaktionen zu ermöglichen.

Im Bereich SDN, wurden erste Konzepte mit Hilfe eines experimentellen Testaufbaus entwickelt. Im Zentrum stand hierbei der SDN4SmartGrids-Controller, welcher die Möglichkeit einer dynamischen Konfiguration und Steuerung des Kommunikationsnetzes bietet. Hierbei konnten erste Mechanismen

entworfen und implementiert werden, welche auf Basis des SDN-Konzeptes Zuverlässigkeit und Dienstgüte des Kommunikationsnetzes entscheidend verbessern. Eine weiterführende Verknüpfung mit energietechnischen Applikationen, wie im Rahmen von 5Gain angestrebt, kann hierbei direkt auf den Vorarbeiten des SDN4SmartGrids-Controller im Verbund mit Agentensystemen der Energietechnik aufbauen, um auf diese Weise das Verhalten des Kommunikationsnetzes an die spezifischen Anforderungen anzupassen und zu optimieren.

Die Vorarbeiten konnten erfolgreich in der DFG Forschergruppe 1511 (Schutz- und Leitsysteme zur zuverlässigen und sicheren elektrischen Energie-übertragung), sowie dem FP7 Projekt SmartC2Net (SMART Control of energy distribution grids over heterogeneous Communication NETWORKS) und dem Deutsch-Französischen BMBF Projekt BERCOM (Blueprint for Pan-European Resilient Critical Infrastructures based on LTE Communications) eingebracht werden. Dabei blieb jedoch bisher der in 5Gain verfolgte Schwerpunkt einer Kombination KI-getriebener, regionaler zellulärer Energie- sowie Kommunikationsnetze unberührt. Durch die Zusammenführung dieser Teilbereiche ergeben sich neue Effekte und Chancen hinsichtlich der Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems in Bezug auf kritische Infrastrukturen, die es zu evaluieren gilt.

### Schutzrechte

Die PHYSEC GmbH verfügt im Bereich Physical Layer Security über zwei Patentanmeldungen, die für das Projekt und für 5G im Allgemeinen von Bedeutung sind. Kern der ersten Erfindung [P2016] ist die sichere und authentische Schlüsseletablierung zwischen Ressourcen-schwachen IoT-Geräten und digitalen Serviceplattformen via nicht- oder nur semi-vertrauenswürdigen Gateways. Kern der zweiten Erfindung [P2017] ist die Erweiterung von cyber-physikalischen Integritätsprüfungen (wurde etwas manipuliert) von Chip-Level (nm-Veränderungen auf geöffneten Packages) auf das System-Level, bspw. der Detektion von Veränderungen, Manipulationen oder ungewünschten Erweiterungen einzelner Komponenten.

Die TU Dortmund verfügt über relevante Patente bzw. hat Patentanmeldungen, die für den Zweck der Forschung in dem Projekt uneingeschränkt zur Verfügung stehen:

- C. Wietfeld, M. Sbeiti, S. Subik, A. Wolff, "**Access method and communication system for accessing a protected communication service**", WO Patent Application 2,013,056,737, 2013
- C. Rehtanz, S. C. Müller, K. Görner, C. Wietfeld, H. Georg, A. Lewandowski und C. Müller: "**Computer implemented method for hybrid simulation of power distribution network and associated communication network for real time applications**", Patent Application WI 720133WO B, World Intellectual Property Organization, International Application No. PCT/EP2013/002067, Aug. 2013.
- Ch. Aldejohann, J. Maasmann, Ch. Rehtanz, Th. Wohlfahrt: "**Current modulated messages generated by PFC circuits for allocating appliances with management systems in smart grid applications**", WO Patent Application WO002018069424A1, Oct. 2017.

Darüber hinaus sind den Projektpartnern keine internen sowie externen Patente und Schutzrechte bekannt, die einer Durchführung dieses Projektes mit der anschließenden Vermarktung der Ergebnisse entgegen sprechen würden.

### Angestrebte Innovationen

In Abgrenzung zum Stand der Technik strebt das Projekt 5Gain transdisziplinäre Innovationen im Kontext zellulärer Energienetze durch die Kombination KI-basierter Energie- und 5G-IKT Infrastrukturen an. Dies wird im Projekt über Experimental- und Reallabore erprobt und über Beiträge zur Standardisierung, sowie einen nachhaltigen Innovationstransfer für Industrie und Wissenschaft, verstetigt.

### KI-gestützte Datenanalyse und prädiktive Steuerung zellulärer Energienetze

Das Konzept einer kombinierten sektorübergreifenden Datenanalyse mit maschinellen Lernverfahren, um darauf aufbauend KI-basierte Energie- und 5G-IKT-Infrastrukturen zu kontrollieren, steuern und optimieren, stellt sich als vollständig neuartiges Konzept dar.

Neben Datenreihen des Energiesektors (z.B. Netzzustände) und Qualitätsindikatoren von 5G Mobilfunknetzen (z.B. Empfangsleistungen, Latenzen), kommen sektorübergreifende Datenquellen z.B.

aus den Bereichen Verkehr, Kommune, Wetter und sozialen Medien zum Einsatz. Speziell hierdurch wird die Wechselwirkung des Energie- und 5G-IKT-Netzes mit dem Ziel einer ressourceneffizienten, resilienten 5G Kommunikation für die Entwicklung transaktiver, zellulärer Energiesysteme innovativ über eine KI-basierte Methodik bedient. Die Idee ist in Abhängigkeit dedizierter Energienetzanforderungen notwendige Kommunikationsressourcen dynamisch anzupassen und definierte Dienstgüteggarantien bei gleichzeitiger Kosteneffizienz (Weitervergabe freier Kapazitäten des Kommunikationsnetzes an Dritte) zu ermöglichen. Damit kann der Nachteil bestehender, statischer Kommunikationsinfrastrukturen, die für einen zuverlässigen Betrieb dauerhaft überdimensioniert gestaltet werden müssen und entsprechend ineffizient ausgelegt sind, behoben werden.

### **Dynamisches 5G Regional Network Slicing und Edge Computing**

Das 5G Network Slicing Konzept ermöglicht eine auf die Anforderungen von bestehenden und neuartigen energiewirtschaftlichen Anwendungen bzw. Systemdienstleistungen angepasste, zuverlässige Umsetzung von Dienstgüteggarantien. Durch die automatisierte, KI-basierte Network-Slice-Orchestrierung zur Reduzierung der Komplexität des Slice-Managements können neue Anwendungen und Dienste schnell erschlossen und auf den Markt gebracht werden. Der zusätzliche, innovative Aspekt des regionalen Bezugs der Slices optimiert zum einen die Anpassung der Slices an die regionalen Gegebenheiten. Zum anderen können verfügbare Ressourcen deutlich effizienter eingesetzt werden, womit durch den regionalen Charakter der Energieflüsse der Druck hinsichtlich des Ausbaus der Energienetze gesenkt wird. Insgesamt zeigt sich, im Vergleich zu herkömmlichen Netzwerken, eine deutlich bessere *Time-to-Market* und damit schnellere Amortisationszeit neuer energiewirtschaftlicher Produkte und Dienstleistungen. Der regionale Ansatz der zellulären Energienetze wird zudem durch Edge Computing mittels einer lokalen Abwicklung der beispielsweise durch Smart Contracts und Agenten-basierte Lastflussregelungsalgorithmen entstehende Kommunikationsflüsse unterstützt. Die durch KI-Verfahren dynamisch in Edge Clouds überführten Funktionen erzielen eine Entlastung des Kommunikationsnetzes und erhöhen so die Skalierbarkeit des 5Gain-Ansatzes bei zeitgleicher Gewährleistung der Resilienz, Informationssicherheit und Autarkie auf Ebene zellulärer Energienetze. 5Gain trägt mit dem Konzept des Regional Network Slicings und der Edge Computing Funktionalität (Virtualisierung und Auslagerung von Netzwerkfunktionen) konsequent zur Weiterentwicklung von 5G Mobilfunknetzen bei. Dies unterstützt die Anlaufphase von 5G Mobilfunktechnologien am Markt, schafft eine Unabhängigkeit von Marktverfügbarkeiten und kann wichtige Erkenntnisse aus den Reallaboren in aktive Standardisierungs- und Produktbestrebungen einfließen lassen.

### **Sichere und zuverlässige Smart Contracts mittels Blockchain Technologie**

Die Abrechnung zwischen dezentralen Teilnehmern einer Zelle soll innerhalb des zellulären Energiesystems direkt mittels Smart Contracts erfolgen. Somit kann zwecks Erhöhung der Akzeptanz eine Teilhabe von Endkunden an der Energiewende geschaffen und aus Perspektive der regionalen Stadtentwicklung nachvollzogen werden. Dabei wird sich das Projekt weniger mit der Entwicklung der Basistechnologie Blockchain befassen, sondern die spezifischen Eigenschaften Sicherheit, Unveränderlichkeit, Transparenz, Robustheit, insbesondere vor dem Hintergrund skalierbarer, massenkompatibler Blockchains, evaluieren und im Reallabor erproben. Für die Energiewirtschaft sollen bereits technische Machbarkeiten bei der Gestaltung neuer digitaler Produkte und Geschäftsprozesse Berücksichtigung finden und über den Innovationstransfer auch in andere Kompetenzfelder (z.B. Verkehr) übertragen werden. In Bezug auf IT-Security werden innovative Techniken weiterentwickelt, die es ermöglichen Authentizität und Integrität Cyber-physischer Systeme nicht nur digital abzusichern, sondern auch deren physikalische Unversehrtheit zu garantieren. Dies ermöglicht neben der Abhärtung von Smart Contracts gleichzeitig eine physikalische Manipulationsminderung der energie- und kommunikationstechnischen Infrastruktur.

Für alle innovativen Forschungsschwerpunkte wird die Evaluierung und Demonstration der Projektergebnisse über Experimental- und Reallaborplattformen wesentlich dazu beitragen, dass die erarbeiteten Innovationen schnell und effizient in den jeweiligen Ökosystemen der beteiligten transdisziplinären Akteure verstetigt und neue Impulse für fortführende Innovationen generiert werden.

## Ausführliche Beschreibung des Arbeitsplans

### Vorhabensbezogene Ressourcenplanung

Das Vorhaben gliedert sich wie in der folgenden Abbildung dargestellt in 8 Arbeitspakete (AP).



**Abbildung 2: 5Gain Arbeitsplan**

Eine detaillierte Arbeitsplanung auf Arbeitspaketebene unter Einbezug der beteiligten Partner ist den folgenden Detailtabellen zu entnehmen.

AP-Nr. 0	Projektmanagement			
<b>Zeitraum</b>	M01 – M36			
<b>AP Leitung</b>	adesso			
<b>Ressourcen</b> ( $\sum$ Personenmonate aller Lohnstufen)	adesso	DEW21	urban ENERGY	PhySec
	6	-	-	-
	Stadt Do	ITWM	RWTH	TUDo (ie3 + CNI)
	-	-	-	-
<b>Ziele und Beschreibung des Arbeitspakets</b>				
Dieses Arbeitspaket dient der kontinuierlichen, strukturierten Koordinierung und Steuerung des Arbeitsfortschritts des Konsortiums, sowie der Überwachung der Einhaltung von Absprachen und Schnittstellen zur Gewährleistung eines planmäßigen Projektverlaufs.				

<b>AS 0.1</b>	<b>Implementierung Vorgehensmodell / Bereitstellung Umgebung und Arbeitsmittel zur Kollaboration</b>				
<b>Führ.</b>	adesso				
<b>Ressourcenplanung in PM</b>	adesso	SB/PL: 1	-	-	$\Sigma$ 1
<b>Voraussetzungen des Teilarbeitspakets (Input)</b>					
-					
<b>Beschreibung der individuellen Beiträge pro Partner</b>					
<u>adesso:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Abstimmung und Implementierung eines gemeinsamen Vorgehensmodells</li> <li>• Bereitstellung einer kollaborativen Umgebung und Arbeitsmittel</li> </ul>					
<b>Ergebnisse aus dem Teilarbeitspaket (Output)</b>					
Ein einheitliches Projektvorgehen ist allen Partnern am Forschungsprojekt bekannt und akzeptiert. Eine gemeinsame Kollaborationsumgebung ist eingerichtet und allen Projektpartnern zugänglich.					
<b>AS 0.2</b>	<b>Kontinuierliche Koordinierung und Steuerung</b>				
<b>Führ.</b>	adesso				
<b>Ressourcenplanung in PM</b>	adesso	SP/PL: 3	-	-	$\Sigma$ 3
<b>Voraussetzungen des Teilarbeitspakets (Input)</b>					
-					
<b>Beschreibung der individuellen Beiträge pro Partner</b>					
<u>adesso:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kontinuierliche Koordinierung und Steuerung des Projekts</li> <li>• Sicherstellung der Kommunikation und des Feedbacks zwischen den Projektpartnern</li> <li>• Planung und Leitung der Koordinationstreffen</li> <li>• Regelmäßiges Prüfen und Anpassen des Projektplans und der Meilensteine</li> <li>• Sicherstellung der regelmäßigen Projektberichte / Erstellung von Gesamtberichten</li> </ul>					
<b>Ergebnisse aus dem Teilarbeitspaket (Output)</b>					
Die geplanten Arbeiten erfolgen koordiniert und im geplanten Ablauf und Zeitrahmen. Zugehörige Abstimmungstermin unter den Projektpartnern bzw. mit dem Projektträger werden durchgeführt. Geforderte Projektberichte werden erstellt und kommuniziert.					
<b>AS 0.3</b>	<b>Überwachung der Einhaltung von Absprachen, Zulieferungen und Schnittstellen</b>				
<b>Führ.</b>	adesso				
<b>Ressourcenplanung in PM</b>	adesso	SB/PL: 2	-	-	$\Sigma$ 2
<b>Voraussetzungen des Teilarbeitspakets (Input)</b>					

-
<b>Beschreibung der individuellen Beiträge pro Partner</b>
<b>adesso:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Überwachung der Einhaltung von technischen Absprachen und Schnittstellen</li> </ul>
<b>Ergebnisse aus dem Teilarbeitspaket (Output)</b>
Zeit- und qualitätsgerechte Bereitstellung der geplanten Zulieferungen.

AP-Nr. 1	Anforderungen & Architekturkonzepte transaktiver, zellularer Energiesysteme				
<b>Zeitraum</b>	M01 – M36				
<b>AP Leitung</b>	adesso				
<b>Ressourcen</b> ( $\sum$ Personenmonate aller Lohnstufen)	adesso	DEW21	urban ENERGY	PhySec	
	12	7	2	12	
	Stadt Do	ITWM	RWTH	TUDo (ie3 + CNI)	
	4	6	5	11	
Ziele und Beschreibung des Arbeitspakets					
Ziel dieses Arbeitspaketes ist die Identifikation von Herausforderungen und Möglichkeiten, die sich aus dem innovativen Konzept zellularer Energiesysteme ergeben.					
AS 1.1	Herausforderungen lokalen Netzmanagements in zellularen Energiesystemen				
<b>Führ.</b>	DEW21				
<b>Ressourcenplanung in PM</b>	adesso	SB/PL: 4	ARC: 1	SE: 1	$\sum$ 6
	DEW21	Ingenieur: 2	-	-	$\sum$ 2
	urban ENERGY	GF/SSE: 2	-	-	$\sum$ 2
	PhySec	Ingenieur: 3	-	-	$\sum$ 3
	Stadt Do	TVöD 13: 2	-	-	$\sum$ 2
	ITWM	EG13: 3	-	-	$\sum$ 3
	RWTH	TVL-E13 St. 3: 3	-	-	$\sum$ 3
	TUDo	ie3 1	TVL-E13 St. 3: 1	-	-

		CNI	TVL-E13 St. 3: 2	-	-	
<b>Voraussetzungen des Teilarbeitspakets (Input)</b>						
Dieses Teilarbeitspaket spezifiziert die Anforderungen von nachfolgenden Teilarbeiten zur Implementierung und hat neben den Rahmen gebenden Referenzszenarien von AP 1.3 keine eigenen Voraussetzungen.						
<b>Beschreibung der individuellen Beiträge pro Partner</b>						
<b>Kernziel: Anforderungsermittlung</b>						
<i>Laufzeit: M01 – M09</i>						
<p>Zunächst werden im Kontext einer detaillierten Anforderungsanalyse alle Anforderungen an transaktive, zellulare Energiesystemen ermittelt. Dabei werden insbesondere neue Herausforderungen fokussiert, die sich aus dem lokalen Charakter der zugrundeliegenden Energiezelle ergeben. Auf Basis der in AP 1.3 erhobenen Referenzszenarien gilt es die Zielsetzung für die Regelung innerhalb einer Zelle zu spezifizieren.</p> <p>Dazu gehören Dienste des zellularen Netzmanagements hinsichtlich der Einbindung erneuerbarer Energien sowie der Last- und Einspeiseregulierung von z.B. Ladeprozessen der Elektromobilität (Flottenmanagement). Im Rahmen automatisierter Instandhaltungsprozesse soll der Einsatz ferngesteuerter Drohnen per Teleoperation in einem isolierten 5G-Netz-Slice untersucht werden. Dabei sind geringe Latenzzeiten sowie großen Datenraten für die stabile Übertragung hochauflösender Videos erforderlich. Weiterhin soll regionalen Energieerzeugern und Verbrauchern eine autonome, Blockchain-basierte Abrechnung (Smart Contracts) direkt miteinander abgewickelter Energietransaktionen ermöglicht werden, wobei auch die Bewertung kommunikativen Lasten erfolgt.</p>						
<b>adesso:</b>						
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konzeption, Durchführung und Dokumentation von Workshops mit Verbundpartnern und weiteren Stakeholdern zur Vorbereitung eines gemeinsamen Interaction Rooms (IR) zur Anforderungsaufnahme.</li> <li>• Vorbereitung und Durchführung von IR Workshops.</li> <li>• Aufbereitung und Konsolidierung der Ergebnisse der IR-Workshops.</li> <li>• Anforderungsdefinition für Anwendung von Smart Contracts im Energienetzmanagement.</li> <li>• Anforderungsdefinition für Edge Cloud Computing Anwendungsfälle.</li> <li>• Übergreifende Priorisierung der Anforderungen.</li> <li>• Erstellung des finalen Anforderungskatalogs.</li> </ul>						
<b>DEW21:</b>						
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anforderungsermittlung von Planungsgrundsätzen, Gleichzeitigkeitsfaktoren und deren Auswirkungen u.a. auf ein (intelligentes) Lastmanagement im Verteilnetz.</li> <li>• Anforderungsermittlung zellulärer Energienetzbereiche aus systemischer Anwenderperspektive.</li> <li>• Ermittlung von netzzustandsbasierten Preismodellen &amp; Vertriebsprodukten u.a für die direkte Abwicklung von Energietransaktionen.</li> <li>• Ermittlung Anforderungen Energy-Data-Hub.</li> </ul>						
<b>urban ENERGY:</b>						
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ermittlung Anforderungen Energy-Data-Hub und Teilnahme an Workshops.</li> </ul>						
<b>PhySec:</b>						
<ul style="list-style-type: none"> <li>• PHYSEC wird die für die Sicherheit relevanten Anforderungen und Bewertungskriterien erarbeiten</li> </ul>						

- PHYSEC wird zudem die Sicherheitsanforderungen validieren und überprüfen ob die eingesetzten Protokolle bekannten Angriffen widerstehen

#### **Stadt Dortmund:**

- Ermittlung der Anforderungen aus kommunaler Sicht.
- Berücksichtigung von städtischen Szenarien zur Elektromobilität.
- Berücksichtigung von lokalräumlichen Aspekten von Energiezellen.

#### **Fraunhofer ITWM:**

Gemeinsam mit den Projektpartnern spezifiziert Fraunhofer ITWM im Rahmen von AP 1.1 auf Basis der in AP 1.3 erhobenen Referenzszenarien die Zielsetzung für die Regelung innerhalb einer Zelle. Dies umfasst folgende Anforderungen für den Entwurf eines Reglers:

- Die Modellierung der zellulären Struktur beschreibt die generischen lokal interagierenden Komponenten (Erzeuger, Verbraucher, Transformatoren, Speicher, Netztopologie) aus denen eine Zelle bestehen kann. Es gilt zu klären, welche dieser Komponenten verteilt geregelt werden können. Die Beschreibung der Dynamik einzelner Komponenten durch Lastprofile berücksichtigt ereignisbasierte Verkehrssituationen oder Veranstaltungen.
- Die Nachbarschaft einer Zelle beschreibt, in welcher Form eine Zelle mit benachbarten Zellen über unterschiedliche Bestandteile der der Netztopologie interagiert.
- Die Definition der Kommunikationsanforderungen klärt den Bedarf an Information zwischen Reglern innerhalb und unterhalb von Zellen, um eine lokale bzw. globale Stabilisierung zu gewährleisten. Diese Anforderungen bilden die modellbasierte Basis für das 5G Regional Network Slicing in AP 3. Kenngrößen sind u.a. minimale Antwortzeit, maximale Fehlerrate, erforderliche Kommunikationsrate und erforderlicher Durchsatz.
- Definition der Minimalanforderungen an die Stabilität beschrieben die anvisierten Zielgrößen von Systemdienstleistungen, die es zu stabilisieren bzw. zu optimieren gilt. Zielgrößen wären z.B. eine stabile Netzfrequenz oder Spannung (Blindleistungskompensation), minimale Importkosten oder maximale Exporterlöse.
- Die Minimalanforderungen an Robustheit klären die Dynamik einer Zellstruktur und beschreiben Kriterien zur Ausfallsicherheit. Eine n-1-Stabilität würde z.B. die Stabilität bei Ausfall einer beliebigen Komponente innerhalb der Zellstruktur gewährleisten.

#### **RWTH Aachen:**

- Anforderungsprofile unterschiedlicher Quartiers-/Strukturtypen im Untersuchungsgebiet des Reallabors identifizieren (zukünftige städtebauliche Veränderungen einbeziehen).
- Herausforderungen gewerblicher, industrieller und wohnbaulicher Nutzungsformen analysieren.

#### **TU Dortmund:**

- **CNI:** Anforderungsanalyse der energietechnischen Lösungen zur Ableitung der Spezifikationen des Regional Network Slicings, sowie Unterstützung bei der Entwicklung der zugrundeliegenden Anwendungsfälle.
- **ie<sup>3</sup>:** Aufbereitung der Anforderungen im Kontext der Anwendungsfälle des agenten-basierten Netzmanagements für zellulare Energienetze.

#### **Ergebnisse aus dem Teilarbeitspaket (Output)**

Bereitstellung eines Anforderungskatalogs. Darin enthaltene Vorgaben sind erforderlich, um:

- a) Topologien und Parameter für die Auswahl von Szenarien in AP 1.3 vorzugeben  
 b) eine Grundlage für eine nachhaltige Systemarchitektur in AP 1.2 zu ermöglichen  
 c) den Bedarf an Daten für AP 2.1 sowie das Reglerdesign in AP 2.2 zu klären  
 d) die statischen und dynamischen Kommunikationsanforderungen für AP 3.1 und AP 3.2 zu bestimmen.

AS 1.2		Design einer Systemarchitektur für zellulare Energiesysteme			
Führ.	TUDo CNI				
Ressourcen- planung in PM	adesso	SB/PL: 1,25	ARC: 1,25	SE: 0,5	$\Sigma$ 3
	DEW21	Ingenieur: 2	-	-	$\Sigma$ 2
	urban ENERGY	-	-	-	-
	PhySec	Ingenieur: 6	-	-	$\Sigma$ 6
	Stadt Do	-	-	-	-
	ITWM	EG13: 2			$\Sigma$ 2
	RWTH	-	-	-	-
	TUDo	ie3	TVL-E13 St. 3: 1	-	-
CNI		TVL-E13 St. 3: 3	-	-	

#### Voraussetzungen des Teilarbeitspakets (Input)

Erste Ergebnisse aus dem Arbeitspaket AP1.1 dienen als Input für den Aufbau der Systemarchitektur.

#### Beschreibung der individuellen Beiträge pro Partner

**Kernziel:** Bereitstellung einer offenen Systemarchitektur

*Laufzeit: M03 – M36*

Aufbauend auf der vorherigen Anforderungsanalyse wird eine Systemarchitektur entwickelt, die die neuartigen, direkten Transaktionen lokaler Energieerzeuger und Verbraucher berücksichtigt und diese technisch sowie energiewirtschaftlich in Konzepte klassischer Verteilernetze einordnet.

#### adesso:

- Mitarbeit bei Aufbau der 5Gain Systemarchitektur
- Insbesondere: Aufbau Referenzarchitektur für Blockchain-Technologie
  - Abbildung von Smart Contracts / Abbildung der erforderlichen Transaktionsmodelle
  - Verknüpfungsmöglichkeit von Interaktionsmöglichkeiten zu Smart Contracts
  - Konzept zur „On-Chain“- / „Off-Chain“-Datenhaltung
- Insbesondere: Aufbau Referenzarchitektur für Edge-Cloud-Infrastrukturen
  - Abbildung der Anforderungen an dezentrale Datenhaltung und -verarbeitung auf Edge-Cloud-Technologien
  - Modellierung von Interaktionen
- Mitarbeit an der Erstellung eines Interaktionskonzeptes

#### DEW21:

- Definition und Rolle beteiligter Akteure
- Einbringen der Anwenderperspektive in die Systemarchitektur
- Definition der einzubringenden Datenquellen (bspw. Messdaten, Steuerungsdaten, Regelungsdaten, Wetterdaten, Verkehrsflussdaten etc.) und daraus resultierenden Schnittstellen zum Energy Data Hub

**PhySec:**

- Systemmodellierung und Spezifikation von Sicherheitsanforderungen und Sicherheitszielen
- Erstellung einer umfassenden Sicherheitsarchitektur mit angriffssicherer Ausgestaltung der Schnittstellen
- Fortwährende Validierung der Systemarchitektur im Projektverlauf unter Einbeziehung der Projektfortschritte. Überprüfung eventueller Anpassungen der Architektur im Projektverlauf. Entsprechende Testläufe unter Verwendung der Demonstratoren und unter Einbeziehung von Feedback von Unternehmen (potenziellen Kunden) durch Vorstellung der Architektur sollen zur Validierung der Sicherheitsaspekte und der Anwendbarkeit im zellularen Umfeld dienen.

**Fraunhofer ITWM:**

- Der Entwurf und die Architektur der Regelungsstruktur wird auf Basis, der in AP 1.2 erhobenen Anforderungen skizziert, um entsprechende Regler zu implementieren. ITWM wird hierbei je nach Zellstruktur klären, ob eine verteilte oder zentrale Regelung zum Einsatz kommt.
- Für die Integration von Edge-Anwendungen wird ITWM spezifizieren, welche regelungstechnischen Aufgaben lokal verteilt berechnet werden sollen.

**TU Dortmund:**

- **CNI:** Identifikation geeigneter Kommunikationsprotokolle und Datenaustauschformate. Federführende Leitung zur Überführung der im Vorfeld ermittelten, anwendungsbasierten Einzelanforderungen in die 5Gain Gesamtsystemarchitektur.
- **ie³:** Unterstützung der Erstellung der Systemarchitektur aus Perspektive zellularer Energienetze, unter besonderer Berücksichtigung KI-getriebener Agentensysteme sowie Smart Contracts.

**Ergebnisse aus dem Teilarbeitspaket (Output)**

Gesamtarchitektur zur Integration der verschiedenen Lösungen und Komponenten, offene Schnittstellendefinition, Sensor- und Protokollformate (5Gain API), Klärung des Reglerdesigns für AP 2.2

AS 1.3		Entwicklung von Referenzszenarien für die Leistungsbewertung			
Führ.	TUDo CNI				
Ressourcenplanung in PM	adesso	SB/PL: 2	ARC: 1	-	∑ 3
	DEW21	Ingenieur: 3	-	-	∑ 3
	urban ENERGY	-	-	-	-
	PhySec	Ingenieur: 3	-	-	∑ 3
	Stadt Do	TVöD 13: 2	-	-	∑ 2
	ITWM	EG13: 1	-	-	∑ 1
	RWTH	TVL-E13 St.3: 2	-	-	∑ 2

	TUDo	ie3	TVL-E13 St. 3: 1	-	-	$\Sigma$ 4
		CNI	TVL-E13 St. 3: 3	-	-	

### Voraussetzungen des Teilarbeitspakets (Input)

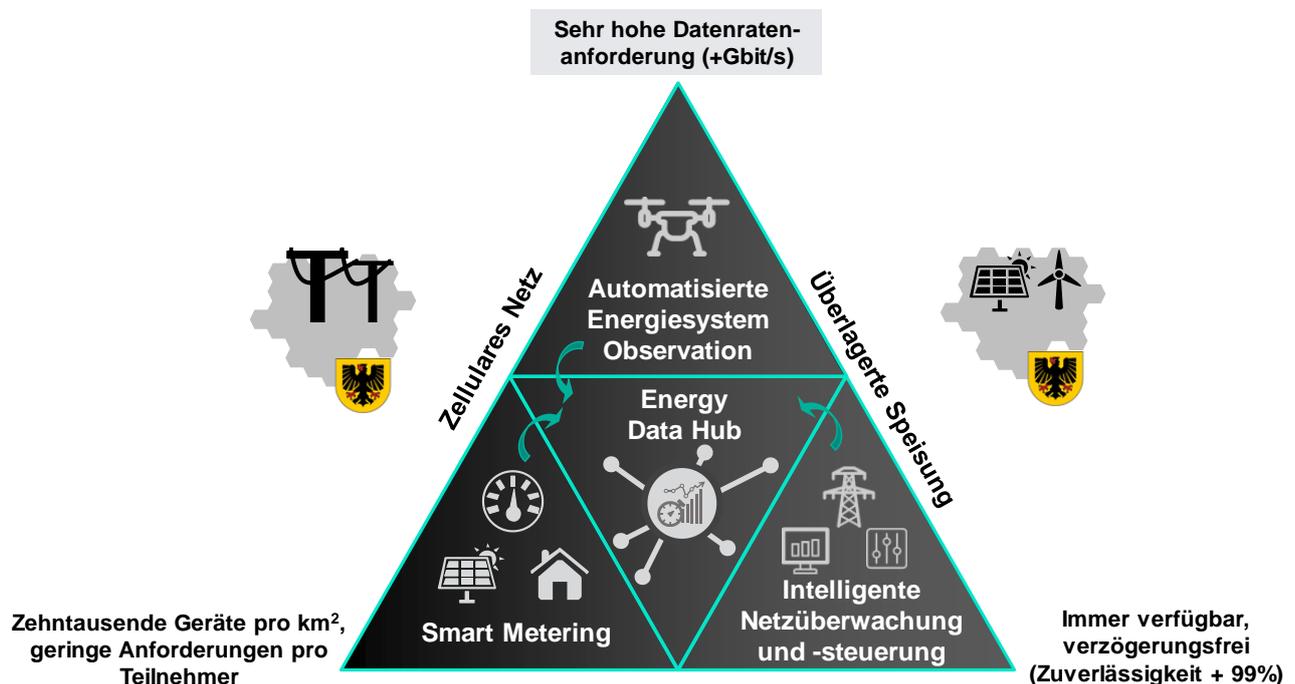
Erste Ergebnisse aus der Anforderungsaufnahme aus AP 1.1 und der Erarbeitung der Referenzarchitektur in AP 1.2.

### Beschreibung der individuellen Beiträge pro Partner

**Kernziel:** Erarbeitung von Anwendungsszenarien zur wechselseitigen Ausprägung von zellularen Energienetzen und 5G Mobilfunksystemen

**Laufzeit:** M07 – M27

Um in den folgenden Arbeitsschritten entwickelte Innovationen zielgerichtet bewertet zu können, werden marktnahe Referenzszenarien entworfen (siehe Abbildung 3). Diese Referenzszenarien orientieren sich zielgerichtet an innovativen Produkten (z.B. Eigenstromverbrauch, EV-Flottenmanagement, automatisierten Fernwartungsprozessen, Intelligente Netzüberwachung) der lokalen Energiewirtschaft, werden aber die Charakteristik transdisziplinärer Systemhintergründe berücksichtigen. Somit werden sowohl Referenzszenarien mit energiewirtschaftlichem Fokus, als auch solche zur Bewertung innovativer technischer Konzepte auf Basis Künstlicher Intelligenz sowie zukünftiger 5G Mobilfunknetze entwickelt. Dabei werden auch kommunale Fragestellungen der Raumplanung und Akzeptanz beantwortet.



**Abbildung 3: Übersicht geplanter 5Gain Referenzszenarien**

### adesso:

- Mitarbeit an der Erstellung von Referenzszenarien
- Mitarbeit an der Definition von Bewertungs- und Akzeptanzkriterien, die die Eignung der Lösungen zur Abbildung des Anwendungsfalls definieren
- Mitarbeit an der Verfeinerung der inhaltlichen und technischen Anforderungen auf Basis der Referenzszenarien

**DEW21:**

- Einbringung einer übergreifenden, verteilnetzspezifischen Anwenderperspektive in die Entwicklung der 5Gain Referenzszenarien
- Einbringung von Bewertungs- und Akzeptanzkriterien in die Entwicklung der 5Gain Referenzszenarien
- Einbringung von Kundenperspektive bei der Gestaltung von 5Gain Referenzszenarien
- Einbringung von Fachexpertise zu notwendigen Systemkomponenten bei der Gestaltung der 5Gain Referenzszenarien

**PhySec:**

- Durchführung einer Bedrohungs- und Schutzbedarfsanalyse.
- Mit den vorher ausgearbeiteten Anforderungen an die IT-Sicherheit wird sich PHYSEC hier an der Definition des Szenarios beteiligen. Hierbei werden u.a. Aspekte wie das Schlüsselmanagement und die Schlüsselverteilung berücksichtigt.
- Untersuchung der Kompatibilität mit bestehenden Schnittstellen und APIs.
- Untersuchung der Skalierbarkeit und Erweiterbarkeit des verfolgten Ansatzes abhängig von der Anwendung und der zur Verfügung stehenden Kanalinformation.

**Stadt Dortmund:**

- Berücksichtigung von Anforderungen aus der Smart City im Rahmen der Referenzszenarien
- Schärfung der Szenarien aus kommunaler und stadtplanerischer Sicht
- Plausibilitätsprüfung der Szenarien vor dem Hintergrund des Zusammenwirkens unterschiedlicher städtischer Systeme

**Fraunhofer ITWM:**

- Klärung der lokalen zellulären Topologie sowie der Interaktion mit benachbarten Zellen.
- Definition der zu berücksichtigenden Parameterbelegung für die Validierung der in AP 2.2 und AP 3.2. gelernten Modelle.

**RWTH Aachen:**

- Entwicklung räumlicher Einflussfaktoren auf die zu entwickelnden Referenzszenarien

**TU Dortmund:**

- **CNI:** Zusammenführung der im Konsortium entwickelten, anwendungs- bzw. partnerspezifischen Konzepte zur Bereitstellung integrierter Referenzszenarien, mit besonderer Berücksichtigung der Anforderungsprofile zukünftiger 5G Systeme (Koexistenz von Smart Metering, Netzmanagement, Überwachung, etc.). Ein besonderer Fokus ist dabei auf die nachfolgende Umsetzung der transdisziplinären Systemhintergründe im Rahmen der 5Gain Campus- bzw. Reallabore gerichtet, um so eine Bewertung der innovativen technischen Konzepte (u.A. Zusammenführung künstlicher Intelligenz mit 5G Mobilfunknetzen für zellulare Energienetze) zu ermöglichen.
- **ie<sup>3</sup>:** Entwicklung von Referenzszenarien für innovative Konzepte innerhalb intelligenter, zellulärer Netze. Hierbei wird ein Fokus insbesondere auf die Funktion eines lokale Energiemarktes gesetzt.

**Ergebnisse aus dem Teilarbeitspaket (Output)**

Referenzszenarien zur Evaluierung sowie Validierung der transdisziplinären 5Gain Innovationen im Rahmen der Campus- bzw. Reallabore.

AP-Nr. 2		Management transaktiver Energienetze mittels maschineller Lernverfahren				
Zeitraum	M04 – M36					
AP Leitung	DEW21					
Ressourcen ( $\sum$ Personenmonate aller Lohnstufen)	adesso	DEW21	urban ENERGY	PhySec		
	21	13	20	-		
	Stadt Do	ITWM	RWTH	TUDo (ie3 + CNI)		
	1	12	-	13		
<b>Ziele und Beschreibung des Arbeitspakets</b>						
Das Arbeitspaket wird, aufbauend auf den Ergebnissen von AP1, Mechanismen zur Kontrolle, Überwachung und Wartung transaktiver Energienetze entwickeln, sowie prototypisch evaluieren.						
AS 2.1	<b>Konzeptionierung und Bereitstellung eines dezentralen Data-Hubs als KI-Middleware zur Bündelung Sektorübergreifender Datenquellen auf Abruf</b>					
Führ.	DEW21					
Ressourcenplanung in PM	adesso	SB/PL: 0,75	ARC: 0,75	SE: 6	TRAI: 1,5	$\sum$ 9
	DEW21	Ingenieur: 8	-	-	-	$\sum$ 8
	urban ENERGY	GF/SSE: 3,5	SE: 2,5	Train: 1	-	$\sum$ 7
	PhySec	-	-	-	-	-
	Stadt Do	TVöD 13: 1	-	-	-	$\sum$ 1
	ITWM	-	-	-	-	-
	RWTH	-	-	-	-	-
	TUDo	ie3	-	-	-	-
	CNI	-	-	-	-	
<b>Voraussetzungen des Teilarbeitspakets (Input)</b>						
Anforderungsdefinition und Systemarchitektur aus AP1.						
<b>Beschreibung der individuellen Beiträge pro Partner</b>						
<b>Kernziel:</b> <i>Plattform zur Aggregation verteilter Datenquellen als Basis der 5Gain Innovationen</i>						
<i>Laufzeit: M04-M21</i>						
<b>adesso:</b>						
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konzeption und Modellierung einer Edge Cloud Infrastruktur gemäß Systemarchitektur</li> <li>• Entwicklung und Bereitstellung einer prototypischen Edge-Cloud-Lösung als Basis für Komponenten der anderen Arbeitspakete <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufbau Entwicklungsinfrastruktur / Projektumgebung</li> <li>• Implementierung Basistechnologie Edge Cloud</li> </ul> </li> </ul>						

**DEW21:**

- Entwicklung der Anforderungen an einen Energy Data Hub:
  - Schnittstellendefinition und Modellierung der anzubindenden Datenquellen
  - Definition der Architektur eines Data Lake, der als Datensenke für darauf aufbauende intelligente Verknüpfung der Daten dient.
- Einbringung von u.a. gesetzlichen Security-Anforderungen an den Energy Data Hub
- Bündelung und Bereitstellung von Netz- und Kundendaten sowie -anforderungen
- Bereitstellung eines Energy Data Hub mit Unterstützung durch urban Energy

**urban ENERGY:**

- Unterstützung bei der Konzeptionierung und Modellierung der System-Infrastruktur
- Unterstützung bei der Bereitstellung eines Energy Data Hub bzw. dessen prototypische Umsetzung in Kooperation mit der DEW21

**Stadt Dortmund:**

- Bedarfsgerechte Bereitstellung von Daten aus ausgewählten städtischen Systemen
- Berücksichtigung des Energy Data Hub im Datennutzungskonzept der Smart City
- Definition der Schnittstellen zu den städtischen Systemen

**Ergebnisse aus dem Teilarbeitspaket (Output)**

Online zugängliches Energy-Data-Hub zur Aggregation

<b>AS 2.2</b>		<b>Dynamisches Netzmanagement mit maschinellen Lernverfahren</b>			
<b>Führ.</b>	urban ENERGY				
<b>Ressourcenplanung in PM</b>	adesso	-	-	-	-
	DEW21	Ingenieur: 3	-	-	∑ 3
	urban ENERGY	GF/SSE: 5	SE: 5	Train: 3	∑ 13
	PhySec	-	-	-	-
	Stadt Do	-	-	-	-
	ITWM	EG13: 12	-	-	∑ 12
	RWTH	-	-	-	-
	TUDo	ie3	TVL-E13 St. 3: 5	-	-
CNI		TVL-E13 St. 3: -	-	-	

**Voraussetzungen des Teilarbeitspakets (Input)**

AP1.1: Definition der lokalen zellulären Struktur und Nachbarschaft sowie Anforderungskatalog zur Performanz und Kommunikation des/der Regler

AP1.2 Beschreibung des Reglerdesigns

AP1.3 Beschreibung von Anwendungsszenarien

### Beschreibung der individuellen Beiträge pro Partner

**Kernziel:** *Dynamische, kontinuierliche Optimierung der Netzregelung durch maschinelles Lernen*

*Laufzeit: M04 – M36*

In das Energienetz werden verteilte Agenten zur Erhebung von Messdaten eingebracht. Diese Datenbasis soll mit weiteren, nicht-energietechnischen Informationsquellen (Wetter, Verkehr, Soziale Medien) verknüpft und mittels maschineller Lernverfahren (z.B. Reinforcement Learning) ausgewertet werden. Daraus werden prädiktiv die notwendigen Strategien zum Netzmanagement sowie der Ausbau der transaktiven Energienetze abgeleitet (prädiktive Regelung des Energienetzes). Diese werden wiederum durch die Aktoren des verteilten Agentensystems ausgeführt, welches neuartige Algorithmen der dezentralen Steuerung und Regelung der Energieflüsse zur Realisierung robuster, zellulärer Netzkonzepte einsetzt. Die durch maschinelles Lernen ermöglichte, dynamische und kontinuierliche Optimierung der Netzregelung resultiert in zu quantifizierenden Effizienzgewinnen.

#### **DEW21:**

- Einbringen einer verteilnetzspezifischen Anwenderperspektive zum Netzmanagement

#### **urban ENERGY:**

- Optimierungsumgebung zur Berechnung der optimalen Schaltung der energietechnischen Betriebsmittel
- Aufsetzen einer Cloud Plattform mit allen notwendigen Vorbereitungen für maschinelles Lernen; Fokus zelluläres Energienetz (vgl. AP3.2)

#### **Fraunhofer ITWM:**

- Erzeugung von Datenströmen und grundlegenden MPC Reglern auf Basis von Simulationsmodellen der Referenzszenarien.
- Die Daten werden analysiert und vorverarbeitet, um die minimale Datenbasis für die robuste Regelung unter vorgegebenen Performancezielen (verschiedene Systemdienstleistungen) zu identifizieren. Für die Regelung relevante Systemmerkmale und Zustände werden identifiziert und in geeigneter Form repräsentiert.
- Auswahl und Training unterschiedlicher maschineller Lernverfahren, um Modelle zu identifizieren, die die Regelstrecke hinreichend genau beschreiben können. Die gewählten Modelle werden mit Validierungsdaten getestet und über Hyperparameter optimiert.
- Lösung des Regelungsproblems durch Implementierung und Anwendung von MPC und Reinforcement Learning Verfahren.
- Die Regelung wird innerhalb der Simulationsumgebung erprobt und validiert.
- Gemeinsam mit dem Partner urban ENERGY werden die implementierten Algorithmen in die bereitgestellte Software integriert und getestet.

#### **TU Dortmund:**

- **ie<sup>3</sup>:** Konzeption, Entwicklung und Evaluation von Agenten-basierten KI-Verfahren zum Netzmanagement, unter Einbeziehung externer, nicht exklusiv energietechnischer Rahmendaten (z.B. Wetterdaten, verfügbare Informationen zu anstehenden Ereignissen).

### Ergebnisse aus dem Teilarbeitspaket (Output)

Folgende Ergebnisse werden im Rahmen des Teilarbeitspakets AP 2.1 erarbeitet:

- Software zur generischen Erstellung von verteilt kommunizierenden Agenten zur prädiktiven Lastregelung zellulärer Energienetze basierend auf Maschinellen Lernverfahren in Bezug auf die gewählten Referenzszenarien.

- Klassifizierung der Regelungsalgorithmen in Bezug auf zu kommunizierende Größen (Welche Daten), Kommunikationsaufwand (Genauigkeiten) und Häufigkeit (Event-basiert oder kontinuierlich). Bereitstellung der Informationen für AP3.
- Bereitstellung der Regler für die Demonstratoren (AP6).

<b>AS 2.3</b>	<b>Dezentrale Kontrolle zellularer Energiesysteme über skalierbare, lokale Edge Clouds</b>					
<b>Führ.</b>	adesso					
<b>Ressourcenplanung in PM</b>	adesso	SB/PL: 0,25	ARC: 1	SE: 7,5	TRAI: 3,25	∑ 12
	DEW21	Ingenieur: 2	-	-	-	∑ 2
	urban ENERGY	-	-	-	-	-
	PhySec	-	-	-	-	-
	Stadt Do	-	-	-	-	-
	ITWM	-	-	-	-	-
	RWTH	-	-	-	-	-
	TUDo	ie3	-	-	-	-
	CNI	TVL-E13 St. 3: 2	TVL-E13 St. 2: 6	-	-	
<b>Voraussetzungen des Teilarbeitspakets (Input)</b>						
Anforderungsdefinitionen und Systemarchitektur aus AP1 sowie prädiktive Lastregelung auf Basis maschineller Lernverfahren (AS2.2).						
<b>Beschreibung der individuellen Beiträge pro Partner</b>						
<p><b>Kernziel:</b> <i>Aufbau lokaler Edge Cloud Infrastrukturen als Basis für Agenten-, KI- und Blockchainindienste</i></p> <p><i>Laufzeit: M07 – M36</i></p> <p>Die Gewährleistung der zum Betrieb dezentraler, zellularer Netze erforderlichen, minimalen Latenzen bedingt den Einsatz neuester 5G Edge Computing Konzepte. Dabei wird eine Lösung entwickelt, die als lokale Plattform für Agenten, KI-Algorithmen und Blockchain-Berechnungen dient und zudem Aspekte des 5G RAN (<i>Radio Access Network</i>, Zugangnetz) abbildet. Im Spannungsfeld der präzisierten Einspeiseleistung und der jeweils benötigten Edge-Dienste, ist eine proaktive Skalierung einzelner Instanzen vorzunehmen. Dies ist entsprechend der durch KI prädizierten Anforderungen mittels Software-Defined Networking umzusetzen, wobei kritische Dienstgütegarantien jederzeit mittels regionalem Ende-zu-Ende Slicing zu gewährleisten sind. Die entwickelten Lösungen sind mittels Funktionsmustern zu demonstrieren und in realen Feldtests zu validieren (AP 6).</p> <p><b>adesso:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entwicklung und Bereitstellung einer skalierbaren Edge-Cloud-Lösung für zellulare Energiesysteme (gemäß den Anforderungen der Referenzszenarien)</li> <li>• Prinzipielle Integration externer Komponenten / technischer Schnittstellen</li> </ul> <p><b>DEW21:</b></p>						

- Einbringen einer verteilnetzspezifischen Anwenderperspektive zur Kontrolle zellulärer Netzsysteme

#### TU Dortmund:

- **CNI:**
  - Identifikation von geeigneten Plattformen für den Einsatz von Software-Defined Networking (SDN)- bzw. Network Function Virtualization (NFV)-basierten Lösungen für die Realisierung von Edge Clouds, unter Berücksichtigung der anhand der spezifizierten Anwendungsfälle (AS1.1) identifizierten Dienstgüteanforderungen zellulärer Energienetze.
  - Entwicklung der Edge Cloud Lösung aufbauend auf den zuvor identifizierten Plattformen zur Abbildung von 5G-Netzdiensten.
  - Prototypische Evaluierung der entwickelten Lösung in einem ersten, kontrollierten Laboraufbau, im Hinblick auf mögliche Ansätze zur Latenzverbesserung.
- **ie<sup>3</sup>:** Entwicklung und Implementierung eines verteilten, ressourcen-effizienten Agenten-Systems zur Kontrolle des zellularen Energienetzes auf Basis lokaler Edge-Cloud-Knoten.

#### **Ergebnisse aus dem Teilarbeitspaket (Output)**

Edge Cloud Infrastruktur und Skalierungsmechanismen

AP-Nr. 3	5G Regional Network Slicing für zellulare Energiesysteme			
<b>Zeitraum</b>	M04 – M36			
<b>AP Leitung</b>	DEW21			
<b>Ressourcen</b> ( $\sum$ Personenmonate aller Lohnstufen)	adesso	DEW21	urban ENERGY	PhySec
	1	13	13	-
	Stadt Do	ITWM	RWTH	TUDo (ie3 + CNI)
	2	12	1	19

#### **Ziele und Beschreibung des Arbeitspakets**

Für die kommunikationstechnische Verknüpfung der energietechnischen Einheiten einer Zelle soll in diesem Projekt als zentraler Bestandteil zukünftiger 5G Mobilfunknetze das Network Slicing Konzept Anwendung finden. Um insbesondere den lokalen Bezug der zugrundeliegenden Energiezelle berücksichtigen und ein definiertes Maß an Dienstgüte garantieren zu können, sollen hierbei, ortsgenau und an die dynamischen Anforderungen energiewirtschaftlicher Anwendungen angepasst, benötigte Funkressourcen exklusiv reserviert werden. Über das im Projekt angestrebte, erweiterte 5G Regional Network Slicing Konzept (vgl. **Abbildung 4**) soll lokal, innerhalb einer Energiezelle, eine klare Trennung von Kommunikationsressourcen einzelner Anwendungen für die benötigte Zeitdauer ermöglicht werden. Das Ziel der dynamischen Anpassung von Regional Network Slicing an variable Anforderungen ist die Einhaltung definierter Dienstgütegarantien bei gleichzeitiger Kosteneffizienz. Diese wird erzielt, indem durch die Energietechnik nicht benötigte Kapazitäten anforderungsabhängig an Dritte zur Fremdnutzung (z.B. im Rahmen autonomer Verkehrssysteme) weitergegeben werden.

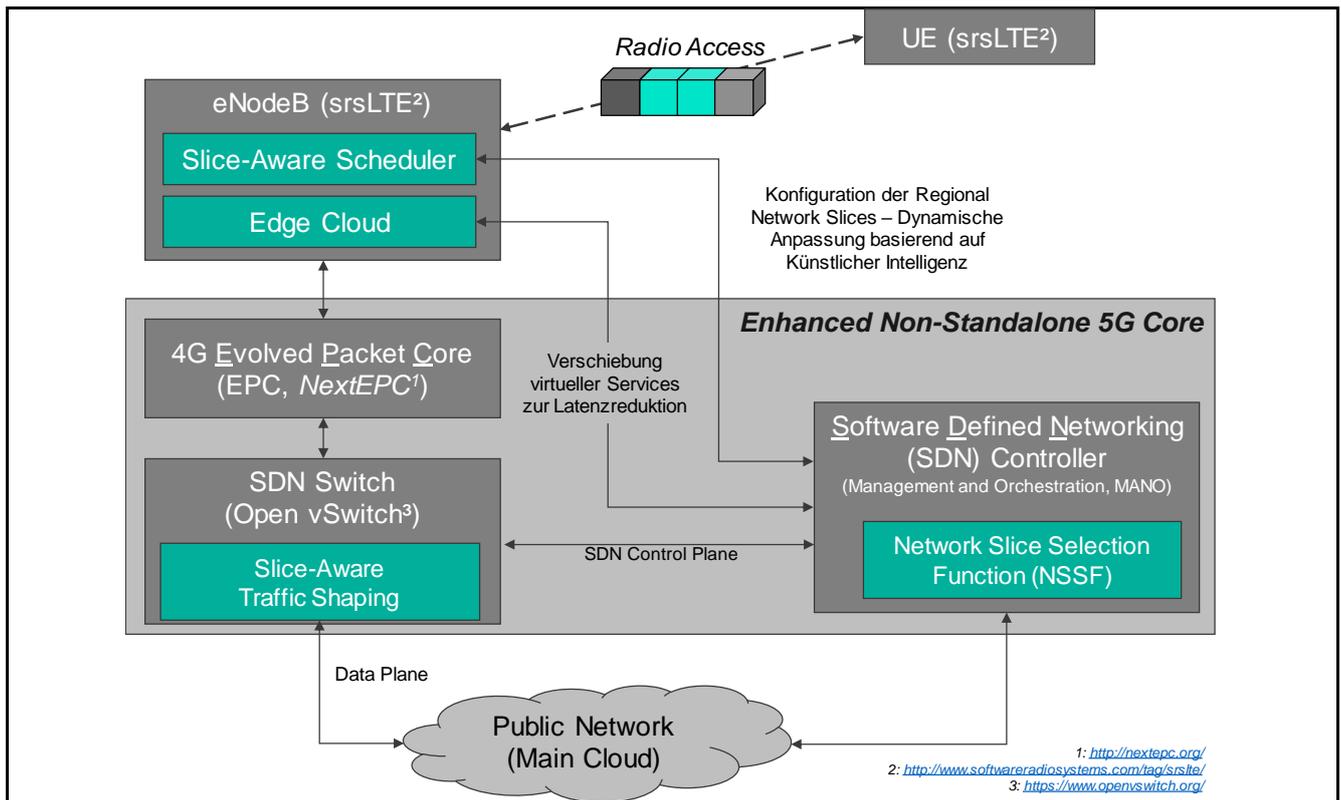


Abbildung 4: 5Gain Konzept für Ende-zu-Ende Regional Network Slicing Realisierung

<b>AS 3.1</b>	<b>Konzeptionierung einer regionalen 5G-Netzlösung sowie Anbindung an das Energy-Data-Hub</b>				
<b>Führ.</b>	DEW21				
<b>Ressourcenplanung in PM</b>	adesso	SB/PL: 0,5	ARC: 0,5	-	∑ 1
	DEW21	Ingenieur: 8	-	-	∑ 8
	urban ENERGY	-	-	-	-
	PhySec	-	-	-	-
	Stadt Do	TVöD 13: 1	-	-	∑ 1
	ITWM	-	-	-	-
	RWTH	TVL-E13 St. 3: 1	-	-	∑ 1
	TUDo	ie3 CNI	- TVL-E13 St. 3: 2	- TVL-E13 St. 2: 1	-
<b>Voraussetzungen des Teilarbeitspakets (Input)</b>					
Systemarchitekturen sowie Referenzgebiete/-szenarien aus AP1					
<b>Beschreibung der individuellen Beiträge pro Partner</b>					

**Kernziel:** *Entwurf eines integrierten 5G Netzkonzeptes*

*Laufzeit: M04- 18*

**adesso:**

- Mitarbeit am Entwurf eines skalierbaren 5G Netzplans.

**DEW21:**

- Design einer regionalen 5G Netzlösung in enger Abstimmung mit der TU Dortmund
- Schnittstellendefinition für und -anbindung an den Energy Data Hub

**Stadt Dortmund:**

- Definition von Anforderungen möglicher Smart City-Anwendungen an die Dienstgüte
- Berücksichtigung regulatorischer Aspekte
- Ableitung von Fremdnutzungspotentialen bspw. im Bereich der Verkehrs- und Infrastruktursteuerung in der Stadt

**RWTH Aachen:**

- Beteiligung bei der Standortplanung der Antennenanlagen aus städtebaulicher Perspektive und Identifikation von Mehrwerten (zusammen mit Stadt Dortmund)

**TU Dortmund:**

- **CNI:** Netzplanung zur Ausrollung der regionalen 5G Campus- sowie Realnetzlösung, unter besonderer Berücksichtigung des Regional Network Slicing Ansatzes.

**Ergebnisse aus dem Teilarbeitspaket (Output)**

Abgeschlossene Netzplanung des 5G Campus- und Reallabors

AS 3.2		KI-basierte adaptive Anforderungsermittlung für zellulare Energiesystemanwendungen			
Führ.		urban ENERGY			
Ressourcenplanung in PM	adesso	-	-	-	-
	DEW21	Ingenieur: 3	-	-	∑ 3
	urban ENERGY	GF/SSE: 5	SE: 5	Train: 3	∑ 13
	PhySec	-	-	-	-
	Stadt Do	TVöD 13: 1	-	-	∑ 1
	ITWM	EG13: 12	-	-	∑ 12
	RWTH	-	-	-	-
	TU Do	ie3	TVL-E13 St. 3: 2	-	-
CNI		TVL-E13 St. 3: 1	TVL-E13 St. 2: 4	-	

**Voraussetzungen des Teilarbeitspakets (Input)**

In diesem Arbeitspaket werden die Anforderungen zur stabilen, verteilten Regelung innerhalb einer Energiezelle in Bezug auf die erforderliche Informationsübertragung (Frequenz, Durchsatz, Übertragungsgeschwindigkeit, Reaktionszeit, Ortsabdeckung) aus AP 1 verwendet.

### **Beschreibung der individuellen Beiträge pro Partner**

**Kernziel:** *Dynamische Dimensionierung einzelner Regional Network-Slices anhand KI-basiert ermittelter Energiesystem-Anforderungen (vgl. AP1) unter wechselseitiger Einbeziehung einer transdisziplinären Datenbasis (Energie- und Mobilfunknetz, Verkehr, Wetter, soziale Medien, Kommune/Quartier)*

*Laufzeit: M07 – M36*

In einem ersten Arbeitsschritt werden Algorithmen entwickelt, die auf Basis maschineller Lernverfahren eine dynamische Anpassung der in AP1 evaluierten Anforderungen an ausgewählte Anwendungen zellulärer Energiesysteme ermöglichen. Die dynamische Dimensionierung der Network Slices erfolgt auf Basis un- oder halbüberwachter maschineller Lernverfahren, wobei hilfreiche Faktoren wie die Funkkanalqualität, Wetter, aber auch applikationsspezifische Informationen berücksichtigt werden.

#### **DEW21:**

- Einbringen einer Anwenderperspektive zum Netzmanagement und Umsetzung von zellulären Energiesystemanwendungen
- Aufbau einer definierten Schnittstelle zum Energy Data Hub für die Einbindung der KI-Algorithmen

#### **urban ENERGY:**

- Aufbau der Plattform für maschinelles Lernen
- Einbindung der KI Algorithmen in die Cloud Plattform (vgl. AP2.2) mit dem Fokus auf 5G für zellulärer Energiesystemanwendungen
- Maschinelle Lernverfahren zur Ermittlung kommunikativer Anforderungen, zur Unterstützung einer dynamischen Dimensionierung regionaler 5G-Network-Slices
- Umsetzung verschiedener Algorithmen zur Optimierung der Energieflüsse in einer Zelle
- Ermittlung der optimalen Schaltungszeitpunkte für die angeschlossenen Geräte

#### **Stadt Dortmund:**

- Berücksichtigung der kommunalen Datenquellen aus unterschiedlichen relevanten Bereichen
- Beschreibung der Anforderungen an eine KI unter Berücksichtigung der kommunalen Datensouveränität und der Gewährleistung von Grundversorgung und Daseinsvorsorge in der Stadt

#### **Fraunhofer ITWM:**

Fraunhofer ITWM wird Algorithmen entwickeln, die eine dynamische Anpassung der in AP1 evaluierten Anforderungen ermöglichen. Die Dimensionierung der 5G Network Slices erfolgt auf Basis un- oder halbüberwachter maschineller Lernverfahren (z.B. k-Means, Clique Subraum-Clustering), die gleichartigen Anforderungen identifizieren und interpretierbare Clustern zusammenfassen. Anforderungen an geeignete Clustering-Verfahren sind: (1) Cluster in hochdimensionalen Merkmalsräumen zu finden, (2) Interpretierbarkeit der Cluster, (3) Toleranz gegenüber verrauschten oder fehlenden Daten, (4) Skalierbarkeit auf große Datenmengen, sowie (5) schnelle Reaktionszeit. Die Umsetzung erfolgt auf einem etablierten Vorgehensmodell:

- Erschließen der Datenquellen und Konvertierung der heterogenen Datenströme in ein einheitliches Datenstrom-Format sowie Normierung der enthaltenen Datenwerte auf geeignete Skalen und Verteilungen.
- Analyse der Daten auf ihren Informationsgehalt, sowie ihren Einflussfaktoren auf den Kommunikationsbedarf der verteilten Regler innerhalb und zwischen Energiezellen. Anwendung

dimensionsreduzierender Verfahren. Erstellung von Training, Test und Validierungsdatensätzen zur effektiven Entwicklung von Machine Learning Modellen.

- Auswahl und Implementierung von parallelisierbaren Clusterverfahren (z.B. k-Means, Clique Subraum-Clustering). Bestimmung der optimalen Anzahl der Cluster (z.B. durch within Set Sum of Squares). Implementierung einer dynamischen Clusteradaptation, um die im Datenstrom identifizierte Cluster dynamisch zu aktualisieren (Entfernen, Erstellen, Aufteilen, Verschmelzen).
- Auswahl und Implementierung von geeigneten Regressions- oder Klassifikationsmodellen (z.B. Random Forest, Gradient Boosting, Feed-forward Neuronale Netze), um Cluster auf die Anforderungen an das Kommunikationsnetz abzubilden.
- Simulative Gütebewertung der dynamischen Cluster und Inferenz der Anforderungen an das Kommunikationsnetz auf Basis von Validierungsdaten und Optimierung der enthaltenen Hyperparameter.
- Die entwickelten Algorithmen werden mit dem Partner Urban-Energy in die Software integriert.

**TU Dortmund:**

- **CNI:** Bereitstellung einer Schnittstellendefinition zum Durchgriff der KI-basierten Anforderungsermittlung zellulärer Energienetze auf das Regional Network Slicing.
  - Entwicklung einer geeigneten, offenen Schnittstelle für die zuverlässige Übermittlung aller, für den sicheren Betrieb zellulärer Energienetze relevanter Parameter sowie Anforderungen.
  - Implementierung der spezifizierten Schnittstelle basierend auf zuvor identifizierten, zuverlässigen Kommunikationsprotokollen, unter Berücksichtigung der zur KI-basierten Dimensionierung von Kommunikationsnetzressourcen notwendigen Schnittstelle (API).
- **ie<sup>3</sup>:** Identifikation der zu übertragenden Daten sowie Qualifikation der nötigen Dienstgütegarantie. Entwicklung von Modellen welche Trainingsdaten zu Datenmenge, Anforderungen an Latenz und Stabilität bereitstellen können.

**Ergebnisse aus dem Teilarbeitspaket (Output)**

Folgende Ergebnisse werden erarbeitet:

- Cluster Modelle, die in heterogenen Energiezellen aus dynamischen Datenströmen gleichartige Merkmale identifizieren und interpretierbaren Clustern zuordnen. Cluster beschreiben gleichartige Anforderungen an 5G Network Slices
- Regressionsmodelle, die die als Cluster identifizierten Anforderungen auf konkrete Dienstgütemerkmale der 5G Network Slices abbilden.
- Software zur Bereitstellung dieser Modelle zum Training und zur Produktion.

<b>AS 3.3</b>	<b>Design und Entwicklung von Lösungen für Regional Network Slices zur Einhaltung harter Dienstgütegarantien bei effizientem Ressourceneinsatz</b>				
<b>Führ.</b>	TUDo CNI				
<b>Ressourcenplanung in PM</b>	adesso	-	-	-	-
	DEW21	Ingenieur: 2	-	-	∑ 2

	urban ENERGY	-	-	-	-
	PhySec	-	-	-	-
	Stadt Do	-	-	-	-
	ITWM	-	-	-	-
	RWTH	-	-	-	-
	TU Do	ie3	-	-	-
		CNI	TVL-E13 St. 3: 1	TVL-E13 St. 2: 8	-
					$\Sigma$ 9

### Voraussetzungen des Teilarbeitspakets (Input)

Konzept 5G-Netzlösung (AS 3.1), Schnittstellen zur KI-basierten Anforderungsermittlung (AS 3.2).

### Beschreibung der individuellen Beiträge pro Partner

**Kernziel:** *Dynamische, anwendungsbezogene Vergabe limitierter Kommunikationsressourcen*

*Laufzeit: M04 – M36*

Zur garantierten Einhaltung der dynamischen Anforderungen aus der Energiewirtschaft werden aufbauend auf existierenden 5G Mobilfunkstandards Lösungen für Regional Network Slicing entwickelt. Dies soll trotz konkurrierender Datenflüsse der in zukünftigen 5G Mobilfunknetzen die prädierte Dienstgüte ermöglichen. Dazu werden automatisiert für die jeweiligen Standortbereiche der lokalen Energiezelle dynamische, ortsgenaue Ressourcenzuweisung von 5G Network Slices innerhalb der korrespondierenden Mobilfunkzelle aufgespannt. Dabei werden auch Möglichkeiten zur Realisierung einer Schwarzfall-Festigkeit evaluiert, um kritische Slices auch unter erschwerten Bedingungen bereitstellen zu können. Die Energiewirtschaft betreibt somit ein robustes, dediziertes Kommunikationsnetz und kann in diesem freie Ressourcen im Sinne der Kosteneffizienz Dritten z.B. über einen Smart City Handelsmarktplatz zur Verfügung stellen. Der Arbeitsschritt fokussiert dabei die Option der Realisierung eines regionalen Aufbaus und Betriebs der 5G Infrastruktur in Verantwortung der Energiewirtschaft.

#### **DEW21:**

- Unterstützung des Designs einer Regional Network Slicing Lösung durch Spezifizierung konkreter Dienstgüteanforderungen

#### **TU Dortmund:**

- **CNI:** Entwicklung, Bereitstellung, sowie Evaluierung eines Ende-zu-Ende Regional Network Slicing Systems unter Berücksichtigung der in AP1 identifizierten Anforderungen und entwickelten Architekturen.
  - Konzeptionierung eines Regional Network Slicing Systems unter Bezugnahme der zuvor entwickelten und identifizierten Referenzarchitektur bzw. Referenzszenarien, wobei insbesondere die regionalen und Ende-zu-Ende Aspekte einbezogen werden.
  - Unterstützung des Designprozesses mithilfe skalierbarer, simulativer Validierungsverfahren. Hierzu wird die im Projekt geplante Simulationssoftware für Kommunikationsnetze (Riverbed Modeler) zum Einsatz kommen.
  - Technische Realisierung des Ende-zu-Ende Systems aufbauend auf einer vollwertigen 5G Open Source Software-Defined Radio (SDR)-Plattform im drahtlosen Radiozugangnetz und bewährten Software-Defined Networking (SDN)-Konzepten im drahtgebundenen Kernnetz. Zu diesem Zweck werden die im Projekt finanzierten

SDR-Module und die dazugehörige Steuerungshardware im Radiozugangsnetz, sowie der 5G-Core-Netz-Server im kabelgebundenen Kernnetz, verwendet.

- Erste Evaluierungen der entwickelten Lösung im Hinblick auf der erzielten Einhaltung präzifizierter Dienstgüteanforderungen, sowie der effizienten Nutzung von Frequenzressourcen.
- Prüfung von Strategien zur Abhärtung des entwickelten Systems durch Verknüpfung mit der verteilten Edge Cloud Plattform.

#### Ergebnisse aus dem Teilarbeitspaket (Output)

Technische Lösung zur kosteneffizienten Einhaltung (vgl. AP8) harter Dienstgütegarantien (vgl. AP2) in 5G Netzen mittels regionalem Network Slicing.

AP-Nr. 4	Autonome, regionale Energietransaktionen					
<b>Zeitraum</b>	M04 – M36					
<b>AP Leitung</b>	adesso					
<b>Ressourcen</b> ( $\sum$ Personenmonate aller Lohnstufen)	adesso	DEW21	urban ENERGY	PhySec		
	33	11	-	-		
	Stadt Do	ITWM	RWTH	TUDo (ie3 + CNI)		
	2	-	-	12		
<b>Ziele und Beschreibung des Arbeitspakets</b>						
Blockchain-Konzepte erlauben Erzeugern und Verbrauchern regionale Energietransaktionen autonom und ohne wechselseitige Vertrauensbeziehung durchzuführen. Dieses Arbeitspaket entwickelt derartige Lösungen und analysiert sie hinsichtlich Performanz im Lastmanagement sowie ihrer Auswirkungen auf Kommunikationsinfrastrukturen.						
<b>AS 4.1</b>	<b>Lastmanagement unter Nutzung von Blockchain Konzepten</b>					
<b>Führ.</b>	adesso					
<b>Ressourcenplanung in PM</b>	adesso	SB/PL: 4	ARC: 2,25	SE: 12,25	TRAI: 8,5	$\sum$ 27
	DEW21	Ingenieur: 8	-	-	-	$\sum$ 8
	urban ENERGY	-	-	-	-	-
	PhySec	-	-	-	-	-
	Stadt Do	TVöD 13: 1	-	-	-	$\sum$ 1
	ITWM	-	-	-	-	-
	RWTH	-	-	-	-	-

	TUDo	ie3	TVL-E13 St. 3: 6	-	-	Σ 6
		CNI	-	-	-	
<b>Voraussetzungen des Teilarbeitspakets (Input)</b>						
<ul style="list-style-type: none"> <li>• AP1.1, AP1.2, AP1.3</li> <li>• Kontinuierlicher Input aus AP 2.1, AP2.2, AP2.3 sowie AP5</li> </ul>						
<b>Beschreibung der individuellen Beiträge pro Partner</b>						
<p><b>Kernziel:</b> Einsatz von Blockchain-Technologie zur Abwicklung lokaler Lastmanagementprozesse  <i>Laufzeit: M04 – M36</i></p> <p>Existierende Blockchain Lösungen sind mit einem nicht unerheblichen Rechen- und somit Energiebedarf verbunden. 5Gain wird daher die Anwendbarkeit der Technologie zur Umsetzung von Smart Contracts evaluieren sowie geeignete Maßnahmen zur Optimierung dieser Parameter entwickeln. Ein besonderer Fokus liegt dabei auf der Umsetzung von Lastmanagementfunktionen sowie automatisiertem Pricing für transaktive, zellulare Energienetze. Entsprechende Ansätze und Algorithmen werden in enger Absprache mit AP2 entworfen. Darauf aufbauend wird eine auf das Anwendungsgebiet zugeschnittene Lösung entwickelt und mittels der Reallabore validiert.</p> <p><b>adesso:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluierung von Blockchain-Technologien zur Umsetzung von Smart Contracts (insb. hinsichtlich Performance, Energieverbrauch, Sicherheit)</li> <li>• Entwicklung von Methoden und Parametern zur Optimierung der Performance (im Hinblick auf Referenzszenarien)</li> <li>• Konzeption und Modellierung der energiewirtschaftlichen Prozesse über Smart Contracts <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lastmanagement</li> <li>• Pricing / Abrechnung</li> <li>• Überprüfungsmechanismen der implementierten Smart Contracts</li> </ul> </li> <li>• Entwicklung und Aufbau einer Blockchain-Lösung zur Erprobung im Campus- und Reallabor <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufbau Entwicklungsumgebung / Entwicklungsprojekt auf Basis Referenzarchitektur (Entwicklungsumgebung, Basistechnologien, Standardsoftware usw.)</li> <li>• Basisimplementierung der Blockchain-Komponente als Grundlage für die Use-Case-spezifischen Komponenten gemäß AP 1.3</li> <li>• Prinzipielle technische Integration der zugelieferten Komponenten</li> <li>• Realisierung von Systemfunktionalitäten (z.B. Benutzerverwaltung, Berechtigungskonzept)</li> <li>• Realisierung von Smart Contracts gemäß Referenzszenarien</li> <li>• Schnittstellenentwicklung und Integration Referenzszenarien</li> <li>• Integrationstest Referenzszenarien</li> </ul> </li> </ul> <p><b>DEW21:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ermittlung der Anforderungen an ein intelligentes Lastmanagement in dem 5Gain Referenzszenario</li> <li>• Ermittlung der Anforderungen an ein automatisches Pricing auf einem lokalen Handelsmarktplatz mittels Smart Contracts</li> <li>• Vorlegen eines Anforderungskatalogs hinsichtlich Smart Contracts für zell. Energienetze hinsichtlich <ul style="list-style-type: none"> <li>• (Verteil-) Netz</li> <li>• Marktkommunikation</li> </ul> </li> </ul>						

- Vertrieb
- Abrechnung

**Stadt Dortmund:**

- Berücksichtigung städtischer Anforderungen in der Auslegung von Smart Contracts
- Ableitung von Anforderungen an die Lastmanagementfunktionen aus kommunaler Sicht und Berücksichtigung der Anwendbarkeit im Reallabor

**TU Dortmund:**

- **ie<sup>3</sup>**: Identifikation von Verfahren zur effizienten Berechnung von Blockchains in Bezug auf Smart Contracts im Kontext des Lastmanagements zellulärer Energienetze. Entwicklung entsprechend optimierter Blockchain-Algorithmen und Smart Contract-Ansätze.

**Ergebnisse aus dem Teilarbeitspaket (Output)**

Auf Regelung und Pricing zellulärer Energiesysteme zugeschnittene Blockchainlösung.

Die prototypische Lösung steht für die Erprobung und Validierung der Konzepte und Technologien im Campus- sowie Reallabor zur Verfügung.

AS 4.2		Verkehrsmodellierung von Blockchain basierten Transaktionen				
Führ.	TU Do CNI					
Ressourcen- planung in PM	adesso	SB/PL: 0,75	ARC: 1	SE: 2,25	TRAI: 2	∑ 6
	DEW21	Ingenieur: 3	-	-	-	∑ 3
	urban ENERGY	-	-	-	-	-
	PhySec	-	-	-	-	-
	Stadt Do	TVöD 13: 1	-	-	-	∑ 1
	ITWM	-	-	-	-	-
	RWTH	-	-	-	-	-
	TU Do	ie3 CNI	- -	- TVL-E13 St. 2: 6	- -	- -

**Voraussetzungen des Teilarbeitspakets (Input)**

AP 1, AP 4.1

**Beschreibung der individuellen Beiträge pro Partner**

**Kernziel:** Machbarkeitsstudie zur technischen Umsetzbarkeit der Blockchaintechnologie als kommunikative Last

*Laufzeit:* M10 – M36

Der Datenverkehr von Blockchain basierten Transaktionen stellt zusätzliche Anforderungen an Kommunikationsinfrastrukturen. Dieser ist im Rahmen von Testaufbauten zu quantifizieren und ohne negative Beeinflussung der hochkritischen Steuerfunktionen der zellulären Netze zu optimieren. Eine

simulative Modellierung unterstützt die Entwicklung der Smart-Contracts aus Sicht der Kommunikationsnetze. Dies dient zudem der Vorbereitung sowie Begleitung der Reallabore (AP6), womit Iterationszyklen in der Entwicklung verkürzt, sowie eine Kreuzvalidierung erreicht wird.

**adesso:**

- Spezifizierung der durch den Einsatz von Blockchaintechnologien bedingten Datenflüsse und Kommunikationsmuster
- Ermittlung und Evaluierung von Blockchaintechnologien hinsichtlich der Anforderungen an das 5G-Netz
- Unterstützung beim Aufbau von einer Test-/Messumgebung
- Unterstützung bei Quantifizierung und Optimierung der IKT-Anforderungen im Hinblick auf kritische Funktionalitäten
- Unterstützung bei Simulation verschiedener Modelle

**DEW21:**

- Einbringen einer Anwenderperspektive zu Datenflüssen in zellulären Energienetzen

**Stadt Dortmund:**

- Berücksichtigung der Ergebnisse der Machbarkeitsstudie bei der Vorbereitung des Reallabors
- Definition der möglichen stadtplanerischen und städtebaulichen Restriktionen für den Aufbau der Kommunikationsinfrastruktur
- Beschreibung der kommunalen Anforderungen an die Umsetzung von Blockchaintechnologien

**TU Dortmund:**

- **CNI:**
  - Erstellung eines analytischen Modells der Blockchain- bzw. Smart-Contracts-Technologie zur Bewertung der entstehenden kommunikativen Aufwände, zur Rückspiegelung von Optimierungspotentialen in der Blockchaintelekommunikation.
  - Simulative Validierung des erstellten Modells mittels hochskalierter Abstraktionen der 5Gain Referenzszenarien.
  - Anschließende Spezifikation der Network Slices, die entsprechend der identifizierten Lasten dimensioniert werden. Hierzu werden die Ergebnisse von Simulation bzw. analytischen Betrachtungen herangezogen.

**Ergebnisse aus dem Teilarbeitspaket (Output)**

Modell zur Aufwandsabschätzung der durch Smart Contracts verursachten Datenflüsse.

AP-Nr. 5	Transdisziplinäre Energie- und Kommunikations- Sicherheitskonzepte			
<b>Zeitraum</b>	M04 – M36			
<b>AP Leitung</b>	PhySec			
<b>Ressourcen</b> ( $\sum$ Personenmonate aller Lohnstufen)	adesso	DEW21	urban ENERGY	PhySec
	2	10	-	36
	Stadt Do	ITWM	RWTH	TUDo (ie3 + CNI)

	4	-	-	5	
<b>Ziele und Beschreibung des Arbeitspakets</b>					
<p>Bedingt durch die kritische Relevanz moderner Energie- und Kommunikationsnetze sind Lösungen zur Absicherung der zugrundeliegenden Funktionen notwendig. Damit können potentielle Schwachstellen direkt im Designprozess aufgedeckt und vermieden werden.</p> <p>Zunächst werden auf Grundlage der Anforderungen sowie technischen Lösungskonzepte mögliche Angriffsvektoren identifiziert. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse fließen dabei kontinuierlich in die laufenden Entwicklungsprozesse mit ein. Insbesondere die digitale und physikalische Unversehrtheit von Feldkomponenten sowie die Cybersicherheit der jeweiligen 5G Luftschnittstelle sind zu überprüfen, ebenso wie die Abhärtung der regionalen Slicing-Konzepte gegenüber äußeren Eingriffsversuchen. Weiterhin wird die Resilienz der eingesetzten Blockchain-Mechanismen untersucht. Geeignete Maßnahmen sowohl gegen externe und interne Angriffe als auch Manipulationsversuche werden hier zur Anwendung gebracht.</p>					
<b>AS 5.1</b>	<b>Entwicklung von Cross-Layer Security Protokollen für dezentrale 5G basierte Energiesysteme</b>				
<b>Führ.</b>	PhySec				
<b>Ressourcenplanung in PM</b>	adesso	-	ARC: 0,5	SE: 0,5	$\Sigma$ 1
	DEW21	Ingenieur: 4	-	-	$\Sigma$ 4
	urban ENERGY	-	-	-	-
	PhySec	Ingenieur: 12	-	-	$\Sigma$ 12
	Stadt Do	TVöD 13: 2	-	-	$\Sigma$ 2
	ITWM	-	-	-	-
	RWTH	-	-	-	-
	TUDo	ie3 CNI	TVL-E13 St. 3: 2 TVL-E13 St. 3: 1	- TVL-E13 St. 2: 2	-
<b>Voraussetzungen des Teilarbeitspakets (Input)</b>					
Erste Ergebnisse aus der Systemarchitektur in AP 1.2.					
<b>Beschreibung der individuellen Beiträge pro Partner</b>					
<p><b>Kernziel:</b> Erarbeitung eines transdisziplinären Kommunikations-, Energie und Sicherheitskonzepts</p> <p><b>Laufzeit:</b> M07 – M36</p> <p><b>adesso:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mitarbeit an der Konzeption von Sicherheitsmechanismen für Blockchain- und Edge Cloud Lösungen (als Input für die Entwicklung in den AP 2.3 und 4.1)</li> </ul> <p><b>DEW21:</b></p>					

- Einbringen einer Anwenderperspektive bei gesetzlichen (security) Anforderungen beim Betrieb von zellularen Energienetzen
- Mitarbeit bei der Erarbeitung / Validierung der Security Anforderungen an einen Energy Data Hub und darauf laufenden Algorithmen

**PhySec:**

- Entwurf verschiedener Single-Layer und Cross-Layer Protokolle, Verfahren und Mechanismen zur Realisierung von Sicherheitszielen in u.A. Verbindung mit Regional Network Slicing
  - Validierung der aktuellen WAN-Sicherheitsvorgaben des BSI's sowie neuer und etablierter Alternativen (Lightweight Cryptography) hinsichtlich der Anwendbarkeit in LPWAN im Allgemeinen und in 5G im speziellen
  - Validierung von Physical-Layer Security Primitiven für LPWAN im Allgemeinen und in 5G im speziellen
  - Validierung von Physical-Layer Security Primitiven für verteilte Energiesysteme und KRITIS Resilienzanalyse der eingesetzten Blockchain- und Smart Contract Mechanismen
- Einbettung der Schutzmechanismen in existierende und neue Sicherheitsprotokolle
- Die Validierung der erforschten Ansätze und deren Bewertung im Vergleich zu bestehenden Ansätzen

**Stadt Dortmund:**

- Integration kommunaler Anforderungen an Sicherheit und Resilienz der eingesetzten Blockchain- und Smart Contract-Mechanismen
- Berücksichtigung der kommunalen Strategien zum Umgang mit kritischen Infrastrukturen
- Berücksichtigung der Anforderungen aus weiteren Smart City-Anwendungsfällen außerhalb des Energiesektors

**TU Dortmund:**

- **CNI:** Einbringung kommunikativer Aspekte zur Abhärtung der entwickelten 5G Regional Network Slicing Lösung gegenüber Cyber-Angriffen.
- **ie<sup>3</sup>:** Unterstützung bei der Identifikation ressourcenminimaler Security-Algorithmen sowie Evaluierung ihrer Applikation in Bezug auf verteilte Steuerungssysteme. Algorithmen für eine sichere, authentifizierte Agenten-Kommunikation unter Berücksichtigung der stabilen Sicherheit über mehrere Layer der Übertragungstechnik hinweg stehen hierbei im Vordergrund.

**Ergebnisse aus dem Teilarbeitspaket (Output)**

Spezifikation Cross-Layer Security Protokoll.

AS 5.2	Entwicklung von cyber-physikalischen digitalen Schatten der Feldkomponenten				
<b>Führ.</b>	PhySec				
<b>Ressourcenplanung in PM</b>	adesso	-	-	-	-
	DEW21	Ingenieur: 3	-	-	∑ 3
	urban ENERGY	-	-	-	-
	PhySec	Ingenieur: 12	-	-	∑ 12
	Stadt Do	-	-	-	-

	ITWM	-	-	-	-
	RWTH	-	-	-	-
	TUDo	ie3	-	-	-
		CNI	-	-	-
<b>Voraussetzungen des Teilarbeitspakets (Input)</b>					
5Gain Campuslabor (AS6.1)					
<b>Beschreibung der individuellen Beiträge pro Partner</b>					
<p><b>Kernziel:</b> Absicherung des Energie- sowie Kommunikationsnetzes durch Radiowellen-basierte Enclosure-PUF-Ansätze</p> <p><i>Laufzeit: M10 – M33</i></p> <p><b>DEW21:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bereitstellung von Basisdaten der elektrischen Betriebsmittel zur Unterstützung der Modellierung digitaler Schatten</li> </ul> <p><b>PhySec:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• PHYSEC entwickelt in diesem Teilarbeitspaket Protokolle, die mittels künstlichen und reproduzierbaren Zufallssignalen die Integrität komplexer Objekte (bspw. eines Schaltschranks) feststellen zu können. Hierfür ist es geplant auf Radiowellen-basierten <b>Enclosure-PUF</b>-Ansätzen und sogenannten <b>Virtual Proof of Reality</b> Protokollen aufzusetzen und für Feldkomponenten von Energienetzen weiter zu entwickeln.</li> <li>• Entwurf verschiedener Protokolle und Mechanismen zur Realisierung von Sicherheitsmechanismen in Verbindung mit Funktionen wie Remote Attestation der Integrität von Feldkomponenten für den Anwendungsfall der automatisierten Fernwartung.</li> <li>• Erarbeitung eines Technologiedemonstrators auf Basis Software-Defined Radios.</li> <li>• Mit Hilfe der Testbeds werden Messkampagnen durchgeführt, um die elektromagnetischen Fingerabdrücke der Feldkomponenten zu extrahieren.</li> <li>• Die Resultate der experimentellen Messkampagnen werden dann mit Hilfe von statistischen Methoden analysiert, evaluiert und dokumentiert. Hierfür werden die aufbereiteten Messergebnisse in NumPy und/oder Matlab importiert und verarbeitet. Es ist geplant neben linearen Korrelationsmetriken auch informationstheoretische Metriken sowie Komplexitätsmetriken zu verwenden.</li> <li>• Validierung der Messergebnisse hinsichtlich der korrespondierenden Sicherheitslevel (Entropie), Robustheit gegenüber legitimen Einflüssen und Tamper Sensitivität.</li> <li>• Die Validierung der erforschten Ansätze und deren Bewertung im Vergleich zu bestehenden Ansätzen.</li> </ul>					
<b>Ergebnisse aus dem Teilarbeitspaket (Output)</b>					
Demonstrator zur sicheren Anbindung von Netzinformationen über lokale/regionale 5G Mobilfunknetze.					
<b>AS 5.3</b>	<b>Ermittlung und Bewertung von Angriffsszenarien sowie geeigneter Gegenmaßnahmen</b>				
<b>Führ.</b>	PhySec				

<b>Ressourcen- planung in PM</b>	adesso	SB/PL: 0,25	ARC: 0,75	-	$\Sigma$ 1
	DEW21	Ingenieur: 3	-	-	$\Sigma$ 3
	urban ENERGY	-	-	-	-
	PhySec	Ingenieur: 12	-	-	$\Sigma$ 12
	Stadt Do	TVöD 13: 2	-	-	$\Sigma$ 2
	ITWM	-	-	-	-
	RWTH	-	-	-	-
	TUDo	ie3 CNI	- -	- -	- -

#### Voraussetzungen des Teilarbeitspakets (Input)

Systemarchitektur (AP1), 5Gain Campusdemonstrator (AS6.1)

#### Beschreibung der individuellen Beiträge pro Partner

**Kernziel:** Identifikation, Spezifikation und umfassende Analyse verschiedener Angriffsszenarien (aktiv und passiv, digital und physisch)

Laufzeit: M04 – M33

#### adesso:

- Mitarbeit an der Schwachstellenanalyse und der Durchführung von Angriffsszenarien (mit Fokus auf Blockchain- und Edge Computing Technologien)

#### DEW21:

- Einbringung von anwenderspezifischen Schwachstellen und Angriffsvektoren (auch in Bezug auf den Energy Data Hub und darauf laufenden Algorithmen)

#### PhySec:

- Durchführung von Angriffsszenarien und Entwicklung von Gegenmaßnahmen
  - Identifikation, Spezifikation und umfassende Analyse verschiedener Angriffsszenarien (aktiv und passiv, digital und physisch)
  - Entwurf und Evaluierung geeigneter Gegenmaßnahmen (z.B. bei Man-in-the-Middle-Angriffen oder Hardwaremanipulation)
  - PHYSEC wird in diesem Subtask die Systemarchitektur auf Ihre Sicherheit hin abschließend überprüfen. Hierbei ist es geplant sich an BSI-Vorgaben von verwandten Applikationen zu orientieren.
  - Identifizierung von Schwachstellen und Angriffsvektoren
  - Prüfung größerer Angriffsszenarien (Hybride Kriegsführung)

#### Stadt Dortmund:

- Identifikation von Angriffsszenarien aus kommunaler Sicht
- Berücksichtigung bereits definierter Angriffsszenarien für die kommunale Infrastruktur

- Impactanalyse möglicher Angriffe auf die städtische Infrastruktur und Berücksichtigung in der kommunalen Gefahrenabwehr
- Beschreibung der Auswirkungen von Angriffsszenarien auf Smart-City-Funktionalitäten

**Ergebnisse aus dem Teilarbeitspaket (Output)**

Handlungsempfehlungen als Erweiterung bestehender BSI Vorgaben

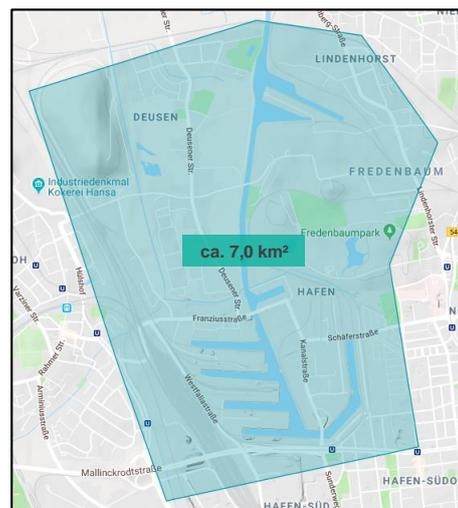
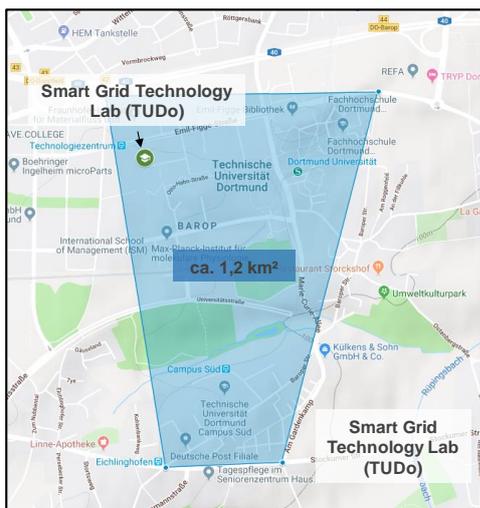
AP-Nr. 6 Validierung in Smart Grid Technology Lab und Reallaboren				
<b>Zeitraum</b>	M04 – M36			
<b>AP Leitung</b>	TUDo CNI			
<b>Ressourcen</b> (∑ Personenmonate aller Lohnstufen)	adesso	DEW21	urban ENERGY	PhySec
	12	20	1	-
	Stadt Do	ITWM	RWTH	TUDo (ie3 + CNI)
	6	5	1	41

**Ziele und Beschreibung des Arbeitspakets**

Dieses Arbeitspaket validiert die in den Arbeitspaketen 2 bis 5 entwickelten Technologieinnovationen. Dazu verfolgt das Projekt einen zweistufigen Prozess, der neue Digitalisierungsoptionen zunächst experimentell erschließt und anschließend in eine reale Anwendungsumgebung überführt. Hierzu werden, innerhalb des zweistufigen Prozesses, ein erweitertes Campuslabor auf dem Gelände der TU Dortmund sowie ein Reallabor in konkreter Feldumgebung umgesetzt (vgl. Abbildung 5).

**Phase 1 (M04-M33): Erweitertes Campuslabor**  
Entwicklung und Validierung über 5G Campuslizenzen  
(Lokalfrequenz 3,78 – 3,80 GHz)

**Phase 2 (M16-M36): Vorschlag Feldtest Hafengebiet**  
Validierung in realer Feldumgebung über 5G Regionalfrequenz  
(Regionalfrequenz 3,78 – 3,80 GHz)



**Abbildung 5: Mögliche Referenzgebiete für 5Gain Campus- und Reallabor**

AS 6.1

AS-5Gain Campuslabor (Experimentalplattform)

Führ.	TUDo CNI					
Ressourcen- planung in PM	adesso	SB/PL: 1	ARC: 0,75	SE: 2,75	TRAI: 1,5	$\Sigma$ 6
	DEW21	Ingenieur: 4	Lohnstufe 2	Lohnstufe n		$\Sigma$ 4
	urban ENERGY	GF/SSE: 0,5	-	-	-	$\Sigma$ 0,5
	PhySec	-	-	-	-	-
	Stadt Do	TVöD 13: 1	-	-	-	$\Sigma$ 1
	ITWM	EG 13: 3	-	-	-	$\Sigma$ 3
	RWTH	-	-	-	-	-
	TUDo	ie3	TVL-E13 St. 3: 12	-	-	$\Sigma$ 26
	CNI	TVL-E13 St. 3: 10	TVL-E13 St. 2: 4	-		
<b>Voraussetzungen des Teilarbeitspakets (Input)</b>						
Algorithmen für dynamisches Netzmanagement, Edge Computing (AP3) und Regional Network Slicing (AP3).						
<b>Beschreibung der individuellen Beiträge pro Partner</b>						
<p><b>Kernziel:</b> Aufbau eines lokalen 5G Campuslabors als Erweiterung des Smart Grid Technology Lab</p> <p><i>Laufzeit: M04 – M33</i></p> <p>In einem ersten Arbeitsschritt wird das vom BMWi geförderte Smart Grid Technology Lab<sup>7</sup> an der TU Dortmund auf ein 5G Campuslabor erweitert. Die Installation einer 5G Infrastruktur ermöglicht unter Nutzung einer lokalen Frequenzuteilung im Frequenzbereich von 3,7 bis 3,8 GHz<sup>8</sup> die Ausweitung zu einem Campuslabor. Durch Einbindung lokaler Verbraucher, Pufferspeicher und erneuerbarer Erzeuger ermöglicht das Campuslabor die Abbildung einer Energiezelle bereits unter Einbindung realer Energiesysteme. Dazu wird dabei das Prinzip des Regional Networks Slicings unter Einbezug mehrerer kleiner 5G Zellen beispielhaft anhand geeigneter energiewirtschaftlicher Anforderungsprofile evaluiert. Dabei wird zusätzlich das Zusammenspiel der dynamischen Steuerung von Energie- und Mobilfunksystem unter Einsatz KI-basierter Optimierungsprozesse demonstriert. Innerhalb der Campusumgebung kommt das Konzept des <i>5G Smart Traffic Generators</i> zum Einsatz (s. Abb. unten). Dies ermöglicht die Emulation verschiedener Datenverkehrssituationen unter Berücksichtigung beliebiger energiewirtschaftlicher Anwendungsklassen, sowie auch in zukünftigen 5G Mobilfunknetzen dominierenden Industrieanwendungen und Endkonsumentenverkehr. Dadurch wird die Zielsetzung verfolgt, innerhalb der Experimentalplattform bereits die Leistungsbewertung in realitätsnahen Referenzszenarien durchzuführen. In verschiedenen Sensitivitätsanalysen ist zu bewerten, ob die in AP1 erfassten Anforderungen zellulärer Energienetze durch Anwendung des 5G Regional Network Slicing Konzeptes garantiert verfügbar gemacht werden können. Dazu sollen Strategien entwickelt werden, die den Betrieb auch in Situationen einer Ressourcenknappheit, z.B. durch zusätzliche sicherheitsbedingte Betriebsprioritätsklassen, ermöglichen.</p>						

<sup>7</sup><http://www.smartgrid-tec-lab.com/>

<sup>8</sup>[https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen\\_Institutionen/Frequenzen/OeffentlicheNetze/RegionaleNetze/regionalenetze-node.html](https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Frequenzen/OeffentlicheNetze/RegionaleNetze/regionalenetze-node.html)

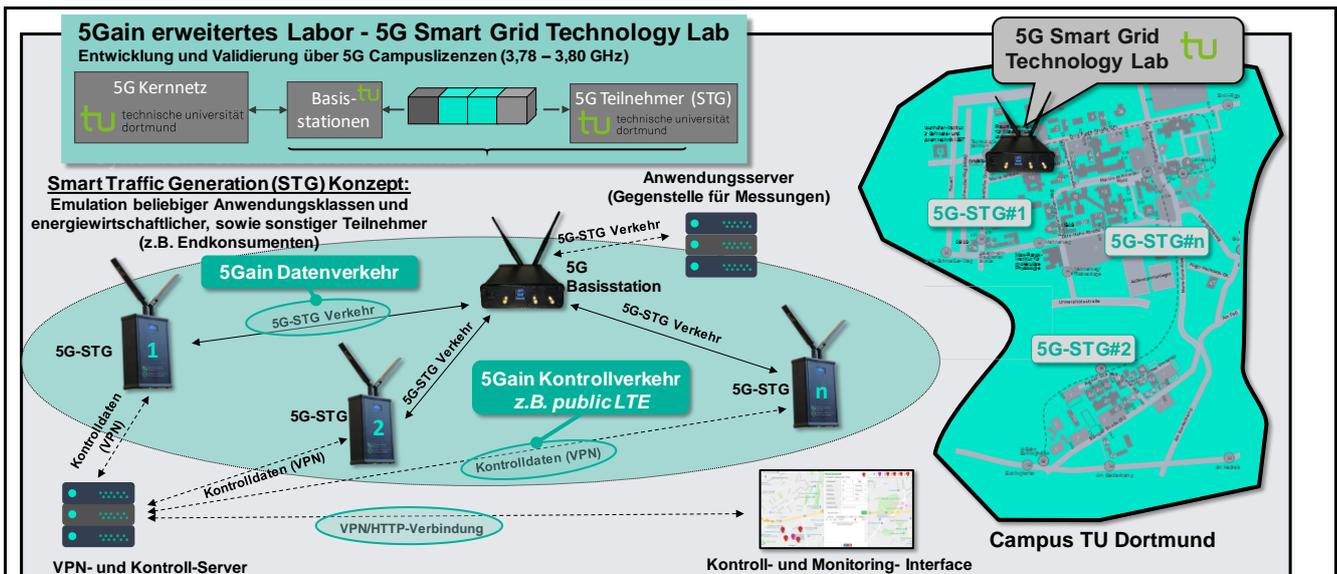


Abbildung 6 :Konzept des 5Gain Campuslabors

**adesso:**

- Installation und Bereitstellung der Blockchain-Komponenten und Edge Computing Lösung im Campuslabor
- Integration mit den beteiligten Systemen
- Begleitung der Erprobung und Validierung

**DEW21:**

- Einbindung energietechnischer Betriebsmittel
- Einbringung einer energiewirtschaftlichen Anwenderperspektive zur realitätsnahen Modellierung des Campuslabor

**Urban Energy:**

- Anpassung und Test der erstellten Lösungen

**Stadt Dortmund:**

- Definition der Anforderungen aus dem Reallabor an die Experimentalplattform
- Unterstützung bei der Leistungsbewertung aus kommunaler Sicht

**Fraunhofer ITWM:**

- Integration und Validierung der Algorithmen zur Regelung zellulärer Energienetze.
- In einer Datenvorverarbeitung wird die Qualität der Daten aus der realen Datenübertragung analysiert und verbessert, sowie an Schnittstellen der implementierten Verfahren integriert.
- Verbesserung der Qualität der in AP2.2 und in AP3.2 verwendeten Algorithmen und Modelle in Bezug auf die nun realeren Daten.
- Das Regelungsverhalten der in AP2.2 implementierten Algorithmen wird in Kombination mit den prognostizierenden Algorithmen für das 5G Network Slicing analysiert und validiert.

**TU Dortmund:**

- **CNI:**
  - Koordination bei der Zusammenführung aller durch die 5Gain-Projektpartner entwickelten Einzelsysteme in das 5Gain-Campuslabor, wobei insbesondere die zuverlässige Gesamtfunktionalität sichergestellt wird.
  - Durchführung und Umsetzung einer detaillierten, kommunikationstechnischen Netzplanung im Rahmen des Campuslabors unter Einbezug aller zu integrierenden Einzelsysteme sowie der in AP1 identifizierten Referenzszenarien. Insbesondere sollen

hier Rückschlüsse auf den Betrieb der Kommunikationsnetzkomponenten, für das in AS 6.2 vorgesehene Reallabor, abgeleitet werden.

- Kommunikationstechnische Anbindung aller Einzelsysteme über das zuvor in AP3 entwickelte Ende-zu-Ende Regional Network Slicing System. Hier wird größtenteils das Zusammenspiel mit den energietechnischen Komponenten untersucht. Darunter fällt die sichere Abwicklung von Smart Contracts über Network Slices und die Steuerung des Energienetzes bzw. die Berücksichtigung KI-basierter Anforderungen mittels Edge Cloud Konzepten.
  - Sicherstellung des uneingeschränkten Betriebs aller Komponenten über die gesamte Dauer des Projektes bzw. Arbeitsschrittes.
  - Evaluierung des Zusammenspiels und der Leistungsfähigkeit der individuellen Komponenten unter **kontrollierten Bedingungen**, um insbesondere Erkenntnisse für den sicheren Betrieb des Reallabors (AS 6.2) zu gewinnen. Dabei werden zusätzlich die Projektpartner unterstützt, jeweilige Teilbeiträge zuverlässig zu validieren.
  - Rückführung gewonnener Erkenntnisse auf die in den APs 2 (Edge Computing) und 3 (Regional Network Slicing) entwickelten Lösungen. Zusätzlich übernimmt die TU Dortmund die Koordination der Rückführungsprozesse für das gesamte 5Gain-Konzept und unterstützt hierbei alle Projektpartner.
- **ie<sup>3</sup>:**
    - Konzeptionierung der Anpassungen des SGTL für die projektspezifischen Anforderungen insbesondere hinsichtlich der 5 Kommunikationsmodule. Hierzu sind zum Beispiel ein spezifisches Sicherheitskonzept und Betriebs- und Versuchsanweisungen zu erstellen.
      - Erstellen von Mess- und Versuchsplänen zur Durchführung und Validation von energietechnischen Bewertungen der Ansätze und Entwicklungen.
      - Anpassung der Laborumgebung nach dem vorgegebenen Konzept, sowie Vorbereitung und Parametrierung nach den definierten Szenarien.
      - Verknüpfung der Ausstattung des dem Campuslabor zugrundeliegendem Smart Grid Technology Labs mit Edge-Computing-Knoten, welche die nötigen Netzzustandssimulationen sowie Kommunikation in Echtzeit abbilden.
      - Überprüfung, Validierung und ggf. notwendige Anpassung der aus den vorherigen APs gewonnenen Algorithmen und Verfahren.

#### Ergebnisse aus dem Teilarbeitspaket (Output)

Funktionsfähiger 5Gain Campusdemonstrator mit Regional Network Slicing Funktionalität.

AS 6.2	5Gain Reallabor (Anwendungs- und Validierungsplattform)					
<b>Führ.</b>	DEW21					
<b>Ressourcenplanung in PM</b>	adesso	SB/PL: 1,25	ARC: 0,25	SE: 3,25	TRAI: 1,25	∑ 6
	DEW21	Ingenieur: 16	-	-	-	∑ 16
	urban ENERGY	GF/SSE: 0,5	-	-	-	∑ 0,5
	PhySec	-	-	-	-	-
	Stadt Do	TVöD 5	13:	-	-	∑ 5

	ITWM	EG13: 2	-	-	$\Sigma$ 2
	RWTH	TVL-E13 St. 3: 1	-	-	$\Sigma$ 1
	TU Do	ie3	TVL-E13 St. 3: 3	-	$\Sigma$ 15
		CNI	TVL-E13 St. 3: 9	TVL-E13 St. 2: 3	

### Voraussetzungen des Teilarbeitspakets (Input)

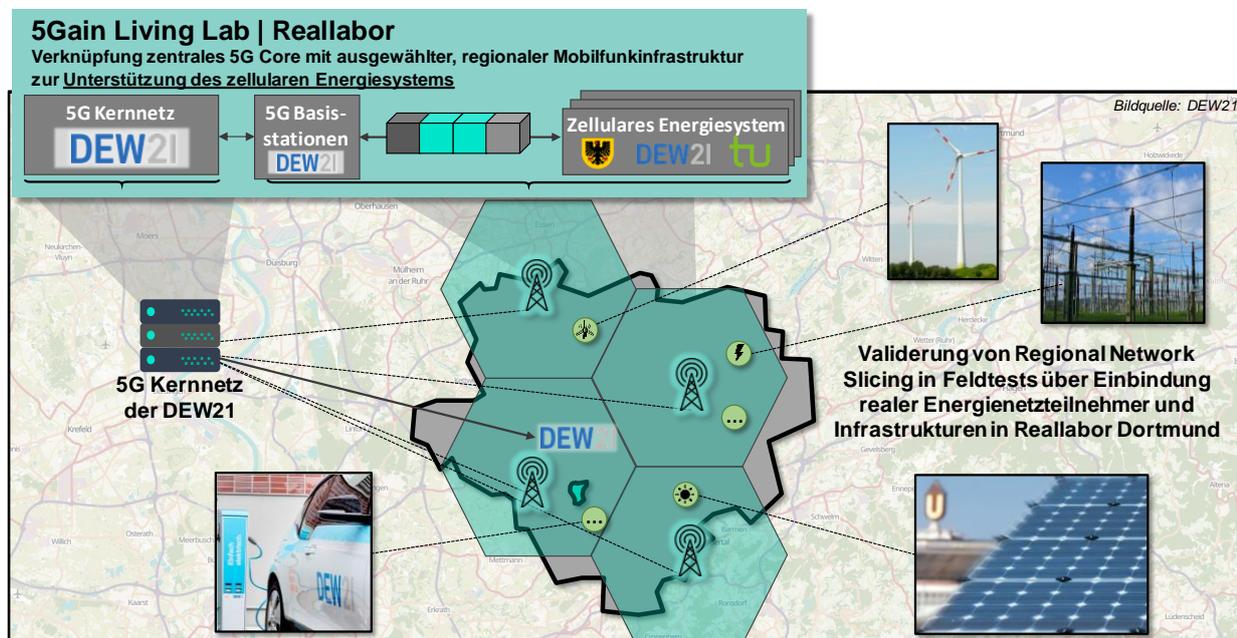
Algorithmen für dynamisches Netzmanagement, Edge Computing (AP3) und Regional Network Slicing (AP3), sowie Erfahrungswerte 5Gain Campuslabor (AS6.1)

### Beschreibung der individuellen Beiträge pro Partner

**Kernziel:** Aufbau eines regionalen 5G Reallabors

**Laufzeit:** M16 – M36

Die zuvor entwickelten und experimentell validierten Konzepte für zellulare Energiesysteme werden auf das Reallabor im Stadtgebiet der Stadt Dortmund überführt. Dazu werden im Stadtbereich Verbraucher, Speicher und erneuerbare Erzeuger erschlossen und in die zu etablierenden Energiezelle integriert. Zusätzlich sollen größere erneuerbare Erzeugerparks im Randgebiet der Stadt (z.B. Solarpark Deusenberg ~3,56 MWp) eingebunden werden, um den autonomen Versorgungscharakter der Energiezelle zu unterstreichen. Aufbauend auf die Experimentalumgebung wird die Machbarkeit des 5G Regional Network Slicings in der Realumgebung mittels eines durch die DEW21 (oder ggf. eines anderen Unternehmens aus der DSW21-Gruppe) mit Unterstützung der TU Dortmund betriebenen 5G-Netzes validiert und demonstriert (vgl. Abbildung u.).



**Abbildung 7: Übersicht 5Gain Reallabor Dortmund**

### adesso:

- Überführung der entwickelten Lösungen in das 5Gain Reallabor, sowie deren Validierung
  - Installation und Bereitstellung der Blockchain-Komponenten im Reallabor
  - Integration mit den beteiligten Systemen

- Begleitung der Erprobung und Validierung

**DEW21:**

- Aufbau und Betrieb einer 5G-Infrastruktur in enger Kooperation mit der TU Dortmund und damit Errichtung eines zellularen Energienetzes
- Leistungsbewertung der regionalen 5G-Netzlösung zur Adressierung der Anforderungen zellulärer Energienetze
- Ermittlung von Anforderungen durch dezentrale Erzeuger und Verbraucher inkl. Erprobung einer Übertragung steuerungsrelevanter Netzkennzahlen und -parameter (z.B. in kritischen Netzgebieten) in Echtzeit
- Anbindung von Kunden (Erzeuger / Verbraucher...) in das zellulare Energienetz auf Basis der 5G-Infrastruktur

**Urban Energy:**

- Anpassung und Test der erstellten Lösungen

**Stadt Dortmund:**

- Unterstützung bei der Erschließung von Verbraucher, Speichern und Erzeugungsanlagen im Stadtgebiet für die Energiezelle
- Bereitstellung von städtebaulichen Planwerken und Berücksichtigung bestehender Stadtentwicklungskonzepte
- Koordination von Genehmigungsprozessen in der Stadtverwaltung
- Fortlaufende Begleitung des Reallabors von Seiten der Kommune
- Moderation zwischen den Projektbeteiligten und durch das Reallabor betroffenen Dritten in Form von Stakeholderdialogen
- Integration des Reallabors als Leuchtturmprojekt in die Smart City Strategie der Stadt Dortmund
- Interpretation und Validierung der Ergebnisse des Reallabors aus kommunaler Sicht und Beurteilung der Übertragbarkeit der Ergebnisse auf die Gesamtstadt im Zuge der Entwicklung zur Smart City

**Fraunhofer ITWM:**

- Im Vergleich zum Campuslabor werden im Reallabor weitere stochastische Effekte als Störungen sowohl im zellularen Energienetz als auch bei der 5G Kommunikation erwartet. ITWM wird die Modelle und Algorithmen in Bezug auf Performance und Robustheit im Realsystemverhalten analysieren.

**RWTH Aachen:**

- Untersuchung der Antennenstandorte und Bewertung im städtebaulichen Kontext

**TU Dortmund:**

- **CNI:**
  - Umfangreiche Unterstützung der DEW21 beim Aufbau des 5G-Reallabors, insbesondere bei Netzplanungsarbeiten. Die Federführung übernimmt dabei die DEW21.
  - Erkenntnisse, spezifisch,
  - Die aus dem Betrieb des Campuslabors, unter kontrollierten Bedingungen, gewonnen kommunikationstechnischen Erkenntnisse und Lösungen, werden hier auf reale Situationen übertragen werden. Hierbei unterstützt das CNI im Speziellen die Berücksichtigung von Kanaleigenschaften der Kommunikationsübertragung. Zuvor ermittelte Parameter der Network Slices müssen entsprechend auf die potenziell erschwerten Bedingungen angepasst werden, um einen fortbestehend zuverlässigen Betrieb des 5Gain-Systems zu gewährleisten.

- Beratung und Hilfestellung der DEW21 bei eventuellen Herausforderungen während des Reallaborbetriebes im Hinblick auf die kommunikationstechnischen Komponenten.
- Nutzung des Reallabors zur Abbildung hochkritischer Anwendungsfälle aus kommunikativer Sicht (nicht präzisierbare Störverkehre) unter Ausnutzung im Campuslabor erprobter Lösungen (inkl. Transfer Network Slicing auf das 5G Kernnetz).
- **ie<sup>3</sup>**: Bewertung von Edge-Computing-Knoten im Feld und Evaluation der integrierten Agenten-Funktionalität zur Regelung der zellularen Energiesysteme. Energietechnische Bewertung der Plattform auf ihre Praxistauglichkeit.

#### Ergebnisse aus dem Teilarbeitspaket (Output)

Funktionsfähiges 5Gain Reallabor (Felddemonstrator)

AP-Nr. 7	Integrierte Stadt- und Energienetzplanung und Akzeptanz zukünftiger Stadt- raumveränderungen				
<b>Zeitraum</b>	M04 – M36				
<b>AP Leitung</b>	RWTH				
<b>Ressourcen</b> ( $\sum$ Personen- monate aller Lohnstufen)	adesso	DEW21	urban ENERGY	PhySec	
	-	2	-	-	
	Stadt Do	ITWM	RWTH	TUDo (ie3 + CNI)	
	6	-	27	-	
<b>Ziele und Beschreibung des Arbeitspakets</b>					
Die Analyse und Erfassung der räumlich relevanten Einsatzbereiche für die Anwendung der 5Gain-Technologien und ihre Akzeptanz sind das Ziel dieses AP. Die Ergebnisse werden für eine stadtbildverträgliche Integration der Antennenanlagen genutzt, wobei die Übertragbarkeit auf andere Quartierstypen ein wichtiger Bestandteil ist. Das Ziel der Forschung ist darüber hinaus die Integration der Zielnetzplanung der Energieversorger in die Stadtplanung der Kommune. In der lokalen Projektumsetzung sollen stadtentwicklungsrelevante Mehrwerte identifiziert werden.					
<b>AS 7.1</b>	<b>Identifikation von stadtentwicklungsrelevanten Mehrwerten</b>				
<b>Führ.</b>	RWTH				
<b>Ressourcen- planung in PM</b>	adesso	-	-	-	-
	DEW21	Ingenieur: 1	-	-	$\sum$ 1
	urban ENERGY	-	-	-	-
	PhySec	-	-	-	-
	Stadt Do	TVöD 3	13:	-	-

	ITWM	-	-	-	-
	RWTH	TVL-E13 St. 3: 14	-	-	∑ 14
	TUDo	ie3	-	-	-
		CNI	-	-	

### Voraussetzungen des Teilarbeitspakets (Input)

AS 1.1: räumlich-funktionale Anforderungen für die Energienetze des Untersuchungsbereichs  
 AS 3.1: Standortplanung der Antennenanlagen

### Beschreibung der individuellen Beiträge pro Partner

**Kernziel:** *Kopplung integrativer Energienetz- und Stadtplanung*

*Laufzeit: M04 – M36*

Ziel dieses Arbeitsschrittes ist die Integration der Energie- und IKT-Infrastruktur in den Stadtraum, um stadtentwicklungsrelevante Mehrwerte zu identifizieren und zu lokalisieren. Durch die Transformation der Energieerzeugung, -übertragung, -speicherung und -verteilung können vermehrt Energieinfrastrukturen zellular eingebracht werden und sind teilweise stadtbildrelevant. Die Analyse des projektierten Reallabor-Stadtteils wird genutzt, um basierend auf den Erfahrungen aus dem Campuslabor, Standorte für die bauliche Integration der Energie- und IKT-Infrastruktur zu lokalisieren, kategorisieren und zu typisieren. Zielführend sollen auch Methoden einer Zukunftswerkstatt und Szenariotechniken angewandt werden, um potentiell mögliche Veränderungen im Stadt- und Lebensraum der Nutzer abbilden und bewerten zu können. Das Ziel der Integration in den Stadtraum erfordert auch die Integration der Zielnetzplanung der Energieversorger in die Stadtplanung der Kommune. Hierzu soll ein exemplarisches Verfahren anhand des Reallabors entwickelt werden, mit dem zukünftige Energiezellen effizient umgesetzt oder ergänzt werden können.

#### DEW21:

- Einbringen einer Anwenderperspektive zur Integration von Energie- und IKT-Infrastruktur in den Stadtraum
- Einbringen von Möglichkeiten einer integrierten Zielnetzplanung gemeinsam mit der Stadt Dortmund
- Einbringen von Erkenntnissen aus abgeschlossenen Quartierentwicklungen

#### Stadt Dortmund:

- Integration der Zielnetzplanung der Energieversorger in die Stadtplanung der Kommune (gemeinsam mit DEW21)
- Bewertung der Arbeitsergebnisse aus Sicht der integrierten Stadtentwicklung
- Berücksichtigung der Arbeitsergebnisse in den Konzepten der integrierten Stadtentwicklung
- Entwicklung exemplarischer Verfahrensweisen zur zukünftigen Umsetzung von Energiezellen im Rahmen der integrierten Stadtentwicklung

#### RWTH Aachen:

- 3D Bestandsaufnahme des Reallaborbereichs
- Abbildung der Energieinfrastruktur als Bestandteil des stadtplanerischen Bewertungskanons
- Szenarienuntersuchung in Projektbereichen zur Darstellung möglicher räumlicher Entwicklungspfade der integrierten Energie- und IKT-Infrastruktur
- Zukunftswerkstatt mit Stakeholdern zur Identifizierung von räumlich wirksamen Energienutzungen

- Kategorisierung und Typisierung von Standorten für die bauliche Integration der IKT-Infrastruktur
- Identifikation von Schnittstellen der Zielnetzplanung und Stadtplanung
- Erarbeitung von Leitlinien zur Integration der Energie- und IKT-Infrastruktur in den Stadtraum, um stadtentwicklungsrelevante Mehrwerte zu identifizieren und zu lokalisieren

### Ergebnisse aus dem Teilarbeitspaket (Output)

Leitfaden und Verfahrensweise für eine gekoppelte Zielnetz- und Stadtplanung

Visualisierung raumwirksamer Energieinfrastrukturen und deren sektorenübergreifende Mehrwerte als Projektergebnisse und –visionen.

#### AS 7.2

#### Akzeptanzanalyse und Partizipationsprozesse

#### Führ.

RWTH Aachen

#### Ressourcen- planung in PM

adesso	-	-	-	-	-
DEW21	Ingenieur: 1	-	-	-	$\Sigma$ 1
urban ENERGY	-	-	-	-	-
PhySec	-	-	-	-	-
Stadt Do	TVöD 13: 3	-	-	-	$\Sigma$ 3
ITWM	-	-	-	-	-
RWTH	TVL-E13 St. 3: 13	-	-	-	$\Sigma$ 13
TUDo	ie3	-	-	-	-
	CNI	-	-	-	-

### Voraussetzungen des Teilarbeitspakets (Input)

AS 3.1: Standorte der Antennenanlagen

AS 6.2: Raumdaten zur Darstellung und Analyse der beteiligten Energieinfrastruktur und der relevanten Akteure

### Beschreibung der individuellen Beiträge pro Partner

**Kernziel:** Analyse und Erfassung der Einsatzbereiche für die Anwendung der 5Gain-Technologien und ihrer Akzeptanz

*Laufzeit:* M07 – M36

Die Analyse und Erfassung der Einsatzbereiche für die Anwendung der 5Gain-Technologien und ihrer Akzeptanz steht im Fokus dieses Arbeitsschrittes. In einem ersten Schritt werden die räumlichen, technischen und energetischen Grundlagen des Campuslaborbereichs erfasst und mit Experteninterviews zur Abprüfung der Untersuchungsindikatorik kombiniert. Darauf folgend sollen die räumlichen, energetischen, technischen und sozialen Grundlagen des Reallaborbereichs erfasst werden. Dazu werden Stakeholder in einen Partizipationsprozess frühzeitig eingebunden, um Fragen

der Akzeptanz und des Engagements einschätzen zu können. Die Ergebnisse werden für eine stadt-bildverträgliche Integration der Antennenanlagen genutzt, wobei die Übertragbarkeit auf andere Quartierstypen ein wichtiger Bestandteil ist.

#### **DEW21:**

- Unterstützung der RWTH bei Zugang zu Reallabor, Anwohnern und notwendigen Stakeholdergruppen (gemeinsam mit Stadt Dortmund)
- Ansprache und Aktivierung von Stakeholdergruppen

#### **Stadt Dortmund:**

- Unterstützung der RWTH bei Zugang zu Reallabor, Anwohnern und notwendigen Stakeholdergruppen (gemeinsam mit DEW21)
- Ansprache und Aktivierung von Stakeholdergruppen
- Einbindung des Vorhabens in die bestehenden Partizipationsstrukturen der Stadt Dortmund
- Beurteilung der Ergebnisse der Akzeptanzanalyse hinsichtlich der Übertragbarkeit auf die Gesamtstadt
- Ableitung von akzeptanzsteigernden Maßnahmen im Bereich von 5G-Technologien und Energiezellen

#### **RWTH Aachen:**

- Bestandsaufnahme des Campusbereichs (Infrastrukturen, 3D-Raumabbildung)
- Experteninterviews zur Schärfung der Untersuchungsindikatorik
- Ergänzung des 3D-Bestandsmodells aus AP 7.1 um soziale Aspekte und mögliche Konfliktpunkte zur Optimierung der energienetzrelevanten 5G-Standortplanung
- Entwicklung von exemplarischen, ortsneutralen und kontextualisierten typologischen Abbildungen zur Unterstützung der Akzeptanzanalyse mittels visueller Verfahren.
- Anwendung eines Partizipationsformat entsprechend den Anforderungen und lokalen Begebenheiten im Reallaborbereich
- Identifikation von Akzeptanzkriterien und Engagementkriterien durch Ergänzung der visuellen Akzeptanzanalyse mit quantitativer Erhebung

#### **Ergebnisse aus dem Teilarbeitspaket (Output)**

Konzept und bauliche Empfehlungen für stadt-bildverträgliche Lösungen zellularer Energienetze und überlagerter 5G Infrastruktur

<b>AP-Nr. 8</b>	<b>Veröffentlichung und Verstetigung der Arbeitsergebnisse, Vernetzung und Innovationstransfer</b>			
<b>Zeitraum</b>	M13 – M36			
<b>AP Leitung</b>	DEW21			
<b>Ressourcen</b> ( $\sum$ Personenmonate aller Lohnstufen)	adesso	DEW21	urban ENERGY	PhySec
	3	14	-	6
	Stadt Do	ITWM	RWTH	TUDo (ie3 + CNI)
	11	1	2	7

Ziele und Beschreibung des Arbeitspakets						
Ziel dieses Arbeitspaketes ist die Veröffentlichung und Verstetigung der Arbeitsergebnisse, sowie der Innovationstransfer.						
<b>AS 8.1</b>		<b>Potentialanalyse und Transfer auf andere Modellregionen und Anwendungen</b>				
<b>Führ.</b>		Stadt Dortmund				
<b>Ressourcen- planung in PM</b>	adesso		SB/PL: 1	-	-	$\Sigma$ 1
	DEW21		Ingenieur: 6	-	-	$\Sigma$ 6
	urban ENERGY		-	-	-	-
	PhySec		-	-	-	-
	Stadt Do		TVöD 13: 6	-	-	$\Sigma$ 6
	ITWM		EG13: 1	-	-	$\Sigma$ 1
	RWTH		TVL-E13 St. 3: 1	-	-	$\Sigma$ 1
	TUDo	ie3	-	-	-	$\Sigma$ 1
CNI		-	TVL-E13 St. 2: 1	-		
Voraussetzungen des Teilarbeitspakets (Input)						
Leistungsbewertung und Demonstratoren aus Campus- bzw. Reallabor (AP6), Leitfaden und für eine gekoppelte Zielnetz- und Stadtplanung (AP7).						
Beschreibung der individuellen Beiträge pro Partner						
<p><b>Kernziel:</b> Prüfung der Übertragbarkeit der im Projekt erzielten Ergebnisse auf weitere Modellregionen</p> <p><b>Laufzeit:</b> M13 – M33</p> <p>Zunächst soll im Rahmen einer Potentialanalyse ein Transfer auf andere Modellregionen und Sektoren geprüft werden. Das 5Gain Konzept beschränkt sich nicht auf das Stromnetz, sondern soll im Rahmen eines Transfers alle denkbaren Energieträger wie Gas, Wärme und Wasser mit einbeziehen. Im Rahmen regelmäßiger Informationsveranstaltungen kommunaler Aktivitäten im digitalen Umfeld der Stadt Dortmund über prämierte Smart City Aktivitäten<sup>9</sup> wird die Öffentlichkeitsarbeit überregional gesichert. Dabei sollen insbesondere übergreifende Fragestellungen, Synergie- und Cross-Innovations-Potentiale mit anderen Bereichen der Smart City geprüft und erarbeitet werden.</p> <p><b>adesso:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mitarbeit an Konzepten zum Transfer des 5Gain-Ergebnisse auf andere Energiesektoren und Anwendungsbereiche</li> </ul> <p><b>DEW21:</b></p>						

<sup>9</sup><http://www.smartcity.dortmund.de>

- Transfer der Ergebnisse auf mögliche weitere Modellregionen im Verteilnetz und daraus abgeleiteten Transferhindernissen
- Beurteilung der Übertragbarkeit auf weitere Sektoren (Gas, Wasser, Wärme)
- Diskussion der Projektergebnisse mit weiteren Energieversorgungsunternehmen

**Stadt Dortmund:**

- Identifikation anderer Anwendungsbereiche sowie Modellregionen im Austausch mit der Smart City Initiative Dortmund
- Beurteilung der Übertragbarkeit der Ergebnisse auf den Metropolraum Ruhrgebiet sowie andere Agglomerationsräume
- Transfer der Erkenntnisse in die Digitalisierungs- und Smart City-Strategie der Stadt Dortmund sowie in die Bemühungen um eine Smart Urban Area Ruhr
- Analyse von Potentialen und Übertragbarkeit der Projektergebnisse für Anwendungsbereiche der Smart City im Bereich der Sektorenkopplung sowie auch außerhalb des Energiesektors
- Diskussion der Projektergebnisse auf Ebene von Städtenetzwerken, insbesondere des Deutschen Städtetags

**Fraunhofer ITWM:**

- Potentialanalyse für Quartiere und Demand Side Management in Industrieanlagen

**RWTH Aachen:**

- Untersuchung von Übertragungsmöglichkeiten auf die Sektoren Wasser und Mobilität sowie Gleichstromtechnologien im Kontext bestehender Forschungsbeziehungen

**TU Dortmund:**

- **CNI:** Potentialanalyse für den Einsatz der 5G Campus-Lösung im Kontext anderer Anwendungsgebiete (u.A. Industrial IoT und Logistik).

**Ergebnisse aus dem Teilarbeitspaket (Output)**

Empfehlungen hinsichtlich Synergie- und Cross-Innovations-Potentialen im Rahmen der Smart City

AS 8.2		Entwicklung Sektor-übergreifender Geschäftsmodelle für die Energiewende			
<b>Führ.</b>	DEW21				
<b>Ressourcenplanung in PM</b>	adesso	SB/PL: 1	-	-	$\Sigma$ 1
	DEW21	Ingenieur: 8	-	-	$\Sigma$ 8
	urban ENERGY	-	-	-	-
	PhySec	-	-	-	-
	Stadt Do	TVöD 13: 2	-	-	$\Sigma$ 2
	ITWM	-	-	-	-
	RWTH	-	-	-	-
	TU Do	ie3	TVL-E13 St. 3: 2	-	-
CNI		-	-	-	

<b>Voraussetzungen des Teilarbeitspakets (Input)</b>					
Empfehlungen hinsichtlich Synergie- und Cross-Innovations-Potentiale (AS8.1), Leistungsbewertung und Demonstratoren aus Campus- bzw. Reallabor (AP6).					
<b>Beschreibung der individuellen Beiträge pro Partner</b>					
<p><b>Kernziel:</b> Verknüpfung der Projektergebnisse mit anderen Sektoren und Analyse der Geschäftspotentiale</p> <p><i>Laufzeit: M22 – M36</i></p> <p>Dieser Arbeitsschritt zielt als Basis autonomer Energiezellen auf die Entwicklung von Geschäftsmodellinnovationen ab, die Erzeugung, Pufferung und Verbrauch auf der lokalen, bis zu einem gewissen Grad autarken Verteilernetzebene, berücksichtigen. Vor dem Hintergrund der transdisziplinären Systemhintergründe werden sich durch die neuartigen 5G Regional Network Slicing und Cloud Computing Konzepte konventionelle Tarifmodelle mit dem Ziel der Entwicklung neuer Geschäftsmodelle untersucht. Zielsetzung ist die Entwicklung von an die Anforderungen der Energiewirtschaft angepassten Tarifmodellen, die die ressourceneffiziente Umsetzung von Dienstgütegarantien bei gleichzeitiger Kosteneffizienz berücksichtigen.</p> <p><b>adesso:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mitarbeit an Entwicklung weiterer Geschäftsmodelle für die Energiewende</li> </ul> <p><b>DEW21:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Potentialanalyse neuartiger Dienste für zellulare Energienetze</li> <li>Innovative Tarifmodelle als integrierter Energieversorgungsunternehmen und Netzbetreiber</li> </ul> <p><b>Stadt Dortmund:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Berücksichtigung der Ergebnisse der Akzeptanzanalysen (AS7.2) in den Geschäftsmodellinnovationen</li> <li>Ableitung der kommunalen Anforderungen hinsichtlich Grundversorgung und Daseinsvorsorge an die zu entwickelnden Geschäftsmodelle</li> <li>Erweiterung der Geschäftsmodelle auf die Einsatzbereiche der Smart City auch außerhalb des Energiesektors</li> </ul> <p><b>TU Dortmund:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>ie<sup>3</sup>:</b> Definition der sich aus dem Projektverlauf ergebenden Anforderungen der Energiewirtschaft sowie entsprechender Märkte zur Bewertung und Entwicklung neuartiger Geschäfts- und Tarifmodelle.</li> </ul>					
<b>Ergebnisse aus dem Teilarbeitspaket (Output)</b>					
Neuartige Geschäftsmodelle unter Ausnutzung der entwickelten, ressourceneffizienten 5Gain-Mechanismen.					
<b>AS 8.3</b>	<b>Handlungsempfehlungen und Überführung in Spezifikation und Standardisierung</b>				
<b>Führ.</b>	TUDo CNI				
<b>Ressourcenplanung in PM</b>	adesso	SB/PL: 1	-	-	∑ 1
	DEW21	-	-	-	-
	urban ENERGY	-	-	-	-
	PhySec	Ingenieur: 6	-	-	∑ 6

	Stadt Do	TVöD 13: 3	-	-	$\Sigma$ 3
	ITWM	-	-	-	-
	RWTH	TVL-E13 St. 3: 1	-	-	$\Sigma$ 1
	TUDo	ie3	TVL-E13 St. 3: 1	-	$\Sigma$ 4
		CNI	TVL-E13 St. 3: 2	TVL-E13 St. 2: 1	

### Voraussetzungen des Teilarbeitspakets (Input)

Anforderungen und Systemarchitektur (AP1), Konzepte für dynamisches Netzmanagement, Edge Computing (AP2) und 5G Regional Network Slicing (AP3), Empfehlungen für Smart Contracts und Blockchain Technologie (AP4), Sicherheitskonzepte (AP5), Stadt- und Zielnetzplanungskonzepte (AP7).

### Beschreibung der individuellen Beiträge pro Partner

*Kernziel: Verstetigung der Projektergebnisse durch Einbindung in Workshops, Veröffentlichungen und Standards*

*Laufzeit: M19 – M36*

Ausgehend von den Entwicklungen in den Arbeitspaketen 2 bis 7 sollen Handlungsempfehlungen für Industrie und Kommunen entwickelt werden, die das 5Gain Konzept für zellulare Energiesysteme unter Nutzung von regionalen 5G Infrastrukturen und künstlicher Intelligenz forcieren. Diese Handlungsempfehlungen sollen insbesondere in relevante Spezifikations- und Standardisierungsgremien (z.B. VDE, FNN, 3GPP, BSI, PTB, etc.) hingetragen und diskutiert werden, um eine langfristige Verstetigung der Ergebnisse zu gewährleisten.

#### adesso:

- Mitarbeit an der Erstellung von Handlungsempfehlungen und Best Practices zur Umsetzung des 5Gain-Konzeptes
- Teilnahme an Informationsveranstaltungen

#### DEW21:

- Mitarbeit an der Erstellung von Handlungsempfehlungen zur Umsetzung des 5Gain-Konzeptes
- Mitarbeit an der Erstellung von Handlungsempfehlungen / Spezifikationen zur Umsetzung von Smart Grids
- Mitarbeit an der Erstellung von Handlungsempfehlungen zur Umsetzung des Energy Data Hub
- Mitarbeit an der Erstellung von Handlungsempfehlungen zum Aufbau von 5G-Infrastruktur unter Berücksichtigung von Anwendungsfällen in der Smart City mit Stadt Dortmund
- Teilnahme an Netzwerk- und Informationsveranstaltungen

#### PhySec:

- Identifizierung und Einbindung von besonders relevanten Verbänden und Institutionen (bspw. BSI, PTB, VDE, FNN, 3GPP, DVGW, bdew, bne, ...)
- Erarbeitung von Handlungsempfehlungen
  - Bspw. 3GPP zur Thematik Relay Station Attack

- Bspw. BSI zur Thematik KRITIS und/oder LPWAN-Security (als Komplementär zur WAN-Security)

#### **Stadt Dortmund:**

- Wissenstransfer und Verstetigung im Austausch mit anderen Smart City Kommunen und der Smart City Allianz Dortmund.
- Ableitung spezifizierter Prozesse als Beitrag offener, interoperabler Smart City Prozesse in der Bundesrepublik.
- Ableitung von Handlungsempfehlungen zur Berücksichtigung von Energiezellen in der integrierten Stadtentwicklung.
- Ableitung von Handlungsempfehlungen zum Aufbau von 5G-Infrastruktur unter Berücksichtigung von Anwendungsfällen in der Smart City.
- Ableitung von Handlungsempfehlungen zur Integration von Data-Hubs in die kommunalen Datennutzungskonzepte.

#### **RWTH Aachen:**

- Wissensvermittlung und –verbreitung in relevanten Institutionen und Formaten im Netzwerk des Instituts und darüber hinaus (z.B. BBSR)

#### **TU Dortmund:**

- **CNI:** Wissenstransfer zur Stärkung der Wirtschaft, Austausch mit internationalen Experten zwecks Einbeziehung weiterer Perspektiven der aus den Projektergebnissen abgeleiteten Handlungsempfehlungen an Anwender und Ausrüster. Leistung von Beiträgen zur Standardisierung neuartiger Lösungen im Feld der Energie- bzw. Kommunikationsnetze (beispielsweise Technical Studies). Einbringung der Forschungsergebnisse in die Lehre.
- **ie<sup>3</sup>:** Beiträge zum Wissenstransfer in die Wirtschaft sowie die Lehre. Evaluierung von Vorschlägen für die Standardisierung und Einbringen in entsprechende Gremien.

#### **Ergebnisse aus dem Teilarbeitspaket (Output)**

Beiträge zur Standardisierung zukünftiger Energie- und Kommunikationstechnologien, sowie Handlungsempfehlungen zur Unterstützung überregionaler Anwender

## **Meilensteinplanung**

Zur Erreichung des geplanten Projektziels wird im Rahmen des Projektes 5Gain ein Meilenstein zu Mitte des Projektes (M18) und Zwischenziele während der Laufzeit des Projektes festgelegt, um erreichte Ergebnisse kontrollieren und um im Rahmen des Risikomanagements einen erfolgreichen Verlauf und Abschluss des Projektes gewährleisten zu können. In diesem Zusammenhang werden zwei Phasen deutlich, welche sich in der Struktur der Arbeitspakete spiegeln und am Meilenstein orientieren:

- **Phase 1:** bis zum Meilenstein (M18)–Funktionsmuster @ 5G Smart Grid Technology Lab Funktionsmuster (Experimentalplattform), welches die erste Integration des Gesamtsystems auf dem erweiterten Testfeld (Campuslabor TUDo) des 5G Smart Grid Technology Labs zeigt (vgl. AP 6.1)

**Abbruchkrit.:** Funktionsmuster nicht einsatzbereit, keine Frequenznutzungserlaubnis verfügbar

- **Phase 2:** nach dem Meilenstein (bis M36) – Integrierter Gesamtdemonstrator

## Verwertungsplan

Die Ergebnisse von 5Gain werden der wissenschaft- und wirtschaftlichen Verwertung zugeführt, um eine Verstetigung bzw. Überführung der Ergebnisse in Standards und Produkte zu erreichen.

### Wirtschaftliche Erfolgsaussichten

Die erwarteten Ergebnisse leisten einen wesentlichen Beitrag dazu zentrale Hemmnisse des Markthochlaufs von 5G Mobilfunk- und KI-Technologie zur Digitalisierung der Energiewirtschaft abzubauen.

Wie im Folgenden pro Unternehmenspartner dargestellt, wird erwartet, dass die entwickelten Projekteinhalte und Digitalisierungspotenziale mittelfristig in konkrete Produkte und Geschäftsmodelle im Bereich zukünftiger Energiesysteme einfließen.

Die **adesso AG** nutzt die Ergebnisse, um als Systemintegrator und Dienstleister für individuelle Software-Entwicklung Zugang zu neuen Marktsegmenten zu erlangen. Ziel ist es hierbei, die entstehenden Kompetenzen und Branchenlösungen der Energiewirtschaft in einer neuen Geschäftseinheit (Line of Business) zu bündeln, um so die kritischen Geschäftsprozesse relevanter Kunden durch Beratung und Software-Entwicklung zu optimieren. Ergebnisse zur prädiktiven Kontrolle des Energienetzes mittels neuer KI-Verfahren dienen der Definition von Dienstleistungen des optimierten Energiemanagements für Kunden mit zukünftigen eigenen autarken Netzen wie beispielsweise Städte, Kommunen aber auch Wohnungsbaugesellschaften oder Parkhausbetreibern. Zudem werden die maschinellen Lernverfahren und Slicing eine wesentliche Grundlage für flexible Dienstleistungen, die bei der Entwicklung zukünftiger Anwendungen im Telekommunikationsbereich wie dem Internet of Things benötigt werden. Das im Projekt erarbeitete Blockchain-basierte Transaktionssystem, wird branchenübergreifend neue Geschäftsmodelle sowie eine Optimierung der Kernprozesse in bestehenden adesso Branchen, wie dem Gesundheits- oder Versicherungswesen, ermöglichen. Analog zur bereits bestehenden "Themengruppe Blockchain" wird auf Basis der im Projekt gewonnenen Ergebnisse und Erfahrungen eine "Themengruppe Edge Computing" aufgebaut, um mit einem eigenen und branchenübergreifenden Dienstleistungsangebot für den sich rasant entwickelnden Bereich des Internet of Things anzutreten. Hier erwartet adesso in den kommenden Jahren einen signifikanten Anstieg an Anfragen nach Beratungs- und Entwicklungsprojekten und mit einem Umsatzzuwachs von 15-25% ab 2024.

**urban ENERGY** wird im Rahmen des Forschungsprojektes weitere Energieverbraucher und Energieerzeuger in Ihren Optimierungsalgorithmus einbinden. So wird eine weitreichende, energetische Optimierung der zellularen Quartiere erreicht. Durch die Erweiterung der Produktfeatures werden weitere Kundengruppen erschlossen, wie beispielsweise: mittelständische und große Unternehmen mit großen Fahrzeugflotten, Immobilienwirtschaft, Energieversorger und Netzbetreiber. urban ENERGY erwartet dies noch während der Projektlaufzeit zu erreichen. Die Forschungsergebnisse im Bereich Smart Contracts und Blockchain, zur datenbasierten Abrechnung von Energieverbrauch und Vergütung von Energieerzeugern, ergänzt das urban ENERGY Produkt ideal. Diese werden ab 2023 zu weiterem Umsatzwachstum führen.

Die **DEW21** erwartet auf Basis der im Projekt erzielten Ergebnisse in den nächsten fünf Jahren Umsatzwachstum in neue Geschäftsfelder durch die erweiterten Möglichkeiten einer KI-basierten Datenanalyse, sowie leistungsfähiger und zuverlässiger 5G Mobilfunktechnik erschließen zu können. Insbesondere wird der Proof-of-Concept eines regionalen Peer-to-Peer Energievertriebs auf Basis von 5G, Künstlicher Intelligenz und der Blockchain-Technologie in den nächsten drei Jahren die Produktpalette der DEW21 wesentlich in den Bereichen intelligenter Netzsteuerung, Smart Contracting und datengetriebener Mehrwertdienste erweitern.

Die **PHYSEC GmbH** verfügt über einen breiten Kundenstamm von Unternehmen, die als kritische Infrastruktur klassifiziert werden können. Die daraus erwachsenden Anforderungen im Bereich der Sicherheit von informationstechnologischen Lösungen sind sehr hoch, sodass Digitalisierungslösungen nur erfolgreich umgesetzt werden können, wenn diese Herausforderungen adäquat gelöst werden. Die Erweiterung und Weiterentwicklung des Lösungsportfolios der PHYSEC GmbH ist dabei

fundamental für die Kundenbindung und -gewinnung in dieser Branche. Die Arbeiten in diesem Forschungsvorhaben liefern hierfür zentrale Informationen für die Adaption des bestehenden Lösungsangebots der PHYSEC GmbH im Zuge der Veränderungen durch die Energiewende. Derzeit wird TLS over LoRaWAN in Projekten für die Zählerfernauslesung und Netzzustandsüberwachung bereits erfolgreich im Kontext kritischer Infrastrukturen und insbesondere im Bereich Stromnetz-Monitoring eingesetzt, sodass der hier existierende Marktzugang eine schnelle Positionierung dieser neuen Technologie ermöglicht. Der zellulare Aufbau und die korrespondierende Absicherung dieser Netzwerke ermöglicht es, das Know-how der PHYSEC zu erweitern und das wirtschaftliche Angebot auf die modernsten Telekommunikationstechnologien mit Echtzeitanforderungen auszudehnen. Damit kann neben den bereits im Einsatz befindlichen Anwendungen für das Monitoring auch die digitale Steuerung und Optimierung angeboten und derart eine ganzheitliche Lösung im Markt positioniert werden. Mit dem Forschungsvorhaben können außerdem weitere Anwendungsfälle, insbesondere die dezentrale Steuerung und Absicherung von Energiesystemen, adressiert und somit eine Stärkung der Marktposition im Bereich KRITIS erreicht werden. Die Monetisierung der neuen Erkenntnisse erfolgt zum einen über eine stärkere Kundenbindung durch die Ausweitung des Angebots auf die 5G-Kommunikationstechnologie und zum anderen über Erschließung neuer Anwendungsfälle in dieser Branche. Mit Abschluss des Projekts 2022 sollen erste Proof-of-Concepts umgesetzt werden, bevor 2023 der Vertrieb aufgenommen wird. Wir prognostizieren zusätzliche Umsätze ab 2023, auf Grundlage von zusätzlichen Lizenzeinnahmen und Serviceentgelten für die sichere Kommunikation über 5G sowie die entsprechende Serviceplattform.

Die **Stadt Dortmund** verfolgt primär keine wirtschaftlichen Interessen mit diesem Projekt. Die Verwertung der Projektergebnisse erfolgt über den Kompetenzaufbau in Bezug auf die 5G-Technologie sowie auf zelluläre Energiesysteme im Zusammenhang mit einer integrierten Stadtentwicklung. Die Stadt Dortmund will den Wirtschafts- und Technologiestandort stärken, indem bestehende Infrastrukturen nicht nur im Energiebereich mit neuen Technologien ertüchtigt werden.

Die Ergebnisse von 5Gain werden vom **Fraunhofer ITWM** nach Laufzeitende der wirtschaftlichen Verwertung zugeführt, um eine Verstetigung bzw. Überführung der Ergebnisse in Standards, Produkte und Dienstleistungsaufträge zu erreichen. Die Ergebnisse in Form von vorwettbewerblichen Entwicklungen erlauben bei Erfolg des Projekts eine Realisierung relevanter Teile in Software-Tools und ermöglicht die Durchführung von Beratungsdienstleistung z.B. für Energiedienstleister. Weiteres Potenzial wird im Ergebnistransfer in den Bereich 5G Regelung von Produktionsanlagen gesehen.

Das **Institut für Städtebau und europäische Urbanistik** der **RWTH Aachen** wird sich durch die Ergebnisse des Forschungsvorhabens verstärkt im Bereich der integrierten Stadtplanung mit dem Fokus auf nachhaltige Infrastrukturen und deren Raumwirksamkeit als Forschungspartner platzieren können. Die erlangten Kompetenzen sollen in weitere Kompetenzfelder eingebettet werden, so z.B. in die Mobilitätsforschung, deren Raumwirksamkeit integraler Bestandteil städtischer Lebenswelten ist. So können dann im Bereich der FONA (Forschung für nachhaltige Entwicklung) schon in 2020 Forschungsprojekte beantragt werden. Zudem sind weitere Forschungsaktivitäten im Rahmen des 7. Energieforschungsprogramms denkbar (nach 2020). Die Beschäftigung mit Grundlagen der KI und Blockchain kann darüber hinaus neue Einsatzfelder für die Stadtplanungspraxis identifizieren und damit auch eine neue Forschungsrichtung für das Institut öffnen (ab 2022).

Als Lehr- und -Forschungseinrichtung erfolgt durch die **TU Dortmund** keine direkte wirtschaftliche Verwertung, jedoch trägt die TU Dortmund durch die Ausbildung hoch qualifizierter Ingenieurinnen und Ingenieure, die bspw. Abschlussarbeiten und Promotionen in Projekt-relevanten Forschungsfeldern durchführen, wesentlich dazu bei, eine wirtschaftliche Verwertung der Ergebnisse zu unterstützen. Zusätzlich können die gewonnenen Erkenntnisse in Kooperation mit den Industriepartnern für die Entwicklung von Produkten/Systemen verwendet werden. Kontinuierlich wird die Patentierung innovativer Ideen sowie mögliche Ausgründungen aus der Universität geprüft.

### **Wissenschaftliche und/oder technische Erfolgsaussichten**

Um eine unabhängige Ergebniskontrolle sowie kontinuierliche Verbesserung der im Rahmen des Projekts entwickelten Lösungen zu ermöglichen, ist es vorgesehen, die gewonnenen wissenschaftlichen Erkenntnisse mittels nationaler bzw. internationaler Konferenzen sowie Publikationen dritten Experten zur Begutachtung vorzulegen. Die universitären Konsortialpartner werden die erzielten Forschungsergebnisse zudem nutzen, um kontinuierlich neue Lehrinhalte in Vorlesungen zu integrieren und unter anderem entsprechende Projektgruppen, Seminar- sowie Abschlussarbeiten anzubieten. Somit können Studierende frühzeitig an die Themen der Anwendungsgebiete herangeführt und auf spätere Tätigkeiten in den jeweiligen Bereichen vorbereitet werden. Darüber hinaus werden die Arbeiten des Projekts zu einer Stärkung des Wissenschaftsstandortes NRW beitragen indem vorhandene Kompetenzen erhalten und ausgebaut werden.

Für die **adesso AG** ermöglicht das 5Gain Forschungsvorhaben eine optimale Möglichkeit, sich mit innovativen Technologien zu beschäftigen und daraus prototypische Lösungskonzepte zu entwickeln, die im Idealfall in konkrete Projekte einfließen, Produktentwicklungen initiieren oder auch weitere Forschungsvorhaben ermöglichen können. Die zu untersuchenden Technologien wie maschinelle Lernverfahren / KI, Blockchain-Technologien, Edge Computing und nicht zuletzt 5G-Infrastrukturen stellen "Leuchtturmtechnologien" dar, die aufgrund der aktuellen öffentlichen Diskussion sowohl bei der Kunden- und Projektakquise als auch dem Personalrecruiting aktiv genutzt werden können.

Mit dem 5Gain Vorhaben kann die **DEW21** die wissenschaftliche Kompetenz im Bereich der Blockchain-Technologie im eigenen Hause entwickeln und stärken. Die Beschäftigung mit diesem Feld macht die DEW21 interessanter für potentielle Mitarbeiter, die sich als digitale Pioniere verstehen, mit dem Ziel der Sicherung lokaler Arbeitsplätze. Eine kundenzentrierte Produktentwicklung gestaltet sich folglich einfacher. Darüber hinaus sammelt die DEW21 wertvolles Know-how bei der Errichtung eines 5G-Infrastruktur, was für zukünftige Anwendungsfälle wie z.B. autonomes Fahren für die Stadt Dortmund essentiell ist. Aber auch die Verringerung von CO<sub>2</sub>-Emissionen ist ein mögliches zu übertragendes Ergebnis aus dem Projekt 5Gain. Darüber hinaus hat die schnelle und sichere Datenübertragung im Rahmen eines Energy Data Hubs für die Entwicklung von vernetzten, intelligenten und mit erneuerbaren Energien versorgten Quartieren großes Potential zur Erweiterung der Produktpalette in den nächsten drei bis fünf Jahren.

Die **urban ENERGY GmbH** nutzt die Ergebnisse des Forschungsvorhabens 5Gain direkt in der weiteren Produktentwicklung. Damit dienen die Ergebnisse, insbesondere bezogen auf die zellularen Energienetze, direkt der Erweiterung des Produktportfolios. 5Gain dient darüber hinaus als Vertriebsinstrument und Maßnahme in der Anwerbung von Fachpersonal, welches durch die angespannte Lage am Arbeitsmarkt und den Fachkräftemangel, sich als Herausforderung und Hemmnis der weiteren Unternehmensentwicklung darstellt. Ziel ist der Aufbau von weiteren zehn Softwareentwicklern, die sich mit diesem Themenkomplex auseinandersetzen und das Produkt entsprechend weiterentwickeln. urban ENERGY ist darüber hinaus gut regional und überregional mit Hochschulen vernetzt und kann entsprechende Seminar- und Abschlussarbeiten in diesem Kontext anbieten.

Die **PHYSEC GmbH** wird die Forschungsergebnisse im Wesentlichen auf zwei Arten nutzen. Zum einen solle die Ergebnisse als Marketinginstrument verwendet werden, um potentielle Neukunden für die Thematik der sicheren Kommunikation zu begeistern und die strategische Positionierung als innovatives Unternehmen mit höchster Technologieexpertise weiter auszubauen. Neben der Neukundengewinnung ist auch die Kundenbindung von sehr hoher Relevanz, was durch eine Erweiterung des Know-hows und die entsprechende Abbildung im Dienstleistungs- und Produktangebot erfolgt. Zum anderen sollen die Erkenntnisse auf Fachtagungen, Kongressen und bei Vorträgen präsentiert und diskutiert werden. Zusammenfassend stellt das Forschungsvorhaben eine ideale Möglichkeit dar, das Produkt- und Dienstleistungsportfolio zu erweitern, Kompetenzen in den Bereichen 5G, KI und Blockchain aufzubauen sowie die Positionierung im Markt zu stärken.

Die **Stadt Dortmund** strebt die Verwertung der Projektergebnisse in Form von Konferenz- und Messebeiträgen an und wird im Rahmen des Standortmarketings Öffentlichkeitsarbeit betreiben. Darüber hinaus ist die Stadt Dortmund in unterschiedlichen Gremien auf Landes-, Bundes- und EU-Ebene aktiv und wird die Projektergebnisse, bspw. in den Arbeitskreisen zur Digitalisierung des Deutschen

Städtetages, zur Diskussion stellen. Auch wird die Stadt Dortmund die Ergebnisse in nationalen und internationalen Smart City-Netzwerken präsentieren, ebenso wie im Rahmen der Allianz Smart City Dortmund, der mehr als 150 Unternehmen und wissenschaftliche Einrichtungen angehören.

Die prototypischen Implementierungen des **Fraunhofer ITWM** bleiben in der Forschung durch geeignete Lizenzierung frei nutzbar. Sie bilden einen wichtigen Baustein für den wissenschaftlichen Fortschritt im Bereich der echtzeittauglichen zellulären Netzregelung. Der durch den Projekterfolg entstehende Fortschritt in der Anwendung des Maschinellen Lernens in Energie- und Kommunikationsnetzen baut die Positionen und die Sichtbarkeit des Fraunhofer ITWM in der Forschungslandschaft weiter aus. Die im Projekt erarbeiteten Ergebnisse werden entsprechend publiziert. Parallel zu 5Gain erfolgt die Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses im Bereich des Projektthemas in Form von Praktika, sowie mindestens zwei Graduiierungsarbeiten.

**RWTH Aachen:** Die wissenschaftliche Beschäftigung mit den Forschungsfragen und –ergebnissen trägt entscheidend zur Vertiefung der Kompetenzen des Lehrstuhls und Instituts bei. So dienen die Erkenntnisse und die Forschungsabläufe auch des Aufbaus des Instituts durch die Vermittlung der Inhalte in der Lehre. Dabei stehen unterschiedliche Module zur Verfügung:

1. Forschungsfeld (6 Creditpoints, 180h Workload, max. 10 Master-Studierende zur Vermittlung von aktuellen und relevanten Forschungsfragen und didaktischen Einbettung der Heranführung an Forschung),
2. Stegreifentwürfe (1,5 Creditpoints, 45h Workload) als exploratorische projekt- und ortsbezogene Untersuchung und Projektierung relevanter Fragestellungen im Forschungszusammenhang,
3. Masterentwürfe (15 Creditpoints, 450h Workload) als 1- oder 2-semesterige Projektarbeit zur Entwicklung räumlich umfassender und eingebetteter Lösungsvorschläge für komplexe Aufgabenstellungen.

Die Auswahl der Verwertungsformate wird entsprechend des Forschungsverlaufs vorgenommen und kann projektbegleitend stattfinden. Die studienbegleitende Vertiefung forschungsrelevanter Inhalte dient dann auch der Gewinnung von Nachwuchswissenschaftlern für den Ausbau des Instituts. Zur Vertiefung und Reflektion des wissenschaftlichen Fundaments werden

#### **Konferenzen:**

- Berlin Urban Energy Dialogue 2022,
- International Conference on Energy Research and Social Science (Ort noch unklar),

und

#### **Journals:**

- ERSS Energy Research and Social Science (Peer Review),
- Energiewirtschaft (redaktionell),
- Transforming Cities (redaktionell)

in die Verwertungsarbeit einbezogen.

Die wissenschaftlichen Herausforderungen innerhalb der Projektziele tragen maßgeblich zur Vertiefung der Kernkompetenzen **TU Dortmund** bei. Insbesondere im Bereich der wechselseitigen Leistungsbewertung zellulärer Energiesystem und 5G Mobilfunklösung werden Publikationen auf renommierten nationalen sowie internationalen **Fachkonferenzen** (z.B. IEEE) und somit eine breite Sichtbarkeit von Ergebnissen und dem Forschungsstandort Deutschland angestrebt. Dabei beabsichtigt die TU Dortmund Forschungsergebnisse je nach Passung der künftigen Ausschreibungen vor allem auf den folgenden etablierten und führenden internationalen Konferenzen und Workshops vorzustellen und/oder Veröffentlichungen z.B. im Rahmen der untenstehenden Konferenzen und Journale zu platzieren. Der Zeithorizont erstreckt sich fortlaufend über die Projektdauer und darüber hinaus (ca. 1-2 Jahre) auf Basis der aktuellen Forschungsergebnisse und

**Konferenzen:**

- IEEE Global Communications Conference, Exhibition & Industry Forum (GLOBECOM)
- IEEE International Conference on Communications (ICC)
- IEEE International Conference on Communications, Control, and Computing Technologies for Smart Grids (SmartGridComm)
- IEEE PES PowerTech Conference
- IEEE Innovative Smart Grid Technologies Conference (ISGT)

**Journale:**

- IEEE Transactions on Networking
- IEEE Communications Letters
- IEEE Transactions on Power Systems

Zudem fließen die Forschungsergebnisse der **TU Dortmund** fließen kontinuierlich ab Projektbeginn als neue **Lehrinhalte mit dem Ziel der Förderung von Nachwuchswissenschaftlern** in die Vorlesungen ein. Auf diese Weise werden die Studierenden frühzeitig in konkrete Forschungsthemen eingeführt und erhalten damit einen Überblick des Anwendungsgebietes aus den Forschungsfeldern 5G Mobilfunk und Smart Grid, welche durch die praktische Projektumsetzung angereichert wird und konkreten Wirtschaftsbezug herstellt. Über die Projektlaufzeit hinaus werden erzielte Forschungsergebnisse bis zu einem Zeitraum von 5 Jahren in den Lehrinhalten verstetigt. Für die konkrete Einbindung sind die folgenden Lehrveranstaltungen mit sehr hoher Relevanz für den Projekthintergrund vorgesehen:

- „Kommunikationsnetze“
- „Mobilfunknetze und ihre Protokolle
- „Modellbildung und Simulation – Modellbasierte Dimensionierung von Kommunikationssystemen“ sowie
- „Betriebswirtschaftliche Grundlagen der IKT“
- Einführung in die Elektrische Energietechnik (E3T)
- Betrieb und Aufbau von Netzen (BAN)
- Dezentrale Energieversorgung (DEV)
- Dynamik und Stabilität von Energieübertragungssystemen (DSE)

Neben den Vorlesungen werden während der Laufzeit des 5Gain Projektes unter anderem

- Projektgruppen, Seminararbeiten und studentische Abschlussarbeiten (Bachelor und Master)

angeboten werden, die sich thematisch mit den beiden an der TUDo beteiligten Kernkompetenzen auseinandersetzen.

**Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit**

Für die **adesso AG** bilden die Ergebnisse aus dem 5Gain-Projekt ein Beispielszenario für die Anwendung und das Zusammenspiel der genannten Technologien. Es ist angestrebt, dieses Szenario auch für Interessenten weiterer Regionen anzubieten. Außerdem kann das konzipierte Paket aus Technologien auch für andere Bereiche innerhalb des Energiesektors (z.B. Gas- oder Wasserversorgung) als auch ganz andere Branchen angewendet werden. Hier besteht das Ziel, in den unmittelbaren Folgejahren nach Abschluss des Projektes, in den bestehenden Geschäftsbereichen (Line of Business) Banking und Insurance neue Projekte umzusetzen. Außerdem wird erwartet, dass das 5Gain-Konzept z.B. für die Logistikbranche so attraktiv ist, dass es adesso auch hier möglich sein wird, seine Geschäftsaktivitäten deutlich auszubauen.

In der Strategie der **DEW21** ist festgelegt, Investitionen in die Erzeugung elektrischer Energie aus erneuerbaren Energieanlagen zu tätigen. Die Integration dieser Anlagen in die bestehende Verteilnetzstruktur ist essentiell für das Gelingen der kommunalen Energiewende. Die Ergebnisse des Projektes 5Gain ermöglichen der DEW21 auf Basis der aus den übertragenen Daten gewonnenen Erzeugungs- und Verbrauchsinformationen eine schnellere und effektivere Integration der erneuerbaren Energieanlagen in das Verteilnetz. Daneben erhöht die zur Abrechnung von eigenerzeugter elektrischer Energie aus Photovoltaik eingesetzte Blockchain-Technologie die Chance, wirtschaftlich nachhaltige Kundenlösungen zu entwickeln. Zudem können Ergebnisse aus dem 5Gain Projekt auf weitere Energienetzellen innerhalb und außerhalb von Dortmund übertragen werden, sowie auf andere Sparten (Gas, Wasser, Wärme) angewendet werden.

**urban ENERGY** plant die Ergebnisse aus dem Forschungsvorhaben direkt in die urban ENERGY Produkte zu überführen und bundesweit anzubieten. Ab 2023 ist ein europaweiter Vertrieb geplant. Blockchain- und 5G-Technologien bieten die Möglichkeit weitere Produkte zu entwickeln und damit ebenfalls die Kundengruppen auszubauen. Die gewonnenen Erkenntnisse werden sukzessiv auf andere Energieträger wie Wärme, Gas, Kälte übertragen um eine Energieoptimierung über diese Sektoren hinweg zu erreichen und eine weitreichende Sektorenkopplung zu ermöglichen.

Die **PHYSEC GmbH** sieht das Forschungsvorhaben als Fragestellung, die sich mit geringen Anpassungen auf andere Regionen und andere dezentrale (Energie-)Systeme übertragen lassen und damit die Grundlage für eine starke Skalierung der darauf basierenden Produkte- und Dienstleistungen ermöglicht. Es ist geplant die Ergebnisse unmittelbar nach Ablauf des Projekts in dem Bereich kritischer Infrastrukturen aktiv zu vermarkten und die Ergebnisse innerhalb von 12-18 Monaten auf weitere Sparten (Gas, Wasser, Wärme) zu übertragen. Besonders interessant ist auch die Übertragung der Ergebnisse auf die Chemieindustrie, die ebenfalls als kritische Infrastruktur klassifiziert ist. Chemie-parks stellen in dem Kontext eine dezentrale Organisationseinheit dar, die im Wesentlichen über eine eigenständige Versorgungswirtschaft verfügt. Die Ausweitung auf diese und andere, noch zu identifizierende Branchen, ist ca. 12 Monate nach Projektabschluss geplant.

Die Ergebnisse werden in die **Smart City- und Digitalisierungsstrategie der Stadt Dortmund** einfließen und finden sowohl bei der Ertüchtigung des Bestandes als auch bei der Erschließung bspw. neuer Quartiere oder Gewerbegebiete Berücksichtigung. Des Weiteren sollen die Erkenntnisse in die Einwerbung weiterer Gelder für die Umsetzung von Digitalisierungsmaßnahmen auch in Bereichen außerhalb der Energieversorgung eingesetzt werden. Darüber hinaus lassen sich Synergie- und Effizienzeffekte beim 5G-Rollout sowie bei der Umsetzung der Energiewende auf kommunaler Ebene erwarten, indem Anforderungen an diese Technologie aus kommunaler Sicht definiert werden.

Vom **Fraunhofer ITWM** sind innerhalb der Projektlaufzeit und in den anschließenden 1-3 Jahren die Ausrichtung von Workshops, Besuche von Konferenzen und Anwendertagungen sowie Publikationen in Fachzeitschriften im Energiebereich und der angewandten Mathematik geplant. Über die eigene Internetplattform werden die geschaffenen Algorithmen in den 1-2 Jahren nach Ablauf des Projektes den relevanten Nutzergruppen vorgestellt. Eine Fortsetzung der (teils bereits existenten) gemeinsamen Forschung und Entwicklung mit den Partnern wird klar angestrebt. Dies lässt sich historisch durch bereits längeres Zusammenarbeiten des Fraunhofer ITWM z.B. mit dem ie3 der TU Dortmund dokumentieren.

Die Überlegungen zur KI-basierten Optimierung von Energienetzen könnten in einem Anschlussprojekt auf das Mittelspannungs-Gleichstrom-Testnetz an der **RWTH Aachen** übertragen werden. Im Rahmen des Forschungscampus FEN Flexible Elektrische Netze sind weitere Untersuchungen zur effizienten Nutzung von Gleichstrom in der Verteilnetzebene erforderlich. Die Anwendung der im Projekt 5Gain entwickelten Prinzipien und Erkenntnisse auf die Gleichstromnetztechnik kann zu weiteren Demonstratorprojekten führen und die Entwicklungen der Energieforschung in NRW weiter voranbringen.

Die **TU Dortmund** plant die erzielten Ergebnisse nach Abschluss des Projektes weiterhin in Folgeforschungsprojekten fortzuführen, welche diejenigen Fragestellungen näher untersuchen, die sich

während der Durchführung des Projektes ergeben haben, aber im Rahmen des Projektes nicht beantwortet werden konnten. Durch die im Projekt 5Gain neu gewonnene Fachkompetenz, erhofft sich die TU Dortmund nach Abschluss des Projektes in einem Zeitraum von 1-3 Jahren weitere Industrieprojekte anwerben zu können, die sich mit wechselseitiger Abhängigkeit von Energie- und IKT-System auseinandersetzen. Neben dem thematischen Schwerpunkt des Stromsektors, wird innerhalb des gleichen Zeitraums die naheliegende Übertragbarkeit auf andere Energiesektoren bzw. deren mögliche Kopplung geprüft. Darüber hinaus werden insbesondere für Forschungsfragen mit Bezug zum 5G Mobilfunksystem, Einsatzpotentiale in anderen Industriezweigen (z.B. Produktion und Logistik) geprüft.

Die im Projekt eingesetzten Wissenschaftler qualifizieren sich durch ihre Beiträge dafür, nach Abschluss ihrer Promotion anspruchsvolle Aufgaben in der Industrie zu übernehmen und damit zur Stärkung der deutschen Wirtschaft beizutragen.

## **Arbeitsteilung/Zusammenarbeit mit Dritten**

Es findet eine enge Zusammenarbeit mit dem assoziierten Partner innogy, welcher das Konsortium mit der notwendigen Verteilnetz-Expertise unterstützt. Darüber hinaus ist eine direkte Zusammenarbeit mit Dritten für den Projekterfolg weder notwendig noch vorgesehen.

## Notwendigkeit der Förderung

Aus den vorgeschlagenen Forschungsfragestellungen ergibt sich eine Komplexität, die von einer einzelnen Institution nicht in Gänze überblickt werden kann. Das Projekt erfordert einen übergreifenden Know-How Transfer der beteiligten unterschiedlichen Disziplinen, jeweils für wissenschaftliche und wirtschaftliche Fragestellungen. Da die hier neu zu entwickelnden Technologielösungen KI-basierter zellulärer Energiesysteme mit Einsatz zukünftiger 5G Mobilfunktechnologie im Projekt auf eine generelle Tauglichkeit untersucht und Leistungspotentiale abgeschätzt werden, ist eine kommerzielle Nutzung dieser Lösungen zunächst ausgeschlossen. Der hier untersuchte, innovative Ansatz des regionalen, über quelloffene Software realisierten Netzbetriebs birgt dabei besonders hohe Risiken, ermöglicht aber auch erst die für die Zielerreichung notwendige Flexibilität. Eine reine wirtschaftliche Betrachtung würde für alle Antragsteller ein hohes wirtschaftliches Risiko mit sich bringen, was durch das wissenschaftlich-technische Risiko, dem Forschung in einem derart frühen Technologiestadium grundsätzlich unterliegt, noch erhöht wird. Eine Förderung stellt in diesem Sinne zumindest eine teilweise Kompensation dieses, aus betriebswirtschaftlicher Sicht, sehr hohen Risikos dar.

Alternative Finanzierungsmöglichkeiten wurden seitens des Projektkonsortiums insbesondere im Hinblick auf eine Förderung durch EU-Programme geprüft. Die eingehende Studie der EU Horizon 2020 Arbeitsprogramme (2018-2020) ergab, dass keine Ausschreibungen vorhanden sind, die die komplexen, wechselseitigen Problemstellungen und Lösungsansätze des hier vorgeschlagenen 5Gain-Projektes abdecken. Lediglich vereinzelte Gemeinsamkeiten sind in den beiden Ausschreibungen „*DT-ICT-10-2018-19: Interoperable and smart homes and grids*“ und „*DT-ICT-11-2019: Big data solutions for energy*“ zu finden. Das Projektvorhaben ist für diese jedoch zum einen in der Breite thematisch unpassend und zum anderen aufgrund der Zusammensetzung des Konsortiums mit Fokus auf nationale Anwender und Entwickler ohne realistische Erfolgsaussichten.

### adesso

Die im Forschungsprojekt zu untersuchenden Technologien sowie deren Kombination zu einem gesamtheitlichen 5Gain-Konzept sind in dieser Art noch nicht betrachtet worden. Insbesondere im Zusammenspiel ist eine eingehende Evaluierung bestehender Technologien erforderlich, die letztendlich in der praktischen Evaluierung eines Prototypen im Reallabor mündet. Aufgrund der unterschiedlichen Reifegrade der angestrebten Technologien und der unabhängig davon bestehenden Unsicherheit hinsichtlich des erfolgreichen Zusammenspiels in einem Architekturkonzept, wäre die Beschäftigung mit diesem Vorhaben zu diesem Zeitpunkt mit einem zu hohen wirtschaftlichen Risiko verbunden. Die Förderung erlaubt adesso bereits jetzt eine Beschäftigung mit diesem Themenkomplex und reduziert das wirtschaftliche Risiko auf ein vertretbares Maß, welches im Gleichgewicht mit den zu erwartenden Chancen der beschriebenen Anschlussverwertung steht.

### DEW21

Die DEW21 ist der Partner für die lokale Energiewende in Dortmund. Für die Entwicklung von zukunftsfähigen, ganzheitlichen und nachhaltigen Energielösungen im Kontext der dezentralen Versorgung ist die Anwendung von neuen Technologien, wie z.B. das 5G-Netz, notwendig. Aktuell ist der Aufbau und die Nutzung dieser Technologien unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten noch nicht ohne Förderung aus dem 5Gain Vorhaben darstellbar. Aufgrund der Förderung aus dem 5Gain Vorhaben kann die DEW21 gemeinsam mit den Projektpartnern insbesondere im Bereich der Auswirkungen datengetriebener Netzsteuerung auf zellulärer Ebene sowie der Entwicklung kundenzentrierter, digitaler Energielösungen mit Hilfe der Blockchain-Technologie erste Erkenntnisse erlangen. Der notwendige Aufbau zum Test einer 5G-Infrastruktur zur sicheren und regelmäßigen Datenübertragung in einem Reallabor in der Stadt Dortmund und eines Energy Data Hubs zur Nutzung dieser Daten ist ohne die Förderung aus dem 5Gain Vorhaben erst zu einem späteren Zeitpunkt wirtschaftlich für die DEW21 realisierbar.

### urban ENERGY

urban ENERGY steht vor der Herausforderung im wachsenden Markt an Smart City, IoT- und Energiemanagementlösungen neue Produktfeatures zu implementieren um somit Marktanteile zu gewinnen. Zur Produktweiterentwicklung werden aktuell Mittel von Investoren eingeworben und verwendet und öffentliche Fördergelder eingeworben. Durch die Förderung im 5Gain Vorhaben kann sich

urban ENERGY mit weiteren Zukunftsthemen wie 5G und Blockchain auseinandersetzen sowie die Produktweiterentwicklung deutlich beschleunigen. Gleichzeitig bleibt das wirtschaftliche Risiko auf einem vertretbaren Maß. Als junges Unternehmen hätte urban ENERGY nicht die Möglichkeit sich mit diesen zukunftsfähigen, aber auch relevanten Themen, auseinanderzusetzen.

### **PhySec**

Die PHYSEC GmbH sieht sich alleine nicht in der Lage, die Kompetenzen und Marktpositionen der jeweils anderen Partner (sowie die Methodenkenntnisse der Forschungspartner) durch eigene wirtschaftliche Aufwendungen abzudecken. Gleichwohl teilen alle Beteiligten das gemeinsame Interesse an einer am Markt bisher so nicht verfügbaren Methodik für zellulare Systemarchitekturen, die sich nur aus dem Zusammenwirken derart verschiedener Partner entwickeln lässt. Dabei verstärken sich die FuE-Ansätze der Partner gegenseitig, sodass PHYSEC bestehende Kenntnisse um branchen- und technologierelevante Expertisen erweitern kann. Diese Mehraufwendungen der Unternehmen wären am Markt nicht zu refinanzieren und blieben ohne das Verbundvorhaben aus. Ohne das Projekt existiert des Weiteren das reale Risiko, dass PHYSEC den durch PROPHYLAXE, den EXIST-Forschungstransfer, SecureFog sowie eigenen Investitionen gewonnen wissenschaftlich-technischen Vorsprung verlieren kann.

Der Bezug des Themas zur Spitzenforschung in gleich zwei unterschiedlichen, aktiven Wissenschaftsbereichen (IT-Sicherheit, Maschinenlernen) stellt für Hersteller von Sicherheitsprodukten eine hohe Einstiegshürde dar, die erhebliche zeitliche, personelle und finanzielle Ressourcen binden würde. Die angestrebten Ziele können daher nur in dem hier zusammengeschlossenen Verbund unter Beteiligung der wissenschaftlichen Partner umgesetzt werden, wobei es aufgrund der vorgenannten wirtschaftlichen Risiken für KMUs allein unmöglich wäre, diesen technologischen Schritt allein zu realisieren. Das Vorhaben erfordert die unterschiedlichen Betrachtungsweisen, die gerade auch auf der akademischen Expertise der universitären Partner aufbaut. Der Verbund zu einem derartigen Projekt wäre ohne eine staatliche Förderung nicht realisierbar, da es für die KMU-Partner jenseits ihrer Finanzierungsmöglichkeiten stünde, die Kosten der Forschung unmittelbar zu refinanzieren.

### **Stadt Dortmund**

Da sich die 5G-Technologie im Allgemeinen und deren Einsatz in Verbindung mit zellularen Energiesystemen im Besonderen in einer sehr frühen Technologiephase befindet und auch ein Hochlauf des koordinierten Aufbaus von flächendeckenden 5G-Infrastrukturen erst in den nächsten Jahren zu erwarten ist, sieht die Stadt Dortmund die Notwendigkeit, selbst die Initiative zu ergreifen, gemeinsam mit den Projektpartnern Kompetenzen aufzubauen, um die 5G-Technologie bereits jetzt im Rahmen der integrierten Standortentwicklung, der Standortstärkung sowie des Infrastrukturaufbaus zu berücksichtigen. Ein besonderes Interesse liegt hier in einem Beitrag von 5G-basierten Lösungen bei der Umsetzung der Energiewende in den kommunalen Infrastrukturen. Eine derartige Aufgabe ist jedoch aus den grundfinanzierten Personalressourcen der Stadt Dortmund nicht zu leisten, zumal die technische Umsetzung der angestrebten Lösung mit verschiedenen sowohl technischen und wirtschaftlichen Risiken als auch mit Fragestellungen der gesellschaftlichen und politischen Akzeptanz verbunden ist. Diese ergeben insbesondere aus dem noch immer frühen Marktstadium von 5G sowie aus dem hohen Innovationsgrad der angestrebten Lösung. Gleichzeitig sind im Rahmen des Projekts auch regulatorische Fragestellungen bspw. in unterschiedlichen Eigentümer-Nutzer-Szenarien zu klären, die ein Umsetzungsrisiko mit sich bringen. Auf der anderen Seite müssen im Rahmen des Projekts Barrieren überwunden werden, die sich bspw. aus den unterschiedlichen sozioökonomischen Zusammensetzungen einzelner Dortmunder Stadtquartiere ergeben und die eine intensive Analyse und Förderung der Akzeptanz in diesen Quartieren notwendig machen. Darüber hinaus ist die 5G-Technologie, ähnlich wie auch die bisherigen Mobilfunk-Technologien, von Ängsten in der Bevölkerung bspw. hinsichtlich Strahlung und elektromagnetischer Felder betroffen. Dies macht insbesondere in dieser frühen Technologiephase eine intensive Auseinandersetzung mit so genannten „Technologiegegnern“ unausweichlich und birgt ein Risiko für die Umsetzung der angestrebten Lösung in einer so frühen Technologiephase.

In Summe wäre die Stadt Dortmund demzufolge nicht in der Lage, dieses Vorhaben zum jetzigen Zeitpunkt ohne weitere Konsortialpartner und ohne die finanzielle Unterstützung aus den beantragten Fördergeldern zu realisieren.

#### **Fraunhofer ITWM**

Aus den vorgeschlagenen Forschungsfragestellungen des Fraunhofer ITWM ergibt sich im Kontext der Gesamtzielsetzung eine Komplexität, die vom Fraunhofer ITWM als mathematisches Institut alleine nicht in Gänze überblickt werden kann. Das Projekt erfordert einen übergreifenden Know-How-Transfer der beteiligten unterschiedlichen Disziplinen. Das ITWM benötigt insbesondere aus dem Anwendungsbereich der Kommunikationsnetze 5G sowie partiell auch aus dem Energiebereich Unterstützung von Partnern.

#### **RWTH Aachen**

Eine eigenfinanzierte Forschung in dem Bereich der Energienetz- und IKT-Infrastrukturen bedeutete für das Institut für Städtebau und europäische Urbanistik eine nicht zumutbare Belastung, da weder Eigen- noch Drittmittel vorhanden sind, die hierfür aufgewendet werden könnten.

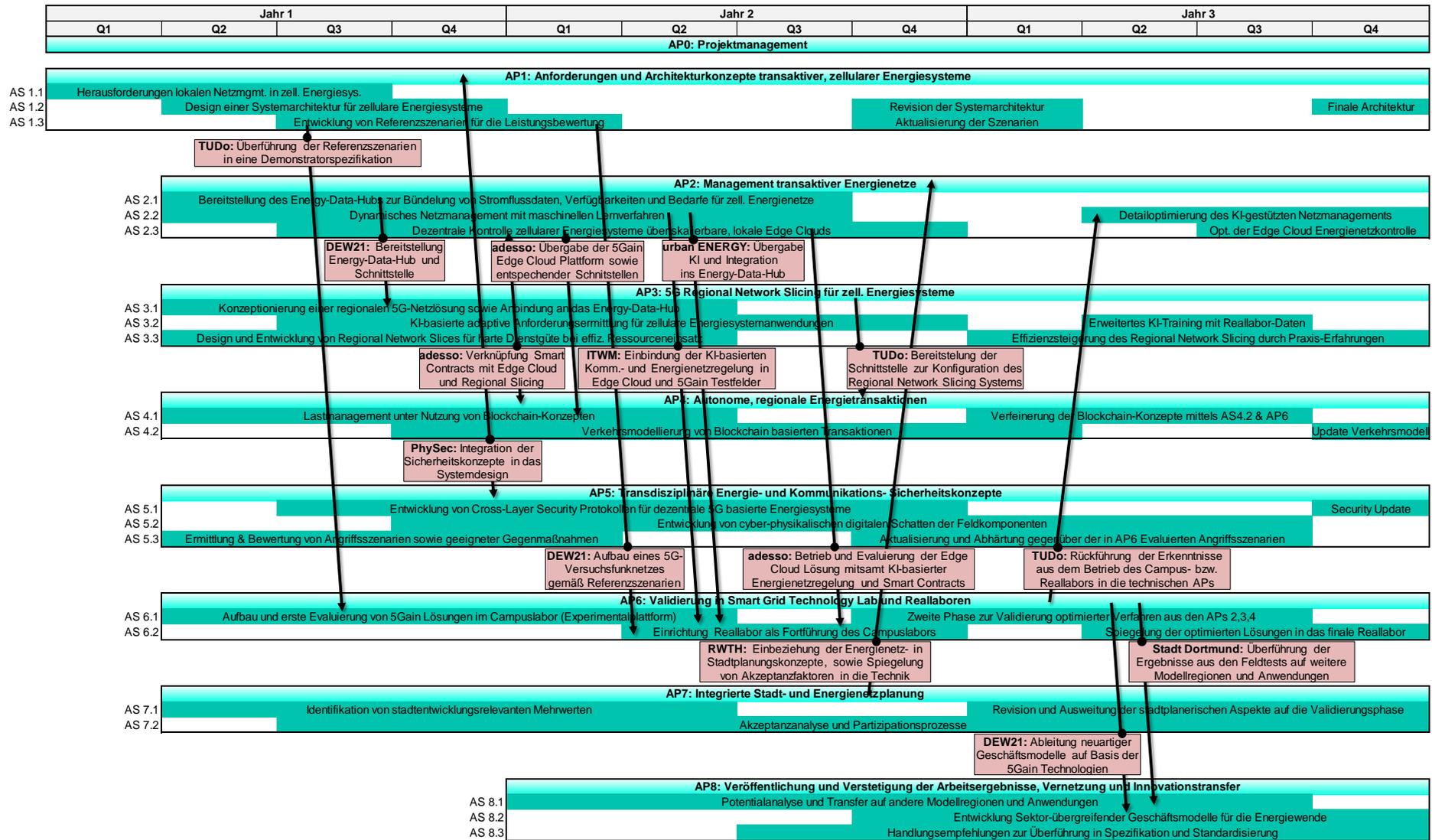
#### **TU Dortmund**

Die TU Dortmund bringt einen sehr breiten Erfahrungsschatz für die Beantwortung der Fragestellung wechselseitiger Abhängigkeit von Energie- und IKT-System sowie insbesondere eine große 5G Mobilfunkexpertise in das Projekt ein. Dahingegen ergibt sich entsprechend der vorgeschlagenen Kernziele des Gesamtvorhabens mit Bezug zu den technischen Fragestellungen maschineller Lernverfahren, Blockchain und Cyber Security eine Komplexität, die die beiden involvierten Institutionen der TU Dortmund nicht in Gänze abdecken können.

Demnach ist eine alleinige wissenschaftliche Betrachtung der ganzheitlichen Forschungsfragestellung der thematisch breiten Projektidee mit hohem wissenschaftlich-technischen Risiko verbunden. Damit ist für die TU Dortmund die Einstellung von neuem Personal notwendig, um die hier skizzierten Forschungen durchführen zu können. Eine Finanzierung der Forschung über eine Grundfinanzierung (Haushaltsstellen) ist nicht möglich.



### Anhang C: Netzplan Gesamtvorhaben



## Anhang E: Qualifikation und Expertise der Verbundpartner

Das transdisziplinäre Verbundkonsortium setzt sich Fachbereichsübergreifend aus Partnern der Wirtschaft (ausgewogener Mix aus Großunternehmen [adesso, DEW21, innogy], KMUs/Startups [PHYSEC, urban ENERGY]), Kommune (Stadt Dortmund) und Wissenschaft zusammen:

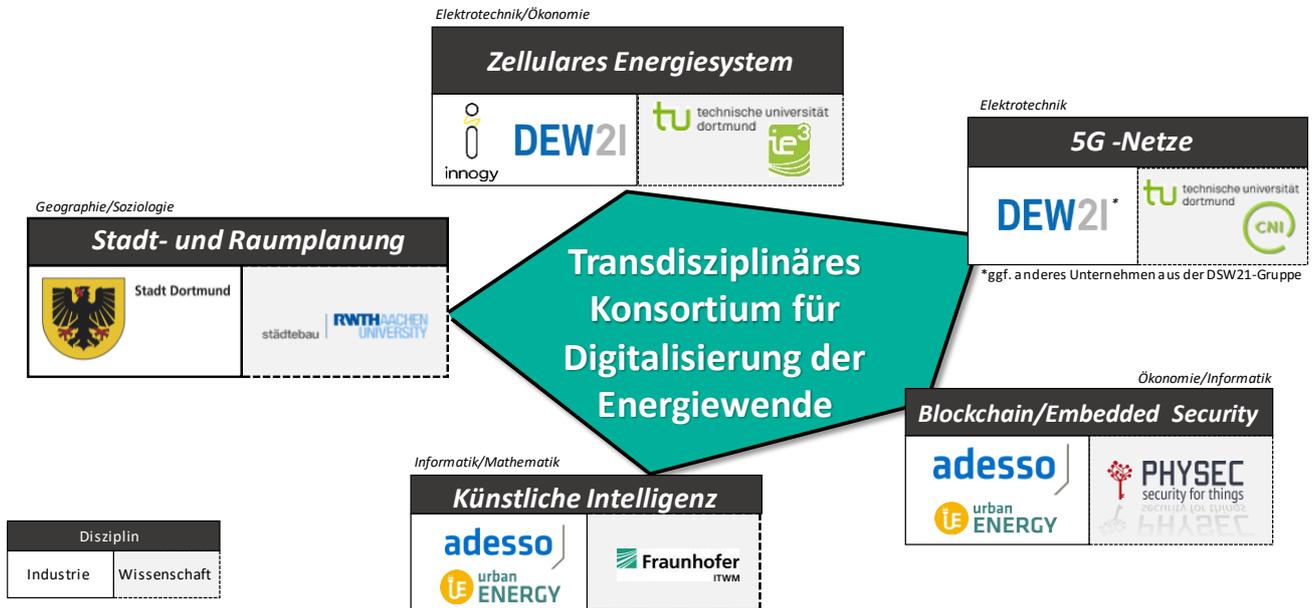


Abbildung 8: Transdisziplinäres Konsortium für die Digitalisierung der Energiewende

### Kurzbeschreibungen der Verbundpartner

<b>Verbundkoordinator</b>	<b>adesso AG</b>
<p>Die adesso AG ist mit mehr als 3.500 Beschäftigten an 21 Standorten in der DACH-Region Vorreiter im Bereich der digitalen Transformation. Die Themengruppe Blockchain erarbeitet gemeinsam mit Kunden Proof-of-Concepts für u.A. Versicherungen und Banken. Weitere Arbeiten des Bereichs behandeln die Zahlung von Mautgebühren, die Entwicklung von Transaktionsmodellen zur Generierung neuer regionaler und digitaler Märkte nach dem Mieterstrom-Prinzip, institutionsübergreifende Infrastrukturen für die Bereitstellung medizinischer Daten und die Umsetzung einer Supply Chain für einen kontrollierten Handel von geschützten Tier- und Pflanzenarten für das Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen (BLV). Darüber hinaus leitet adesso das BIM-CHAIN-Konsortium, das ein automatisiertes Vertrags- und Abrechnungssystem auf Blockchainbasis für die Baubranche entwickelt (BMWi, finale Antragsphase). Im Themenfeld Künstliche Intelligenz verfügt adesso über ein eigenes Competence Center (CC). KI wird dabei in Kundenprojekten wie z.B. „Ask Mercedes“, „KI im Amateurfussball“ oder dem NRW-Forschungsprojekt „ON4OFF“ (Online- und Offlinehandel) genutzt. Im Bereich Energiewirtschaft arbeitet adesso an Themen wie dem „Virtuellen Kraftwerk“, oder Lösungen im Kontext von e-Mobility.</p>	
<b>Projektpartner</b>	<b>Stadt Dortmund</b>
<p>Die Stadt Dortmund hat in den letzten Jahren eine Vorreiterrolle und Vorbildfunktion für den kommunalen Einsatz digitaler Innovationen und die Schaffung der notwendigen kommunalen Rahmenbedingungen übernommen. Gemeinsam mit der IHK zu Dortmund hat die Stadt Dortmund die Allianz Smart City gegründet, mit dem Zweck, Unternehmen und wissenschaftliche Einrichtungen aktiv in den Prozess zur Entwicklung der Smart City Dortmund einzubinden. Mittlerweile haben sich mehr als 100 nationale und internationale Unternehmen und Institutionen dieser Allianz angeschlossen und setzen erste Pilotprojekte in Dortmund um. Diese Plattform bietet Unternehmen und der Wissenschaft die Gelegenheit, gemeinsame Geschäftsfelder, Technologien und Netzwerke der Zukunft im Bereich von Smart City-Anwendungen für sich zu erschließen.</p>	

Die Stadt Dortmund wird im Falle einer Förderung mit dem als Stabsstelle im Amt des Oberbürgermeisters angesiedelten Chief Innovation Office am Projekt teilnehmen und darüber die relevanten städtischen Stellen, insbesondere die Bereiche Tiefbauamt (Stadtplanung), einbinden.

<b>Projektpartner</b>	<b>DEW21</b>
-----------------------	--------------

DEW21 wurde 1995 als Tochterunternehmen von DSW und VEW in Dortmund gegründet und beschäftigt aktuell über 1.000 Mitarbeiter/innen, davon ca. 70 Auszubildende. DEW21 ist entlang der gesamten Wertschöpfungskette aufgestellt und beliefert die das gesamte Stadtgebiet Dortmund mit Erdgas, Strom, Wärme und Wasser. Ein wichtiger Baustein der DEW21-Strategie ist der kontinuierliche Ausbau der Eigenerzeugungskapazitäten, insbesondere im Bereich der regenerativen Energieerzeugung. Aktuell produzieren Windparks, die Wasserkraftwerke der Wasserwerke Westfalen, Deponiegasanlagen sowie Photovoltaikanlagen planmäßig rund 260 Millionen Kilowattstunden Strom pro Jahr. Damit ist DEW21 schon heute einer der größten kommunalen Erzeuger von Erneuerbarer Energie in Nordrhein-Westfalen. Um dabei im Rahmen der Energiewende der gesteigerten Komplexität gerecht zu werden, erprobt die DEW21 innovative Digitalisierungsoptionen und betreibt bspw. bereits ein eigenes IoT Funknetz auf Basis der LoRaWAN Technologie.

<b>Projektpartner</b>	<b>PHYSEC GmbH</b>
-----------------------	--------------------

Die PHYSEC GmbH ist spezialisiert auf die angewandte Kryptographie im Internet der Dinge (IoT). Für das IoT-Ökosystem bietet die PHYSEC GmbH innovative, post-quanten resistente sowie besonders einfach integrier- und bedienbare Sicherheitskonzepte mit der Besonderheit physikalische Aussagen digital verifizieren zu können. Die der GmbH zugrundeliegende Technologie wurde unter anderem für den deutschen Zukunftspreis 2017 nominiert, 2018 vom BMWi als „Digitales Start-Up des Jahres“, vom MIT Technology Review als Innovator 2018 (DE und EU) sowie mit dem 1. Platz des Deutschen IT-Sicherheitspreis 2018 ausgezeichnet. In 5Gain wird diese Technologie, sowie andere innovative Verfahren, für die Gewährleistung der digitalen und physikalischen Unversehrtheit sowie die Kommunikationssicherheit weiterentwickelt und das Know-how im Bereich der IoT-Sicherheit und der Physical-Layer Security eingebracht.

<b>Projektpartner</b>	<b>urban ENERGY</b>
-----------------------	---------------------

Die adesso AG hat urban ENERGY nach einem internen Startup-Wettbewerb ausgegründet. Die urban ENERGY betreibt eine IoT Cloud-Plattform, die Energieverbrauch und Energieerzeugung intelligent miteinander vernetzt und steuert. Ein wesentlicher Mehrwert ist die Einbindung von Prognosealgorithmen. Basierend auf kontinuierlich erfassten Kennzahlen wie Verbrauchsdaten und Energieeinspeisungen, wird dadurch eine kostenoptimierte Steuerung erreicht. Das urban ENERGY Produkt wird bis Ende 2019 bis zur Marktreife entwickelt. Dabei liegt der Fokus auf zellulär abgegrenzten Stadtquartieren und einem dezentralen Last- und Einspeisemanagement zur optimalen Steuerung von Ladevorgängen von Elektroautos.

<b>Projektpartner</b>	<b>RWTH Aachen</b>
-----------------------	--------------------

Das Institut für Städtebau der RWTH Aachen forscht zu aktuellen Themen der Stadtentwicklung im Rahmen von inter- und transdisziplinären Projektverbänden. Die Integration von Infrastruktur in den öffentlichen Raum, in stadtplanerische Prozesse und Beteiligungsformate spielt dabei eine besondere Rolle. In Zusammenarbeit mit Instituten unterschiedlicher Fakultäten der RWTH, Kommunen und Institutionen werden relevante und verwertbare Ergebnisse produziert und kommuniziert. Damit können regionale, lokale und mikrolokale Auswirkungen eingeschätzt und überprüft werden. Der Lehrstuhl ist hervorragend an entscheidende Akteure im stadtplanerischen Umfeld angebunden und hat Expertise in der Bearbeitung energierelevanter Themen durch die Forschungstätigkeit am BMBF Forschungscampus FEN Flexible Elektrische Netze erarbeitet. Zudem wird das NRW MKW Forschungskolleg „Nachhaltige Energiesysteme im Quartier“ (als Fortführung des Forschungskollegs „Energieeffizienz im Quartier“) durch das Institut koordiniert.

<b>Projektpartner</b>	<b>Fraunhofer ITWM</b>
-----------------------	------------------------

Das Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM in Kaiserslautern zählt zu den größten und bedeutendsten Forschungsinstituten für angewandte Mathematik weltweit. Die Abteilung Systemanalyse, Prognose und Regelung entwickelt im Bereich der erneuerbaren Energien zahlreiche Lösungsansätze und Algorithmen, u. A. Algorithmen des maschinellen Lernens zur

Analyse des Verhaltens von Windenergieanlagen (EU-Horizon 2020 GA No. 763990) oder zur Modellierung, Sensorplatzierung, Zustandsschätzung und Stabilisierung von Energienetzen („MathEnergy – FKZ 0324019A). Spezialkompetenzen sind u.A. Regelungskonzepte für die Verteilung erneuerbarer Energien, die Anwendung statistischer und probabilistischer Lerntheorie für komplexe Datenlagen, sowie Deep-Learning für die Verarbeitung von hochdimensionalen Sensordaten.

**Projektpartner****Technische Universität Dortmund**

Die TU Dortmund koordiniert und bündelt Aktivitäten von Wissenschaft und Unternehmen in den Bereichen Energiewende über das **Smart Grid Technology Lab**<sup>10</sup> und setzt sich aus den beiden Kernkompetenzen der Energiesysteme (**Institut für Energiesysteme, Energieeffizienz und Energiewirtschaft, ie<sup>3</sup>**), sowie der Informations- und Kommunikationssysteme für intelligente Energienetze der Zukunft (**Lehrstuhl für Kommunikationsnetze, CNI**) zusammen. Das ie<sup>3</sup> ist dabei unter Leitung von Prof. Dr.-Ing. Christian Rehtanz die führende Institution des NRW Kompetenzzentrums Elektromobilität, Infrastruktur und Netze. Das CNI unter Leitung von Herrn Prof. Dr.-Ing. Christian Wietfeld betreibt Forschung und Entwicklung im Bereich der quantitativen Leistungsbewertung zukünftiger 5G Mobilfunknetze sowie für Dienste sicherheitskritischer Anwendungen im Bereich der Cyber-Physikalischen Systeme. Es verfügt über umfangreiche, auf quelloffener Software aufbauende SDN/SDR-basierte 5G-Netz-Komponenten, sowie langjährige Erfahrung als Betreiber von Forschungsnetzen (mit entsprechenden Forschungslizenzen der BNetzA).

**Projektpartner****innogy SE (assoziiert)**

Die innogy SE als führendes deutsches Energieunternehmen beschäftigt mehr als 40.000 Mitarbeiter und ist in 16 europäischen Ländern aktiv. Mit ihren drei Geschäftsfeldern Netz & Infrastruktur und Vertrieb adressiert innogy die Anforderungen einer modernen dekarbonisierten, dezentralen und digitalen Energiewelt. Im Projekt 5Gain plant die innogy SE als assoziierter Projektpartner insbesondere die Mitarbeit in den Bereichen der energiewirtschaftlichen Anforderungsdefinition und dem Einbringen fachlicher Kompetenzen für Wechselwirkung zwischen Energie- und IKT-System.

<sup>10</sup><http://www.smartgrid-tec-lab.de/>



An den Vorsitzenden des  
Ausschusses für Bauen,  
Verkehr und Grün  
Herrn Thomas Pisula

01.10.2019

**Erweiterung der Tagesordnung der Sitzung des Ausschusses für Bauen, Verkehr und Grün am 08.10.2019**

**hier: „5GAIN Förderprojekt“  
Drucksache Nr.: 15277-19**

Sehr geehrter Herr Vorsitzender,

im Wege der Dringlichkeit bitte ich, die Tagesordnung der o. g. Sitzung um den Punkt „Änderungen beim Förderprojekt 5GAIN“ zu erweitern.

Die Beratung der Angelegenheit ist dringend erforderlich, um eine Beschlussfassung des Rates am 14.11.2019 zu ermöglichen.

Der kurzfristige Wunsch des Fördermittelgebers, das Projekt noch im Jahr 2019, Startdatum 01.12.2019, zu beginnen, macht eine Beschlussfassung des Rates zum Förderprojekt 5GAIN dringend erforderlich. Würde der Antrag erst in einer späteren Ratssitzung behandelt, würde dies den Projektstart massiv verzögern, was den Projekterfolg gefährden würde.

Um die Ratssitzung am 14.11.2019 zu erreichen, bitte ich gemäß § 15 (2) in Verbindung mit § 33 der Geschäftsordnung für den Rat und seine Ausschüsse, die Vorlage in der öffentlichen Sitzung des Ausschusses für Bauen, Verkehr und Grün zu behandeln.

Mit freundlichen Grüßen

Ullrich Sierau