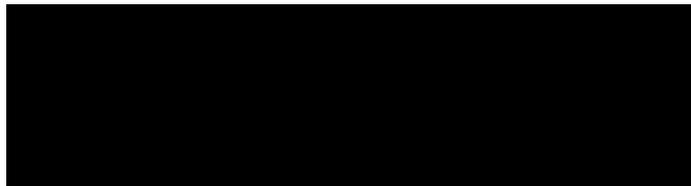
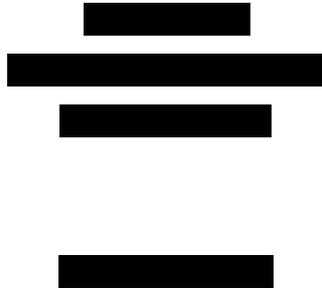


Feinkonzept

SET HUB Ideenwettbewerb



Inhaltsverzeichnis

ABBILDUNGSVERZEICHNIS	I
TABELLENVERZEICHNIS	II
1 ABSTRACT	1
1.1 AUSGANGSSITUATION	1
1.1.1 <i>Klimakrise und die Rolle digitaler Technologien</i>	1
1.1.2 <i>iMSys als Basis digitaler Technologien</i>	1
1.1.3 <i>Flexibilisierung von Verbrauchsanlagen</i>	1
1.1.4 <i>Das große Potential digitaler Technologien in Nichtwohngebäuden</i>	3
1.2 RELEVANZ UND MEHRWERT DER PROJEKTIDEE.....	4
1.3 ANGESTREBTE ZIELE UND OPERATIONALE, ÜBERPRÜFBARE ERGEBNISSE	5
2 PROJEKTVORHABEN	5
2.1 VORSTELLUNG DER BEIDEN INNOVATIONSFELDER	5
2.2 GESAMTHEITLICHE STEUERUNG MITTELS KI	6
2.2.1 <i>Status Quo der Gebäudeautomation</i>	6
2.2.2 <i>Verbesserung der Gebäudeautomation durch KI</i>	7
2.2.3 <i>Hintergrund zur Überlegenheit von Reinforcement Learning</i>	8
2.2.4 <i>Einordnung des Vorhabens und Stand der Forschung und Technik</i>	9
2.3 EINBINDUNG IM IMSYS	10
2.3.1 <i>Status Quo hinsichtlich Lastmanagement</i>	10
2.3.2 <i>Integration der KI-Steuerung in das iMSys</i>	11
2.3.3 <i>Technische Einbindung in der Entwicklung des iMSys</i>	12
2.3.4 <i>Adressierte EAF und SAF</i>	13
2.3.5 <i>Verwandte Forschungsprojekte</i>	15
3 MÖGLICHKEITEN ZUR BREITEN NUTZUNG	16
3.1 MARKTPOTENZIAL UND KONKURRENZSITUATION	16
3.2 ÖKONOMISCHE TRAGFÄHIGKEIT	17
3.3 MARKTPERSPEKTIVEN UND ERFOLGSAUSSICHTEN	18
3.4 SKALIERBARKEIT UND MARKTERSCHLIEßUNG	19
4 BESCHREIBUNG DER UMSETZUNG	20
4.1 TECHNISCHE REALISIERBARKEIT.....	20
4.1.1 <i>Systemarchitektur und Umsetzung (mit Blick auf das iMSys)</i>	20

4.1.2	<i>Wichtige SAF und deren FB</i>	21
4.1.3	<i>Beschreibung der Umsetzung (mit Blick auf die Gebäudetechnik)</i>	23
4.2	ARBEITSPAKETE	23
4.3	KOSTENABSCHÄTZUNG	26
5	AKTEURSSTRUKTUR	28
5.1	ROLLEN IM PROJEKT	28
5.2	NOTWENDIGE EXTERNE PARTNER (INSTITUTIONEN UND AKTEURE).....	29
6	RISIKEN	29
6.1	LIEFERENGPÄSSE BEI HARDWAREKOMPONENTEN AUFGRUND DES CHIPMANGELS	30
6.2	ABHÄNGIGKEIT VON NOTWENDIGEN LEISTUNGEN EXTERNER PARTNER	30
6.3	FUNKTIONSFÄHIGKEIT DER KI-BASIERTEN STEUERUNG	31
6.4	WEITERENTWICKLUNGEN ODER ÄNDERUNGEN IM REGELWERK	31
	LITERATURVERZEICHNIS	32
	ANHANG	41
	A1: STATUS QUO DER GEBÄUDETECHNIK	41
	A2: GRUNDLAGEN DES STUFENMODELLS	42
	A3: VERWANDTE FORSCHUNGSPROJEKTE	47
	A4: SYSTEMANWENDUNGSFÄLLE	49
	A5: FUNKTIONSBAUSTEINE	56



Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Cloud-Edge-Architektur und Sicherheitsstandards.....	9
Abbildung 2: Systemarchitektur und technische Akteure hinsichtlich iMSys.....	20
Abbildung 3: Systemarchitektur und Akteure hinsichtlich Gebäudetechnik und Cloud-Edge.....	23
Abbildung 4: Projekt-Roadmap.....	25
Abbildung 5: Matrix Risikoeinschätzung.....	29
Abbildung 6: Beispielhafte Darstellung der Gebäudetechnik, der Netzwerke und der Steuerungen	41
Abbildung 7: Stand der Technik des iMSys nach Stufe 2 [39].....	46



Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Notwendige Systemeinheiten und FB des SAF-3.1	22
Tabelle 2: Notwendige Systemeinheiten und FB des SAF-3.3.....	22
Tabelle 3: Notwendige Systemeinheiten und FB des SAF-3.8.....	22
Tabelle 4: Kostenabschätzung Personal.....	27
Tabelle 5: Kostenabschätzung Gesamt (kumuliert)	28



1 Abstract

1.1 Ausgangssituation

1.1.1 Klimakrise und die Rolle digitaler Technologien

Weltweit steht die Menschheit vor der gewaltigen Herausforderung, die Lebensweise innerhalb weniger Jahre so zu transformieren, dass die Erderwärmung auf ein Minimum reduziert wird. In Deutschland stellt der Gebäudesektor einen der Hauptverursacher von CO₂-Emissionen dar, wobei etwa ein Drittel der Emissionen auf Gebäude zurückzuführen ist. Trotz der erklärten Zielsetzung zur Netto-Treibhausgasneutralität bis 2045 hat der Gebäudesektor bereits zum zweiten Mal die im Klimaschutzgesetz festgehaltene Emissionsminderung verfehlt.

Werden die aktuellen Vorgehensweisen im Gebäudesektor (z.B. die Modernisierung von Heizungen, die Dekarbonisierung von Energieträgern und bauliche Sanierungen) beibehalten, besteht die Gefahr, dass die gesteckten Ziele weiterhin nicht erreicht werden [1]. Es stellt sich die Frage, ob es weitere Ansätze gibt, die signifikant zur Emissionsreduktion beitragen können. Dabei wird die Digitalisierung von Gebäuden und der Energiewirtschaft oft als mögliche zusätzliche Strategie betrachtet. Tatsächlich bieten digitale Technologien großes Potential und sind laut Studien von Bitkom [2, 3] essenziell für das Meistern der Energiewende.

1.1.2 iMSys als Basis digitaler Technologien

Um eine Basis für digitale Lösungen rund um die zukunftsfähige Energieversorgung zu schaffen, wurde das Gesetz zum Neustart der Digitalisierung der Energiewende im Bundestag verabschiedet. Es legt den Grundstein für den umfassenden Einsatz von intelligenten Stromzählern und stellt dabei die sichere Kommunikation von energierelevanten Daten in den Mittelpunkt. Ziel ist es, dass bis 2032 die Intelligenten Messsysteme (iMSys) in sämtlichen Haushalten und Unternehmen integriert sind.

1.1.3 Flexibilisierung von Verbrauchsanlagen

Durch iMSys, in Kombination mit anderen digitalen Technologien, wird es möglich werden, die Energieflüsse bei Produzenten und Verbrauchern simultan zu erfassen, zu steuern, aktuelle Netzdaten zu übertragen und mit Energielieferanten sowie Netzbetreibern zu kommunizieren. Diese Systeme fungieren als Verbindung zum smarten Energienetz und gewährleisten, dass Energie stets dorthin gelangt, wo diese benötigt oder gespeichert wird [4]. So ermöglicht das iMSys, eine effiziente Integration erneuerbarer Energien und die Stabilität des Stromnetzes trotz hoher Variabilität. Traditionell wurden Energieverbraucher als "Consumer" bezeichnet, die Energie lediglich verbrauchen. Mit der steigenden Integration von erneuerbaren Energien und dezentralen Energieerzeugungssystemen, wie Photovoltaik-Anlagen, wurden viele Verbraucher auch zu



Produzenten, bekannt als "Prosumer". Der Begriff "Flexumer" stellt die nächste Entwicklungsstufe dar. Flexumer sind flexible Con- oder Prosumer, die nicht nur Energie produzieren oder verbrauchen, sondern auch in der Lage sind, auf externe Signale, wie z.B. von Netzbetreibern, zu reagieren. Durch die flexible Nutzung ihrer Erzeugungs-, Verbrauchs- oder Speicheranlagen tragen Flexumer aktiv zur Netzstabilisierung bei und können ihre Flexibilität auf den Energiemärkten monetarisieren [5]. Flexibilität bezeichnet generell das technische Potenzial einer Anlage, die momentane und/oder prognostizierte Erzeugungs- bzw. Entnahmeleistung aktiv anzupassen [6]. Hierbei hat Deutschland noch erhebliches Entwicklungspotenzial. Aktuelle Studien zeigen, dass wir im europäischen Kontext mehr Anstrengungen für den Klimaschutz unternehmen müssen, wobei insbesondere die fehlende Flexibilität im Energiemarkt hervorgehoben wird [7].

Die Bundesnetzagentur hat vor wenigen Wochen das Regelwerk zur Integration von steuerbaren Verbrauchseinrichtungen und steuerbaren Netzanschlüssen nach § 14a EnWG [8] und eine erläuternde Präsentation der Beschlusskammer 6 [9] veröffentlicht. Aus diesen Dokumenten wird deutlich wie zukünftig die Digitalisierung der Energieversorgung und die Flexibilisierung von Verbräuchen aussehen können.

Der § 14a EnWG bestimmt die Handhabung von neuartigen, steuerbaren Verbrauchseinrichtungen in Privatwohnungen im Niederspannungsnetz. Dies betrifft insbesondere private Elektroauto-Ladestationen, Wärmepumpen, Kältegenerierungsanlagen und Batteriespeichersysteme während ihrer Stromaufnahme. In seiner vorherigen Version erlaubte dieser Paragraf bereits, dass Verteilnetzbetreiber diese Geräte steuern konnten, um Netzüberlastungen zu verhindern. Allerdings erforderte dies einen separaten, freiwilligen Vertragsabschluss mit dem jeweiligen Endverbraucher. Der noch vorläufige Stand des Regelwerks sieht nun vor, dass nicht mehr einzelne Anlagen zu oder abgeschaltet werden, sondern der Letztverbraucher durch eine sogenannte Reduzierung des netzwirksamen Leistungsbezugs Freiheiten erhält, innerhalb der Vorgaben des Netzbetreibers Anlagen zu betreiben. So erläutert der Präsident der Bundesnetzagentur Klaus Müller [10]: „In diesem technologieoffenen Ansatz kann die Leistung mehrerer Anlagen im Haushalt mit Hilfe von Energiemanagementsystemen verrechnet werden. Vom Netzbetreiber wird dann nicht mehr die einzelne Anlage gedimmt. Eine Wallbox darf also zum Beispiel im Falle einer Netzbetreibersteuerung mehr Strom beziehen, wenn dieser aus der eigenen Solaranlage bezogen wird. Lediglich der zulässige Strombezug aus dem Verteilernetz darf nicht überschritten werden.“ Als Gegenleistung für die an das Netz angepasste Kontrolle können die Betreiber der steuerbaren Einrichtungen von einem ermäßigten Netzentgelt profitieren. Bemerkenswert ist, dass neben einer pauschalen (Modul 1) und einer prozentualen (Modul 2) Reduzierung der Netzentgelte als dritte Option ein Anreizsystem mit zeitlich angepassten Netzentgelten (Modul 3) vorgeschlagen wurde [11]. Dieses sieht in der aktuellen Fassung feste Zeitfenster und Preisstufen für die Netzentgelte vor, die einmal jährlich für das darauffolgende Jahr festgelegt werden und damit umfassende Planbarkeit für Letztverbraucher und



Netzbetreiber bieten. So können Letztverbraucher über Preissignale incentiviert werden, den Stromverbrauch entsprechend anzupassen und somit Engpässe im Verteilnetz zu verhindern.

1.1.4 Das große Potential digitaler Technologien in Nichtwohngebäuden

Neben den Wohngebäuden gibt es aber auch so genannte Nichtwohngebäuden (NWG). Die Deutsche Energie-Agentur (dena) spricht explizit von Potentialen in NWG, den Endenergieverbrauch reduzieren zu können und zu müssen [12].

Betrachtet man bspw. Bürogebäude, entfallen mehr als 75% des Energiebedarfs auf Raumwärme- und -kälte, Beleuchtung sowie Warmwasser [13]. Werden Schritte zur Emissionsminderung unternommen, fallen diese häufig in die oben genannten herkömmlichen Kategorien. Diese Maßnahmen sind wichtig, gleichzeitig belasten sie aber die Besitzhabenden von NWG mittelfristig stark, gerade auch durch den extremen Anstieg der Preise für Rohstoffe [14]. Dem gegenüber liegt großes ungenutztes Potenzial in der bereits verbauten Gebäudetechnik, welche durch digitale Technologien energetisch optimiert und flexibilisiert werden kann. Ein beachtlicher Teil von 28% der NWG verfügen bereits über eine integrierte, automatisierte Steuerung und Überwachung gebäudetechnischer Anlagen – einer so genannten Gebäudeautomation [15]. Dieses System besteht aus Sensoren, Aktoren und Controllern, mit denen üblicherweise Heizungs-, Lüftungs-, Klimaanlage sowie Beleuchtung und Beschattung steuerbar sind. Das volle Potenzial der Gebäudeautomation bleibt aber oft ungenutzt [3]. Aktuell wird mit der Gebäudeautomation primär das Ziel verfolgt, Sollwerte im Gebäude zufriedenstellend garantieren zu können. Auch werden nicht oder nur sehr selten Energieinformationen, wie die Menge und der Preis von Eigenstrom im jeweiligen Zeitpunkt oder der Strompreis am Spot-Markt, für die Steuerungsstrategie berücksichtigt.

Das bislang ungenutzte Potential liegt in der stärkeren Einbindung der Gebäudetechnik in das Gesamtenergiesystem. Technologien wie Künstliche Intelligenz (KI) Algorithmen können zum einen dafür sorgen, dass Verbraucher effizienter betrieben werden, was vor allem bei komplexen Systemen wie diese in großen Gebäuden vorkommen erhebliches Einsparpotential bietet. Zum anderen kann die KI bei der Steuerung der Verbrauchsanlagen automatisch und vorausschauend auf Realbedingungen, die Einfluss auf das Energienetz haben, reagieren. Ziel ist es demnach, nicht mehr einer Logik zu folgen nach der die Erzeugung der Last folgt, sondern flexible Lasten der Erzeugung folgen zu lassen. Dies dient nicht nur der Minimierung teurer Netzreserven und -stabilisierungen, sondern trägt auch zur Erhaltung der Umweltverträglichkeit und Bezahlbarkeit der Energie bei. Preissignale von Dynamischen Tarifen, die sich an der aktuellen Erzeugungs- und Lastsituation orientieren, können in der KI-Steuerung berücksichtigt werden, um Energieverbräuche in Zeiten hoher Erzeugung und damit niedrigerer Preise zu verlagern. Durch eine intelligenteren und reaktionsfähigere Steuerung der Verbrauchsanlagen können Unternehmen ihre Betriebskosten so auch senken [16].



1.2 Relevanz und Mehrwert der Projektidee

Wie in Kapitel 1.1.3 dargelegt, richtete sich bei der Flexibilisierung von Verbrauchsanlagen der Fokus bislang stark auf eine begrenzte Liste von vier steuerbarer Verbrauchseinrichtungen in Privatwohngebäuden. Die nun eingeschlagene Richtung, die Evolution von der Einzelgerätesteuerung zu einem technologieoffeneren Ansatz in Form der Aggregation mehrerer Anlagen, wie vom Präsidenten der Bundesnetzagentur Klaus Müller proklamiert, [10] ist daher begrüßenswert. Darauf aufbauend liegt der logische Schritt nahe, das iMSys wesentlich größer - in Richtung der Einbindung von weiteren, ggf. komplexeren Verbrauchseinheiten von NWG - zu denken. Insbesondere gegeben des großen Potenzials, welches in bereits vorhandener Gebäudetechnik in NWG liegt, wie in Kapitel 1.1.4 dargelegt, plädieren wir dafür, eine mögliche Einbindung dieser in das Ökosystem des iMSys zu verfolgen.

Dementsprechend besteht die Projektidee darin, bereits bestehende NWG durch überschaubare Initialaufwendungen in die Lage zu versetzen, durch eine KI-Steuerung einerseits das Gebäude als Gesamtenergiesystem zu betrachten und zu optimieren und andererseits darüber hinaus mit der Einbindung in das iMSys den Energieverbrauch flexibel auf Schwankungen der Netzauslastung abzustimmen.

Dies geschieht durch die intelligente Nutzung und Bündelung von Informationen wie Steuerbefehlen aus dem Energienetz, aktuellen und zukünftigen Energiepreisen, Eigenstrommengen, Wetterlagen, Raumbelegungen sowie Heiz- bzw. Kühlbedarfen. Dadurch wird eine energetisch optimale Steuerung ermöglicht, bei der Sollwerte im Gebäude auf die kosteneffizienteste Weise erreicht werden.

Wenn das gelingt, wäre ein Nachweis dafür erbracht, dass die netzdienliche Steuerung eines beträchtlichen Teils an Gebäuden in Deutschland (konkret: 28% der NWG mit vorhandener Gebäudeautomation) als flexiblen Verbraucher möglich ist. Darüber hinaus kann hierdurch nachgewiesen werden, wie durch die natürliche Einbindung des momentanen Marktes in Form von dynamischen Stromtarifen, Verbraucher flexibilisiert werden können nach wirtschaftlichen Incentivierung, intuitiv und weniger proaktiv.

Insgesamt bietet die Projektidee einen pragmatischen und innovativen Weg zur Erreichung der Klimaziele, ohne die Besitzenden von Nichtwohngebäuden mit hohen Investitionskosten zu belasten. Der Beitrag wäre signifikant, der durchschnittliche Verbrauch pro Gebäude bei NWG deutlich höher ist als bei einem Wohngebäude. Durch die intelligente Nutzung von Technologie und Daten trägt sie nicht nur zur Reduzierung von Emissionen bei, sondern auch zur Förderung der Digitalisierung im Kontext der Energiewende.



1.3 Angestrebte Ziele und operationale, überprüfbare Ergebnisse

Das Ziel ist eine zukunftsweisende und energetisch sinnvolle Eingliederung von NWG in das Ökosystem der iMSys mit den messbaren Ergebnissen höherer energetischer Effizienz und positivem Beitrag zur Netzstabilität.

Das erste Ergebnis ist der gesunkene Energieverbrauch der integrierten Gebäudetechnik durch die intelligente Gebäudesteuerung. Dies kann bereits während der Trainingsphase der KI quantifiziert werden, in dem zu jedem Zeitpunkt t der tatsächliche Energieverbrauch des Gebäudes mit dem einer virtuellen (fiktiven) Steuerung am digitalen Zwilling des Gebäudes verglichen wird. Das Zeitintegral über t und der Leistung $P(t)$ darüber bildet die Grundlage für die Auswertung des Verbrauchs.

Das zweite Ergebnis soll die netzdienliche Steuerung der Gebäudetechnik sein. Es werden zwei Möglichkeiten vorgeschlagen, die Wirksamkeit zu überprüfen.

Im Fall der netzdienlichen Steuerung durch das Berücksichtigen von Steuerbefehlen (angelehnt an den § 14a EnWG) kann durch die Auswertung etwaiger Steuerbefehle und verbundener Leistungsaufnahme analysiert werden, ob der netzdienliche Leistungsbezug der Gebäudetechnik bei einem Steuerbefehl zuverlässig abfällt.

Im Fall der netzdienlichen Steuerung in Form von Beeinflussung durch dynamische Tarife kann durch negative Korrelation nachgewiesen werden, ob die Leistungsaufnahme bei steigenden Tarifen abfällt (und bei wieder fallenden Tarifen steigt) und somit eine netzdienliche Leistungsaufnahme gegeben ist.

In beiden Fällen ist zudem zu berücksichtigen, ob es der Gebäudetechnik weiterhin möglich war, Raumklima im Komfortbereich zu halten, um zu vermeiden, dass Komfort gegen Netzdienlichkeit ausgespielt wird.

2 Projektvorhaben

2.1 Vorstellung der beiden Innovationsfelder

Für die Umsetzung des nun vorgestellten Konzeptes bedarf es Innovationen in zwei Feldern, welche im Folgenden näher erklärt werden.

Die erste Innovation ist die digitale Zusammenführung aller Verbrauchsanlagen (z.B. Lüftung, Kühlung, Heizung, Beschattung, Beleuchtung) eines NWG, indem die bereits vorhandenen Bussysteme der Gebäudetechnik miteinander verknüpft werden. So können von einem Ort aus alle Zustandswerte der Anlagen, Soll- und Ist-Werte der Räume und Energiemesswerte ausgelesen werden und die Anlagen wiederum über die Bussysteme zentral gesteuert werden können. Dies Steuerung der Anlagen erfolgt mittels eines KI-Algorithmus, der auf Basis der Inputwerte aus dem Gebäude die Anlagen jederzeit derart steuert, dass Sollwerte im Gebäude (z.B. 21 °C Raumtemperatur) mit möglichst geringen Energiekosten erreicht werden. Die Neuheit liegt darin, dass

anders als bisher, nicht mehr einzelne Anlagenteile isoliert voneinander gesteuert werden, sondern dass ein Gebäude erstmalig als Gesamtsystem optimiert wird. Aufgrund der hohen Komplexität der verschiedenen Einflussfaktoren ist dies nur mit einem KI-Algorithmus möglich, der mittels Reinforcement Learning trainiert wurde und viele verschiedene Inputwerte aus dem Gebäude in Kombination mit externen Daten wie dem Wetter berücksichtigt und vorausschauend agieren kann. Somit wird aus den vielen Verbrauchern innerhalb der Gebäudetechnik ein flexibler, virtueller Verbraucher.

Die zweite Innovation besteht darin, den flexiblen, virtuellen Verbraucher in den Systemkontext des iMSys zu integrieren und die Steuerung des Gebäudes netzdienlich zu gestalten. Die Netzdienlichkeit kann entweder erfüllt werden, indem der virtuelle Verbraucher (die Gebäudetechnik) eine Reduzierung des netzwirksamen Leistungsbezugs sicherstellt und somit in ähnlicher Weise wie es das Regelwerk für steuerbare Verbrauchseinrichtungen beschreibt, Vorgaben des Netzbetreibers für den zulässigen Strombezug entgegennimmt und diesen folgt. Eine Alternative hierzu ist es, den Verbrauch am Preis eines dynamischen Stromtarifes zu orientieren, da dieser ein Signal für die aktuelle Knappheit oder den Überschuss am Energiemarkt darstellt.

2.2 Gesamtheitliche Steuerung mittels KI

2.2.1 Status Quo der Gebäudeautomation

Nimmt man in den Blick wie in NWG aktuell Energieflüsse überwacht und gesteuert werden, fallen drei Bereiche auf, die aktuell aber noch getrennt betrachtet werden – das Energiemanagement, das Lastmanagement sowie der Betrieb der Gebäudetechnik. Erkennbar ist dies beispielsweise daran, dass viele Unternehmen, die ein Energiemanagementsystem (i.S.d. ISO 50.001) eingeführt haben, eine speziell dafür konzipierte Software nutzen. Separat nutzen sie darüber hinaus meist ein weiteres System zur Optimierung ihrer Lasten und ein drittes System für die Überwachung und Steuerung der Gebäudetechnik. Teils lassen sich die drei Systeme auf einer übergeordneten Ebene aggregiert darstellen, die dahinterliegende Funktionsweise der Lösungen bleibt aber weiterhin separiert voneinander.

Für kleine Gebäude gibt es bereits Lösungen, die Energiebeschaffung, -erzeugung und -verbrauch im Einklang miteinander optimiert aussteuern können. Für Haushalte bietet beispielsweise *tibber* einen dynamischen Stromtarif sowie eine Softwareplattform über die eine PV-Anlage, Wärmepumpen, Ladepunkte und IoT-Geräte aus dem Haus verbunden, intelligent gesteuert und Energieströme analysiert werden können [17]. In größeren Gebäuden, insbesondere in NWG sind derartige Lösungen bislang nicht verfügbar. Dies liegt vor allem an der Komplexität aufgrund der Vielzahl an physikalischen Abhängigkeiten der Anlagen und der Menge an unterschiedlichen Schnittstellen und vorhandenen Systeme (verschiedenste Herstellerfirmen mit jeweils eigenen Steuerungseinheiten und unterschiedlichen Netzwerkprotokollen, vgl. Abbildung im Anhang A1). Aus



Interviews mit Gebäudemanagern, Ingenieuren und Fachkundigen geht hervor, dass die Steuerungen meist anfänglich händisch eingestellt, selten nachjustiert und aufgrund von fehlendem und sehr teurem Fachpersonal nach der Installation achtlos belassen werden [18]. So kommt es zu Ineffizienzen aufgrund von suboptimal eingestellten und gegeneinander arbeitenden Komponenten, wie beispielsweise in HLK-Systemen (Heizung, Lüftung, Klima), wo es passiert, dass das Gebäude morgens beheizt wird und nachmittags Energie verbraucht wird, um es bei erhöhter Sonneneinstrahlung wieder zu kühlen [19].

Eine Steuerungsstrategie, welche sämtliche Anlagen (HLK-Anlage, Beleuchtung, Beschattung, PV/Solar, Energiespeicher, Smart Meter, IoT-fähige Geräte, etc.) energetisch sinnvoll miteinander verknüpft (**Sektorenkopplung**), fehlt bislang gänzlich. Der Grund hierfür liegt in der Art wie aktuell gesteuert wird.

Um Anlagen zu steuern, setzen herkömmliche Anbieter von Steuerungslösungen wie Siemens oder Johnson Controls auf regelbasierte Systeme. Hier werden Zusammenhänge, die in Experimenten erforscht wurden, in Wenn-Dann-Regeln übersetzt. So wird z.B. festgelegt, dass ein Heizungsventil sich dann öffnen soll, wenn die Raumtemperatur geringer als die festgelegte Solltemperatur ist. Aktuell wird hier selten berücksichtigt, welche Wetterbedingungen herrschen oder ob Personen im Homeoffice sind. Während der Bauphase wird definiert, welche Regeln aus einem Katalog für das Gebäude ausgewählt werden sollen. Herkömmliche Steuerungen sind also vergleichbar mit Standardkonfektionsgrößen in der Mode. Es werden einmalig Lösungen von der Stange gewählt, die mal besser, mal weniger gut passen. So werden nahezu alle Gebäude mehr als nötig geheizt, gekühlt oder beleuchtet.

2.2.2 Verbesserung der Gebäudeautomation durch KI

Durch KI ist es nun erstmals möglich, dass in Echtzeit alle Gebäude-, Wetter- und Belegungsdaten berücksichtigt werden und automatisch in eine vorausschauende Steuerungsstrategie übersetzt werden. Die KI schneidert einen Maßanzug für das Gebäude und passt diesen auch in jeder weiteren Sekunde neu an. Eine Softwarelösung, die Anlagen und Systeme in Gewerbeimmobilien (Heizung, Kühlung, Lüftung, Licht, etc.) digital und vollautomatisch steuert, überwacht und optimiert, ermöglicht es dem Gebäudebesitzer zum ersten Mal, die Informationen aller Anlagen an einem Ort (einer Cloudplattform) zu sammeln und auszuwerten. Darüber hinaus werden diese Daten genutzt, um mit Hilfe eines Künstlichen Intelligenz-Algorithmus alle Anlagen und Systeme energieeffizient zu steuern. Die Innovation in der vorgestellten Lösung liegt vor allem im Einsatz der neuesten Form der KI, dem **Reinforcement Learning**. Bislang war Supervised Learning (SL) die vorherrschende Form von KI, wie Andrew Ng beschreibt: „99% des ökonomischen Wertes, den KI heute schafft, wird durch die eine Art von KI erzeugt, die von A nach B lernt, durch Input zu Output-Mappings.“ [20]. Diese Form der KI wird von Marktteilnehmern wie DABBEL, aedifion und Recogizer bereits seit einigen Jahren verwendet, um HLK-Anlagen zu optimieren. Das RL geht aber einen entscheidenden Schritt weiter.



2.2.3 Hintergrund zur Überlegenheit von Reinforcement Learning

Um die Unterschiede zwischen RL und SL deutlich zu machen, bietet sich das Schachspiel als Analogie an. Beim SL könnte man ein KI-Modell trainieren, indem man ihm viele historische Partien, gespielt von Meisterspielern, zeigt. Jeder Zug in diesen Spielen ist mit einer Bewertung versehen, die signalisiert, ob der Zug vorteilhaft oder nachteilig war – man nennt dies einen gelabelten Datensatz. Hierbei stellen die Züge die Eingabedaten (Inputs) und die Bewertungen die Ausgabedaten (Outputs) dar. Durch das Erkennen von Mustern in den Zügen (Inputs oder A) versucht die KI zu verstehen, welche Züge (Inputs oder A) zu einer positiven Bewertung (Outputs oder B) führen. Es wird also ein Mapping von Input zu Output betreiben. Dieses SL-Modell lernt, vorherzusagen, welcher Zug am besten ist, basierend auf den Zügen, die ihm während des Trainings gezeigt wurden. Allerdings ist das Modell beschränkt auf das, was es gelernt hat. Es kann keine neuen Strategien entwickeln oder über das hinausgehen, was es in den gelabelten Trainingsdaten gesehen hat. Sein Verständnis des Spiels basiert ausschließlich auf den von Fachkundigen zur Verfügung gestellten Zügen und es kann nicht "kreativ" werden oder Züge machen, die es nie zuvor gesehen hat.

Im Kontext des RL könnte eine KI anfangen, Schach zu spielen, ohne jegliches Vorwissen über gute und schlechte Züge. Stattdessen lernt sie durch das Erhalten von Feedback (Belohnung oder Bestrafung) basierend auf dem Ausgang des Spiels. Beispielsweise könnte das Modell eine Belohnung erhalten, wenn es das Spiel gewinnt und eine Bestrafung, wenn es verliert. Dieses System der Belohnungen und Bestrafungen leitet das Modell, bessere Züge und Strategien zu entwickeln. Im Gegensatz zum SL hat das Modell die Möglichkeit, neue Züge und Strategien zu finden, die menschlichen Spielenden bislang unbekannt waren.

Schlägt man nun die Brücke zurück in das Gebäude, wird klar, dass das RL einen deutlichen Vorteil darin hat, energieeffiziente Steuerungsstrategien zu finden. Erstens bedarf es keiner großen Menge an gelabelten Daten für das Training, die schlichtweg nicht existiert, da die Zahl möglicher Steuerungsstrategien mit einer steigenden Zahl an Sensoren und Aktoren im Gebäude exponentiell wächst. Zweitens sind mögliche Strategien nicht nur auf das im Training gelernte beschränkt, sondern die KI kann auch effiziente Wege finden, die Koryphäen der Gebäudetechnik bisher nicht bekannt waren. Im RL lernt die KI im Bestandsgebäude selbstständig, wie aktuell gesteuert wird und wie sich das Gebäude verhält, d.h. welche Auswirkungen die Steuerung eines Aktors auf einen Sensor hat. Auf Basis dieses digitalen Zwillings der Liegenschaft, bildet die KI-Szenarien darüber, welche Auswirkungen eine alternative Steuerung der Aktoren auf das Gebäudeklima hätte und wie viel Energie hierfür benötigt würde. Unter den Szenarien wählt sie dann solche aus, welche am energieeffizientesten sind. Wie oben beschrieben, gibt es bislang in den meisten Gebäuden für jede Anlage eine eigene Steuerung, um die Komplexität im Dickicht der Abhängigkeit beherrschbar zu halten und da sonst die Automatisierungskosten explodieren würden. Für die KI macht es kaum einen Unterschied, ob nur die Daten einer Anlage oder des gesamten Gebäudes berücksichtigt werden



sollen, sie findet das mathematische Optimum unabhängig von der Anzahl an Variablen. Auch der Tatsache, dass jedes Gebäude individuell ist, kann mittels RL besser Rechnung getragen werden. So lässt sich Dank neuester Grafikkartentechnik auf ökonomisch vertretbare Weise für jedes Gebäude eine maßgeschneiderte KI-Steuerung generieren, welche auch stetig auf Basis veränderter Gegebenheiten verbessert wird.

Quantifizieren lässt sich das Optimierungspotential, abgeleitet aus den Einsparungen von aedifion [21], den Forschungsergebnissen zum RL sowie den geschätzten Potenzialen in Studien des ZVEI [22] sowie von Bitkom [3] auf 20-50%.

2.2.4 Einordnung des Vorhabens und Stand der Forschung und Technik

Andere Marktteilnehmer wie aedifion nutzen die oben erklärte Form des Supervised Learning, um die regelbasierte Steuerungslogik der Heizungs-, Lüftungs- und Klima-Anlagen zu verbessern. Alleine durch diese Optimierung können die genannten Anlagen um durchschnittlich 20% effizienter betrieben werden [21].

Im Bereich des Reinforcement Learning wurden neben den Forschungsergebnissen von Florian Huber [23, 24] auch weitere Paper veröffentlicht, aus denen hervorgeht, dass diese Form des KI-Trainings überlegene Ergebnisse im Vergleich zu herkömmlichen regelbasierten Steuerungen und auch SL-basierten KI-Steuerungslösungen erzielt [25, 26, 27].

Um das Training, die Steuerung und kontinuierliche Verbesserungen im Rahmen eines RL-Umfelds umzusetzen, ist eine leistungsfähige Cloud-Edge-Architektur notwendig (vgl. Abbildung 1).

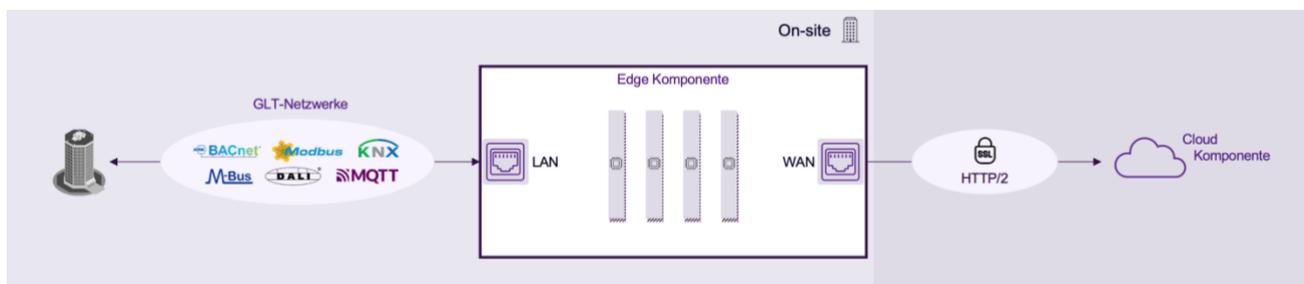


Abbildung 1: Cloud-Edge-Architektur und Sicherheitsstandards

Das rechenintensive Training muss in der Cloud stattfinden. Jedoch sollte das Ausführen der fertigen Steuerungsmodelle aus Gründen der Autarkie lokal auf der Edge Komponente erfolgen. Die Kommunikation zwischen Cloud und Edge muss kontinuierlich und sicher gewährleistet werden. Hier müssen Aspekte hinsichtlich Redundanz (redundante Hardware-Komponenten, Cluster Computing auf einer Edge), IT-Sicherheit (Verschlüsselung) sowie fließende Updates (z.B. durch sog. Blue-Green Deployment [28]) berücksichtigt werden.





2.3 Einbindung im iMSys

2.3.1 Status Quo hinsichtlich Lastmanagement

Gebäude, insbesondere größere Geschäftsgebäude, sind nahezu immer von externen Energiequellen abhängig. Üblicherweise werden diese nach wie vor über herkömmliche Energielieferverträge, die auf festen Tarifen basieren, versorgt. Zunehmend investieren Unternehmen in erneuerbare Energien, um durch PV-Anlagen, BHKWs oder Speichertechnologien eine Eigenversorgung zu ermöglichen. Die meisten können damit jedoch nur einen kleinen Teil ihres gesamten Energieverbrauchs decken, der Großteil ihrer Energie stammt immer noch aus dem traditionellen Netz [30].

Laut Bundesnetzagentur [30] sind die Einbauten von iMSys in NWG noch überschaubar. Teils haben die Besitzer nur zum Zeitpunkt der Abrechnung eine Übersicht der Energieverbräuche, teils sind Zähler über ein Bussystem, meist M-Bus, auswertbar. Dies bedeutet auch, dass die Netzbetreiber wenig bis keine Transparenz in Gebäuden ohne registrierende Leistungsmessung (< 100.000 kWh Jahresstromverbrauch) haben. So liegt dort auch nur selten netzdienliches Verhalten vor. Eine Ausnahme sind Gebäude, die nahe von Produktionsanlagen stehen und über das firmeninterne Lastmanagement angeschlossen sind. Hierbei handelt es sich aber in fast allen Fällen um die Bemühung, Lastspitzen zu glätten, nicht aber Verbraucher im großen Stil zu flexibilisieren.

Des Weiteren ist eine wichtige Abgrenzung in der Nomenklatur notwendig: Der Begriff des EMS wird in NWG üblicherweise mit der Zertifizierung nach ISO 50.001 in Verbindung gebracht. Dabei handelt es sich nicht um eine Steuerlösung i.S.d. iMSys, sondern um einen systematischen Ansatz, bei dem Energieflüsse erfasst werden und der Stand der Energieeffizienz bewertet wird, um Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz ableiten zu können. Es gibt auch für größere NWG EMS-ähnliche Lösungen i.S.d. iMSys Kontextes. Diese werden entweder von etablierten Großplayern im Markt wie Siemens [31] und Schneider Electric [32] angeboten. Dabei handelt es sich aber um eine Kombination aus mehreren Teillösungen (z.B. betriebswirtschaftliches oder technisches Verbrauchsmonitoring, Netzqualitätskorrekturen, Leistungsmanagement, Energiekostenmanagement). In den meisten Fällen sind diese Lösungen über ein Dashboard zugänglich und erwecken den Eindruck, als wäre



alles im Hintergrund miteinander verknüpft. Dies ist allerdings nur selten der Fall, da es schlicht zu komplex und kostenintensiv wäre. Will man Tariffinformationen mit Lastdaten, Netzdaten sowie Betriebsdaten kombiniert betrachten und daraus kontinuierlich Ableitungen für jeden der Bereiche ziehen, bedarf es für jedes Gebäude einer individuell angepassten Software, in der alle Abhängigkeiten hinterlegt werden mussten. Dieser Individualaufwand lohnt sich nur bei sehr großen Konzernen in energieintensiven Industrien. Ein steuerndes Energiemanagement, welches wie in diesem Projekt angestrebt, alle energierelevanten Anlagen und Informationen berücksichtigt und das Gebäude dann als Gesamtsystem betrachtend bis auf Akteur-Ebene optimal steuert, gibt es demnach nicht flächendeckend.

2.3.2 Integration der KI-Steuerung in das iMSys

Genau dies soll im hier beschriebenen Projekt umgesetzt werden. Das Projekt sieht einen Anwendungsfall für Eigentümer/ Verwalter von Gewerbeimmobilien oder Gebäuden der öffentlichen Hand, insbesondere Bürogebäuden vor. Dabei soll gezeigt werden, dass Bestandsgebäude durch überschaubare Initialaufwendungen in die Lage versetzt werden können, den Energieverbrauch flexibel auf die Netzsituationen abzustimmen.

Die Netzdienlichkeit kann einerseits erfüllt werden, indem der virtuelle Verbraucher (die Gebäudetechnik) eine Reduzierung des netzwirksamen Leistungsbezugs sicherstellt und somit in ähnlicher Weise wie es das Regelwerk für steuerbare Verbrauchseinrichtungen beschreibt, Vorgaben des Netzbetreibers für den zulässigen Strombezug entgegennimmt und diesen folgt. Eine Alternative andererseits ist es, den Verbrauch am Preis eines dynamischen Stromtarifes zu orientieren, da dieser ein Signal für die aktuelle Knappheit oder den Überschuss am Energiemarkt darstellt.

Hinsichtlich ersterem, wie in Kapitel 1.1.3 erläutert, wird im Regelwerk zur Integration von steuerbaren Verbrauchseinrichtungen der Bundesnetzagentur bereits deutlich, dass Haushalte künftig die Freiheit erhalten sollen, mittels eines EMS selbst zu bestimmen, wie der netzwirksame Leistungsbezug reduziert wird. Dies bezieht sich zwar auf Steuerbare Einrichtungen i.S.d. § 14 a EnWG, die Grundidee lässt sich aber sehr gut auch auf andere flexibel steuerbare Verbraucher übertragen. Das Forum Netztechnik/Netzbetrieb im VDE (VDE FNN) [33] hat bereits früher ein Gesamtkonzept zur Steuerung mit intelligenten Messsystemen erarbeitet, welches für eine ähnliche Lösung plädiert. Anstelle der spezifischen Steuerung von einzelnen Anlagen und Verbrauchern soll die Steuerung am sogenannten digitalen Netzanschlusspunkt (dNAP) erfolgen. Das VDE FNN schlägt hierfür die Steuerung über sogenannte Hüllkurven am dNAP vor. Die Hüllkurven werden vom Netzbetreiber übermittelt und geben die Grenzen an, innerhalb derer sich das Verbrauchsverhalten bewegen soll. Hinsichtlich zweiterem können über die Schnittstelle auch über einen digitalen Stromtarif Anreize zur Lastverschiebung vollautomatisch berücksichtigt werden. Die Energiekosten sind eine gute Richtgröße, da sie dazu anhalten, energiepolitisch erstrebenswerte Praktiken wie den



energieeffizienten Anlagenbetrieb, die Eigenenergienutzung und den Verbrauch zu Zeiten von Überproduktionen im Energiemarkt zu ergreifen.

In beiden Fällen wird die durch die KI flexibel steuerbare Gebäudetechnik in den Systemkontext des iMSys integriert. Das SMGW wird Dreh- und Angelpunkt, da es durch die Verbindung zum Netzbetreiber Steuerbefehle, vom Energieversorger Tarifinformationen, durch die Verbindung zu den Energiezählern Zählwerte und durch die Verbindung zur Steuereinheit Lastinformationen verarbeitet und Steuerbefehle erhält.

Im Zuge dessen wird das iMSys durch die Integration der Steuereinheit (SE) als zusätzliche Systemkomponente erweitert. Diese SE wird mit dem HAN des SMGW verbunden, nimmt über dessen CLS-Proxy Steueranweisungen von autorisierten sogenannten aktiven externen Marktteilnehmern (aEMT) aus dem WAN entgegen und führt diese an verbundenen steuerfähigen Geräten aus. Die Sichtbarkeit der zu steuernden Anlagen wird erhöht, indem zusätzliche Messdaten bei der zukünftigen Erhebung von Netzzustandsdaten übermittelt werden. Darüber hinaus werden Entwicklungen im Systemkontext (bspw. Backend des EMT) in Verbindung mit den Funktionalitäten der Entwicklungsstufe 2 erfolgen.

Die SE erfüllt alle regulatorischen Vorgaben und ist über den CLS-Kanal mit dem SMGW verbunden. Über diesen erhält sie Messwerte und Tarifinformationen, welche die KI nutzen kann, um möglichst vorausschauend steuern zu können. Entsprechend ist die Edge Komponente, auf welcher die KI ausgeführt wird, an die SE angehängt. Hierzu mehr in Kapitel 4.1.

Zusammenfassend lässt sich dies als ein Ökosystem vorstellen, über welche Informationen für jedes Gebäude zu aktuellen und zukünftigen Energiepreisen, Eigenstrommengen, Wetterlagen, Raumbelagungen sowie Heiz- bzw. Kühlbedarfen an den relevanten Stellen verfügbar sind. Ziel ist es, die dort verfügbaren Daten zu nutzen, um Verbraucher im Gebäude flexibel so zu steuern, dass Netzdienlichkeit, Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit gleichzeitig gegeben sind. Auf Gebäudeebene bedeutet dies, Sollwerte auf die energetisch und wirtschaftlich optimale Weise zu erreichen. Energetisch optimal wird in diesem Fall der Zustand bezeichnet, in dem mit geringsten Energiekosten alle Sollwerte, z.B. 21 °C Raumtemperatur, erreicht werden können.

2.3.3 Technische Einbindung in der Entwicklung des iMSys

Für die Einführung und kontinuierliche Weiterentwicklung des intelligenten Messsystems (iMSys) wurde ein mehrstufiges Modell entwickelt [34]. Dieses Modell veranschaulicht die Entwicklungsphasen, die vom aktuellen technologischen Stand bis hin zu einer vollständig ausgereiften SMGW-Kommunikationsplattform führen. In einem zyklischen Prozess werden die regulatorischen und technischen Grundlagen für das iMSys entwickelt und Ziele für weitere Entwicklungen ausgegeben. So genannte **Energiewirtschaftliche Anwendungsfälle (EAF)** dienen dabei als Basis, um zu beschreiben, welche energiewirtschaftlichen Bedürfnisse durch das iMSys befriedigt werden sollen. Zur schrittweisen Zielerreichung findet in jeder Stufe des Modells eine



Priorisierung statt, welche EAF kurz-, mittel- oder langfristig umzusetzen sind In so genannten **Systemanwendungsfälle (SAF)** wird beschrieben, wie das iMSys konkret weiterentwickelt werden muss, um einen EAF umzusetzen. Ein SAF benennt dabei insbesondere die Funktionalitäten in Form von modularen **Funktionsbausteinen (FB)**, die an der Umsetzung beteiligten **technischen Akteure** und **Systemeinheiten** sowie Vor- und Rahmenbedingungen, die für die technische Realisierung notwendig sind.

Zum aktuellen Zeitpunkt sind bereits zwei Stufen abgeschlossen, deren Standards in der Technischen Richtlinie [TR-03109] und dem Schutzprofil [BSI-CC-PP-0073] festgehalten sind.

In vorangegangenen Entwicklungsphasen wurde der Fokus auf die sichere Proxy-Kommunikation über den CLS-Kanal gelegt. Das SMGW verarbeitet diese Daten nicht direkt, sondern leitet sie über eine Proxy-Funktionalität an Backend-Systeme aEMT weiter. Es besteht eine verschlüsselte End-to-End-Verbindung vom CLS-Gerät zum aEMT, wobei das Gateway lediglich den Zugang zur WAN-Kommunikation bereitstellt. Stattdessen wurde ein lokales Energiemanagementsystem (EMS) als mögliche Realisierung einer Steuereinheit betrachtet, mit der sich Steuervorgaben aus dem Backend im Sinne eines effektiven Energiemanagements lokal umsetzen lassen.

Um innerhalb des vorgegebenen Umfangs eine detaillierte Beschreibung der technischen Grundlagen des Projektes zu ermöglichen, wird an der Stelle für eine ausführliche Beschreibung auf Anhang A2 verwiesen.

Nun existiert eine Zielsetzung für die dritte Entwicklungsphase. Im Fokus dieser Phase steht u.a. die Steuerung von Verbrauchs- oder Erzeugungseinrichtungen in Niederspannungsnetzen [35]. Das Projekt nimmt hierzu mehrere Themenbereiche, die sowohl in den Dokumenten der Technischen Eckpunkte des BSI [36] als auch der Weiterentwicklung der BSI-Spezifikationen [37] beschrieben wurden, in den Fokus. Neben den im Stand der Technik bereits umgesetzten EAF-0.1, EAF-1 sowie EAF-14 sollen im Projekt darüber hinaus noch EAF-2 und EAF-10 umgesetzt werden. Hierunter fallen die Themenbereiche „Fernsteuerung von Anlagen“ insofern, als der dort aufgeführte EAF-2 im Projekt umgesetzt wird. Gleiches gilt für den EAF-10 aus dem Themenbereich „Weiterentwicklung Metering“ sowie „WAN-Anbindung von Anlagen“. Die neu zu entwickelnden Lösungen sind in SAF-3.1 Steuerung von Verbrauchs- oder Erzeugungseinrichtung, SAF-3.3 Weitere Netzzustandsdaten für Elektrizität an EMT bereitstellen und SAF-3.8 Zählerstandsgänge Elektrizität für zentrale Tarifierung und Mehrwertdienste im Backend bereitstellen beschrieben.

2.3.4 Adressierte EAF und SAF

Im Folgenden werden sämtliche adressierte EAF und SAF aufgeführt und erläutert.

EAF-0.1 Erhebung von abrechnungsrelevanten Daten zur Elektrizität am Netzanschlusspunkt

Bereits umgesetzt in Form von: SAF-1.3, SAF-1.4, SAF-2.1



Der EAF-0.1 wird durch die Kombination der SAF für die bezogene und gelieferte elektrische Energie, sowohl für Wirk- als auch für Blindarbeit, komplett realisiert [38]. Dieser EAF wird bereits vielfach zur Abrechnung von Stromkunden mit iMSys verwendet [39].

EAF-1 Steuerung Verbrauchseinrichtungen in Niederspannung (§ 14a EnWG)

Teilweise bereits umgesetzt mit: SAF-1.2, SAF-1.4, SAF-2.2

Neu umzusetzen: SAF-3.1, SAF-3.3

Der Stand der Technik legt einen Schwerpunkt auf die sichere Datenübertragung im HAN und den Schutz des SMGW vor möglichen Angriffen aus dem HAN-Bereich. Zukünftige Entwicklungsphasen werden den Schutz der Steuereinheit und anderer HAN-Teilnehmer weiter stärken. Schon jetzt können Netzanschlussleistungsmaximalwerte (PNA,max), offizielle Zeitangaben und Parametereinstellungen für CLS über den CLS-Proxy bereitgestellt werden. Das iMSys ist in der Lage, Momentanleistungswerte am Netzanschluss über die CON-Schnittstelle zur Verfügung zu stellen. Der Netzbetreiber kann die Beachtung des PNA,max entweder durch Abfragen der augenblicklichen Wirkleistung am Netzanschluss oder über einen Zählerstandsgang überprüfen [38]. Nach öffentlich auffindbaren Quellen wurde dieser EAF bislang nicht mit einem iMSys komplett umgesetzt. Im Rahmen des Projektes „KEMAL – Kundenorientiertes Energiemanagement mit autonomer Lastregelung“ befasst sich jedoch die EMH metering GmbH & Co. KG, die TU Braunschweig sowie die Hochschule Biberach seit 2021 mit den Themen iMSys, EMS sowie Priorisiertes Laden und entwickelt dafür Funktionalität des EAF 1 sowie des EAF 14 [40].

Über den Stand der Technik hinaus, sollen die IT-Sicherheitsbeiträge von HAN-Teilnehmern präzisiert werden. Die SE wird in das erweiterte iMSys integriert und befindet sich damit innerhalb der Systemgrenze. Details zur sicheren Verbindung der HAN-Teilnehmer, ihrem Betrieb und der möglichen Netzwerktrennung werden weiter ausgearbeitet und definiert [37].

EAF-2 Energiemanagement von regelbaren Erzeugungs-, Speicher- und Verbrauchseinrichtungen

Teilweise bereits umgesetzt mit: SAF-1.2, SAF-1.3, SAF-1.4, SAF-2.1

Neu umzusetzen: SAF-3.1, SAF-3.3

Der Stand der Technik legt besonderen Wert auf sichere Datenübermittlung im HAN und den Schutz des SMGW vor potenziellen Angriffen aus dem HAN-Bereich. In zukünftigen Entwicklungsphasen ist vorgesehen, den Schutz der Energiemanagement-Einheit sowie anderer HAN-Teilnehmer zu intensivieren. Schon jetzt ist es möglich, Höchstwerte für die Netzanschlussleistung (PNA,max), gesetzliche Zeitangaben und Einstellungen für Energiemanagementsysteme über den CLS-Proxy bereitzustellen. Das iMSys kann aktuelle Leistungswerte und Tarifdetails am Netzanschluss über die HAN-Schnittstelle zur Verfügung stellen, wie im EAF-0.1 beschrieben [38].



Nach öffentlich auffindbaren Quellen wurde dieser EAF bislang nicht mit einem iMSys umgesetzt. Jedoch bietet Kiwigrd eine cloudbasierte HEMS-Lösung [41] und hat eine Kooperation mit dem SMGW Hersteller Power Plus Communications AG (PPC) geschlossen [42].

Über den Stand der Technik werden die IT-Sicherheitsmaßnahmen von HAN-Teilnehmern präziser definiert. Dabei wird die physische Komponente EMS als spezifische Implementierung der logischen Systemeinheit SE gesehen, insbesondere wenn das EMS für eine netzrelevante Steuerung den CLS-Proxy des SMGW direkt nutzt. Zusätzliche spezielle Funktionen werden zu diesem Zeitpunkt nicht detailliert. Aspekte wie sichere Verbindung, Betrieb und mögliche Netzwerktrennung werden weiterentwickelt und spezifiziert [37].

EAF-10 Dynamische Tarife für Elektrizität

Bereits umgesetzt in Form von: SAF-1.4, SAF-2.1

Neu umzusetzen: SAF-3.8

Mithilfe von Zählerstandsgängen ist es möglich, im Backend eine Tarifgestaltung vorzunehmen, vorausgesetzt die Software für Transparenz und Anzeige unterstützt die Überprüfung von Abrechnungen. Eine Umsetzung, die auf Vorhersagen (Day-Ahead; abhängig von Tageszeit, Wochentag, Jahreszeit) basiert, kann schon durch einen zeitvariablen Tarif umgesetzt werden [38]. Als Umsetzungsbeispiel im Markt lassen sich E.ON [43] mit einem mehrstufigen, variablen Tarif und Tibber [17] mit einem am EPEX Spot orientierten dynamischen Tarif nennen.

Über den Stand der Technik kann basierend auf den Zählerverlaufswerten im Backend eine Tarifbestimmung vorgenommen werden, sofern die Software für Transparenz und Anzeige die Überprüfung von Rechnungen unterstützt [37].

EAF-14 Bereitstellung von Daten für Energiemonitoring und für Mehrwertdienste Elektrizität

Bereits umgesetzt in Form von: SAF-2.4

Der EAF wird abhängig von den erfassten Messgrößen der Messeinrichtung MTR_E vollständig umgesetzt [38].

Marktteilnehmer wie GreenPocket [44] oder Zählerfreunde [45] haben bereits gezeigt, dass dieser EAF konform mit den gesetzlichen Anforderungen des Smart-Meter-Rollouts umsetzbar ist.

Die SAF inklusive der zugehörigen FB sind im Anhang zu finden.

2.3.5 Verwandte Forschungsprojekte

Eine Reihe von verwandten Forschungsprojekte untersuchen bieten Anknüpfungspunkte und Erfahrungswerte:

C/sells: Großflächiges Schaufenster im Solarbogen Süddeutschland



Übertragen auf das vorliegende Projekt kann die gesamte steuerbare Gebäudetechnik als eine Flex-Option begriffen werden und gerade auf der Umsetzung, besonders in Bezug auf die Steuereinheit, den Netzanschlusspunkt und die Kommunikation mit den Netzbetreibern aufgebaut werden.

Innovationsprojekt unIT-e²

Für die Feldtests beider Cluster wurden u.a. die Systemarchitektur [46] für die Vorhaben veröffentlicht. Darüber hinaus lassen sich auch detaillierte Informationen hinsichtlich der beteiligten Akteure und dem zwischen ihnen geplanten Informationsaustausch finden, die insbesondere für das Zusammenspiel von CLS-Gateway, EMS u. a. interessant sind [47].

Genauere Informationen zu den Projekten lassen sich zudem aus Anhang A3 entnehmen.

3 Möglichkeiten zur breiten Nutzung

3.1 Marktpotenzial und Konkurrenzsituation

Der Gebäudebereich zeigt eine hohe Heterogenität, selbst wenn man den Fokus lediglich auf den Untersektor der Nicht-Wohngebäude legt. Der Bestand setzt sich aus Gebäuden unterschiedlicher Größe, Bauweise, Alter und Nutzungszwecken zusammen. Für den Einsatz der KI-Lösung bedarf es über Gebäudeautomation steuerbare Verbraucher. Darüber hinaus ist die Verfügbarkeit von mindestens digitalen, idealerweise intelligenten Messsystemen, notwendig.

Die Verbreitung der Gebäudeautomatisierung liegt in der Kategorie der Nicht-Wohngebäude bei rund 28% [15]. Dies liegt daran, dass gewerbliche Bürogebäude oftmals mit zentralen Heizungs- und Lüftungssystemen ausgerüstet sind. In diesem Segment wird zudem stärker in Klima- und Lüftungstechnologien investiert als in Wohngebäuden (ca. 3% Verbreitung). Die verschiedenen Systeme variieren erheblich in ihrem Funktionsumfang und den daraus resultierenden Effizienzverbesserungen. Eine klare Kategorisierung kann mithilfe der GA-Effizienzklassen gemäß DIN EN 15232 vorgenommen werden. Diese Norm, betitelt als "Energieeffizienz von Gebäuden – Einfluss von Gebäudeautomation und Gebäudemanagement", definiert vier GA-Effizienzklassen: A, B, C und D. Während Klasse C den Basisanforderungen entspricht, kennzeichnet Klasse A besonders energieeffiziente GA-Systeme. Laut einer Studie von Waide Strategic Efficiency (2019) dominieren Gebäude der Klasse C. Die Klasse A ist momentan nur in geringem Maße vertreten.

Für das Einsparpotenzial der KI lässt sich sagen, dass dieses proportional von Klasse A (z.B. bereits präsenzgestützte Einzelraumregelung vorhanden) bis zu Klasse D (z.B. manuelle Bedienung des Luftstroms) zunimmt, d.h. im Großteil der NWG sind noch große Einsparpotentiale zu erwarten. Initial ist es weniger wichtig, wie effizient bereits gesteuert wird, da sich auch in Gebäuden mit Systemen der Klasse B große Einsparungen erzielen lassen, gerade in Hinblick auf die Kopplung von Sektoren und der Flexibilisierung des Verbrauchs. Wichtiger ist es, ob es technisch möglich ist, Luftströme,



Umwälzpumpen oder Jalousien im Gebäude über ein Bussystem ansteuern zu können und dies bisher aufgrund fehlender Automatisierungssoftware nicht erfolgt.

Laut Bitkom [3] ist bis im Jahr 2030 damit zu rechnen, dass zwischen 44% und 80% der NWG, in der Studie werden diese auf 2,8 Mio. beziffert, mit einer Gebäudeautomation der Klasse A oder gleichwertig ausgestattet sind. Dies lässt auf das mittelfristige Marktpotenzial schließen. Berücksichtigt man den Smart-Meter-Rolloutfahrplan, kommen kurzfristig v.a. Letztverbraucher mit einem Jahresstromverbrauch von 50 – 100 MWh in Frage, da diese bereits mit dem agilen Rollout beginnen können. Nach Angaben der Bundesnetzagentur [30] gab es zum Ende des Jahres 2021 etwas mehr als 150.000 solcher Letztverbraucher. Von diesen waren lediglich 4.184 mit einem iMSys i.S.d. MsbG ausgestattet. Zukünftig werden auch Verbraucher mit mehr als 100 MWh Jahresstromverbrauch interessant. Bei den ca. 250.000 Letztverbrauchern, kann ab 2025 freiwillig mit dem Einbau von passenden Zählern und dem SMGW begonnen werden.

In der ersten Kundengruppe befinden sich typischerweise kleine und mittlere Unternehmen und in seltenen Fällen Haushaltskunden. Mögliche Gebäudetypen sind hier kleinere Bürogebäude, Drogeriemärkte und Einzelhandelsgeschäfte oder auch kleinere Museen und Kunstgalerien.

Konkurrenz ist aus zwei Bereichen zu erwarten. Zum einen stoßen Anbieter von Gebäudeautomatisierungslösungen immer weiter in die Softwarerichtung vor, zum anderen könnten Anbieter eines EMS in Richtung Gebäudetechnik skalieren. Im ersten Wettbewerberfeld folgen alle Unternehmen der regelbasierten Steuerungslogik. Etablierte Namen der Branche wie Siemens und Johnson Controls basieren auf konventioneller Regelungstechnik. Die zweite und fortgeschrittenere Wettbewerbergruppe besteht aus DABBEL, Recogizer und aedifion. Sie verwenden zwar KI, lassen aber Potential ungenutzt, da sie lediglich die regelbasierte Steuerungslogik der Heizungs-, Lüftungs- und Klima-Anlagen verbessern, nicht aber eine für das gesamte Gebäude angepasste, neue Energiestrategie entwerfen.

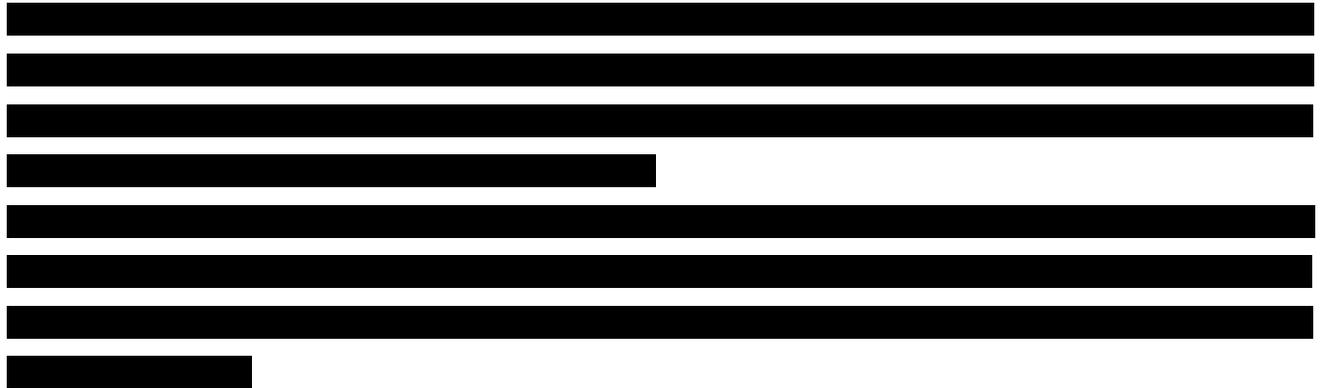
Die zweite Wettbewerbergruppe besteht aus Unternehmen wie Consolinno, Kiwigrid oder coneva, die ihren Fokus auf Monitoring, Abrechnungen und Lastmanagement legen. Sie verfügen demnach über Erfahrung im regulierten Netzbereich, der Hardware und der Steuerung von Verbrauchseinrichtungen nach § 14a EnWG, besitzen aber kaum Know-How im Bereich der Gebäudeautomation oder deren Optimierung mit KI.

3.2 Ökonomische Tragfähigkeit

Laut einer Studie von Bitkom [3] sind die CO₂-Vermeidungskosten beim Einsatz digitaler Gebäudetechnologien sowie durch Gebäudeautomation verhältnismäßig niedrig. Nach aktuellen Erkenntnissen übersteigen die durch den Technikeinsatz erzielten Einsparungen deutlich die dafür nötigen Investitionen sowie die potenziellen Umweltauswirkungen.



Dies trifft auch auf die hier vorgestellte Lösung zu. Das Geschäftsmodell kann ein Software-as-a-Service Modell sein und zwei Arten von Einnahmen generiert werden. Nach der Installation des Systems entrichtet der Kunde einen einmaligen Betrag und zahlt danach monatliche Gebühren für die Dienstleistung. Letztere beinhaltet die Miete einer Hardware-Komponente, den Steuerungsalgorithmus, die Überwachungs- und Analysefunktionen im Dashboard sowie ein Service-Paket. Die Höhe der Zahlung richtet sich nach der Größe und den Energiekosten des Gebäudes.



3.3 Marktperspektiven und Erfolgsaussichten

Aktuell stehen viele Besitzer von NWG vor der Herausforderung, regulatorische und unternehmerische Ziele in Bezug auf Emissionsminderungen zu erreichen. Darüber hinaus führen die hohen Energiekosten dazu, dass große Offenheit bezüglich Effizienzmaßnahmen herrscht.

In einer Studie im Jahr 2017 hat die dena Potenziale zur Steigerung der Energieeffizienz und der verstärkten Nutzung erneuerbarer Energien in Wohn- und Nichtwohngebäuden, die mit Hilfe der Digitalisierung gehoben werden können, analysiert [18]. Sie kam zum Ergebnis, dass der Anwendungsfall „Steigerung der Energieeffizienz durch Steuerung in Nichtwohngebäuden“ zu den Top Fünf zählt, um die Energiewende mit Hilfe der Digitalisierung zu meistern. Für diesen Anwendungsfall wurden auch Hemmnisse und Lücken benannt, sowie Lösungsansätze entwickelt.

So wurde festgestellt, dass das Potenzial für Effizienzsteigerungen durch die automatisierte Steuerung von Systemen wie Beleuchtung, Heizung, Lüftung und Klimatisierung in NWG beträchtlich ist und noch nicht voll ausgeschöpft wird. Ein Hauptgrund dafür sei, dass viele Steuerungssysteme im Vorfeld festgelegt würden, ohne eine Anpassung an unterschiedliche Parameter oder sich ändernde Bedingungen. Als Beispiele wurden Heizsysteme, die keine aktuellen Wetterdaten berücksichtigen, oder Kühlsysteme, die nicht flexibel auf die benötigte Luftmenge reagieren, genannt. Daher wurde empfohlen, in NWG einen stärkeren Fokus auf intelligente Steuerungssysteme zu legen [18].

So wurde festgestellt, dass das Potenzial für Effizienzsteigerungen durch die automatisierte Steuerung von Systemen wie Beleuchtung, Heizung, Lüftung und Klimatisierung in NWG beträchtlich ist und noch nicht voll ausgeschöpft wird. Ein Hauptgrund dafür sei, dass viele Steuerungssysteme im Vorfeld festgelegt würden, ohne eine Anpassung an unterschiedliche Parameter oder sich



ändernde Bedingungen. Als Beispiele wurden Heizsysteme, die keine aktuellen Wetterdaten berücksichtigen, oder Kühlsysteme, die nicht flexibel auf die benötigte Luftmenge reagieren, genannt. Daher wurde empfohlen, in NWG einen stärkeren Fokus auf intelligente Steuerungssysteme zu legen. In den Handlungsempfehlungen wurde u.a. für die Förderung kostengünstiger Steuerungsanlagen plädiert: „Dazu gibt es erste Ansätze zur Entwicklung von digitalen Komponenten, die zu vergleichsweise geringen Kosten nachgerüstet werden können und gleichermaßen die Funktionen Messen, Steuern und Kommunizieren ermöglichen. Solche Angebote sind über spezielle Förderanreize, Forschung und Entwicklung und Pilotprojekte weiter auszubauen bzw. auf ihre Praxistauglichkeit zu testen.“ [18].

Darüber hinaus wurde der nachhaltige Smart Meter-Rollout als zentrale Empfehlung an das Wirtschaftsministerium gegeben. Vor wenigen Jahren ließ sich die Zurückhaltung im Einbau der iMSys gut damit erklären, dass neue, digitale Produkte und Dienstleistungen nur begrenzt verfügbar waren und der reine Einbau der Hardware entsprechende oft als nicht (wirtschaftlich) sinnvoll erschien [48]. Mittlerweile gibt es mehrere wirtschaftliche attraktive Use Cases und eine Umfrage von Techem unter geschäftlich Vermietenden zeigt, dass sich 74% von Smart Metering überzeugen ließen, wenn sie mit den Geräten Kosten einsparen könnten [49].

Intelligente Messsysteme und insbesondere das SMGW sind wichtige Türöffner, um Transparenz und netzdienliche Steuerung zu ermöglichen. Durch das Gesetz zum Neustart der Digitalisierung der Energiewende wurden in der Zwischenzeit die richtigen Weichen gestellt und durch den Agile Rolloutstart ist Beschleunigung möglich.

Nimmt man beide Empfehlungen in den Blick, lässt sich feststellen, dass das vorliegende Konzept ein Projekt beschreibt, in dem exakt diese Punkte umgesetzt werden. Es handelt sich um eine aufwandsarme Steuerungslösung, die auf der bereits vorhandenen Gebäudetechnik und -automation sowie dem SMGW aufsetzt, Nachrüstkosten gering hält und durch den Einsatz von Cutting-Edge KI Verbräuche flexibilisiert und reduziert, indem Anlagen automatisiert und vorausschauend gesteuert werden.

3.4 Skalierbarkeit und Markterschließung

Die Leistungserbringung findet primär durch die Nutzung der KI statt. Da der Algorithmus vollautomatisch trainiert und ausgeführt wird, ist der manuelle Aufwand während der Vertragslaufzeit auf Kundenbetreuung und Sonderleistungen beschränkt. Hinzu kommt die Installation der Hardware und der Anschluss an das Gebäudenetzwerk als Voraussetzung für die Steuerbarkeit.

Technisch wird es möglich sein, das Kundenonboarding so zu beschleunigen, dass von Anschluss bis Steuerbarkeit nur eine Woche vergeht. Grund hierfür ist die auf neuesten Forschungserkenntnissen aufbauende Systemarchitektur. Zudem bietet der KI-Ansatz (Reinforcement Learning) einen weiteren Vorteil in der Skalierung. Bei herkömmlichen Steuerungen oder bei anderen Formen der KI müssen Gebäudedaten vorher aufwendig händisch geordnet



(gelabelt) werden. Im Reinforcement Learning ist dies nicht nötig, da der Algorithmus alle Abhängigkeiten, auch über Räume und Gebäude hinweg, automatisch erkennt. So können ohne großen Mehraufwand auch mehrere Gebäude eines Kunden gemeinsam optimiert werden, z.B. im Quartier.

Unsere bisherigen Erfahrungen zeigen, dass der telefonische Vertriebskanal für die Kundengewinnung besonders effektiv ist. Daher wird empfohlen, diesen Kanal auch in Zukunft weiterhin zu nutzen. Darüber hinaus sind strategische Partnerschaften mit Unternehmen, die Systemeinheiten oder andere Soft- bzw. Hardware anbieten sinnvoll, um Vertriebswege zu erweitern und zu stärken. Auch Partnerschaften mit großen Immobilienverwaltungen werden langfristig wichtig, sobald aus der Nische herausgewachsen werden soll.

4 Beschreibung der Umsetzung

4.1 Technische Realisierbarkeit

4.1.1 Systemarchitektur und Umsetzung (mit Blick auf das iMSys)

Wie die Lösung im Ökosystem um das iMSys eingebettet ist und welche Schritte für die Einbindung erforderlich sind, wird anhand der Abbildung 2 und im Folgenden erläutert.

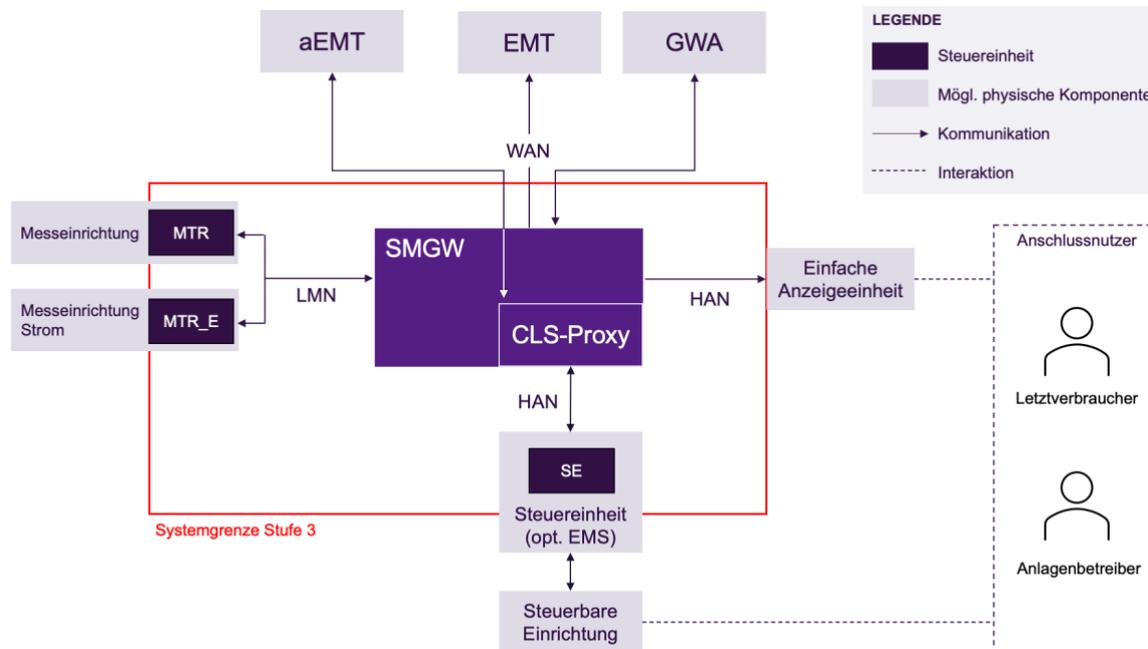


Abbildung 2: Systemarchitektur und technische Akteure hinsichtlich iMSys

Wie in Kapitel 2.3.2 wird die Lösung lokal im Sinne einer Art Steuerbaren Einrichtung in Kombination als EMT implementiert. Bisher sind in der Branche unter Steuerbare Einrichtung meist PV, Wärmepumpen, Energiespeicher oder Wallboxen für die E-Mobilität gemeint. Durch die Lösung wird



nun die Last der bereits vorhandenen gebäudetechnischen Anlagen als Einheit aggregiert und ähnlich einer Steuerbaren Einrichtung durch das Anknüpfen an eine SE bzw. an ein EMS in die SMGW-Architektur integriert. Entsprechend des SAF-3.1 [37] sendet der Verteilnetzbetreiber in seiner Rolle als aEMT über den CLS-Proxy Steuerbefehle an die SE im HAN des SMGW. Die SE, welche auch im Rahmen eines Energiemanagementsystem EMS vorkommen kann, wertet diese Befehle aus und gibt sie an die verbundenen Steuerbaren Einrichtungen weiter. Abhängig von den technischen Bedingungen kann die SE eine stufenweise oder stufenlose Regelung ermöglichen. Dabei können perspektivisch zusätzliche Steuerbefehle, wie Notfallszenarien oder Hüllkurven, implementiert sein. Auch werden über den CLS-Proxy Tarifinformationen weitergegeben.

Im Rahmen dieses Projektes gilt es, die Kommunikation zwischen SE/EMS und der Steuerbaren Einrichtung zu definieren. Da diese außerhalb der Systemgrenze der Stufe 3 des iMSys liegt, ist diese individuell mit dem Anbieter der SE/des EMS zu entwickeln oder an dessen bereits vorhandenen Schnittstellen anzuknüpfen. Des Weiteren wird die Cloud Komponente der Lösung in der Rolle eines EMT integriert, um beispielsweise aktuelle Verbrauchsinformationen zu erhalten. Dies wird innerhalb des iMSys durch die SAF-2.4 (bereits vollständig integriert mit Stufe 2), SAF-3.3 und SAF-3.8 umgesetzt. Die Backend-Schnittstelle seitens der Rolle als EMT ist zu entwickeln.

4.1.2 Wichtige SAF und deren FB

SAF und dafür notwendige FB der Stufen 1 und 2 werden nicht mehr explizit ausgeführt, da diese entsprechend dem Dokument Stand der Technik [38] durch veröffentlichte Technische Richtlinien und Schutzprofile des BSI bereits vollständig spezifiziert und umgesetzt sind. Jedoch sind der Vollständigkeit halber alle einbezogenen SAF im Anhang A4 und alle notwendigen FB im Anhang A5 hinterlegt. Einbezogene SAF der Stufe 3 und deren umzusetzende FB werden im Folgenden hervorgehoben.

SAF-3.1

Dieser SAF ermöglicht die Steuerung von Verbrauchs- und Erzeugungseinrichtungen. Notwendige FBs des SAF-3.1 sind in Tabelle 1 angegeben. Der FB des SMGW ist bereits vollständig. Die FB der SE werden durch den Anbieter der SE umgesetzt. Soweit ersichtlich, haben beispielsweise die Anbieter coneva und PPC diese in ihrem gemeinsamen Produkt bereits umgesetzt [50].

Systemeinheit	Funktion
SMGW	FB-SMGW-1.14 CLS-Proxy-Verbindung
SE	FB-HKE-3.1 Kommunikation über den CLS-Proxy
	FB-HKE-3.2 Schutz der Netzwerke
	FB-HKE-3.3 Sicheres Software-Update
	FB-SE-3.1 Umsetzung von Steuerbefehlen an steuerbaren Einrichtungen



Tabelle 1: Notwendige Systemeinheiten und FB des SAF-3.1

SAF-3.3

Dieser SAF ermöglicht die Bereitstellung von Momentanwerten von Netzzustandsdaten an einen EMT.

Notwendige FBs des SAF-3.3 sind in Tabelle 2 angegeben. Dementsprechend sind alle FB bereits vorhanden, mit Ausnahme des FB-SMGW-1.18.

Systemeinheit	Funktion
SMGW	FB-SMGW-1.2 Erfassung von Momentan-Messwerten für Elektrizität
	FB-SMGW-1.4 Zeitsynchronisierung
	FB-SMGW-2.10 Bereitstellung Netzzustandsdaten für Elektrizität an EMT
	FB-SMGW-3.3 Erfassung weiterer Netzzustandsgrößen
	FB-SMGW-1.18 Lokale Bereitstellung von Transparenzinformationen zu Informationsflüssen für den Anschlussnutzer
MTR_E	FB-MTR_E-1.3 Messung und Bereitstellung von Momentan-Messwerten für elektrische Energie

Tabelle 2: Notwendige Systemeinheiten und FB des SAF-3.3

SAF-3.8

Dieser SAF ermöglicht den Versand von Zählerstandsgängen an einen EMT bzw. die Bereitstellung von dynamischen Tarifen an der HAN-Schnittstelle.

Notwendige FBs des SAF-3.8 sind in Tabelle 3 angegeben. Wie hieraus ersichtlich, sind sämtliche FB bereits umgesetzt.

Systemeinheit	Funktion
SMGW	FB-SMGW-1.1 Erfassung von Messwerten für Elektrizität in 15-minütiger Auflösung für Abrechnungszwecke
	FB-SMGW-1.4 Zeitsynchronisierung
	FB-SMGW-1.7 Zählerstandgangmessung, Versand an EMT und Bereitstellung für AN
	FB-SMGW-1.17 Bereitstellung von Tarifinformationen an der HAN-Schnittstelle
	FB-SMGW-1.18 Lokale Bereitstellung von Transparenzinformationen zu Informationsflüssen für den Anschlussnutzer
MTR_E	FB-MTR_E-1.1 Messung und Bereitstellung von Messwerten für elektrische Energie zur Abrechnung im geschäftlichen Verkehr

Tabelle 3: Notwendige Systemeinheiten und FB des SAF-3.8



4.1.3 Beschreibung der Umsetzung (mit Blick auf die Gebäudetechnik)

Wie in Abbildung 3 ersichtlich, fungiert die lokal im Gebäude verbaute Edge Komponente in Richtung der iMSys als Steuerbare Einrichtung, wie in Kapitel 4.1.1 beschrieben. Zudem wird sie lokal an die vorhandene Gebäudetechnik (z.B. Lüftung, Kühlung, Heizung, Beschattung, Beleuchtung) über die marktüblichen Gebäudenetzwerkprotokolle (z.B. BACnet, Modbus, KNX) angebunden. Da diese nicht proprietär sind, ist ein Zugriff grundsätzlich möglich. Hier gilt es, die entsprechende Schnittstellenkompatibilität zwischen Edge Komponente und Gebäudenetzwerkprotokollen herzustellen. Zudem verfügt die Edge Komponente über eine Verbindung via WAN zur Cloud Komponente für den Datenaustausch der energiewirtschaftlich nicht relevanten Daten aus der Gebäudetechnik bzw. der energiewirtschaftlich relevanten Daten wie Messdaten und Tarifinformationen vom SMGW zur Cloud bzw. der erlernten KI-Steuerungsmodelle von der Cloud. Näheres zur KI-basierten Steuerungslogik der Gebäudetechnik ist Kapitel 2.2 zu entnehmen.

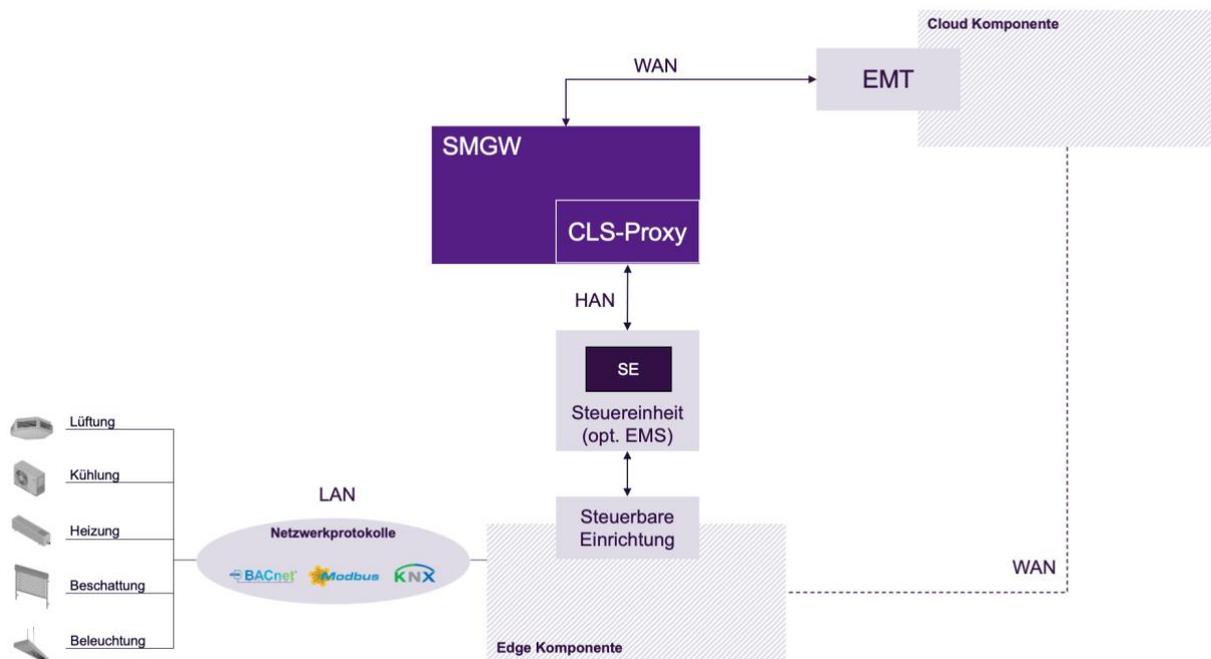


Abbildung 3: Systemarchitektur und Akteure hinsichtlich Gebäudetechnik und Cloud-Edge



- [Redacted]
- [Redacted]
- [Redacted]
- [Redacted]



[Redacted]

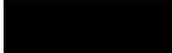
- | [Redacted]
- | [Redacted]
- | [Redacted]
- | [Redacted]
- | [Redacted]
- | [Redacted]

[Redacted]

- | [Redacted]
- | [Redacted]
- | [Redacted]
- | [Redacted]
- | [Redacted]

[Redacted]

- | [Redacted]
- | [Redacted]
- | [Redacted]
- | [Redacted]



5 Akteursstruktur

5.1 Rollen im Projekt

Aus Kapitel 4.2 lassen sich die notwendigen internen Rollen ableiten.

Auf technischer Seite sind drei verschiedene Rollen vorgesehen. Für die Entwicklung der Data Pipeline sowie der Reinforcement Modelle werden Softwareentwickler mit einem Schwerpunkt in der KI-Entwicklung von Deep Learning und Reinforcement Learning Modellen benötigt.

Da die Anforderungen an die Cloud-Edge-Architektur als komplex gelten, bedarf es versierter Softwarearchitekten, welche Erfahrung in der Sicherheitsarchitektur von Netzwerken und Clustern mitbringen. Zudem muss die Fähigkeit bestehen, Schnittstellen zu den externen Partnern zu implementieren.

Für die Entwicklung des User Interfaces ist ein Frontend-Entwickler mit Erfahrung im UX-Design notwendig. Im besten Fall ist Hintergrundwissen im Bereich Erklärbarkeit/Nachvollziehbarkeit von KI mit (XAI - Explainability of Artificial Intelligence) vorhanden.

Für die Akquise und Ausgestaltung der Pilotkundenbeziehung benötigt es anfangs eine Person mit Vertriebserfahrung. Zudem ist über den gesamten Projektzeitraum eine Stelle im technischen Projektmanagement für die Projektsteuerung sowie den Kontakt zum Pilotkunden vorgesehen.



5.2 Notwendige externe Partner (Institutionen und Akteure)

Für die Umsetzung wird auf einer Reihe von bereits vorhandenen Systemen aufgebaut. Die Auflistung ist an den beteiligten Akteuren der SAF [37] orientiert. Zudem wurden für jeden notwendigen Akteur beispielhaft mindestens ein möglicher Anbieter recherchiert, um die grundsätzliche Verfügbarkeit auf dem Markt nachzuweisen.

Zunächst benötigt es ein SMGW von einem der vier zertifizierten Hersteller [51]. Hierzu wurden In dem Zusammenhang bedarf es eines GWA, eine Rolle welcher grundsätzlich dem jeweiligen Messstellenbetreiber zugeordnet ist.

Drittens benötigt man einen steuerungsberechtigten aEMT. Dies kann ein Anschlussnetzbetreiber, ein SE-Betreiber oder Direktvermarkter sein. Alternativ gibt es bereits eine Reihe von Dienstleistern, die sich bereits nach ISO 27.001 als aEMT zertifizieren ließen [52, 53].

Viertens wird eine SE oder jene integriert in einem entsprechenden EMS benötigt. Erste Anbieter sind auf dem Markt verfügbar [50].

Der Vollständigkeit halber sei der Anlagenbetreiber, also der Betreiber der Pilotliegenschaft erwähnt, in wessen Gebäude dies getestet wird sowie der Anschlussnutzer, im besten Fall in Personalunion mit dem Anlagenbetreiber.

6 Risiken

Im Folgenden wird eine Risikoanalyse durchgeführt. Es werden 4 Risikofelder identifiziert und hinsichtlich der beiden Dimensionen Eintrittswahrscheinlichkeit und Grad der Beeinträchtigung bewertet (Abbildung 5). Die 4 Felder sind in den folgenden Unterkapiteln beschrieben



Abbildung 5: Matrix Risikoeinschätzung



6.1 Lieferengpässe bei Hardwarekomponenten aufgrund des Chipmangels

Ein signifikantes Risiko für die erfolgreiche Umsetzung des Projekts ergibt sich aus den aktuellen Lieferengpässen bei Hardwarekomponenten. Diese Engpässe sind auf den globalen Mangel an Halbleiterchips zurückzuführen, welcher die Produktion und Lieferung dieser essenziellen Komponenten erheblich beeinträchtigt.

Gerade im letzten Jahr standen Messstellenbetreiber vor dem Problem, dass sie ihre Aufträge nicht erfüllen konnten, da sie keine Geräte zum Einbau zur Verfügung hatten. Die Lieferengpässe resultieren aus der Tatsache, dass Gateway-Hersteller Schwierigkeiten haben, die von ihren Vorlieferanten benötigten Bauteile zu erhalten. Ein fehlendes Bauteil kann dazu führen, dass ein gesamtes Produkt nicht geliefert werden könne, so Ingo Schönberg, den Vorstandsvorsitzenden des Smart-Meter-Gateway-Herstellers Power Plus Communications (PPC) [54]. Ein zusätzliches Problem ist die politische Dimension: Während Smart Meter Gateways für den Erfolg der Energiewende und für die Integration von Mobilität und erneuerbaren Energien ins Netz von entscheidender Bedeutung sind, scheint die politische Unterstützung in dieser Angelegenheit unzureichend zu sein. Es wird angenommen, dass die Autohersteller, die ebenfalls um Halbleiter konkurrieren, in politischen Kreisen stärker vertreten sind [54].

Um die Risiken im Zusammenhang mit den Lieferengpässen bei Hardwarekomponenten aufgrund des globalen Chipmangels zu steuern, werden zwei Empfehlungen ausgesprochen.

Enger Dialog mit Lieferanten und Diversifizierung: Sobald das Projekt startet, sollten Gespräche mit möglichen Lieferanten beginnen, um frühzeitig über mögliche Engpässe informiert zu werden. Eventuell kann erste Hardware auch bereits bestellt werden. Durch die Zusammenarbeit mit mehreren Lieferanten kann das Risiko von Lieferengpässen verringert werden.

Flexibilität im Projektplan: Ein anpassungsfähiger Projektzeitplan, der mögliche Verzögerungen berücksichtigt, kann dazu beitragen, den Druck zu verringern und realistische Erwartungen zu setzen.

6.2 Abhängigkeit von notwendigen Leistungen externer Partner

Wie in Kapitel 5.2 aufgeführt, wird im Rahmen des Projektes auf eine Reihe von Dienstleistungen oder Produkten externer Partner zurückgegriffen.

Die Zusammenarbeit mit externen Partnern birgt zwei mögliche Risiken. Einerseits, keinen passenden Partner zu finden, welche die angeforderten Rollen einnehmen können. Da, wie in den Quellenverweisen in Kapitel 5.2 dargelegt, für jegliche Rollen, mehrere Anbieter potenzial in Frage kommen, kann dieses Risiko beherrscht werden.

Andererseits, wenn ein ausgewählter externer Partner seine zugesagten Leistungen nicht wie vereinbart erbringt. Ein nicht geeigneter Partner kann das Projekt maßgeblich beeinträchtigen und die Erreichung der festgelegten Ziele verzögern oder gar verhindern.



Es ist daher von essenzieller Bedeutung, bei der Auswahl und Zusammenarbeit mit externen Partnern sorgfältig und umsichtig vorzugehen. Während der Projektlaufzeit sollte ein ehrlicher Austausch zwischen den Parteien stattfinden. Zudem wird dem Projektmanager empfohlen, vorsorglich zeitliche Puffer einzuplanen.

6.3 Funktionsfähigkeit der KI-basierten Steuerung

Ein weiteres Risiko besteht in der Entwicklung der KI-basierten Steuerung. Einerseits ist es theoretisch möglich, dass keine effizienzsteigernden Modelle entstehen.

Eine KI kann zwar auf der Grundlage der ihr vorgelegten Daten trainiert werden, doch ihre Entscheidungen in neuen oder unbekanntem Situationen sind oft schwer nachzuvollziehen. Dies kann zu unerwarteten Verhaltensweisen oder Fehlentscheidungen führen. Es ist wichtig, diese Ausnahmen zuverlässig zu mitigieren.

Die Auswirkungen mangelhafter Ergebnisse der KI-Steuerung wären signifikant. Die Vielzahl an Forschungsergebnissen [25, 26, 27], in denen in verschiedenen Anwendungsfällen Reinforcement Learning auf Time Series Data angewendet wurde, stimmt jedoch zuversichtlich, tragfähige Ergebnisse erwarten zu können (vgl. Kapitel 2.2.3). Das Risiko lässt sich zudem weiter minimieren, indem die Entwicklung der KI-Modelle versierten und erfahrenen KI-Experten anvertraut wird.

6.4 Weiterentwicklungen oder Änderungen im Regelwerk

Der Systemansatz des intelligenten Messsystems der Entwicklungsstufen 1 und 2 des iMSys ist in der Technischen Richtlinie [TR-03109] und dem Schutzprofil [BSI-CC-PP-0073] festgehalten. Entwicklungsstufe 3, dessen neu eingeführte Systemeinheiten und Systemanwendungsfälle große Teile dieses Konzeptes basieren, sind noch nicht finalisiert. Entsprechend kann es in der weiteren Ausgestaltung der Standardisierungs- und Entwicklungsarbeiten zu Abweichungen kommen, auf welche unter Umständen kurzfristig reagiert werden muss. Dies sollte vom Projektnehmer mit der Flexibilität begegnet werden, als das Notfalls Workarounds für Teilbereiche angewendet werden, um dennoch das Gesamtprojekt weiter verfolgen zu können. Auch kann in dem Zuge abgewogen werden, ob der Fokus stärker auf die dynamische Tarif-orientierte oder die Lastgangvorgaben-orientierte Steuerungslogik gesetzt werden soll.



Literaturverzeichnis

- [1] Presse- und Informationsamt der Bundesregierung, „Klimaschutzprogramm 2030 der Bundesregierung zur Umsetzung des Klimaschutzplans 2050,“ 10 2019. [Online]. Available: https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Downloads/Klimaschutz/klimaschutzprogramm-2030-der-bundesregierung-zur-umsetzung-des-klimaschutzplans-2050.pdf?__blob=publicationFile&v=4. [Zugriff am 16 08 2023].
- [2] Bitkom e.V., „Klimaschutz durch digitale Technologien – Chancen und Risiken,“ 2020. [Online]. Available: https://www.bitkom.org/sites/default/files/2020-05/2020-05_bitkom_klimastudie_digitalisierung.pdf. [Zugriff am 16 08 2023].
- [3] Bitkom e.V., „Klimaschutz und Energieeffizienz durch digitale Gebäudetechnologien,“ 2021. [Online]. Available: https://www.bitkom.org/sites/main/files/2021-11/2111111_st_klimaschutz-und-energieeffizienz.pdf. [Zugriff am 14 08 2023].
- [4] Bundesministerium der Justiz, „Gesetz zum Neustart der Digitalisierung der Energiewende,“ 26 05 2023. [Online]. Available: <https://www.recht.bund.de/bgbl/1/2023/133/VO.html>. [Zugriff am 16 08 2023].
- [5] Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V., „Smart Meter, Prosumer, Flexumer,“ [Online]. Available: <https://www.ffe.de/veroeffentlichungen/smart-meter-prosumer-flexumer-wie-die-digitalisierung-die-rolle-von-verbrauchern-veraendert/>. [Zugriff am 04 08 2023].
- [6] M. Mueller, T. Estermann und S. Köppl, „Dezentrale Flexibilität für lokale Netzdienstleistungen,“ *BWK ENERGIE*, pp. 34-37, 6 2018.
- [7] The Association for Renewable Energy and Clean Technology, „Energy Transition Readiness Index 2022,“ 16 11 2022. [Online]. Available: https://www.r-e-a.net/wp-content/uploads/2022/11/eaton-210917_rea-etri_2022-en-us-Online.pdf. [Zugriff am 14 08 2023].
- [8] Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen, „Festlegung zur Durchführung der netzorientierten Steuerung von steuerbaren Verbrauchseinrichtungen und steuerbaren Netzanschlüssen nach § 14a EnWG,“ 11 2022. [Online]. Available: https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Beschlusskammern/1_GZ/BK6-GZ/2022/BK6-22-300/Anlagen_ZweiteKonsultation/BK6-22-300_Regelungswerk.pdf?__blob=publicationFile&v=1. [Zugriff am 14 08 2023].
- [9] Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen, „Festlegungsentwurf der Beschlusskammer 6 zur netzorientierten Steuerung von steuerbaren Verbrauchseinrichtungen und steuerbaren Netzanschlüssen nach § 14a EnWG,“ 16 06 2023.



- [Online]. Available: https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Beschlusskammern/1_GZ/BK6-GZ/2022/BK6-22-300/Anlagen_ZweiteKonsultation/BK6-22-300_Erlaeuterung_Praesentation.pdf?__blob=publicationFile&v=1. [Zugriff am 14 08 2023].
- [10] 50,2 online, „§ 14a EnWG: Neue Vorschläge der Bundesnetzagentur,“ sig Media GmbH & Co. KG, 16 06 2023. [Online]. Available: <https://www.50komma2.de/netze/%C2%A7-14a-enwg-neue-vorschlaege-der-bundesnetzagentur/>. [Zugriff am 16 08 2023].
- [11] Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen, „§ 14a EnWG | Entgeltmodell: 2. Konsultation | BK8-22/010-A,“ 16 06 2023. [Online]. Available: https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Beschlusskammern/BK08/BK8_06_Netzentgelte/68_%C2%A7%2014a%20EnWG/Downloads/BK8-22-010-A_erl%C3%A4uternde_Pr%C3%A4sentation_zweite_Kons.pdf?__blob=publicationFile&v=2. [Zugriff am 16 08 2023].
- [12] Deutsche Energie-Agentur (dena), „ Zielparameter für klimaneutrale Nichtwohngebäude im Bestand,“ 2023.
- [13] Deutsche Energie-Agentur (dena), „Energieeffizienz bei Büroimmobilien,“ 2016.
- [14] K. Leitel, „Was im Zuge der Klimarettung auf Immobilienbesitzer zukommt,“ 19 2 2022. [Online]. Available: <https://www.handelsblatt.com/finanzen/immobilien/energetische-sanierungen-was-im-zuge-der-klimarettung-auf-immobilienbesitzer-zukommt/28075338.html>. [Zugriff am 20 5 2022].
- [15] P. Waide, „The impact of the revision of the EPBD on energy savings from the use of building automation and controls,“ 2019. [Online]. Available: https://build-up.ec.europa.eu/sites/default/files/content/epbd_impacts_from_building_automation_controls.pdf. [Zugriff am 14 08 2023].
- [16] EnergieAgentur.NRW GmbH, „Broschürenservice NRW,“ 2016. [Online]. Available: https://broschuerenservice.mags.nrw/files/download/pdf/bro-flexibilita-t-final-pdf_von_flexibilitaet-eine-wichtige-saeule-der-energiewende_vom_energieagentur_2385.pdf. [Zugriff am 04 08 2023].
- [17] Tibber Deutschland GmbH, „Dein dynamischer Stromtarif,“ [Online]. Available: <https://tibber.com/de/stromtarif/dynamischer-stromtarif>. [Zugriff am 14 08 2023].
- [18] C. Müller, „Rolle der Digitalisierung im Gebäudebereich,“ 2017. [Online]. Available: https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/rolle-der-digitalisierung-im-gebaeudebereich.pdf?__blob=publicationFile&v=8. [Zugriff am 23 5 2022].
- [19] T. Zhang, „On the Joint Control of Multiple Building Systems with Reinforcement Learning,“ in *e-Energy '21: Proceedings of the Twelfth ACM International Conference on Future Energy Systems*, Torino, 2021.



- [20] A. Ng, „The State of Artificial Intelligence,“ 7 11 2017. [Online]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=NKpuX_yzdYs. [Zugriff am 25 5 2022].
- [21] aedifion GmbH, „Der Booster für Ihre Energieeffizienz,“ [Online]. Available: <https://www.aedifion.com/use-cases/energieeffizienz>. [Zugriff am 14 08 2023].
- [22] ZVEI – Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V., 2011. [Online]. Available: https://www.zvei.org/fileadmin/user_upload/Verband/Fachverbaende/Elektroinstallationssysteme/Studie_Energieeffizienz_durch_Gebaeudeautomation/Kurzfassung-ZVEI-Studie-Energieeffizienz-durch-Gebaeudeautomation.pdf. [Zugriff am 07 07 2023].
- [23] F. Huber und M. Mock, „Toci: Computational Intelligence in an Energy Management System,“ in *IEEE Symposium Series on Computational Intelligence (SSCI)*, Canberra, 2020.
- [24] F. Huber, M. Mock und N. Körber, „Selena: a Serverless Energy Management System,“ in *Conference: the 5th International Workshop*, Sacramento, 2019.
- [25] B. Chen, M. Bergés und Z. Cai, „Gnu-RL: A Precocial Reinforcement Learning Solution for Building HVAC Control Using a Differentiable MPC Policy,“ in *6th ACM international conference on systems for energy-efficient buildings, cities, and transportation*, New York, USA, 2019.
- [26] Z. Zhang und K. P. Lam, „Practical Implementation and Evaluation of Deep Reinforcement Learning Control for a Radiant Heating System,“ in *5th ACM international conference on systems for energy-efficient buildings, cities, and transportation*, Shenzhen, China, 2018.
- [27] P. Stoffel, L. Maier, A. Kümpel, T. Schreiber und D. Mueller, „Evaluation of advanced control strategies for building energy systems,“ *Energy and Buildings*, Bd. 280, Nr. 1, p. 112709, 2022.
- [28] „Using blue-green deployment to reduce downtime,“ [Online]. Available: <https://docs.cloudfoundry.org/devguide/deploy-apps/blue-green.html>. [Zugriff am 04 08 2023].
- [29] F. Huber, M. Mock, S.-A. Arlt und K. Kreitmair, „Integration von Ultraschall-Wasserfluss-Sensoren in ein Energiemanagementsystem: Siemens SPS versus Raspberry PI,“ in *2. Symposium Elektronik und Systemintegration*, Landshut, Germany, 2020.
- [30] Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen, „Monitoringbericht 2022,“ 14 12 2022. [Online]. Available: https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Mediathek/Monitoringberichte/MonitoringberichtEnergie2022.pdf?__blob=publicationFile&v=3. [Zugriff am 14 08 2023].
- [31] Siemens AG, „Ganzheitliche Energielösungen,“ [Online]. Available: <https://www.siemens.com/at/de/produkte/gebaeudetechnik/energie-nachhaltigkeit/total-energy-management.html>. [Zugriff am 16 08 2023].



- [32] Schneider Electric GmbH , „Energiemanagementlösungen für Gebäude,“ [Online]. Available: <https://www.se.com/de/de/work/solutions/power-management/>. [Zugriff am 16 08 2023].
- [33] VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V., „Gesamtkonzept zur Steuerung mit intelligenten Messsystemen,“ 09 2022. [Online]. Available: <https://www.vde.com/resource/blob/2199366/c0105f2fb4cdc5e8a6f9a97467db64d6/gesamtkonzept-steuerung-pdf-data.pdf>. [Zugriff am 04 08 2023].
- [34] Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI), „Stufenmodell zur Weiterentwicklung der Standards für die Digitalisierung der Energiewende – Grundlagen und Methodik des Stufenmodells,“ 2021. [Online]. Available: https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/SmartMeter/Stufenmodell/Grundlagen_Methodik.pdf?__blob=publicationFile&v=4. [Zugriff am 04 08 2023].
- [35] Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI), „Stufenmodell zur Weiterentwicklung der Standards für die Digitalisierung der Energiewende - Ausblick auf weitere Spezifikationsthemen,“ 2021. [Online]. Available: https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/SmartMeter/Stufenmodell/Weitere_Spezifikationsthemen.pdf?__blob=publicationFile&v=5. [Zugriff am 04 08 2023].
- [36] Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI), „Technische Eckpunkte für die Weiterentwicklung der Standards für die Digitalisierung der Energiewende,“ 2021. [Online]. Available: https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/SmartMeter/technische_eckpunkte.pdf?__blob=publicationFile&v=5. [Zugriff am 04 08 2023].
- [37] Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI), „Stufenmodell zur Weiterentwicklung der Standards für die Digitalisierung der Energiewende - Rahmenbedingungen für die Weiterentwicklung der BSI-Spezifikationen,“ 2021. [Online]. Available: https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/SmartMeter/Stufenmodell/Weiterentwicklung_BSI-Spezifikationen.pdf?__blob=publicationFile&v=5. [Zugriff am 04 08 2023].
- [38] Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI), „Stufenmodell zur Weiterentwicklung der Standards für die Digitalisierung der Energiewende - Stand der Technik,“ 2021. [Online]. Available: https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/SmartMeter/Stufenmodell/Stand_Technik.pdf?__blob=publicationFile&v=5. [Zugriff am 04 08 2023].
- [39] J. Bergsträßer, „Hintergrund: Herausforderungen bei der Digitalisierung der Energieversorgung. Kopernikus-Projekt Ariadne,“ 2022. [Online]. Available:



<https://ariadneprojekt.de/publikation/hintergrund-herausforderungen-bei-der-digitalisierung-der-energieversorgung/>. [Zugriff am 04 08 2023].

- [40] Hochschule Biberach, „KEMAL: Entwicklung eines Demonstrators für priorisiertes Laden (im Förderprojekt,“ [Online]. Available: <https://www.hochschule-biberach.de/kemal>. [Zugriff am 14 08 2023].
- [41] Kiwigrd GmbH, „KiwiOS X: Warum eine vielseitige Energy-IoT-Plattform den Schlüssel zur erfolgreichen Energiewende im Eigenheim darstellt,“ [Online]. Available: <https://kiwigrd.com/de/artikel/kiwios-x-warum-eine-vielseitige-energy-iot-plattform-den-schluessel-zur-erfolgreichen-energiewende-im-eigenheim-darstellt>. [Zugriff am 14 08 2023].
- [42] Power Plus Communications AG, „Gemeinsam Mehrwerte schaffen,“ 07 02 2020. [Online]. Available: <https://www.ppc-ag.de/de/blog/gemeinsam-mehrwerte-schaffen/>. [Zugriff am 14 08 2023].
- [43] E.ON Energie Deutschland GmbH, „E.ON SmartStrom Öko,“ [Online]. Available: <https://www.eon.de/de/pk/strom/smartstromoeko>. [Zugriff am 14 08 2023].
- [44] GreenPocket GmbH, „Gesetzeskonformität & Stärkere Kundenbindung,“ [Online]. Available: <https://www.greenpocket.com/de/produkte/privatkunden>. [Zugriff am 14 08 2023].
- [45] T. Stadler, „Bundeskabinett beschließt neuen Smart Meter Gesetzesentwurf,“ Zählerfreunde GmbH, 03 05 2023. [Online]. Available: <https://www.zaehlerfreunde.com/blog/smart-meter-gesetz>. [Zugriff am 14 08 2023].
- [46] Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V. und Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft mbH, „Harmon-E: interaktive Systemarchitektur,“ 2022. [Online]. Available: <https://sysarc.ffe.de/>. [Zugriff am 14 08 2023].
- [47] Power Plus Communications AG, „Innovationsprojekt unIT-e² startet Feldtest zu mehr Flexibilität bei netzdienlicher Steuerung,“ 16 05 2023. [Online]. Available: <https://www.ppc-ag.de/de/blog/innovationsprojekt-unit-e%20b2-startet-feldtest-zu-mehr-flexibilitaet-bei-netzdienlicher-steuerung/>. [Zugriff am 04 08 2023].
- [48] Ernst & Young GmbH Wirtschaftsprüfungsgesellschaft, „Barometer Digitalisierung der Energiewende,“ 2020. [Online]. Available: https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/barometer-digitalisierung-der-energiewende-berichtsjaehr-2020.pdf?__blob=publicationFile&v=1. [Zugriff am 14 08 2023].
- [49] Techem GmbH, „Techem Umfrage: Smart Meter haben für Vermietende kaum Priorität,“ 22 03 2023. [Online]. Available: <https://www.techem.com/de/de/news-und-wissen/alle-beitraege/techem-umfrage-smart-meter-haben-fuer-vermietende-kaum-prioritaet>. [Zugriff am 14 08 2023].



- [50] „coneva und PPC binden Energiemanagementsystem per CLS erfolgreich an das intelligente Messsystem an,“ [Online]. Available: <https://coneva.com/blog/coneva-und-ppc-binden-energiemanagementsystem-per-cls-erfolgreich-an-das-intelligente-messsystem-an/>. [Zugriff am 15 08 2023].
- [51] bsi, „Zertifizierte Produkte - Intelligente Messsysteme,“ [Online]. Available: <https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/Unternehmen-und-Organisationen/Standards-und-Zertifizierung/Smart-metering/Smart-Meter-Gateway/Zertifikate24Msbg/produkte.html>. [Zugriff am 17 08 2023].
- [52] co.met, „Erweiterung der ISO 27001 Zertifizierung als aktiver EMT,“ [Online]. Available: <https://www.co-met.info/unternehmen/zertifizierung/>. [Zugriff am 14 08 2023].
- [53] aktiver-emt, „Der Aktive EMT,“ [Online]. Available: <https://aktiver-emt.de/aktiver-emt/>. [Zugriff am 16 08 2023].
- [54] Energie & Management, „Markterklärung des BSI gilt doch wieder,“ 07 06 2022. [Online]. Available: <https://www.energie-und-management.de/nachrichten/recht/detail/markterklaerung-des-bsi-gilt-doch-wieder-155786>. [Zugriff am 04 08 2023].
- [55] Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI), „Das Smart-Meter-Gateway: Cyber-Sicherheit für die Digitalisierung der Energiewirtschaft,“ 2022. [Online]. Available: https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/Publikationen/Broschueren/Smart-Meter-Gateway.pdf?__blob=publicationFile&v=6. [Zugriff am 04 08 2023].
- [56] Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI), „Technische Richtlinie BSI TR-03109-1:Anforderungen an die Interoperabilität der Kommunikationseinheit eines intelligenten Messsystems,“ 2021. [Online]. Available: https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/Publikationen/TechnischeRichtlinien/TR03109/TR03109-1.pdf?__blob=publicationFile&v=4. [Zugriff am 04 08 2023].
- [57] Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V., „Abschlussbericht zu Projekt C/sells,“ 30 06 2021. [Online]. Available: https://www.ffe.de/wp-content/uploads/2021/07/20210630_Abschlussbericht_Csells.pdf. [Zugriff am 04 08 2023].
- [58] FfE GmbH (Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft bmH), „UNITE2: Wir mobilisieren die digitale Energiewende,“ [Online]. Available: <https://unit-e2.de/>. [Zugriff am 14 08 2023].
- [59] „Entwicklung, Erprobung und Einführung einer differenzierten Verbrauchsstrukturanalyse für bestehende Nichtwohngebäude,“ 30 6 2014. [Online]. Available: https://www.iwu.de/fileadmin/publikationen/energie/2014_IWU_GrafeEtAl_Differenzierte-Verbrauchsstrukturanalyse-f%C3%BCr-bestehende-Nichtwohngeb%C3%A4ude.pdf. [Zugriff am 28 5 2022].

-
- [60] „presseportal,“ [Online]. Available: <https://www.presseportal.de/pm/159102/5171337>. [Zugriff am 5 4 2022].
- [61] U. Nation, „Towards a zero-emission, efficient, and resilient buildings and construction sector. Global Status Report,“ *U. Environment and I. E. Agency.*, 2017.
- [62] A. Höpner, „Handelsblatt,“ 27 06 2022. [Online]. Available: <https://www.handelsblatt.com/technik/strategisches-it-management/smart-buildings-siemens-uebernimmt-fuer-mehr-als-1-5-milliarden-dollar-software-spezialist-brightly/28458570.html>. [Zugriff am 28 06 2022].
- [63] M. Mock, F. Huber und S.-A. Arlt, „Energiedatenmanagement in einer Serverless Cloud Computing Umgebung Zwischenbericht eines innovativen Projekts an der Hochschule für angewandte Wissenschaften in Landshut,“ *gwf Gas + Energie*, Bd. 6, 2021.
- [64] P. Icha, T. Lauf und G. Kuhs, „Entwicklung der spezifischen Treibhausgas-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 - 2021,“ Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, 2022.
- [65] Deutsche Energie-Agentur, „Statistiken und Analysen zur Energieeffizienz im Gebäudebestand,“ dena, Berlin, 2018.
- [66] Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, „Informationsblatt CO2-Faktoren,“ Berlin, 2021.
- [67] S. Röhrli, H. Maier, M. Lengli und C. Klenk, „Explainable Artificial Intelligence for Cytological Image Analysis,“ *Artificial Intelligence in Medicine. AIME 2023. Lecture Notes in Computer Science()*, Nr. 13897, 2023.
- [68] Europäische Kommission, „Europäischer Grüner Deal: Kommission schlägt vor, die Renovierung und Dekarbonisierung von Gebäuden zu fördern,“ 2021. [Online]. Available: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/ip_21_6683. [Zugriff am 01 07 2023].
- [69] Global Alliance for Buildings and Construction, „Global Status Report for Buildings and Construction,“ 2020.
- [70] Umweltbundesamt, „Treibhausgas-Emissionen in Deutschland,“ 2023. [Online]. Available: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgas-emissionen-in-deutschland#emissionsentwicklung>. [Zugriff am 08 07 2023].
- [71] W. Balzano, M. Lapegna, N. Meyer und D. Romano, „Clustering Algorithms on Low-Power and High-Performance Devices for Edge Computing Environments,“ *Sensors*, Bd. 21, Nr. 16, p. 5395, 2021.
- [72] K. Gene und H. Jez, *The DevOps Handbook*, Portland, Oregon: IT Revolution, 2021.



- [73] „Digitale Technologien,“ 2014. [Online]. Available: https://www.digitale-technologien.de/DT/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/abschlussbroscchuere-e-energy.pdf?__blob=publicationFile&v=1. [Zugriff am 04 08 2023].
- [74] Institut für ökologische Wirtschaftsforschung GmbH, „Prosumer-Haushalte,“ [Online]. Available: https://www.prosumer-haushalte.de/data/prohaus/user_upload/Dateien/Prosumer-Haushalte__Handlungsempfehlungen.pdf. [Zugriff am 04 08 2023].
- [75] E. L. Westphal, S. Köppl, A. Kießling und W. Mauch, „Flexumer als Gestalter der digitalen Energiezukunft – Eine Begriffseinordnung,“ *Energiewirtschaftliche Tagesfragen*, pp. 68-71, 7 2019.
- [76] Bundesnetzagentur, „BK6-22-253: Positionspapier zur Konkretisierung der Reichweite energiewirtschaftlich relevanter Mess- und Steuerungsvorgänge nach § 19 Absatz 2 MsbG,“ [Online]. Available: https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Beschlusskammern/1_GZ/BK6-GZ/2022/BK6-22-253/BK6-22-253_Positionspapier_download.pdf?__blob=publicationFile&v=2. [Zugriff am 04 08 2023].
- [77] Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), „Handbuch Lastmanagement,“ 12 2012. [Online]. Available: https://www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Pdf/1408_Lastmanagement_Handbuch.pdf. [Zugriff am 04 08 2023].
- [78] Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), „Roadmap Demand Side Management,“ 06 2016. [Online]. Available: https://www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Pdf/9146_Studie_Roadmap_Demand_Side_Management..pdf. [Zugriff am 04 08 2023].
- [79] R. Beele, „Dynamische Stromtarife bei Haushaltskunden - Entwicklung eines Potenzial- und Bedarfsanalyse-Tools für Energieversorger in Zusammenarbeit mit den Stadtwerken Norderstedt,“ Hamm, 2020.
- [80] DIHK - Deutscher Industrie- und Handelskammertag, „Strombeschaffung und Stromhandel,“ 2020. [Online]. Available: <https://www.dihk.de/resource/blob/16826/6b374abd68f83c368ed7d9cc68dadcd0/dihk-faktenpapier-strombeschaffung-und-handel-data.pdf>. [Zugriff am 04 08 2023].
- [81] Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI), „Stufenmodell zur Weiterentwicklung der Standards für die Digitalisierung der Energiewende - Energiewirtschaftliche Anwendungsfälle,“ 2021. [Online]. Available: https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/SmartMeter/Stufenmodell/Energie-wirtschaftliche_Anwendungsfaeelle.pdf?__blob=publicationFile&v=5. [Zugriff am 04 08 2023].



-
- [82] Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI), „Stufenmodell zur Weiterentwicklung der Standards für die Digitalisierung der Energiewende - Anhang,“ 2021. [Online]. Available: https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/SmartMeter/Stufenmodell/Anhang.pdf?__blob=publicationFile&v=5. [Zugriff am 04 08 2023].
- [83] Power Plus Communications AG, „Unlock the Value - Mit Systemeinheiten über das Smart Meter Gateway skalieren,“ 2022. [Online]. Available: <https://www.hkeanbord.org/wp-content/uploads/2022/10/hkeanbord-unlockthevalue-de.pdf>. [Zugriff am 04 08 2023].
- [84] Ernst & Young GmbH Wirtschaftsprüfungsgesellschaft, „EY Fortschrittsmonitor 2023: Energiewende,“ [Online]. Available: https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/de_de/noindex/ey-fortschrittsmonitor-2023-energiewende.pdf. [Zugriff am 14 08 2023].
- [85] ZVEI-Services GmbH, „Release Candidate Version der Technischen Richtlinie TR-03109-5 veröffentlicht,“ [Online]. Available: <https://metering-days.de/release-candidate-version-der-technischen-richtlinie-tr-03109-5-veroeffentlicht/>. [Zugriff am 14 08 2023].
- [86] EMH metering GmbH & Co. KG, „Messepremiere: EMH metering präsentiert Neuentwicklungen für den Neustart des Smart Meter- Rollout,“ [Online]. Available: <https://emh-metering.com/pressemitteilungen/messepremiere-emh-metering-praesentiert-neuentwicklungen-fuer-den-neustart-des-smart-meter-rollout/>. [Zugriff am 14 08 2023].
- [87] S. Beucker und S. Schramm, „Intelligente Gebäudetechnik: Systeme, Kunden, Markt,“ 2022. [Online]. Available: https://www.borderstep.de/wp-content/uploads/2023/03/DiKoMo-Bericht-AP-1.1-GA-Systeme-Kunden-Markt_final.pdf. [Zugriff am 14 08 2023].
- [88] aedifion GmbH, „Wie wir Gebäude einfach besser machen: Unsere Case Studies,“ [Online]. Available: <https://www.aedifion.com/erfolgsgeschichten>. [Zugriff am 16 08 2023].



Anhang

A1: Status Quo der Gebäudetechnik

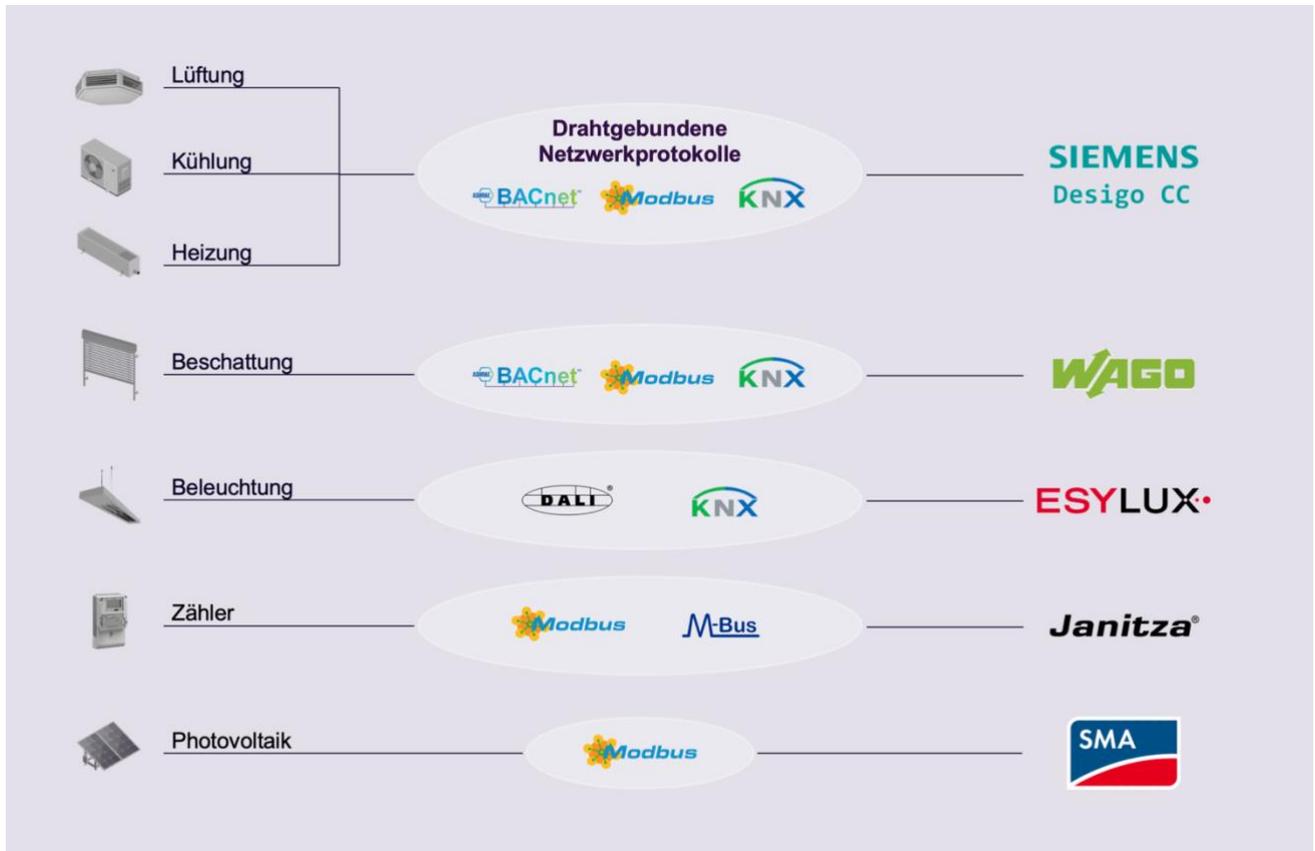


Abbildung 6: Beispielhafte Darstellung der Gebäudetechnik, der Netzwerke und der Steuerungen



A2: Grundlagen des Stufenmodells

Für die Einführung und kontinuierliche Weiterentwicklung des intelligenten Messsystems (iMSys) wurde ein mehrstufiges Modell entwickelt [34]. Dieses Modell veranschaulicht die Entwicklungsphasen, die vom aktuellen technologischen Stand bis hin zu einer vollständig ausgereiften SMGW-Kommunikationsplattform führen. In einem zyklischen Prozess werden die regulatorischen und technischen Grundlagen für das iMSys entwickelt und Ziele für weitere Entwicklungen ausgegeben. So genannte **Energiewirtschaftliche Anwendungsfälle (EAF)** dienen dabei als Basis, um zu beschreiben, welche energiewirtschaftlichen Bedürfnisse durch das iMSys befriedigt werden sollen. Zur schrittweisen Zielerreichung findet in jeder Stufe des Modells eine Priorisierung statt, welche EAF kurz-, mittel- oder langfristig umzusetzen sind. In so genannten **Systemanwendungsfällen (SAF)** wird beschrieben, wie das iMSys konkret weiterentwickelt werden muss, um einen EAF umzusetzen. Ein SAF benennt dabei insbesondere die Funktionalitäten in Form von modularen **Funktionsbausteinen (FB)**, die an der Umsetzung beteiligten **technischen Akteure** und **Systemeinheiten** sowie Vor- und Rahmenbedingungen, die für die technische Realisierung notwendig sind.

FB beschreiben die Funktionen einer bestimmten Systemeinheit, relevante Informationsflüsse und Abhängigkeiten zu anderen Funktionalitäten. Außerdem ist jeder FB einer bestimmten Systemeinheit zugeordnet. Eine Systemeinheit wird als eine logische Einheit angesehen, die eine oder mehrere Funktionen erfüllt. Zentrale Systemeinheiten sind beispielsweise das SMGW oder Messeinrichtungen. An den Systemgrenzen des iMSys kann dieses mit verschiedenen technischen Akteuren kommunizieren, z.B. Verwendern und deren zugehörigen Backend-Systemen. Unter dem Begriff technischer Akteur werden alle technischen Systeme, Komponenten und Einheiten subsumiert, die im erweiterten Kontext des iMSys existieren, also jenseits seiner definierten Systemgrenze.

Das **Smart Meter Gateway (SMGW)** ist das Herzstück des intelligenten Messsystems (iMSys). Es dient als zentrale Kommunikationsschnittstelle zwischen verschiedenen Geräten und Akteuren im Energiesektor und gewährleistet dabei Sicherheit, Datenschutz und Interoperabilität. Im Kontext des iMSys erfüllt das SMGW mehrere Schlüsselfunktionen:

Datenerfassung und -übermittlung: Das SMGW sammelt abrechnungsrelevante Daten, wie den Energieverbrauch, und übermittelt diese an die entsprechenden Akteure. Dies schließt sowohl Tarifinformationen als auch Verbrauchsdaten ein, die lokal dem Anschlussnutzer bereitgestellt werden.

Kommunikationsschnittstelle: Das SMGW dient als Bindeglied zwischen lokalen Geräten und Anwendungen, wie Wallboxen, EEG-Anlagen, Wärmepumpen oder Submeter-Systemen, und entfernten Akteuren im Wide Area Network (WAN), wie den Gateway Administratoren (GWA) oder



externen Marktteilnehmern (EMT). Dabei ermöglicht es die sichere Datenübertragung von den Anwendungen im Gebäude zum Gateway und von dort weiter zu den Dienstleistern. Gemäß der technischen Richtlinie BSI TR-03109-1 des Bundesamtes für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) ist das SMGW in drei primäre Kommunikationsnetzwerke eingebunden [55]:

- **Home Area Network (HAN):** Innerhalb dieses Netzwerks erfolgt die Kommunikation zwischen dem SMGW und der Controllable Local System (CLS). Hierüber können Letztverbraucher auf abrechnungsrelevante Messwerte zugreifen. Zudem ermöglicht es den Wartungszugriff von Serviceteams auf das SMGW.
- **Local Metrological Network (LMN):** Dieses Netzwerk dient der Kommunikation zwischen dem SMGW und den modernen Messeinrichtungen (mME). Dabei steht nicht nur die Kernsparte Strom im Mittelpunkt; es kann auch spartenübergreifend auf andere Bereiche, wie Gas, Wasser und Wärme/Kälte, zugegriffen werden.
- **Wide Area Network (WAN):** Über das WAN erfolgt die gesicherte Kommunikation zwischen dem SMGW und den Gateway-Administratoren (GWA) bzw. externen Marktteilnehmern (EMT). Ferner ermöglicht es den Fernzugriff der Systemeinheiten-Betreiber. Das WAN ist besonders relevant für verschiedene Anwendungen, beispielsweise für den Abruf von Flexibilität durch dezentrale Energieanlagen (DEA) oder die Nutzung von Betriebsdaten eines Anschlussnutzers. Die sichere Kommunikation mit dem SMGW wird durch die Smart Metering Public Key Infrastruktur (SM-PKI) gewährleistet. Dabei gibt es zwei Arten von EMT-Zugriffen: den passiven EMT, der Daten nur direkt aus dem SMGW abrufen, und den aktiven EMT (aEMT), der auf den CLS-(Proxy)-Kanal zugreift, um sich mit nachgelagerten Geräten (CLS) auszutauschen oder auf diese einzuwirken [56].

Sicherheit und Datenschutz: Das SMGW stellt durch seine Architektur und die Implementierung von Sicherheitsstandards sicher, dass alle Datenübertragungen verschlüsselt und geschützt sind. Es erlaubt nur autorisierten Akteuren den Zugriff und gewährleistet die Einhaltung von Datenschutzanforderungen.

Interoperabilität: Durch standardisierte Schnittstellen und Protokolle ermöglicht das SMGW die nahtlose Integration und Kommunikation zwischen verschiedenen Geräten und Systemen. Dies ist besonders wichtig, um die Kompatibilität zwischen unterschiedlichen Herstellern und Dienstleistern sicherzustellen.

Steuerung und Fernzugriff: Einzig der GWA hat schreibenden Zugriff auf das SMGW und kann somit Einstellungen ändern oder Updates durchführen. Zudem können über das SMGW Steuerbefehle an lokale Systeme gesendet werden, um beispielsweise die Energieeinspeisung oder -abnahme zu regeln.

Erweiterungsfähigkeit: Mit dem Fortschreiten der Digitalisierung und der Entwicklung neuer Anwendungen im Energiebereich ist das SMGW so konzipiert, dass es flexibel erweitert und an neue Anforderungen angepasst werden kann.



Neben dem SMGW gehören zum iMSys außerdem noch Systemeinheiten und Technische Akteure im Systemkontext, die Funktionalitäten bereitstellen.

Systemeinheiten ermöglichen die Kommunikation zwischen dem Smart Meter Gateway (SMGW) und verschiedenen lokalen Anwendungen im Gebäude ermöglichen. Sie dienen als Verbindungsglied zwischen dem SMGW und verschiedenen Anwendungen wie Wallboxen, EEG-Anlagen, Wärmepumpen, Submeter-Systemen und lokalen Energiemanagementsystemen. Sie garantieren eine sichere Datenübermittlung von diesen Anwendungen zum SMGW und weiter zu verschiedenen Dienstleistern. Die Systemeinheiten fungieren als Schnittstelle zur CLS-Schnittstelle des SMGW und können sichere, verschlüsselte Kommunikationskanäle sowohl zum SMGW aufbauen als auch von diesem empfangen.

Für eine effiziente Interaktion des intelligenten Messsystems mit Systemeinheiten wurden im Zuge des Stufenmodells drei verschiedene, kombinierbare Systemeinheiten definiert [37]:

- **Steuereinheit (SE):** Die Hauptaufgabe der SE ist die Steuerung der Bezugs- oder Einspeiseleistung von regelbaren Anlagen. Ein berechtigter externer Marktteilnehmer sendet Steuerbefehle über den CLS-Kanal des SMGWs an die SE. Aktuell bekannte Beispiele für die SE sind die Steuerboxen gemäß dem FNN Lastenheft. Es ist auch denkbar, diese Einheit in Kombination mit einem Energiemanagementsystem physisch zu implementieren.
- **Submetering-Einheit (SME):** Die SME zeichnet regelmäßig oder bei Bedarf Messwerte von Submetern über lokale Funknetzwerke auf. Diese Daten werden gespeichert und über den CLS-Proxy-Kanal des SMGWs an berechnigte Akteure weitergeleitet. Häufig werden zusätzliche Geräte wie Rauchmelder an die SME angeschlossen und ausgelesen.
- **HAN-Kommunikationsadaptereinheit (HKE):** Die HKE stellt eine grundlegende Funktionalität zur sicheren und interoperablen Anbindung an das SMGW bereit. Sie ist primär für die Nutzung des CLS-Kanals verantwortlich, wobei sie Sicherheitsfunktionen und die Initiierung und Aufrechterhaltung des CLS-Kanals umfasst. Für energiewirtschaftlich relevante Interaktionen mit verschiedenen Komponenten dient die HKE als Grundbaustein entweder einer SE oder SME.

Technische Akteure umfassen eine Reihe von Entitäten, die verschiedene Rollen und Funktionen im System übernehmen [38]:

Gateway Administrator (GWA):

- Verantwortlich für den technischen Betrieb des iMSys.
- Zuständig für die Installation, Inbetriebnahme, Konfiguration und Wartung des SMGW und aller damit verbundenen Geräte.
- Der einzige Akteur, der schreibenden Zugriff auf das Gateway hat.

-
- 
- Kann einen Service-Techniker beauftragen und erfüllt die Anforderungen der SM-PKI-CP und der [TR-03109-6].

Anschlussnutzer (AN):

- Die Person oder Entität, der die erfasste Energie zugeordnet wird.
- Kann ein "Consumer" (CON) oder ein "Letztverbraucher" (LV) sein. Wenn Energie eingespeist wird, wird er als "Prosumer" bezeichnet.
- Nutzt eine (lokale) Anzeige, die eichrechtlichen Anforderungen entspricht.

Passiver Externer Marktteilnehmer (pEMT):

- Empfängt nur Daten vom SMGW.
- Kann in verschiedenen Rollen auftreten, z.B. als Energieversorger, Netzbetreiber oder Messstellenbetreiber.
- Erfüllt die Anforderungen der SM-PKI-CP.

Aktiver Externer Marktteilnehmer (aEMT):

- Kann über das SMGW mit lokalen Anlagen kommunizieren.
- Ein Remote-Akteur, der die Anforderungen der SM-PKI-CP erfüllt.

Externer Marktteilnehmer (EMT):

- Ein übergeordneter Begriff, der sowohl pEMT als auch aEMT umfasst.
- Kann berechtigt sein, Messwerte vom SMGW zu erhalten.

SMGW Hersteller (GWH):

- Zertifizierter Hersteller des SMGW.
- Stellt das SMGW und ggf. zertifizierte Firmware-Updates zur Verfügung.
- Liefert Firmware-Updates an den GWA, der für deren Installation verantwortlich ist.
- Muss die Anforderungen der SM-PKI-CP erfüllen.

Controllable Local System (CLS):

- Lokale Systeme, die nicht zum iMSys gehören, aber das SMGW für Kommunikationszwecke nutzen.
- Dies können lokale Erzeugungsanlagen, steuerbare Verbraucher oder Heimautomatisierungsanwendungen sein.

Folgende Funktionen sind im **Stand der Technik** des iMSys nach Abschluss der Stufen 1 und 2 bereits umgesetzt:

- **Elektrizitätsdatenerfassung:** Das iMSys unterstützt die Umsetzung des EAF-0.1, wodurch abrechnungsrelevante Daten zur Elektrizität am Netzanschlusspunkt für verschiedene Tarifarten erfasst werden können. Dies umfasst datensparsame Tarife (TAF1), zeitvariable Tarife (TAF2), bedarfsabhängige Datenerfassung (TAF6) und die Zählerstandsgangmessung (TAF7). Dem Anschlussnutzer werden darüber hinaus lokal Tarif- und Verbrauchsinformationen zur Verfügung gestellt.

- **Nicht-abrechnungsrelevante Elektrizitätsdatenerfassung:** Das System unterstützt auch den EAF-0.2, der die Erhebung von nicht abrechnungsrelevanten Daten zur Elektrizität am Netzanschlusspunkt beinhaltet. Hierzu gehören die eingespeiste und bezogene Momentanleistung, Spannungen und Ströme je Phase (TAF9, TAF10).
- **Datenbereitstellung für Mehrwertdienste:** Das iMSys ermöglicht erstmalig die einheitliche Umsetzung des EAF-14, wodurch Daten für Mehrwertdienste im Bereich Elektrizität (TAF14) bereitgestellt werden.
- **Gasvolumenmesswertbereitstellung:** Das System ist bereits in der Lage, Gasvolumenmesswerte monatlich oder bei Bedarf für die SLP-Abrechnung bereitzustellen.
- **Sichere WAN-Kommunikation:** Das SMGW verfügt über eine sichere WAN-Kommunikationsverbindung, die für verschiedene energiewirtschaftliche und sonstige Dienste und Anwendungen genutzt werden kann. Die Kommunikation ist durch die bereits realisierte CLS-Proxy-Funktion des SMGW gewährleistet.

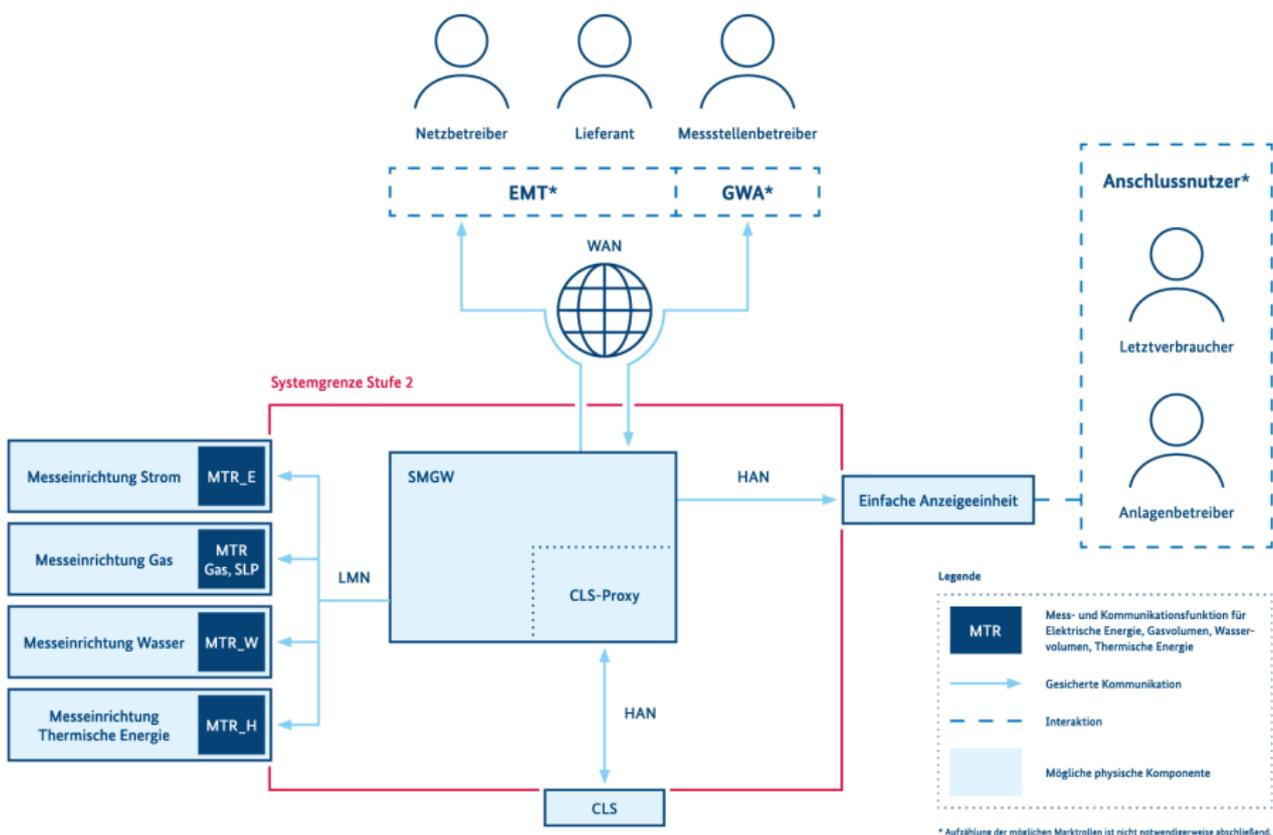


Abbildung 7: Stand der Technik des iMSys nach Stufe 2 [39]



A3: Verwandte Forschungsprojekte

C/sells: Großflächiges Schaufenster im Solarbogen Süddeutschland

Mit Blick auf den Stand der Technik im Bereich der Flexibilisierung von Verbrauchsanlagen kann der im Rahmen des C/sells Projekt umgesetzte Altdorfer Flexmarkt (ALF) herangezogen werden.

Das C/sells Projekt ist eine Forschungs- und Implementierungsinitiative für Smart Grids. Es wurde im Rahmen des SINTEG-Programms - Schaufenster intelligente Energie - Digitale Agenda für die Energiewende, in den Bundesländern Baden-Württemberg, Bayern und Hessen durchgeführt [57]. Der ALF war ein praktischer Test, eine Schnittstelle zwischen Netzbetreibern und Flexibilität im Netz zu schaffen. Ein Hauptaugenmerk lag auf der Nutzung von kleinteiligen Flexibilitätsquellen und der Integration vorhandener Flexibilitätsoptionen mittels intelligenter Messsysteme. Über eine Digitalplattform wurden Flexibilitätsbedarf und -angebot koordiniert und die anschließenden Steuerungsentscheidungen basierend auf gegebenen Vorgaben getroffen.

Im Rahmen des Projektes wurde der Begriff Flex-Optionen eingeführt. Diese können einzelne technische Einheiten oder mehrere Einheiten des gleichen oder unterschiedlichen Flexibilitätstyps umfassen, bspw. eine Ladesäule oder eine Photovoltaikanlage. Jede dieser Optionen verfügt über eine Steuereinheit und ist an einem zentralen Netzanschlusspunkt angeschlossen. Die Flexibilitätsoptionen können aktiv Flexibilität bereitstellen und dies auf der Plattform anbieten.

Innovationsprojekt unIT-e²

Ein weiteres Projekt, welches noch läuft und von dem viel in Hinsicht auf ein Komplexes Geflecht an Akteuren, Systemeinheiten und dem Umsetzungsbestreben neuer SAF gelernt werden kann. das Ziel verfolgt.

Das Konsortium unIT-e² [58], an dem 29 Unternehmen und Forschungsinstitute beteiligt sind, verfolgt das Ziel, die Elektromobilität in das Energiesystem zu integrieren und zu vernetzen. Es setzt sich aus vier Clustern zusammen, die durch Feldversuche und Laboruntersuchungen charakterisiert werden. Zwei Cluster (sun-E und Harmon-E) und die dort beschriebenen „Use-Cases“ sind besonders interessant für dieses Projekt.

Das Cluster sun-E leitet seinen Namen aus der Kombination von Elektromobilität und Photovoltaik-Stromerzeugung ab. Es fokussiert sich auf die Schnittstelle von netz- und marktdienlichen Ladestrategien mit dem Ziel, kundenzentrierte Lösungen zu entwickeln. Die prioritären Anwendungsfälle sind dabei die regulatorisch-definierte netzdienliche Steuerung und die Eigenverbrauchsoptimierung der Photovoltaik-Anlage.

Das Cluster Harmon-E konzentriert sich auf die Entwicklung und Demonstration der Prozesskette, die von den Strom- bzw. Systemdienstleistungsmärkten bis zur flexiblen Be- und Entladung von Elektrofahrzeugen reicht. Der übergeordnete Anspruch ist es, ein harmonisches Zusammenspiel innerhalb des energie- und netzwirtschaftlichen Gesamtsystems zu gewährleisten. Dies umfasst



Komponenten wie Übertragungs- und Verteilnetze, Stromlieferanten, Flexibilitätsvermarkter (virtuelle Kraftwerke), Fahrzeuge, Ladeinfrastrukturen, Wärmepumpen, intelligente Messsysteme sowie Home Energy Management- und Flottenmanagementsysteme.

Im Mai 2023 wechselte die Erprobung von der Laborumgebung in den Feldtest. Dieser Schritt dient dazu, die netzdienliche Steuerung gemäß § 14a EnWG am Netzanschlusspunkt umfassender zu evaluieren. Für diesen Feldtest wurden in den Ortsnetzen von Oldenburg und Rastede ausgewählte Haushalte mit Wallboxen und Elektrofahrzeugen ausgestattet. Einige dieser Haushalte integrierten auch Photovoltaik-Anlagen in das Testsetup.



A4: Systemanwendungsfälle

SAF-1.2 Kommunikation aEMT mit CLS

FB-SMGW-1.14 CLS-Proxy-Verbindung

Technischer Akteur	Aufgabe	Marktrollen
GWA	Parametriert das SMGW (insbesondere Kommunikationsprofile zur Nutzung des CLS-Proxys). Kann Verbindungsaufbau auf Anfrage des aEMT initiieren (im Falle von HKS4).	MSB: - gMSB Strom - wMSB Möglicherweise vom MSB in seinem Verantwortungsbereich beauftragter Dienstleister.
aEMT	- Technischer Akteur des Betreibers des CLS - Empfängt Daten des CLS und sendet Daten an das CLS.	Verschiedene (z. B. Submetering Dienstleister, Anlagenbetreiber)
CLS	- Kommunikationsendpunkt im HAN des iMSys - Empfängt Daten des aEMT und sendet Daten an den aEMT.	N/A

SAF-1.3 Bereitstellung von Messwerten elektrischer Energie zur monatlichen Abrechnung

- FB-SMGW-1.1 Erfassung von Messwerten für elektrische Energie, 15-minütig zur Abrechnung
- FB-SMGW-1.8 Versand von Messwerten elektrischer Energie zur Abrechnungsperiode
- FB-SMGW-1.17 Bereitstellung von Tarifinformationen für den Anschlussnutzer, lokal
- FB-SMGW-1.18 Bereitstellung von Transparenzinformationen für den Anschlussnutzer, lokal
- FB-SMGW-1.19 Bereitstellung aktueller Messwerte zum Verbrauch elektrischer Energie für den Anschlussnutzer, lokal
- FB-MTR_E-1.1 Messung und Bereitstellung von Messwerten elektrische Energie zur Abrechnung

Technischer Akteur	Aufgabe	Marktrollen
GWA	Parametriert das SMGW: - Berechtigter Anschlussnutzer - Berechtigter EMT - Kommunikative Anbindung der MTR_E - Messeinrichtung	MSB Möglicherweise vom MSB in seinem Verantwortungsbereich beauftragter Dienstleister.



	- Regelwerk Leitet optional die für den EMT verschlüsselten Messwerte an den EMT weiter.	
EMT	- Technischer Akteur des Betreibers des CLS - Empfängt Daten des CLS und sendet Daten an das CLS.	Verschiedene (Lieferant, Messstellenbetreiber, Bilanzkreisverantwortlicher etc.)
Anschlussnutzer	- Kann die Rechnung nachvollziehen. - Kann Versandzeitpunkte und berechnete Empfänger nachvollziehen.	Letztverbraucher (Kunde des Lieferanten von elektrischer Energie) oder Anlagenbetreiber für eingespeiste elektrische Energie

SAF-1.4 Bereitstellung von Messwerten elektrischer Energie als Zählerstandgang

- FB-SMGW-1.1 Erfassung von Messwerten elektrischer Energie, 15-minütig zur Abrechnung
- FB-SMGW-1.4 Zeitsynchronisation
- FB-SMGW-1.7 Versand von Zählerstandgängen elektrischer Energie zur Abrechnung
- FB-SMGW-1.17 Bereitstellung von Tarifinformationen für den Anschlussnutzer, lokal
- FB-SMGW-1.18 Bereitstellung von Transparenzinformationen für den Anschlussnutzer, lokal
- FB-SMGW-1.19 Bereitstellung aktueller Messwerte zum Verbrauch elektrischer Energie für den Anschlussnutzer, lokal
- FB-MTR_E-1.1 Messung und Bereitstellung von Messwerten elektrischer Energie zur Abrechnung

Technischer Akteur	Aufgabe	Marktrolle
GWA	Parametriert das SMGW: - Berechtigter Anschlussnutzer - Berechtigter EMT - Kommunikative Anbindung der MTR_E - Messeinrichtung - Regelwerk Leitet optional die für den EMT verschlüsselten Messwerte an den EMT weiter.	MSB: - gMSB Strom - wMSB Möglicherweise vom MSB in seinem Verantwortungsbereich beauftragter Dienstleister.



EMT	<ul style="list-style-type: none"> - Technischer Akteur des Betreibers des CLS - Empfängt Daten des CLS und sendet Daten an das CLS. 	Verschiedene (Lieferant, Messstellenbetreiber, Bilanzkreisverantwortlicher etc.)
Anschlussnutzer	<ul style="list-style-type: none"> - Kann die Rechnung nachvollziehen. - Kann Versandzeitpunkte und berechnete Empfänger nachvollziehen. 	Letztverbraucher (Kunde des Lieferanten von elektrischer Energie) oder Anlagenbetreiber für eingespeiste elektrische Energie

SAF-2.1 Bereitstellung von Messwerten elektrischer Energie für zeitvariable Tarife

- FB-SMGW-1.1 Erfassung von Messwerten elektrischer Energie, 15-minütig zur Abrechnung
- FB-SMGW-1.4 Zeitsynchronisierung
- FB-SMGW-2.1 Versand zeitvariabel tarifizierter Messwerte
- FB-SMGW-1.17 Bereitstellung von Tarifinformationen für den Anschlussnutzer, lokal
- FB-SMGW-1.18 Bereitstellung von Transparenzinformationen für den Anschlussnutzer, lokal
- FB-SMGW-1.19 Bereitstellung aktueller Messwerte zum Verbrauch elektrischer Energie für den Anschlussnutzer, lokal
- FB-MTR_E-1.1 Messung und Bereitstellung von Messwerten elektrischer Energie zur Abrechnung

Technischer Akteur	Aufgabe	Marktrolle
GWA	Parametriert das SMGW: <ul style="list-style-type: none"> - Berechtigter Anschlussnutzer - Berechtigter EMT - Kommunikative Anbindung der MTR_E - Messeinrichtung - Regelwerk 	MSB: <ul style="list-style-type: none"> - gMSB Strom - wMSB Möglicherweise vom MSB in seinem Verantwortungsbereich beauftragter Dienstleister.
EMT	<ul style="list-style-type: none"> - Erhält die abgeleiteten Messwerte vom SMGW 	Verschiedene (Lieferant, Messstellenbetreiber, Bilanzkreisverantwortlicher etc.)
Anschlussnutzer	<ul style="list-style-type: none"> - Kann die Rechnung nachvollziehen. 	Letztverbraucher (Kunde des Lieferanten von elektrischer Energie)



	- Kann Versandzeitpunkte und berechnete Empfänger nachvollziehen.	Energie) oder Anlagenbetreiber für eingespeiste elektrische Energie
--	---	---

SAF-2.2 Netzzustandsdaten für Elektrizität an EMT bereitstellen

- FB-SMGW-1.2 Erfassung von Momentanwerten des elektrischen Energienetzes
- FB-SMGW-1.4 Zeitsynchronisierung
- FB-SMGW-2.10 Versand von Momentanwerten des elektrischen Energienetzes
- FB-SMGW-1.18 Bereitstellung von Transparenzinformationen für den Anschlussnutzer, lokal
- FB-MTR_E-1.3 Messung und Bereitstellung von Momentanwerten elektrischer Energie

Technischer Akteur	Aufgabe	Marktrolle
GWA	Parametriert das SMGW: - Berechtigter Anschlussnutzer - Berechtigter EMT - Kommunikative Anbindung der MTR_E - Messeinrichtung - Regelwerk Ist bei der Weiterleitung von pseudonymisierten Netzzustandsdaten weiterhin dafür verantwortlich, alle Hinweise auf das jeweilige iMSys zu entfernen (z. B. Signaturen).	MSB: - gMSB Strom - wMSB Möglicherweise vom MSB in seinem Verantwortungsbereich beauftragter Dienstleister.
EMT	- Erhält die Netzzustandsdaten vom SMGW bzw. GWA	z. B. Netzbetreiber
Anschlussnutzer	- Kann Versandzeitpunkte und berechnete Empfänger nachvollziehen.	Letztverbraucher (natürliche Person)

SAF-2.4 Messwerte für Elektrizität hochfrequent für Energiemonitoring und Mehrwertdienste bereitstellen

- FB-SMGW-1.2 Erfassung von Momentanwerten elektrische Energie
- FB-SMGW-2.2 Versand von aktuellen Messwerten elektrischer Energie
- FB-SMGW-1.4 Zeitsynchronisierung
- FB-SMGW-1.18 Bereitstellung von Transparenzinformationen für den Anschlussnutzer, lokal
- MTR_E FB-MTR_E-1.3 Messung und Bereitstellung von Momentanwerten elektrischer Energie



Technischer Akteur	Aufgabe	Marktrolle
GWA	Parametriert das SMGW: <ul style="list-style-type: none"> - Berechtigter Anschlussnutzer - Berechtigter EMT - Kommunikative Anbindung der MTR_E - Messeinrichtung - Regelwerk Ist bei der Weiterleitung von pseudonymisierten Netzzustandsdaten) weiterhin dafür verantwortlich, alle Hinweise auf das jeweilige iMSys zu entfernen (z. B. Signaturen).	MSB: <ul style="list-style-type: none"> - gMSB Strom - wMSB Möglicherweise vom MSB in seinem Verantwortungsbereich beauftragter Dienstleister.
EMT	<ul style="list-style-type: none"> - Erhält die Messwerte vom SMGW 	z. B. Netzbetreiber, Lieferant, Energiedienstleister
Anschlussnutzer	<ul style="list-style-type: none"> - Kann Versand von Messwerten nachvollziehen 	Letztverbraucher (natürliche Person)

SAF-3.1 Steuerung von Verbrauchs- oder Erzeugungseinrichtungen

- FB-SMGW-1.14 CLS-Proxy-Verbindung
- FB-HKE-3.1 Kommunikation über den CLS-Proxy
- FB-HKE-3.2 Schutz der Netzwerke
- FB-HKE-3.3 Sicheres Software-Update
- FB-SE-3.1 Umsetzung von Steuerbefehlen an steuerbaren Einrichtungen

Technischer Akteur	Aufgabe	Marktakteure (informativ)
GWA	<ul style="list-style-type: none"> - Parametriert das SMGW (insbesondere Kommunikationsprofile zur Nutzung des CLS-Proxys) - Kann Verbindungsaufbau auf Anfrage des aEMT initiieren 	MSB: <ul style="list-style-type: none"> - gMSB Strom - wMSB Möglicherweise vom MSB in seinem Verantwortungsbereich beauftragter Dienstleister
Steuerungsberechtigter aEMT	<ul style="list-style-type: none"> - Sendet Steuerbefehle an die SE. - Kann eine Priorisierungsfunktion umsetzen. 	Anschlussnetzbetreiber SE-Betreiber Direktvermarkter
Steuerbare Einrichtung	<ul style="list-style-type: none"> - Wird durch die SE gesteuert. 	



Anlagenbetreiber	<ul style="list-style-type: none"> - Ist verantwortlich für den sicheren Betrieb der SE und der steuerbaren Einrichtungen. - Kann zu diesem Zwecke auch aEMT sein. 	Anschlussnetzbetreiber Betreiber einer steuerbaren Erzeugung oder Verbrauchsanlage, Direktvermarkter
Anschlussnutzer	<ul style="list-style-type: none"> - Verwendet die steuerbare Einrichtung. 	Letztverbraucher, Betreiber einer steuerbaren Erzeugung- oder Verbrauchsanlage, Anschlussnehmer

SAF-3.3 Weitere Netzzustandsdaten für Elektrizität an EMT bereitstellen

- FB-SMGW-1.2 Erfassung von Momentan-Messwerten für Elektrizität
- FB-SMGW-1.4 Zeitsynchronisierung
- FB-SMGW-2.10 Bereitstellung Netzzustandsdaten für Elektrizität an EMT
- FB-SMGW-3.3 Erfassung weiterer Netzzustandsgrößen
- FB-SMGW-1.18 Lokale Bereitstellung von Transparenzinformationen zu Informationsflüssen für den Anschlussnutzer
- FB-MTR_E-1.3 Messung und Bereitstellung von Momentan-Messwerten für elektrische Energie

Technischer Akteur	Aufgabe	Marktakteure (informativ)
GWA	<ul style="list-style-type: none"> - Parametriert das SMGW - Kann selbst zur weiteren Pseudonymisierung beitragen, indem er verschlüsselte Messwerte an den EMT übermittelt und dabei das SMGW identifizierende Daten entfernt 	MSB: <ul style="list-style-type: none"> - gMSB Strom - wMSB Möglicherweise vom MSB in seinem Verantwortungsbereich beauftragter Dienstleister
EMT	<ul style="list-style-type: none"> - Erhält die Netzzustandsdaten vom SMGW bzw. GWA. 	z. B. Netzbetreiber, Lieferant, Mehrwertdienstleister
Anschlussnutzer	<ul style="list-style-type: none"> - Kann Versandzeitpunkte und berechnete Empfänger nachvollziehen. 	Letztverbraucher, Anlagenbetreiber

SAF-3.8 Zählerstandgänge Elektrizität für zentrale Tarifierung und Mehrwertdienste im Backend bereitstellen

- FB-SMGW-1.1 Erfassung von Messwerten für Elektrizität in 15-minütiger Auflösung für Abrechnungszwecke
- FB-SMGW-1.4 Zeitsynchronisierung
- FB-SMGW-1.7 Zählerstandsgangmessung, Versand an EMT und Bereitstellung für AN
- FB-SMGW-1.17 Bereitstellung von Tarifinformationen an der HAN-Schnittstelle
- FB-SMGW-1.18 Lokale Bereitstellung von Transparenzinformationen zu Informationsflüssen für den Anschlussnutzer
- FB-MTR_E-1.1 Messung und Bereitstellung von Messwerten für elektrische Energie zur Abrechnung im geschäftlichen Verkehr

Technischer Akteur	Aufgabe	Marktakteure (informativ)
GWA	- Parametriert das SMGW	MSB: - gMSB Strom - wMSB Möglicherweise vom MSB in seinem Verantwortungsbereich beauftragter Dienstleister
EMT	- Empfänger und Verwender der vom SMGW versandten abgeleiteten Werte. - Kann durch die weitere Analyse und Verarbeitung Funktionalitäten wie dynamische Tarife oder eine vereinfachte Lastgangmessung bereitstellen.	Lieferant, Messstellenbetreiber, Bilanzkreisverantwortlicher
Anschlussnutzer	- Kann die Rechnung nachvollziehen. - Kann Versandzeitpunkte und berechnete Empfänger nachvollziehen.	Letztverbraucher oder Anlagenbetreiber für eingespeiste elektrische Energie



A5: Funktionsbausteine

FB-SMGW-1.1 Erfassung von Messwerten elektrischer Energie, 15-minütig zur Abrechnung

Bezeichnung der Information	Beteiligte Akteure und Systemeinheiten	Netzwerk	Wird persistiert
Parameter zur Messwerterfassung und Anbindung der MTR_E	GWA an SMGW	WAN	Ja
Messwerte	MTR_E an SMGW	LMN	Ja
Registrierte Messwerte	SMGW an AN	HAN	Ja

FB-SMGW-1.2 Erfassung von Momentanwerten elektrische Energie

Bezeichnung der Information	Beteiligte Akteure und Systemeinheiten	Netzwerk	Wird persistiert
Parameter zur Messwerterfassung und Anbindung der MTR_E	GWA an SMGW	WAN	Ja
Momentanwerte	MTR_E an SMGW	LMN	Nein
Erfasste Momentanwerte	SMGW an AN	HAN	Nein

FB-SMGW-1.4 Zeitsynchronisierung

Bezeichnung der Information	Beteiligte Akteure und Systemeinheiten	Netzwerk	Wird persistiert
Parameter für kommunikative Anbindung	GWA an SMGW	WAN	Ja
Parameter zur Absicherung der Kommunikation	SMGW und Zeitserver des GWA	WAN	N/A
Systemzeit	Zeitserver des GWA an SMGW	WAN	Ja

FB-SMGW-1.7 Versand von Zählerstandgängen elektrischer Energie zur Abrechnung

Bezeichnung der Information	Beteiligte Akteure und Systemeinheiten	Netzwerk	Wird persistiert
Parameter zum Versand der Messwerte	GWA an SMGW	WAN	Ja
Messwerte (Zählerstandgang), MTR ID	SMGW an EMT	WAN	Ja



Parameter, aktuelle und versendete Messwerte, MTR ID und EMT ID	SMGW an AN	HAN	Ja
---	------------	-----	----

FB-SMGW-1.8 Versand von Messwerten elektrischer Energie zur Abrechnungsperiode

Bezeichnung der Information	Beteiligte Akteure und Systemeinheiten	Netzwerk	Wird persistiert
Parameter zum Messwertversand	GWA an SMGW	WAN	Ja
Messwerte und MTR ID	SMGW an EMT	WAN	Ja
Parameter, aktuelle und versendete Messwerte, MTR ID und EMT ID	SMGW an AN	HAN	Ja

FB-SMGW-1.10 Sichere kommunikative Anbindung der Messeinrichtung

Bezeichnung der Information	Beteiligte Akteure und Systemeinheiten	Netzwerk	Wird persistiert
Parameter für kommunikative Anbindung des MTR	GWA an SMGW	WAN	Ja
SMGW-Zertifikat für bidirektional kommunizierende Messeinrichtungen	SMGW an MTR	LMN	Ja
Zählerzertifikat für bidirektional kommunizierende Messeinrichtungen	SMGW an MTR	LMN	Ja

FB-SMGW-1.11 Sichere kommunikative Anbindung von EMT

Bezeichnung der Information	Beteiligte Akteure und Systemeinheiten	Netzwerk	Wird persistiert
Parameter für kommunikative Anbindung des EMT	GWA an SMGW	WAN	Ja

FB-SMGW-1.14 CLS-Proxy-Verbindung

Bezeichnung der Information	Beteiligte Akteure und Systemeinheiten	Netzwerk	Wird persistiert
-----------------------------	--	----------	------------------



Informationen zu Verbindungsfehlern	SMGW an GWA	WAN	Ja, z.B. in LogbuchEinträgen (Systemlog)
Parameter für kommunikative Anbindung von CLS	GWA an SMGW	WAN	Ja
Befehl zum Aufbau eines CLS-Proxy-Kanals	GWA an SMGW	WAN	Ja, z.B. in LogbuchEinträgen (Systemlog)
	CLS an SMGW	HAN	Ja, z.B. in LogbuchEinträgen (Systemlog)
	SMGW an CLS	HAN	Ja, z.B. in LogbuchEinträgen (Systemlog)
Beliebige Daten	aEMT (über SMGW) an CLS	WAN/HAN über CLS-Proxy	Nein
Beliebige Daten	CLS (über SMGW) an aEMT	HAN/WAN über CLS-Proxy	Nein

FB-SMGW-1.17 Bereitstellung von Tarifinformationen für den Anschlussnutzer, lokal

Bezeichnung der Information	Beteiligte Akteure und Systemeinheiten	Netzwerk	Wird persistiert
Parameter für die Festlegung der berechtigten HAN-Teilnehmer und der relevanten Tarifinformationen	GWA an SMGW	WAN	Ja
Abrechnungsrelevante Tarifinformationen und Messwerte	SMGW an AN	HAN	Ja

FB-SMGW-1.18 Bereitstellung von Transparenzinformationen für den Anschlussnutzer, lokal

Bezeichnung der Information	Beteiligte Akteure und Systemeinheiten	Netzwerk	Wird persistiert
-----------------------------	--	----------	------------------



Parameter für die Festlegung des berechtigten Anschlussnutzers	GWA an SMGW	WAN	Ja
Anschlussnutzer-Log	SMGW an AN	HAN	Ja

FB-SMGW-1.19 Bereitstellung von aktueller Messwerte zum Verbrauch elektrischer Energie für den Anschlussnutzer, lokal

Bezeichnung der Information	Beteiligte Akteure und Systemeinheiten	Netzwerk	Wird persistiert
Parameter für die Festlegung des berechtigten Anschlussnutzers	GWA an SMGW	WAN	Ja
Aktuelle Messwerte zum Verbrauch elektrischer Energie, thermischer Energie, Erdgas, Wasser	MTR_E an SMGW	LMN	Nein
	SMGW an AN	HAN	Nein

FB-SMGW-1.20 Sichere kommunikative Anbindung des Anschlussnutzers, lokal

Bezeichnung der Information	Beteiligte Akteure und Systemeinheiten	Netzwerk	Wird persistiert
Parameter für kommunikative Anbindung des AN	GWA an SMGW	WAN	Ja
Authentifizierung und Kommunikation mit dem SMGW	AN mit SMGW	HAN	Nein

FB-SMGW-1.21 Sichere kommunikative Anbindung eines CLS/HKE/SE/SME

Bezeichnung der Information	Beteiligte Akteure und Systemeinheiten	Netzwerk	Wird persistiert
Parameter für kommunikative Anbindung des CLS bzw. HKE/SE/SME	GWA an SMGW	WAN	Ja
Authentifizierung und Kommunikation mit dem SMGW	HKE, SME, SE mit SMGW	HAN	Nein



FB-SMGW-2.1 Versand zeitvariabel tarifierter Messwerte

Bezeichnung der Information	Beteiligte Akteure und Systemeinheiten	Netzwerk	Wird persistiert
Regelwerk-Parameter, Parameter zum Versand an EMT	GWA an SMGW	WAN	Ja
Messwerte und MTR ID, Zuordnung zum Regelwerk	SMGW an EMT	WAN	Ja
Parameter, aktuelle und versendete Messwerte, Tarifstufenwechselliste, ID der Messeinrichtung und des EMT	SMGW an AN	HAN	Ja

FB-SMGW-2.2 Versand von aktuellen Messwerten elektrischer Energie

Bezeichnung der Information	Beteiligte Akteure und Systemeinheiten	Netzwerk	Wird persistiert
Aktuelle Messwerte	SMGW an EMT	WAN	Nein
Parameter des Messwertversands	GWA an SMGW	WAN	Ja

FB-SMGW-2.10 Versand von Momentanwerten des elektrischen Energienetzes

Bezeichnung der Information	Beteiligte Akteure und Systemeinheiten	Netzwerk	Wird persistiert
Parameter zum Versand der Messwerte an den EMT	GWA an SMGW	WAN	Ja
Netzzustandsdaten	SMGW an EMT	WAN	Teilweise; im Fall von z. B. Aggregation oder fehlgeschlagenen Versandversuchen sowie abhängig von Aufbewahrungsfristen kann eine Persistierung notwendig sein.
Pseudonymisierte Messwerte (Netzzustandsdaten)	SMGW an GWA	WAN	Teilweise; siehe Netzzustandsdaten



Auslösung eines Versands im Bedarfsfall	GWA an SMGW	WAN	Teilweise; muss im Logbuch protokolliert werden
Parameter und Versandzeitpunkte sowie Empfänger	SMGW an AN	HAN	Ja
Parameter zur Absicherung der Kommunikation mit EMT	SMGW und GWA; SMGW und EMT	WAN	Teilweise; Protokollinformationen werden zum Teil geloggt.

FB-SMGW-3.3 Erfassung weiterer Netzzustandsgrößen

Bezeichnung der Information	Beteiligte Akteure und Systemeinheiten	Netzwerk	Wird persistiert
Parameter zur Erfassung und zum Versand von Messwerten	GWA an SMGW	WAN	Ja
Messwerte (Netzzustandsdaten)	SMGW an EMT	WAN	Teilweise; im Falle von z. B. Aggregation oder fehlgeschlagenen Versandversuchen sowie abhängig von Aufbewahrungsfristen kann eine Persistierung notwendig sein.
Pseudonymisierte Messwerte (Netzzustandsdaten)	SMGW an GWA	WAN	Teilweise; siehe Netzzustandsdaten
Kommando „Auslösung eines Versands im Bedarfsfall“	GWA an SMGW	WAN	Teilweise; muss im Logbuch protokolliert werden.
Versandzeitpunkte sowie Empfänger	SMGW an AN	HAN	Ja
Parameter zur Absicherung der Kommunikation mit EMT und AN	SMGW und AN	HAN	Teilweise; Protokollinformationen werden zum Teil geloggt.
	SMGW und GWA; SMGW und EMT	WAN	Teilweise; Protokollinformationen werden zum Teil geloggt.



FB-MTR_E-1.1 Messung und Bereitstellung von Messwerten elektrischer Energie zur Abrechnung

Bezeichnung der Information	Beteiligte Akteure und Systemeinheiten	Netzwerk	Wird persistiert
Aktueller Zählerstand	MTR_E an Zähleranzeige	N/A	Ja
Aktueller Energiezählerstand	MTR_E an SMGW	LMN	Ja

FB-MTR_E-1.3 Messung und Bereitstellung von Momentanwerten elektrischer Energie

Bezeichnung der Information	Beteiligte Akteure und Systemeinheiten	Netzwerk	Wird persistiert
Momentanwerte	MTR_E an SMGW	LMN	Ja

FB-HKE-3.1 Kommunikation über den CLS-Proxy

Bezeichnung der Information	Beteiligte Akteure und Systemeinheiten	Netzwerk	Wird persistiert
Parameter zur kommunikativen Anbindung CLS	Systemeinheit im HAN	HAN	Ja
Kommando zum Initiieren des Kommunikationskanals	HKE zu SMGW bzw. aEMT via SMGW zu HKE	HAN (CLS), WAN (CLS)	Nein
Beliebige Informationen	Systemeinheit im HAN, SMGW	HAN (CLS)	SMGW: nein
Beliebige Informationen	SMGW, aEMT	WAN (CLS)	N/A

FB-HKE-3.2 Schutz der Netzwerke

Die HKE ist für die sichere Kommunikation über den CLS-Proxy an das HAN des SMGW angeschlossen. Die HKE kann darüber hinaus auch noch über weitere Schnittstellen an weitere Netzwerke angeschlossen sein. Um den Anforderungen aus dem SMGW-Schutzprofil (insb. OE.Network) Rechnung zu tragen und andere HAN-Teilnehmer vor Angriffen aus dem WAN über diese weiteren Netzwerke zu schützen, muss die HKE entsprechende Maßnahmen treffen.

Insbesondere muss die HKE sicherstellen, dass über weitere Schnittstellen keine Interaktion mit dem HAN des SMGW möglich ist, die nicht der Kommunikation mit dem CLS-Proxy dient.

FB-HKE-3.3 Sicheres Software-Update

Bezeichnung der Information	Beteiligte Akteure und Systemeinheiten	Netzwerk	Wird persistiert
-----------------------------	--	----------	------------------



Software-Update	HKE	Nicht spezifiziert	Ja
Kryptografisches Material zur Prüfung der Authentizität und Integrität des Software Updates (optional)	HKE, aEMT via SMGW	HAN (CLS), WAN (CLS)	Ja

FB-SE-3.1 Umsetzung von Steuerbefehlen an steuerbaren Einrichtungen

Bezeichnung der Information	Beteiligte Akteure und Systemeinheiten	Netzwerk	Wird persistiert
Steuerbefehl und Empfangsbestätigung	Steuerberechtigter aEMT via SMGW, SE	HAN (CLS), WAN (CLS)	optional