

Ariadne-Hintergrund

Handlungsempfehlungen zur Beschleunigung vom Smart Meter Rollout als Beitrag zur Umsetzung der Energiewende in Deutschland

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

KOPERNIKUS
Ariadne **PROJEKTE**

Die Zukunft unserer Energie

Autor



» Jonathan Bergsträber
Fraunhofer-Institut für
Energiewirtschaft und
Systemtechnik

Herausgegeben von

Kopernikus-Projekt Ariadne
Potsdam-Institut für Klimafolgen-
forschung (PIK)
Telegrafenberg A 31
14473 Potsdam

Oktober 2024

Dieses Papier ist mit Stand zu Inhalten und Regulatoriken bis Ende Juni 2024 entstanden.

Die Erstellung dieses Papiers erfolgte mithilfe einer Co-Finanzierung vom Fraunhofer Cluster of Excellence Integrated Energy Systems (CINES) als Ergänzung zur Hauptförderung durch das BMBF (FKZ 03SFK5D0).

Dieses Papier zitieren:

Jonathan Bergsträber (2024): Handlungsempfehlungen zur Beschleunigung vom Smart Meter Rollout als Beitrag zur Umsetzung der Energiewende in Deutschland. Kopernikus-Projekt Ariadne, Potsdam.

<https://doi.org/10.48485/pik.2024.015>

Kontakt zum Autor: Jonathan Bergsträber, jonathan.bergstraesser@iee.fraunhofer.de

Der vorliegende Ariadne-Hintergrund wurde von den oben genannten Autorinnen und Autoren des Ariadne-Konsortiums ausgearbeitet. Die Analyse spiegelt nicht zwangsläufig die Meinung des gesamten Ariadne-Konsortiums oder des Fördermittelgebers wider. Die Inhalte der Ariadne-Publikationen werden im Projekt unabhängig vom Bundesministerium für Bildung und Forschung erstellt.

Inhalt

Kernaussagen	1
1. Einführung	2
2. Kernherausforderungen – Ein Kurzupdate	3
3. Handlungsempfehlungen für eine Rollout-Beschleunigung	12
3.1 Adressierung der Akzeptanz- und Wissenslücke zum iMSys	15
3.1.1 Handlungsempfehlung 1: Initiierung einer breiten Informationskampagne.....	15
3.1.2 Handlungsempfehlung 2: Einheitliches Datenschutzniveau für abrechnungsrelevante Daten über alle Sektoren regulatorisch sicherstellen.....	18
3.2 Sicherstellung von Planungs- und Rechtssicherheit	19
3.2.1 Handlungsempfehlung 3: Neufassung der iMSys-Strategie – Fokus: Intelligentes Messsystem, Pflicht oder Option?.....	19
3.2.2 Handlungsempfehlung 4: Strategische Neuaufstellung zum neuen iMSys-Rollout als grundzuständiger Messstellenbetreiber ist existenziell.....	22
3.3 Stärkung des Nutzens der aktiven iMSys-Infrastruktur	23
3.3.1 Handlungsempfehlung 5: Verbrauchsseite: Fokus auf §14a EnWG Umsetzung in der Akteurs- und IKT-Systemlandschaft.....	23
3.3.2 Handlungsempfehlung 6: Vorbereitung auf den optionalen Rollout insbesondere durch dynamische Stromtarife.....	26
3.3.3 Handlungsempfehlung 7: Schnelle DEA-Integration in die iMSys-Infrastruktur auf nationaler und internationaler Ebene fördern.....	27
3.3.4 Handlungsempfehlung 8: Erzeugungsseite: Grundsätzlichen iMSys-Rollout für DEA in der Niederspannung und Mittelspannung beginnen.....	29
3.4 Zugriff auf kostengünstige und leistungsfähige TK-Infrastruktur	32
3.4.1 Handlungsempfehlung 9: Gezielte Nutzung und Weiterentwicklung der 450 MHz Infrastruktur.....	33
3.4.2 Handlungsempfehlung 10: Förderung vom Ausbau bestehender Mobilfunk- und Breitbandinfrastrukturen.....	35
3.5 Umgang mit dem Fachkräftemangel	35
3.5.1 Handlungsempfehlung 11: Konsequenter und zielgerichteter Einsatz digitaler Werkzeuge im iMSys-Rollout zur Reduktion des Fachkräftebedarfs bei den Akteuren.....	36
3.6 Bewältigung der kritischen Cybersicherheitslage	37
3.6.1 Handlungsempfehlung 12: Aufnahme des Messtellenbetriebs als schützenswerte Einrichtungsart im Rahmen der deutschen NIS 2 Umsetzung.....	38
3.6.2 Handlungsempfehlung 13: Langfristige Weiterentwicklung der IT-Sicherheitsarchitektur der iMSys-Infrastruktur zur Bewältigung zukünftiger Herausforderungen.....	39
4. Schlussfolgerungen	41
Abkürzungsverzeichnis	46
Literaturangaben	49
Anhang: Detaillierte Entwicklung der Kernherausforderungen	62

Kernaussagen

- Die Historie des Ausbaus von Smart Metern – offiziell als *intelligentes Messsystem* (iMSys) bezeichnet – war in der Vergangenheit von zahlreichen Herausforderungen geprägt. Als Resultat waren bis Ende 2022 ausschließlich rund 0,6 % der Messlokationen in Deutschland mit einem iMSys ausgestattet. Die fehlende Ausbaudynamik hat die Politik erkannt und im Kern mit dem *Gesetz zum Neustart der Digitalisierung der Energiewende* (GNDEW) vom 26.05.2023 reagiert (Bundesministerium der Justiz, 2023a). Schwerpunkte sind regulatorische Vereinfachungen sowie verpflichtende Rolloutziele für die marktprägenden, grundzuständigen Messstellenbetreiber.
- Vor allem für die 753 grundzuständigen Messbetreiber (Stand: Ende 2022) ist eine strategische Neuaufstellung existenziell. Grund dafür ist die steigende Komplexität durch stetiges Aufkommen neuer Randbedingungen. Trotz dieser Unsicherheiten halten wir drei Punkte kurz- bis mittelfristig für entscheidend: Erstens, eine **Fokussierung auf die schnelle und massenrolloutfähige Umsetzung** der netzentlastenden Steuerung auf Verbrauchsseite (im Rahmen von §14a EnWG). So kann die Ausbaudynamik dezentraler Energieanlagen in der Niederspannung langfristig beherrscht werden. Zweitens, die Vorbereitung auf den **optionalen Rollout auf Basis der Einbaupflicht für grundzuständige Messstellenbetreiber auf Anfrage** – u.a. auf Anfrage vom Letztverbraucher – ab 01.01.2025 mit dem potenziellen Treiber einer gleichzeitigen, breiten Verfügbarkeit dynamischer Stromtarife. Drittens, die **breite Einführung gesicherter bidirektionaler Kommunikationsanbindungen** von Verteilnetzbetreibern an Erzeugungsanlagen in der Nieder- und Mittelspannung mithilfe intelligenter Messsysteme für eine erhöhte Sicht- und Steuerbarkeit der Erzeugungsseite im Netzbetrieb, wie zum Beispiel zur Sicherstellung des Systemgleichgewichts bei sehr hoher Solareinspeisung.
- Eine kritische neue regulatorische Unsicherheit ist die langfristige Nutzbarkeit der bisher zentralen Anbindung dezentraler Energieanlagen über das öffentliche Internet, per sogenannter zweiter *Wide Area Network* (WAN)-Schnittstelle. Aufgrund zunehmender Cyberrisiken ist zukünftig eine Nutzungsuntersagung per Verordnungsermächtigung möglich.
- Darüber hinaus bleiben die im Vorgängerbericht (Bergsträßer, 2022) identifizierten Kernherausforderungen von ausbaufähigen öffentlichen Telekommunikationsnetzen, Fachkräftemangel sowie einer Akzeptanz- und Wissenslücke bestehen. Zusätzlich könnten kommende DEA-Betreiber über ein deutschlandweites Netzbetreiberportal stärker in den Verlauf des iMSys-Einbauprozesses integriert werden. Darüber hinaus ist kurzfristig eine breite, akteursspezifische Informationskampagne von zentraler Bedeutung, damit bestehende Wissenslücken zu intelligenten Messsystemen und dessen Anwendungen – wie §14a EnWG – abgebaut werden.

1. Einführung

Smart Meter, offiziell als *intelligentes Messsystem* (iMSys)¹ bezeichnet, sind aktuell das Kernelement der Digitalisierungsaktivitäten der deutschen Bundesregierung im Energiesystem. Dass der iMSys-Rollout in der Vergangenheit von einer Vielzahl an Herausforderungen geprägt wurde, hat die deutsche Bundesregierung insgesamt erkannt und entsprechend mit dem *Gesetz zum Neustart der Digitalisierung der Energiewende* (GNDEW) reagiert (Bundesministerium der Justiz, 2023a). Als Ergebnis sind neue zentrale Rahmenbedingungen für den Rollout intelligenter Messsysteme festgelegt. Kernziel dieses Gesetzesvorhabens, wie bereits im Koalitionsvertrag der Bundesregierung beschlossen (Die Bundesregierung, 2021), ist eine Beschleunigung des iMSys-Rollouts unter anderem mit einer Kombination aus regulatorischen Vereinfachungen sowie klaren Ausbauzielen.

Als Ergänzung zum GNDEW kommen aktuell weitere regulatorische Anpassungen zum Tragen, die beispielsweise das Eichrecht oder die Nutzungspflicht von intelligenten Messsystemen betreffen (Beschlusskammer 6 & Beschlusskammer 7, 2023; Bundesministerium der Justiz, 2023b, 2024; Bundestag, 2024). Einen schnellen Überblick über die Veränderungen im regulatorischen Rahmen, sowie über die insgesamt im Vorgängerbericht (Bergsträßer, 2022) identifizierten Kernherausforderungen beim deutschen iMSys-Rollout, liefert Kapitel 2 (Hinweis: tiefergehende Erläuterungen befinden sich im Anhang).

Aufbauend auf den Erläuterungen erfolgt in Kapitel 3 eine Auflistung aktueursspezifischer, zentraler Handlungsempfehlungen mit dem Kernziel einer Beschleunigung des Rollouts. In Summe sind die Kernakteure vom iMSys-Rollout Teil der Betrachtungen, also vom Letztverbraucher ausgehend bis zu den wichtigsten politischen Organen. Die Handlungsempfehlungen selbst sind in ihrer potenziellen Wirkung der relevantesten Kernherausforderung zugeordnet und enthalten jeweils einen zeitlichen Rahmen im Fall einer potenziellen Umsetzung.

Den Abschluss dieses Ariadne-Hintergrunds bietet das resümierende Schlussfolgerungskapitel 4.

¹ In diesem Bericht wird die offizielle Bezeichnung intelligentes Messsystem verwendet. Im Kern ist dies die Kombination aus moderner Messeinrichtung und Smart Meter Gateway. Die darüberhinausgehenden Komponenten und IT-Systeme werden zusammenfassend als iMSys-Infrastruktur bezeichnet (nähere Erläuterungen s. Abschnitt 2.3 in (Bergsträßer (2022))). Dabei ist insbesondere zu beachten, dass die *weiteren Systemeinheiten* mittlerweile als *Kommunikationsadapter* bezeichnet werden (Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (2023b)).

2. Kernherausforderungen – Ein Kurzupdate

Für die im Vorgängerbericht (Bergsträßer, 2022) identifizierte Kernherausforderungen erfolgt nachfolgend ein Kurzupdate zu den letzten Entwicklungen in den sechs Themenbereichen. Vier dieser Kernherausforderungen erfuhren eine tendenziell positive Entwicklung, während zwei insgesamt stabil in ihrer Dringlichkeit geblieben sind (vgl. folgende Abbildung 1). Für weitere Detailinformationen sowie die zugrundeliegende Literatur wird an dieser Stelle auf den *Anhang: Detaillierte Entwicklung der Kernherausforderungen* verwiesen.

<p>1. Akzeptanz- und Wissenslücke </p> <p>Letztverbraucher:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Energiekrise: Zunehmendes Interesse an detaillierten Energieverbrauchsinformationen → beim grundzuständigen Messstellenbetreiber (gMSB): Recht auf Smart Meter / iMSys Einbau ab 2025 ▪ Nutzen bei dezentralen Energieanlagen (DEA): §14a EnWG ab 2024 & Pflichtdarbietung dynamische Stromtarife ab 2025, sowie geplante EEG/KWKG-Direktvermarktungsvereinfachungen bei Erzeugern ≤ 25 kW (ggf. ≤ 100 kW bei Volleinspeisung) ▪ Kosten: teilweise Preisobergrenzen (POG)-Absenkungen, aber Unsicherheit Kostenentwicklung aufgrund 4a-Turnusprüfung ▪ Weiterhin relevante iMSys-Wissenslücke in der Bevölkerung 	<p>2. Planungs- und Rechtssicherheit </p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Smart Meter Gateway (SMGW)-Hersteller: Abschaffung 3-Hersteller-Vorgabe & Abschaffung Eichfrist ▪ gMSB: Klare Rolloutvorgaben nach Gesetz zum Neustart der Digitalisierung der Energiewende (GNDEW) ohne Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI)-Markterklärungen sowie der Option eines agilen Rollouts, aber POG-Unsicherheit (bis zur Klärung in 2024 in Folge des Digitalisierungsberichts) ▪ Netzbetreiber: Kostenbeteiligung (POG) i.d.R. als dauerhaft nicht beeinflussbare Kosten (ab 2025 in der Erlösobergrenze wirksam) ▪ DEA-Hersteller/-Betreiber: BSI-TR-03109-5 & §14a EnWG jeweils ab 2024 gültig, aber Unsicherheit bei der langfristigen Nutzung der zweiten <i>Wide Area Network</i> Anbindung (abhängig von der Definition energiewirtschaftlich relevanter Daten)
<p>3. Nutzen aktive iMSys-Infrastruktur </p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Rollout beschleunigt sich → Bisheriger Fokus: Modernisierung Standardlastprofil-Messwesen schreitet voran ▪ BSI-TR-03109-5 zertifizierte Kommunikationsadapter für breite <i>Controllable Local System</i> (CLS)-Kanal Nutzung fehlen derzeit (Stand: 06/24), u.a. DEA-Steuerung davon abhängig (Ausnahme bis Ende 2024: agiles Rolloutsegment nach Messstellenbetriebs-gesetz), erste Zertifizierungen sind jedoch kurzfristig zu erwarten (z.B. Piloten der beschleunigten Sicherheitszertifizierung) ▪ Skalierfähiges registrierendes Leistungs-Konzept in Entwicklung („<i>Local Meteorological Network</i> (LMN) vs. CLS-Kanal“) ▪ Messstellenbetreiber: Submetering per SMGW weiterhin im Regelfall nicht im Angebot, alternative Lösungen dominieren 	<p>4. Verfügbare TK-Infrastruktur </p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 450 MHz: Ausbau der Infrastruktur laut Betreiberangaben derzeit im Plan (bis 2025 deutschlandweite Abdeckung) ▪ Öffentlicher Mobilfunk: Netzabdeckung & Verfügbarkeit insb. von 4G & 5G nimmt i.d.R. zu, aber weiterhin mit Lücken ▪ Zukunft Mobilfunk – Highlights: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Neuer Netzbetreiber 1&1 mit eigenem, aktuell verzögertem 5G-Netzausbau (2G/4G: Roaming) ▪ Bundesnetzagentur-Frequenznutzungsverlängerung (2026+) sieht höhere Versorgungsaufgaben, vor allem für den ländlichen Raum, vor
<p>5. Fachkräftemangel </p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Fortsetzung der Engpass-Situation in für iMSys-Rollout relevanten Berufen (Energietechnik, Elektrotechnik & IKT) ▪ Fachkräftemonitoring erwartet in einer Prognose bis 2027 eine Fortsetzung des derzeitigen Engpasses 	<p>6. Kritische Cybersicherheitslage </p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ BSI: IT-Sicherheitslage unverändert angespannt bis kritisch ▪ Aktueller <i>Advanced Persistent Threat</i> Angriffsfokus: Informationsbeschaffung bis hin zur aktiven seitlichen Bewegung durch (un)bekannte Sicherheitslücken sowie per Lieferkettenangriff ▪ Ab Oktober 2024 neue Vorgaben durch nationale Umsetzung der EU-Richtlinien <i>Network and Information Security 2</i> (NIS 2) & <i>Critical Entities Resilience</i> (CER) ▪ Zukunft: vermutlich Zunahme von relevanten Cyberangriffen auf alle Sektoren der kritischen Infrastruktur

Abbildung 1: Kurzübersicht über zentrale Entwicklungen je identifizierter Kernherausforderung vom Vorgängerbericht (Bergsträßer, 2022) – grüner Pfeil: positive Entwicklung, gelber Pfeil: keine relevante Veränderung

Die **Akzeptanz** des iMSys-Rollouts hängt wesentlich von einem günstigen Kosten-Nutzen-Verhältnis und einem hohen Datenschutzniveau ab. Laut einer Umfrage von Loessl (2023) haben 76 % der Befragten Datenschutzbedenken, insbesondere wenn sie das intelligente Messsystem nicht kennen, was laut der letzten Umfrage vom Bitkom e.V. von Anfang 2023 bei 31 % der Fall war (Hartmann, 2023). Die **Wissenslücke** und die damit verbundene Gefahr des Akzeptanzverlusts ist somit in Teilen der Bevölkerung weiterhin vorhanden.

In der Tendenz führen Datenschutzbedenken den Analysen von Loessl (2023) zu einer Abneigung gegenüber zeitvariablen Stromtarifen, wobei das Interesse an diesen Tarifen grundsätzlich vorhanden ist, wie dieselbe Bitkom e.V.-Umfrage zeigt. Transparenz über den Energieverbrauch und die Bereitschaft, Verbrauchsdaten für Kosteneinsparungen zu teilen, sind in der Energiekrise ebenfalls gestiegen, und die Offenheit für die Nutzung von iMSys hat sich laut der Ergebnisse vom Bitkom e.V. leicht erhöht.

Neue gesetzliche Regelungen wie das Gesetz zum Neustart der Digitalisierung der Energiewende und die letzten Novellierungen des Messstellenbetriebsgesetz, die am 22.12.2023 in Kraft traten, bieten einige Lösungsansätze für die Akzeptanzherausforderungen. Zu den Maßnahmen zählen die Beibehaltung der Preisobergrenze für den Betrieb moderner Messeinrichtungen, Anreize für Kleinanlagenbetreiber und Letztverbraucher, die Nutzung von dynamischen Stromtarifen und die erleichterte Teilnahme an der Direktvermarktung erneuerbarer Energien im Zuge vom Gesetzesvorhaben Solarpaket I(b). Zudem existiert ab 2025 ein Anspruch auf den Einbau eines intelligenten Messsystems innerhalb von vier Monaten nach Beauftragung, sowie seit dem 01.01.2024 eine reduzierte Preisobergrenze für Betreiber steuerbarer Verbrauchseinrichtungen bei gleichzeitiger Kostenentlastung infolge der parallel in Kraft getretenen Regeln zum §14a EnWG-Mechanismus.

Die Regelungen sollen insgesamt sicherstellen, dass kleine Letztverbraucher und Anlagenbetreiber von den neuen Möglichkeiten vom iMSys profitieren können. Die Preisobergrenze von 20 € (brutto) pro Jahr für die iMSys-Nutzung bietet seit 01.01.2024 potenziell für die meisten Messlokationen in Deutschland einen attraktiven Anreiz, da eine moderne Messeinrichtung aktuell die gleichen Kosten aufweist.

Es gibt jedoch die Möglichkeit, dass größere Letztverbraucher als auch Anlagenbetreiber kleinerer Erzeugungsanlagen und §14a EnWG-Verbrauchseinrichtungen stärker von Kosteneinsparungen profitieren könnten, da die Kosten über die Netzentgelte auf alle Letztverbraucher umgelegt werden sollen. Bei einer Nichtnutzung von iMSys bzw. fehlendem ökonomischen Potenzial könnten somit vor allem Letztverbraucher mit kleinem Jahresstromverbrauch höhere individuelle Stromkosten tragen müssen. Darüber hinaus besteht für iMSys-Nutzer ein Preisrisiko, da die Preisobergrenzen für den Betrieb von Messsystemen alle vier Jahre angepasst werden können. Die Basis für eine solche Anpassung bildet eine langfristige Kosten-Nutzen-Analyse. Die Ergebnisse der aktuellen Prüfung sollen bis zum 30.06.2024 veröffentlicht werden, was zu neuen Kostensätzen ab 2025 führen könnte.

Um das grundsätzlich hohe Datenschutzniveau vom iMSys weiter zu stärken, wurden im Messstellenbetriebsgesetz neue Regelungen eingeführt, wie die Begrenzung der Nutzung von Netzzustandsdaten auf 25 % aller Netzanschlüsse eines Messstellenbetreibers (MSBs) in einem Netzgebiet. Zusätzlich gibt es mit dem GNDEW eine feste Löschfrist von drei Jahren für sonstige Messwerte oder alternativ die Möglichkeit der Anonymisierung zur Aufhebung eines Personenbezugs. Diese Maßnahmen sollen für die Letztverbraucher und Anlagenbetreiber mehr Klarheit und damit Vertrauen schaffen.

Insgesamt war die Einführung des intelligenten Messsystems durch eine Reihe von Herausforderungen behindert. Die technische Implementierung neuer Fähigkeiten bei den iMSys-Infrastrukturlieferanten, das Fehlen wichtiger technischer Richtlinien und die langen Zertifizierungsprozesse haben den Nutzen des Systems in der Praxis erheblich eingeschränkt. Zudem bestand im Markt kein dringender Bedarf, da alternative technische Lösungen wirtschaftlich relevante Anwendungen abdeckten. Diese Faktoren führten zu einer Verzögerung und Unsicherheit hinsichtlich der breiten Nutzung von iMSys.

Um die **Planungs- und Rechtsunsicherheit** zu verringern, wurden durch das GNDEW und begleitende regulatorische Entwicklungen wichtige neue regulatorische Rahmenbedingungen gesetzt. Für Smart Meter Gateway (SMGW)-Hersteller wurden unter anderem Vereinfachungen bei Softwareupdates eingeführt sowie die Eichung der Geräte entfristet, was deren Nutzungsdauer verlängert. Die Drei-Hersteller-Regel einschließlich des Stufenmodells wurde abgeschafft, um Innovationen zu fördern und neue Funktionalitäten

schneller in den Markt zu bringen. Zudem besteht mit den iMSys-Ausbauzielen eine erhöhte Planbarkeit hinsichtlich der notwendigen Gerätezahl, was den wirtschaftlichen Ausbau der SMGW-Produktionskapazitäten klar unterstützt.

Für Messstellenbetreiber wurden verschiedene Erleichterungen und Anreize eingeführt. Die Möglichkeit, nicht BSI-zertifizierte Kommunikationsadapter zu nutzen, fördert beispielsweise die Pilotierung im neu eingeführten agilen Rollout, der bis Ende 2024 vorgesehen ist. Zusätzlich bewirkt das GNDEW die Möglichkeit von Vereinfachungen der sicheren Lieferkette, was vor allem die Einbindung externer Dienstleister bei der iMSys-Montage erleichtert. Bis Ende 2024 ist derzeit eine Überführung in die BSI-Richtlinien vorgesehen. Darüber hinaus wurden eine Vielzahl an technischen und regulatorischen Anpassungen vorgenommen, um den Betrieb und die Nutzung von iMSys effizienter zu gestalten.

Netzbetreiber profitieren stattdessen von einem gesicherten Zugang zu Netzzustandsdaten und der schrittweisen Einführung der netzorientierten Steuerung per *Controllable Local System* (CLS)-Proxy-Kanal (kurz CLS-Kanal), insbesondere im Rahmen der Umsetzung vom §14a EnWG. Die daraus resultierende Kostenbeteiligung am Messstellenbetrieb wird teilweise über eine Anerkennung im Rahmen der Anreizregulierungsverordnung als dauerhaft nicht beeinflussbare Kosten refinanzierbar sein. Für den zugrundeliegenden Anlagenzugriff sind die Netzbetreiber auf eine BSI-TR-03109-5 konforme Anbindung dezentraler Energieanlagen (DEA) angewiesen. Mit der Gültigkeit der ersten Version seit Anfang 2024 ist die zentrale Grundlage für die iMSys-Infrastrukturlieferanten, sowie insbesondere die DEA-Hersteller geschaffen, damit die Anbindung an einzelne Anlagen als auch an einen digitalen Netzanschluss – z.B. per Heimenergiemanagementsystem (HEMS) – gesetzeskonform realisiert werden kann. Darüber hinaus können weitere energiewirtschaftliche Anwendungsfälle, wie die *Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)*²/*Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG)*³-Direktvermarktung oder das Submetering (SME), ihre Entwicklungsprozesse auf die neue CLS-Schnittstelle als Zugang zu den Anlagenbetreibern bzw. Letztverbrauchern klarer ausrichten. Jedoch sind die neuen Rahmenbedingungen nicht frei

² Erneuerbare-Energien-Gesetz vom 21. Juli 2014 (BGBl. I S. 1066), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 8. Mai 2024 (BGBl. 2024 I Nr. 151) geändert worden ist

³ Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz vom 21. Dezember 2015 (BGBl. I S. 2498), das zuletzt durch Artikel 9 des Gesetzes vom 20. Dezember 2022 (BGBl. I S. 2512) geändert worden ist

von neuen relevanten Unsicherheiten. Exemplarisch sei die mögliche Einschränkung der zweiten WAN-Anbindung per Verordnungsermächtigung genannt.

Eine weitere, im Vorgängerbericht (Bergsträßer, 2022) identifizierte Kernherausforderung eines limitierten Nutzens der aktiven iMSys-Infrastruktur, weist ebenfalls neue Entwicklungen auf. Der operative Fokus lag bisher auf den Bereichen Smart Metering sowie dem sektorübergreifenden Submetering unter Nutzung der *Local Meteorological Network* (LMN)-Schnittstelle des Smart Meter Gateways. Dies umfasst einfache Standardlastprofilabrechnungen, die Erfassung 15-minütige Zählerstandsgangmessung (Tarifanwendungsfall (TAF) 7) für erste dynamische Stromtarife als auch die Erfassung abrechnungsrelevanter Messwerte in verschiedenen Sparten wie Gas, Fern-/Heizwärme und Wasser. Dieser Fokus hat sich bis heute kaum verändert, da die beschleunigte Sicherheitszertifizierung (BSZ) für die BSI-TR-03109-5 über die zwei Anfang 2024 begonnenen Piloten erst offiziell ab Juli 2024 möglich ist. Davor gilt nur die Ausnahme per Herstellererklärung im Rahmen des agilen Rollouts bis Ende 2024. Auch für die einfache Variante ohne digitale Schnittstelle im *Local Area Network* (LAN) und somit ohne BSZ hat sich bis Ende Juni 2024 ebenfalls kein Hersteller eines Kommunikationsadapters i.S. der BSI-TR-03109-5 qualifiziert.

Neben der Verfügbarkeit der zentralen Hardwarekomponente des Kommunikationsadapters besteht ein wesentliches Problem der aktuellen iMSys-Infrastruktur darin, dass die einzelnen Systembestandteile wie Gateway Administrator (GWA)-System, SMGW, Steuerbox und CLS-Management nicht unbedingt kompatibel sind. Dies führt zu Einschränkungen in der Beschaffung und Umsetzung von Konzepten auf Seiten der Messstellenbetreiber. Es gibt jedoch Bestrebungen, die Kompatibilität und Koordination durch Initiativen beim Forum Netztechnik/Netzbetrieb im Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V. (VDE FNN) zu verbessern. Ein weiterer Diskussionspunkt ist die Nutzung der CLS-Schnittstelle für abrechnungsrelevante Daten im registrierende Leistungsmessung (RLM)-Marktsegment, die vermutlich Anpassungen in der BSI-TR-03109-5 erwarten lässt. Ansonsten, bei einer möglichen verpflichtenden Nutzung der LMN-Schnittstelle, ist vor allem die BSI TR-03109-1, und somit die Hersteller von SMGWs betroffen. Welcher Lösungsweg am Ende primär verfolgt wird, ist bis Ende 2024 zu erwarten.

Darüber hinaus zeigt der bisherige Fortschritt des iMSys-Rollouts, dass bis Ende 2022 nur etwa 0,6 % der gMSB-Messlokationen von Letztverbrauchern und 0,1 % der Erzeugerstandorte mit einem iMSys ausgestattet waren. Der Ausbau fand an dieser Stelle vor allem in den Letztverbrauchersegmenten mit einem Jahresstromverbrauch von über 6.000 kWh bis 100.000 kWh statt (insg. ca. 6,2 % mit iMSys), während im optionalen Segment der Ausbau bisher nicht signifikant war (insg. ca. 0,1 % mit iMSys). Für die Zukunft sind höhere Zubauraten notwendig, um die gesetzlichen Ziele zu erreichen.

Im Bereich des Submeterings ist die Digitalisierung grundsätzlich bereits weit fortgeschritten, insbesondere durch die Verordnung über Heizkostenabrechnung, die eine Fernauslesbarkeit von Messgeräten vorschreibt. Dabei spielt jedoch das iMSys laut derzeitigem Stand eine untergeordnete Rolle, da alternative Ansätze zur Fernauslesung in der Praxis zum Einsatz kommen.

Ein erfolgreicher Rollout von intelligenten Messsystemen ist erheblich von der Verfügbarkeit einer **flächendeckenden Telekommunikationsinfrastruktur (TK-Infrastruktur)** abhängig. Zur Erreichung eines möglichst kostengünstigen Rollouts ist vor allem der Ausbau öffentlicher Mobilfunknetze zentral, die nach dem Monitoringbericht für das Berichtsjahr 2022, die Hauptkommunikationslösung für Messstellenbetreiber darstellt (Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen & Bundeskartellamt, 2023). Diese weisen jedoch weiterhin Abdeckungslücken auf, die umso mehr auftreten, je neuer die Mobilfunkgeneration ist. Dies ist unter den derzeitigen Anforderungen an die Netzqualität für aktuelle Standardanwendungen im Smart-Metering-Bereich weniger relevant, jedoch ist mit steigenden Anforderungen durch zukünftige Anwendungen zu rechnen, die eine **leistungsfähigere TK-Infrastruktur** erfordern.

Die Lücken im öffentlichen Mobilfunkausbau gehen so weit, dass alle Netzbetreiber gegen die 2019 festgesetzten 5G-Versorgungsaufgaben führten und Bußgeldverfahren nach sich zogen. Aufgrund der bestehenden Lücken, insbesondere im ländlichen Raum, plant die Bundesnetzagentur, die Versorgungsanforderungen bei einer Festlegung zur Verlängerung bestehender Frequenznutzungsrechte etablierter Mobilfunknetzbetreiber zu erhöhen, um eine bessere und flächendeckendere Versorgung zu erreichen, die auch dünn besiedelte Gebiete einschließt.

Das 450 MHz Mobilfunknetz wird als alternative Lösung zum öffentlichen Mobilfunknetz positioniert, insbesondere für die zuverlässige Kommunikation mit Zählerschränken in Kellern und für die Aufrechterhaltung der Netzinfrastruktur auch bei Stromausfällen für mindestens 72 Stunden. Es ermöglicht zudem die Priorisierung wichtiger Energieanwendungsfälle wie die Steuerung von Verbrauchseinrichtungen und die Umsetzung von Redispatch-Maßnahmen sowie Einspeisevorgaben von Direktvermarktern. Die 450connect GmbH, Betreiber des 450 MHz Netzes, ist grundsätzlich im Zeitplan mit dem Netzausbau und plant bis 2025 ein deutschlandweites Netz mit ca. 1.600 Funkstandorten zu errichten. Die Verteilnetzbetreiber zeigen zunehmendes Interesse an der Nutzung dieser Infrastruktur, insbesondere für die Anbindung von Betriebsmitteln. Auch die Anbindung von Erzeugern und Letztverbrauchern sind mehrheitlich relevant.

Für die fünfte Kernherausforderung, dem **Fachkräftemangel**, ist eine anhaltende Engpasssituation für wichtige Berufsgruppen im Zusammenhang mit dem iMSys-Rollout festzustellen. Die Engpassindikatoren von (Bundesagentur für Arbeit, 2023) zeigen, dass Berufsgruppen wie Energietechnik und Elektrotechnik von Engpässen i.d.R. über alle Anforderungsniveaus betroffen sind. Innerhalb dieser Berufsgruppen gibt es auch Engpässe in bestimmten Berufsuntergruppen wie Bauelektrik und Elektrotechnik ohne Spezialisierung. Es ist jedoch zu beachten, dass nicht alle deutschen Bundesländer von Engpässen betroffen sein müssen. Eine Bitkom e.V.-Umfrage bestätigt zusätzlich den anhaltenden Mangel an IT-Fachkräften zum Stand September 2023 (Wintergerst, 2023). Es wird darüber hinaus von Zika et al. (2023) prognostiziert, dass sich der Engpass in der Elektrotechnik sowie in IKT-Berufen bis 2027 vermutlich nicht auflösen wird.

Hinsichtlich der letzten Kernherausforderung, einer **kritischen Cybersicherheitslage**, ist ebenfalls eine gleichbleibende Gesamteinschätzung festzustellen. Der letzte Lagebericht des BSI verdeutlicht, dass sich die Bedrohungslage in der IT-Sicherheit insgesamt nicht wesentlich verbessert oder verschlechtert hat (Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik, 2023a). Die für die Energieversorgung kritischste Angriffsgruppe, die APTs, waren in der jüngeren Vergangenheit vor allen damit beschäftigt gezielt Informationen über potenzielle Angriffsziele zu generieren. Es wurden hierfür vor allem Schwachstellen in Webservern und nicht aktualisierten Firewalls oder VPN-Server ausgenutzt. Es wurde

auch festgestellt, dass Cyberangriffe insgesamt vermehrt die Lieferkette als initialen Angriffsvektor ausnutzen, sogenannte *Supply-Chain-Angriffe*. Ein besonderes Fallbeispiel für die Bedeutung des Schutzes kritischer Infrastrukturen ist der erfolgreiche Cyberangriff auf den ukrainischen TK-Anbieter Kyivstar im Jahr 2023, der zu mehrtägigem Totalausfall von Millionen Internet- und Mobilfunkverbindungen führte (Paganini, 2024).

Als Reaktion auf die ständige und vermutlich signifikant ansteigende Anzahl an erfolgreichen Cyberangriffe, u.a. auf den KRITIS-Sektor, hat die Europäische Union (EU) neue Richtlinien zur Stärkung der Resilienz von kritischen Infrastrukturen verabschiedet. Der Fokus liegt somit nicht nur auf der Abwehr vor Angriffen, sondern auch auf der schnellen Wiederherstellung und Stärkung der Systeme nach einer gelungenen Attacke. Für Organisationen sind vor allem die *Network and Information Security 2* (NIS 2)-Richtlinie und die *Critical Entities Resilience* (CER)-Richtlinie von Relevanz. Beide werden derzeit in nationales Recht umgesetzt.

Für den Energiesektor in Deutschland sollen weiterhin ähnliche Schwellenwerte für aktuelle KRITIS-Betreiber bzw. zukünftige Betreiber kritischer Anlagen nach dem letzten NIS2UmsuCG-Referententwurf (Bundesministerium des Innern und für Heimat, 2024) gelten. Es wird erwartet, dass eine erhöhte Anzahl von Unternehmen von den Regelungen betroffen sein wird. Es gibt verschiedene Kriterien zur Unterscheidung, wie die Größe des Unternehmens und die Art der erbrachten Dienstleistungen. Es ist davon auszugehen, dass auch der Messstellenbetrieb indirekt betroffen sein kann. Neben dem Energiesektor sind auch Einrichtungen im IKT-Sektor von den Regelungen betroffen. Die Umsetzung der Richtlinien bringt verschiedene Aufgaben mit sich, wie das Risikomanagement, Meldepflichten, Registrierung, Nachweispflichten, Informationspflichten und Governance-Vorgaben.

Die CER-Richtlinie, bzw. die deutsche Umsetzung mithilfe des in Diskussion befindlichen KRITIS-Dachgesetzes (Bundesministerium des Innern und für Heimat, 2023), legt konkrete Maßnahmen zur Steigerung der Resilienz fest, wie Notfallvorsorge, physische Schutzmaßnahmen, Risiko- und Krisenmanagement und Wiederherstellung. Zusätzlich zu den genannten Maßnahmen werden auch Präventionsmaßnahmen, Anpassungen an den Klimawandel und die Reaktion auf Bedrohungen im Rahmen der CER-Richtlinie gefordert.

Die vollständige Umsetzung der Richtlinien soll die Resilienz der Organisationen stärken, indem sie schnell auf Bedrohungen reagieren und sich erholen können. Es ist wichtig, dass Unternehmen die Anforderungen erfüllen, wie zum Beispiel die Einbindung der Geschäftsleitungsebene, Schulungspflichten und die Erfüllung spezifischer KRITIS-Anforderungen, da ansonsten behördliche Sanktionen bzw. Ersatzansprüche von geschädigten Personen für die Unternehmen und/oder die Geschäftsleitung drohen. Die Umsetzung der Richtlinien soll primär dazu beitragen, die Sicherheit und Stabilität kritischer Infrastrukturen, wie dem Energiesektor, zu gewährleisten.

Als Ergänzung der Stärkung von Organisation hat die EU einen zweiten Schwerpunkt auf die Sicherheit von eingesetzten IKT-Lösungen gelegt. Für diesen Zweck sind zwei neue Vorschriften von zentraler Bedeutung, der *Cybersecurity Act (CSA)*, und der *Cyberresilience Act (CRA)*. Deren Umsetzung hat Auswirkungen auf Produkte und Dienstleistungen im gesamten IKT-Sektor. Im Detail ermöglicht der CSA die Einführung von einheitlichen Zertifizierungssystemen für IKT-Produkte, -Dienstleistungen und -Prozesse für den EU-Binnenmarkt. Die *European Cybersecurity Certification Group* treibt die Entwicklung dieser Zertifizierungssysteme voran. Der CRA legt hingegen konkrete Anforderungen an Produkte mit digitalen Elementen fest, insbesondere im Bereich *Internet of Things (IoT)* und *Operational Technology (OT)*. Produkte werden in nicht klassifizierte bzw. Standard-, kritische und hochkritische Produkte mit digitalen Inhalten (PDE) eingeteilt. Hersteller von Produkten mit digitalen Inhalten müssen diese risikobasiert entwickeln und über den gesamten Produktzyklus sicher gestalten. Dies betrifft insbesondere Smart Meter Gateways, die laut letztem CRA-Entwurf unter die hochkritische PDE-Risikokategorie fallen sollen (Geiger & Botting, 2024). Verstöße gegen die CRA-Regeln können zu Sanktionen führen. Die Umsetzung der Anforderungen soll die Sicherheit von Produkten und Dienstleistungen gewährleisten und den Schutz vor Cyberangriffen verbessern. Im Speziellen ist es zukünftig möglich, zum Schutz von Organisationen reguliert nach der NIS 2-Richtlinie, dass diese ausschließlich zertifizierte Produkte mit digitalen Inhalten einsetzen dürfen.

3. Handlungsempfehlungen für eine Rollout-Beschleunigung

Auf Basis der im vorherigen Kapitel 2 beschriebenen Kernherausforderungen beim Rollout intelligenter Messsysteme befinden sich in diesem Kapitel 13 Handlungsempfehlungen, die vor allem einer Beschleunigung des Rollouts dienen sollen. Dabei werden jedoch die energiewirtschaftlichen Kernziele, das sogenannte *energiewirtschaftliche Zieldreieck*, aus *Versorgungssicherheit*, *Wirtschaftlichkeit* und *Umweltverträglichkeit* als Basis der Betrachtungen berücksichtigt (Näheres s. Abschnitt 2.2 in (Bergsträßer, 2022)). Der Grundstein für die Handlungsempfehlungen ist eine Kombination aus literaturbasierten Einschätzungen in Verbindung mit der Sichtweise des Autors auf die jeweilige Thematik.

Für eine zielgerichtete Ausgestaltung der Handlungsempfehlungen, erfolgt eine jeweilige Zuordnung mindestens zu einem der nachfolgenden zentralen Akteure⁴:

- **Anlagenbetreiber** – Betreiber von dezidierten Erzeugungsanlagen und/oder Speichern, dies kann insbesondere Betreiber von EEG- und KWKG-Anlagen einschließen (§3(2) EEG, §2(6) KWKG)⁵
- **DEA-Hersteller** – Hersteller von Energieanlagen i.S.v. §3(15) EnWG zum Anschluss an das Stromverteilnetz
- **Energieberatung** – Personen, die in der *Energieeffizienz-Expertenliste* der Deutschen Energie-Agentur GmbH (dena) aufgeführt sind
- **Forschung & Entwicklung (F&E)** – alle Akteure, die F&E-Aktivitäten primär vorantreiben, dies betrifft folglich die universitäre als auch die außeruniversitäre Forschungslandschaft
- **iMSys-Infrastrukturlieferanten (Kurzform: iMSys-Lieferanten)** – Komponenten- und IT-Systemlieferanten der heutigen iMSys-Infrastruktur orientiert an der BSI TR-03109, z.B. SMGW-Hersteller, Kommunikationsadapterlieferanten und GWA-/EMT-Systemanbieter

⁴ Grundsätzlich ist zu beachten, dass die Nennung der Akteure je Handlungsempfehlung bewusst nicht vollständig ist, um eine Fokussierung der Botschaften zu erreichen. Eine Einbindung weiterer Akteure, z.B. Verbände als Vertretung von bspw. Marktrollen oder Herstellern, kann bei einer praktischen Umsetzung einer Handlungsempfehlung zielführend sein. Schlussendlich können auch weitere Akteure wie Aggregatoren oder herstellerunabhängige Systemlieferanten (z.B. HEMS-Anbieter) eine Rolle spielen. Diese sind an dieser Stelle potenziell indirekt erfasst. Beispiele sind die Akteure Stromlieferant und DEA-Hersteller.

⁵ Diese Akteure sind an dieser Stelle abgegrenzt zu *Letztverbrauchern* (s.u.), die ggf. zusätzlich bspw. als EEG-/KWKG-Anlagenbetreiber auftreten, ohne nicht wie die hier genannten *Anlagenbetreiber* als Letztverbraucher primär den Eigenstrom vom Anlagenbetrieb aus dem Netz zu erhalten, als auch ggf. zur Beladung eines Speichersystems.

- **Letztverbraucher** – nach §3(25) EnWG, agieren potenziell als natürliche oder juristische Person zusätzlich u.a. als Anschlussnutzer oder Anlagenbetreiber §§2(1, 2) MsbG, die nicht dezidierte Erzeugungs- und/oder Speicheranlagen betreiben (vgl. Akteur *Anlagenbetreiber*)
- **Messstellenbetreiber** – nach §3(26b) EnWG (ggf. unterteilt nach gMSB (§2(4) MsbG) / wettbewerblicher Messstellenbetreiber (wMSB))
- **Politik** – Exekutive und legislative Strukturen der Bundesrepublik Deutschland i.S. des deutschen Grundgesetzes, ggf. Nennung von spezifischen Einrichtungen wie Behörden, z.B. BSI (Nennung in Klammern)
- **Stromlieferant** – nach §3(15c) EnWG
- **TK-Betreiber** – Betreiber öffentlicher Telekommunikationsnetze nach §3(7) Telekommunikationsgesetz (TKG)⁶
- **Verteilnetzbetreiber** – i.S.v. §3(3) EnWG
- **450 MHz-Netzbetreiber (Kurzform: 450 MHz-NB)** – Betreiber des dezidierten 450 MHz Mobilfunknetzes für die primäre Nutzung durch die Energie- und Wasserwirtschaft (aktuell: 450connect GmbH) (Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen, 2020)

Neben den zentralen Akteuren wird jeder Handlungsempfehlung ein zeitlicher Horizont zugewiesen. Dieser stellt die empfohlene Kernzeit dar, wann eine Umsetzung angegangen werden sollte. Vor allem längerfristig können daraus Folgeaktivitäten folgen, diese sind jedoch an dieser Stelle außerhalb der Betrachtung. Im Detail findet eine allgemeine Unterscheidung nach den folgenden Zeiträumen statt. Eine Überschneidung ist dabei möglich:

- **Kurzfristig:** bis 1 Jahr
- **Mittelfristig:** über 1 Jahr bis 3 Jahre
- **Langfristig:** über 3 Jahre

Die nachfolgende Darstellung bieten einen schnellen Überblick über die nachfolgenden Handlungsempfehlungen hinsichtlich der wichtigsten Akteure und der zeitlichen Einordnung einer möglichen Umsetzung.

⁶ Telekommunikationsgesetz vom 23. Juni 2021 (BGBl. I S. 1858), das zuletzt durch Artikel 35 des Gesetzes vom 6. Mai 2024 (BGBl. 2024 I Nr. 149) geändert worden ist

Adressierung der Akzeptanz- und Wissenslücke

Initiierung einer breiten Informationskampagne

Kurzfristig



Energieberatung



Politik



Stromlieferanten

Einheitliches Datenschutzniveau für abrechnungsrelevante Daten über alle Sektoren regulatorisch sicherstellen

Langfristig



iMSys-Lieferanten



MSB



Politik

Sicherstellung von Planungs- und Rechtssicherheit

Neufassung der iMSys-Strategie - Fokus: intelligentes Messsystem, Pflicht oder Option?

Kurz- bis langfristig



DEA-Hersteller



MSB



Politik

Strategische Neuaufstellung zum neuen iMSys-Rollout als gMSB ist existenziell

Kurzfristig



iMSys-Lieferanten



MSB

Stärkung des Nutzens der aktiven iMSys-Infrastruktur

Verbrauchsseite: Fokus auf §14a EnWG Umsetzung in der Akteurs- und IKT-Systemlandschaft

Kurz- bis mittelfristig



iMSys-Lieferanten



MSB



VNB

Vorbereitung auf den optionalen Rollout insbesondere durch dynamische Stromtarife

Kurzfristig



gMSB



iMSys-Lieferanten



Stromlieferanten

Schnelle DEA-Integration in die iMSys-Infrastruktur auf nationaler und internationaler Ebene fördern

Kurz- bis langfristig



DEA-Hersteller



iMSys-Lieferanten



Politik

Erzeugungsseite: Grundsätzlichen iMSys-Rollout für DEA in der Niederspannung und Mittelspannung beginnen

Kurz- bis langfristig



Anlagenbetreiber



MSB



VNB

Zugriff auf kostengünstige und leistungsfähige TK-Infrastruktur

Gezielte Nutzung und Weiterentwicklung der 450 MHz-Infrastruktur

Kurz- bis langfristig



450 MHz-NB



MSB



VNB

Förderung von Ausbau & Wettbewerb bestehender Mobilfunk- und Breitbandinfrastrukturen

Kurz- bis mittelfristig



MSB



Politik



TK-Betreiber

Umgang mit dem Fachkräftemangel

Konsequenter und zielgerichteter Einsatz digitaler Werkzeuge im iMSys-Rollout zur Reduktion des Fachkräftebedarfs bei den Akteuren

Kurz- bis langfristig



iMSys-Lieferanten



MSB



VNB

Bewältigung der kritischen Cybersicherheitslage

Aufnahme des Messstellenbetriebs als schützenswerte Einrichtungsart im Rahmen der deutschen NIS 2 Umsetzung

Kurz- bis mittelfristig



iMSys-Lieferanten



MSB



Politik

Langfristige Weiterentwicklung der IT-Sicherheitsarchitektur der iMSys-Infrastruktur zur Bewältigung zukünftiger Herausforderungen

Langfristig



F&E



Politik

3.1 Adressierung der Akzeptanz- und Wissenslücke zum iMSys

Der iMSys-Rollout hängt erheblich von der Akzeptanz der Letztverbraucher ab, da die überwiegende Mehrheit zukünftig mit dem System in Kontakt kommen wird. Zur Steigerung der Akzeptanz müssen vor allem bestehende Wissenslücken adressiert werden. Zudem sollte der Einsatz des intelligenten Messsystems von einem vorteilhaften Kosten-Nutzen-Verhältnis für die Nutzenden geprägt sein.

3.1.1 Handlungsempfehlung 1: Initiierung einer breiten Informationskampagne

The infographic is titled "Initiierung einer breiten Informationskampagne" (Initiation of a broad information campaign). It features a dark red background with white text and icons. The stakeholders are listed in two rows of rounded rectangular buttons: "Energieberatung" (Energy consultation) with a question mark icon, "Letztverbraucher" (End user) with a house icon, "Messstellenbetreiber" (Measurement point operator) with a meter icon, "Politik (BMWK, BNetzA, BSI)" (Policy) with a government building icon, "Stromlieferanten" (Energy suppliers) with a lightning bolt icon, and "Verteilnetzbetreiber" (Distribution network operator) with a tower icon. At the bottom left, there is a horizontal bar with three segments and the label "Kurzfristig" (Short-term).

Um die Akzeptanz des iMSys in der Bevölkerung zu erhöhen, ist es empfehlenswert, eine breite Informationskampagne zu initiieren. Dabei sollten die Akteure gezielt zusammenarbeiten, um eine umfassende Aufklärung zu gewährleisten.

Grundsätzliche Punkte sind bei einer iMSys-Informationskampagne laut Loessl (2023) zu beachten, damit die Akzeptanz der neuen Technik gewahrt werden kann:

- Interesse an der neuen Technik anreizen, mit der Botschaft damit einen Beitrag zur Energiewende zu leisten.
- Datenverarbeitende Akteure sollten den Personen bekannt sein, dies gilt bspw. für den direkt bekannten Lieferanten sowie den lokalen Netzbetreiber.
- Bei einer Neueinführung von neuen Anwendungen, wie dynamischen Stromtarifen, sollten zuerst Personen, die zur Gruppe der *early adopter* zählen, angesprochen werden. Grundsätzlich hat dies den ergänzenden Vorteil, dass aus volkswirtschaftlicher Sicht es insgesamt nicht sinnvoll ist, alle Haushalte variabel abzurechnen, und somit Interesse und Wohlfahrtszuwachs sinnvoll verbunden werden können.

- Klarheit, Transparenz und einfache Sprache im Sinne der Datenschutzgrundverordnung sind keine Bremser, sondern ein wertvolles Instrument zur Akzeptanzsteigerung.

Eine wichtige Rolle spielen hier übergeordnete Informationskampagnen der politischen Akteure, insbesondere des BMWK und des BSI. Diese sollten die Kernbestandteile des iMSys kompakt und einfach zugänglich in der Breite der Bevölkerung kommunizieren, um die Bekanntheit des Systems signifikant zu steigern. Hierbei sollte vor allem auf die Hauptakzeptanzthemen *vorteilhaftes Kosten-Nutzen-Verhältnis* und *hohes Datenschutzniveau* eingegangen werden.

Zusätzlich sollten die kundennahen Energielieferanten, insbesondere die Stromlieferanten, im Rahmen ihrer bestehenden oder sich anbahnenden Beziehung zum Letztverbraucher, aktiv aufklären. Sie sollten die Potenziale für Transparenz und datenbasierte Entscheidungen hervorheben. In diesem Zuge sind die beteiligten Unternehmen zur Erfüllung der Marktrollen *Messstellenbetreiber* und *Verteilnetzbetreiber* in die Informationskampagne einzubeziehen. Letzterer ist vor allem für die Thematik rund §14a EnWG von zentraler Bedeutung. Die Dringlichkeit zeigen die Erkenntnisse von der (Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft mbH, 2023), dass eine Mehrzahl der deutschen Bevölkerung bisher zugrundeliegende Steuerungskonzepte nicht oder kaum kennt.

Bei dynamischen Stromtarifen sind laut der (Deutsche Energie-Agentur GmbH, 2024) vor allem Maßnahmen zur Adressierung von Risikoaversionen auf Letztverbraucherseite gezielt anzusprechen (z.B. Optionen wie Preisdeckel oder die Möglichkeiten kurzer Kündigungsfristen). Besondere Ereignisse, wie das technische Versagen der *Day-Ahead* Marktkopplung der EPEX SPOT am 25.06.2024 mit dem Resultat erheblicher Preissprünge für die deutsche Preiszone, sind trotz ihrer Seltenheit möglicherweise ein Treiber für den Bedarf an zusätzlichen Maßnahmen zur Vermeidung von signifikanten Preisrisiken.

Darüber existiert mit der, im Ausbau befindlichen, gemeinschaftlichen Verteilnetzbetreiber-Plattform *VNBdigital* das Potenzial für einen neuen zentralen Punkt zur Bereitstellung von iMSys bezogenen Informationen im Tätigkeitsfeld der VNB (wie dem Netzanschlussprozess von dezentralen Energieanlagen) (BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V., 2024).

Auch EEG-/KWKG-Direktvermarkter im Fall von Erzeugungsanlagen können eine relevante Rolle spielen und sollten in die breite Informationskampagne einbezogen werden. Dies gilt vor allem für die Zielgruppe der Anlagenbetreiber des Anlagensegments kleiner 100 kW, welches stärker von nichtprofessionellen Akteuren geprägt ist.

Neutrale Akteure, wie die Energieberatungsbranche, könnten mögliche Optionen des iMSys aufzeigen und anhand der Bedürfnisse der jeweiligen Letztverbraucher oder DEA-Betreiber tiefergehender erläutern. Dabei sollte klar herausgestellt werden, welche konkreten Vorteile das iMSys bieten kann, beispielsweise für Energieeffizienzentscheidungen, Versorgerwechsel (z.B. Anbieterübersicht) oder die Auswahl des passendsten §14a EnWG Moduls (z.B. in Abhängigkeit der Anlagenkonstellation mit zu erwartenden Energieverbräuchen). Hilfreich wäre hier eine Art Guide- oder Kompass-System inklusive Informationen bzgl. der aktuellen Netzsituation (Datenbasis: Nutzung der kommenden, bundeseinheitlichen Transparenzplattform der Verteilnetzbetreiber). Weniger spezifisch orientiert am Einzelfall könnte eine einfachere Variante bspw. von Verbraucherschutzorganisationen öffentlich zur Verfügung gestellt werden, die einfach und schnell eine erste Orientierung über mögliche Optionen bieten kann.

Des Weiteren können Energiepreisvergleichsanbieter als Erstkontaktstelle für Letztverbraucher dienen und spezifische Informationen zum iMSys hinsichtlich der Rolle im Bereich der Energielieferung bereitstellen. Dabei sollte jedoch beachtet werden, dass ein derzeitiger Vergleich von klassischen, statischen zu dynamischen Stromtarifen über übliche Vergleichsportale bisher nicht zufriedenstellend möglich ist. Neue Möglichkeiten eines werthaltigen Vergleichs sind hier zu evaluieren. (Deutsche Energie-Agentur GmbH, 2024)

3.1.2 Handlungsempfehlung 2: Einheitliches Datenschutzniveau für abrechnungsrelevante Daten über alle Sektoren regulatorisch sicherstellen

Einheitliches Datenschutzniveau für abrechnungsrelevante Daten über alle Sektoren regulatorisch sicherstellen

 iMSys-Lieferanten  Letztverbraucher  Messstellenbetreiber  Politik (BMWK, Bundesländer, BSI)

Langfristig

Die Erhebung von Verbrauchsdaten in den Sektoren Wärme und Wasser mithilfe des iMSys sollte ein vergleichbares Datenschutzniveau zum Stromsektor in der Verarbeitung aufweisen, insofern die Anwendung des Systems der Abrechnung dient. Dabei ist es entscheidend, ausschließlich die LMN-Schnittstelle zu verwenden, um sicherzustellen, dass die Daten für das SMGW sichtbar sind. Dies ist die Grundlage für eine einheitliche Sicht auf Energie- und Stoffflüsse für die verbrauchenden Personen und sollte dabei analog zum Stromsektor über Schnittstellen, wie eine lokale Anzeigeeinheit, eine lokale, dem Letztverbraucher leicht zugängliche digitale Schnittstelle (echtzeitfähig, offen dokumentiert), sowie ein daraus resultierendes, spartenübergreifendes Online-Portal erfolgen. Es ist zu beachten, dass eine Datenübertragung ausschließlich über einen transparenten CLS-Kanal die Nachvollziehbarkeit der Messwerte nicht auf vergleichbarem Niveau ermöglicht. Bei der Einführung dieser Maßnahmen können gegebenenfalls Übergangsfristen berücksichtigt werden, um sicherzustellen, dass alle technisch-regulatorischen Voraussetzungen erfüllt sind (insbesondere eine weiterentwickelte BSI TR-03109-1). Im ersten Schritt könnten die relevanten Anforderungen als KANN-Anforderung aufgenommen werden, und nach breiter und validierter Praxisumsetzung zur MUSS-Anforderung wechseln. Dabei ist vor allem zu beachten, dass für den Wassersektor die Bundesländer primär zuständig sind. Ob hier eine Hürde zu aktuellen Rahmenbedingungen besteht, ist juristisch zu prüfen.

Nichtsdestotrotz sollte das iMSys in den Sektoren Wärme und Wasser weiterhin nicht verpflichtend sein, da diese Sektoren nicht die gleiche Kritikalität zum Stromsektor aufweisen. Falls die iMSys-Lösung für die individuelle Einbausituation jedoch in Frage kommt, sollte das System aus Datenschutzsicht einen vergleichbaren Mehrwert liefern wie im Stromsektor. Langfristig bietet diese Lösung damit einen weiteren Vorteil. Aufgrund der Verarbeitung in der gleichen IKT-Infrastruktur vom Stromsektor, ist eine Weiterleitung

der Daten in aggregierter Form – ohne datenschutzrelevanten Personenbezug – an die bereits verbundenen Akteure des Stromsektors einfacher möglich. Ein exemplarischer Anwendungsfall aus Netzbetreibersicht könnte die Nutzung der sektorübergreifenden Daten für Prognosen und Hochrechnungen sein, welche wiederum im Anschluss als Grundlage einer kosteneffizienteren Netz- und Systemführung zum Einsatz kommen könnten.

Grundsätzlich ist diese Handlungsempfehlung langfristig umzusetzen, da der aktuelle Fokus vom Ressourceneinsatz der iMSys-Branche für die Umsetzung der Steuerung von §14a EnWG nicht gefährdet werden sollte. Hintergrund ist der erhebliche Digitalisierungsbedarf auf Netzbetreiberseite hin zu mehr Steuerung und Sichtbarkeit in den unteren Netzebenen, damit schlussendlich der weitere Zubau an DEA von den Verteilnetzbetreibern bewältigt werden kann (Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen, 2023; Wickert et al., 2022; Wickert et al., 2024).

3.2 Sicherstellung von Planungs- und Rechtssicherheit

Die historische Entwicklung der regulatorischen Rahmenbedingungen war insgesamt nicht vorteilhaft. Entsprechend waren Zubauzahlen und der Nutzen des Systems für die Energiebranche gering. Dies hat die Politik grundsätzlich erkannt und mit dem GNDEW einen neuen Startpunkt gesetzt. Darauf aufbauend die nachfolgenden Handlungsempfehlungen.

3.2.1 Handlungsempfehlung 3: Neufassung der iMSys-Strategie – Fokus: Intelligentes Messsystem, Pflicht oder Option?

Neufassung der iMSys-Strategie - Fokus: intelligentes Messsystem, Pflicht oder Option?

 DEA-Hersteller  iMSys-Lieferanten  Messstellenbetreiber  Politik (BMWK, BNetzA, BSI)

Kurz- bis langfristig

Angesichts der Vielzahl an Neujustierungen auf regulatorischer Seite seit der letzten Grundsatzstrategie vom 29.01.2019 mit gleichzeitig verschärften Randbedingungen –

z.B. eine kritischere Cybersicherheitslage – erscheint eine Neufassung der iMSys-Strategie zielführend. Diese Neufassung sollte sowohl in deutscher als auch englischer Sprache entstehen, vor allem, um die Kompatibilität mit europäischen Aktivitäten als auch die Zusammenarbeit mit internationalen Akteuren zu erleichtern. Dies betrifft bspw. iMSys-Infrastrukturlieferanten oder DEA-Hersteller. Im Kern der Neufassung sollte die Frage nach der Notwendigkeit nicht-kritischer Anwendungen – mit freiwilliger iMSys-Nutzung – bei gleichzeitiger Klarheit, wann das höchste Sicherheitsniveau zu verwenden ist, beantwortet werden.

Drei theoretische Vorgehensweisen sollten als Denkanstöße für die strategische Weiterentwicklung der iMSys-Infrastruktur beachtet werden:

1) *Beibehaltung Status Quo*

Diese eher theoretische Option würde keine wesentlichen Änderungen an der aktuellen Implementierung von iMSys vornehmen, sodass der aktuelle Funktionsumfang beibehalten und somit über übliche Optimierungen und Sicherheitsupdates hinaus keine relevanten Weiterentwicklungen vorgenommen werden. Davon explizit ausgenommen sind kommende Anpassungen, die für die Erfüllung der verpflichtend anzubietenden energiewirtschaftlichen Dienstleistungen nach MsbG vor allem im Großanlagensegment (> 100 kW) notwendig sind. Grundsätzlicher Nachteil dieses Ansatzes ist die mögliche langfristige Perspektivlosigkeit des Systems. Mit zunehmender technologischer Weiterentwicklung ist eine Zunahme der Lücke zwischen alternativen IKT-Ansätzen und der iMSys-Infrastruktur zu erwarten. Als Folge können neue technisch-ökonomische Potenziale möglicherweise nicht mehr oder nur teilweise gehoben werden.

2) *iMSys only – Erweiterter agiler Rollout*

Dieser Ansatz würde eine weitreichende verpflichtende Nutzung von iMSys für vielfältige Anwendungszwecke vorsehen, um höchste Sicherheitsstandards zu gewährleisten. Dies soll als konsequente Antwort auf bereits festgestellte Sicherheitslücken zweiter WAN-Anbindungen an Photovoltaik-(PV)-Wechselrichtern und Wärmepumpen dienen. Entsprechend soll vor allem im operativen DEA-Betrieb keinerlei Kommunikation außerhalb des iMSys mehr erfolgen. Kurz gesagt, die zweite WAN-Anbindung wird langfristig dauerhaft deaktiviert. Die Tragweite einer

entsprechenden Maßnahme ist vermutlich bisher nicht in voller Tiefe bekannt, da im Detail eine Vielzahl an Anwendungen außerhalb des iMSys Stand heute zum Tragen kommen. Insofern eine Beibehaltung der entsprechenden Datenflüsse sichergestellt werden soll, müssten längere Umsetzungsfristen zum Zuge kommen, da potenziell eine Vielzahl an neuen Akteuren mit der Infrastruktur erstmalig in Berührung kommen. Der bisherige Ansatz vom agilen Rollout müsste somit erheblich ausgebaut werden, damit die Funktionalitäten geordnet in die iMSys-Infrastruktur überführt werden können. Darüber hinaus würde damit aus internationaler Sicht ein nationaler *Sonderweg* beschritten werden, der vor allem internationale Akteure vor Herausforderungen stellen wird. Entsprechend könnten dem deutschen Markt vorteilhafte Funktionalitäten aus dem internationalen Markt entweder verspätet oder gar nicht zur Verfügung stehen.

3) *iMSys im Technologiemix*

Diese Strategie würde das iMSys für kritische Anwendungen verpflichtend machen, während für weniger kritische Anwendungen alternative Lösungen zugelassen wären. Dies würde eine Koordinierung von steuernden Zugriffen vor Ort erfordern und gleichzeitig eine flexible Nutzung von Messdaten für Netzbetrieb und Bilanzierung ermöglichen. Gleichwertige Lösungen mit vergleichbarem IT-Sicherheitslevel sollten unterstützt werden, um eine hohe Sicherheit über verschiedene Technologien hinweg zu gewährleisten, ein Mindestmaß an Datenschutz ist stets zu gewährleisten. Jedoch sollte vor allem im Letztverbrauchersegment die Bedeutung von Designseite höher gewichtet werden, vor allem bei zwingend erforderlichen Vorgängen wie einer Abrechnung von Energie- und Stoffflüssen per SMGW. Grundsätzlich müssten die Kriterien für die Einordnung einer Pflichtnutzung möglichst transparent sein, damit die Akteure diese auf ihre aktuellen Aktivitäten einschließlich der Markteinführung neuer Innovationen anwenden können.

Die letzte Option, das *iMSys im Technologiemix*, erscheint als die Variante mit den meisten Vorteilen, da sie die notwendige Sicherheit für kritische Infrastrukturen bietet, während sie für weniger kritische Anwendungen Flexibilität durch die Nutzung alternativer WAN-Anbindungen ermöglicht. Diese Strategie fördert die technologische Innovation und berücksichtigt gleichzeitig die akzeptanzfördernde Sicherung eines hohen Datenschutzniveaus wie im Kontext des Submeterings (vgl. Handlungsempfehlung 2). In diesem Zuge

könnte auch der wachsende Einfluss einer flexiblen Verbrauchsseite – über die Niederspannung mit §14a EnWG hinaus – potenziell eine Berücksichtigung finden. Aufgrund des langfristigen Pflichtausbaus von iMSys bei Letztverbrauchern mit mehr als 100.000 kWh Jahresverbrauch bietet sich die Gelegenheit Synergien zur Erzeugungsseite zu heben. Für netz- bzw. systemkritische Anwendungen, wie den Nachfolgeprodukten zur Abschaltlastverordnung, die *freiwillige Selbstverpflichtung für das Systemdienstleistungsprodukt im Echtzeitbereich aus abschaltbaren Lasten (SEAL)*, könnte bspw. eine iMSys-Nutzung für die verbrauchsseitige Flexibilisierung in Frage kommen (50Hertz et al., 2024; Bergsträßer, 2022).

Insgesamt könnte mit dem *Technologiemix*-Ansatz eine ausgewogene Herangehensweise erreicht werden, die sowohl Sicherheit als auch technische Weiterentwicklung effektiv unterstützt. Dabei ist eine regelmäßige Aktualisierung der Strategie erstrebenswert.

3.2.2 Handlungsempfehlung 4: Strategische Neuaufstellung zum neuen iMSys-Rollout als grundzuständiger Messstellenbetreiber ist existenziell

Strategische Neuaufstellung zum neuen iMSys-Rollout als grundzuständiger Messstellenbetreiber ist existenziell

 iMSys-Lieferanten  Messstellenbetreiber

Kurzfristig

Um den neuen iMSys-Rollout erfolgreich umzusetzen, ist eine strategische Neuaufstellung als grundzuständiger Messstellenbetreiber existenziell. Bisher wurde der Rollout hauptsächlich von größeren gMSB vorangetrieben. Mit den bevorstehenden Fristen sind jedoch alle gMSB gefordert, sich gezielt mit den umfangreichen Änderungen und möglichen Tendenzen rund um das Kernelement, dem SMGW, auseinanderzusetzen. Frühere Lösungen im klassischen Messwesen konnten oft mit Eigenleistungen bewältigt werden (vgl. bspw. Abbildung 134 in Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen & Bundeskartellamt (2019)). Mit der Erweiterung um das Schwerpunktthema Anlagenkommunikation stehen den gMSB jedoch ganz neue Anforderungen bevor, die in Bezug auf ihre Komplexität und Veränderungsdynamik nicht unterschätzt werden sollten. Innerhalb der Organisation des gMSB sollte klar geklärt wer-

den, inwieweit weiterhin eigene Ressourcen eingesetzt werden sollen, oder ob eine verstärkte Einbindung von Dienstleistern oder eine Kooperation mit anderen Messstellenbetreibern erforderlich ist. Eine strategische Neuausrichtung ist daher unerlässlich, um den neuen iMSys-Rollout erfolgreich bewältigen zu können. Relevante Kernfragen sind die Flexibilität bei kurzfristig anstehenden Einbaufällen mit entsprechenden Schwankungen bspw. aufgrund von Fristen oder temporären Förderprogrammen mit Einfluss auf den optionalen Einbau als auch auf verpflichtende Einbaufälle, das Vorhandensein von leistungsfähigen und gleichzeitig möglichst kosteneffizienten WAN-Anbindungen, der Flexibilität bei der Anbindung neuer Infrastrukturen an die MSB-Backendsysteme – wie den IKT-Systemen eines Netzbetreibers, DEA-Herstellers oder Aggregators – als auch der Umgang mit einem sich grundsätzlich dynamisch entwickelndem Umfeld aus gestörten Lieferketten sowie regelmäßigen Anpassungen in der Regulatorik auf verschiedensten Ebenen (EU, Bund, Bundesländer). In Kurz: Agilität auf organisatorischer als auch auf technischer Ebene ist als Kernelement einer neuen Strategie zwingend erforderlich, damit die gMSB ihren Rollout effizient und erfolgreich bewerkstelligen können.

3.3 Stärkung des Nutzens der aktiven iMSys-Infrastruktur

Kernziel der nachfolgenden Handlungsempfehlung ist es, den Nutzen der aktiven iMSys-Infrastruktur für die verschiedenen Akteure

3.3.1 Handlungsempfehlung 5: Verbrauchsseite: Fokus auf §14a EnWG Umsetzung in der Akteurs- und IKT-Systemlandschaft

Verbrauchsseite: Fokus auf §14a EnWG Umsetzung in der Akteurs- und IKT-Systemlandschaft

- DEA-Hersteller
- iMSys-Lieferanten
- Messstellenbetreiber
- Stromlieferanten
- Verteilnetzbetreiber

Kurz- bis mittelfristig

Um den Nutzen der aktiven iMSys Infrastruktur schnellstmöglich zu stärken, sollte der Fokus auf die §14a EnWG Umsetzung in der Akteurs- und IKT-Systemlandschaft gelegt

werden, damit das System ein Treiber der Digitalisierung der Niederspannung wird. Indem sich die Akteure gezielt auf dieses Ziel ausrichten, können die neuen Möglichkeiten einer erhöhten Sichtbarkeit und Steuerbarkeit für den Verteilnetzbetreiber gehoben werden. Dies ist bisher nicht der Regelfall und stellt langfristig ein Risiko für die Versorgungssicherheit dar, insbesondere mit der neuen Anschlusspflicht steuerbarer Verbrauchseinrichtungen (Wickert et al., 2024).

Für die erfolgreiche Praxisumsetzung sind eine Vielzahl an Schnittstellen notwendig, die einerseits in der primären Verantwortung des Verteilnetzbetreibers liegen, andererseits durch andere Akteure sicherzustellen sind. Dies betrifft in erster Linie die gMSB als auch wMSB in einem Netzgebiet. In Abhängigkeit des dann gewählten Modells, also der Einzelanlagensteuerung oder einer Leistungsvorgabe am Netzanschlusspunkt, sind möglicherweise eine Vielzahl an weiteren Systemen unter Hoheit des Letztverbrauchers in den Prozess eingeschlossen. Der neue Mechanismus vom §14a EnWG gilt teilweise auch für Altanlagen, da bisherige Verbrauchseinrichtungen nach der alten Regulierung in den Neuen wechseln dürfen. Für den Verteilnetzbetreiber ist damit vor allem wichtig, dass diesem alle Einrichtungen bekannt sind, sowie welcher Messstellenbetreiber für diese Einrichtungen zuständig ist. Denn nur in diesem Fall ist der neue Kommunikationsweg einer echtzeitnahen Schnittstelle – die API-Webdienste – im Bereich der Marktkommunikation anlagenscharf nutzbar (edi@energy, 2024). Sobald die Ansteuerung netzorientiert erfolgen soll, sind zusätzlich Netzzustandsdaten (TAF 10) aus netzsensitiven iMSys gefordert, deren Position entsprechend bekannt sein muss. Auf der einen Seite zum Einholen von Netzzustandsdaten im 15 Minuten Raster für die Planung, als auch ggf. im minütigen Raster zur echtzeitnahen Bestimmung des Netzzustandes, möglicherweise in Kombination mit Informationen aus digitalen Ortsnetzstationen bzw. Kabelverteilerkästen (Beschlusskammer 8, 2024).

In diesem Zuge wird erstmalig für diesen Anwendungsfall eine VNB-übergreifende *Open-Source* Lösung entwickelt, das *Niederspannungscockpit* der *openKONSEQUENZ* Genossenschaft (openKONSEQUENZ e.G., 2023). Die erste Entwicklungsstufe – ein sogenanntes *Minimal Viable Product* – mit den Kernfunktionalitäten Beobachtbarkeit von ausgewählten Ortsnetzen sowie der Steuerung über ein GWA-/CLS-Managementsystem soll bis Anfang

2025 in der Praxis getestet sein. Bis Ende 2026 soll darauf aufbauend eine Produktivsoftware entstehen, welche prinzipiell allen Verteilnetzbetreibern offensteht.

Auf der Seite des Messstellenbetreiber ist vor allem für die Steuerungsseite in der Praxis eine technische Herausforderung, also wie die Mess- und Steuerungsdatenpunkte einzelner DEA bzw. vom Netzanschlusspunkt empfangen bzw. versendet werden können. Dafür wird aktuell im Markt insbesondere der Ansatz der FNN-Steuerbox verfolgt, die als Steuereinheit vor Ort das Protokoll *International Electrotechnical Commission (IEC) 61850* verwendet. Falls dieser Ansatz verwendet wird, um Vorgaben aus dem API-Webdienst für den Universalbestellprozess an den Netzanschlusspunkt zu übermitteln, ist dieser Weg insgesamt klar definiert. (Forum Netztechnik/Netzbetrieb im VDE, 2024b)

Der nächste Übergangspunkt ist von der Steuereinheit zu der einzelnen DEA bzw. zur Steuerungslogik am Netzanschlusspunkt. Im Niederspannungsbereich sind für Letzteres vor allem (H)EMS eine typische Komponente. Insofern eine physikalische Schnittstelle vorhanden ist, kann die Steuereinheit bzw. FNN-Steuerbox über einen Relaischalter steuern oder, als moderne Alternative, eine IT-Schnittstelle mit einem Standardprotokoll wie EEBUS nach der elektrotechnischen VDE Anwendungsregel (VDE-AR-E) 2829-6-1 verwenden. Im Fall von EEBUS sollte die Leistungsbegrenzung, bspw. im Fall von Elektrofahrzeugen (E-Kfz), bei exakt 4,2 kW im Regelfall erfolgreich umzusetzen sein, wenn der EEBUS Use Case *Limitation of Power Consumption (LPC)* im Zusammenspiel mit einem *International Organization for Standardization (ISO) 15118-2* E-Kfz zum Tragen kommt (Hawran et al., 2024). Da am Ende der Kette eine DEA (z.B. E-Kfz) steht, ist an diesem Punkt entscheidend, dass eine interoperable Lösung als Schnittstelle zum Einsatz kommt, sodass die Kommunikationsstrecke nicht bricht (Näheres siehe Handlungsempfehlung 8 – Abschnitt 3.3.4). Im Speziellen hat der EEBUS Standard nach der VDE-AR-E 2829-6-1 den Vorteil, dass dieser bereits von der Bundesnetzagentur offiziell als ausreichend hinsichtlich der verpflichtenden §14a EnWG Dokumentationspflichten bei ANB-Abfragen bewertet worden ist (Beschlusskammer 6, 2023). Grundsätzlich sollten jedoch weitere, marktübliche digitale Standardschnittstellen wie KNX und *Open Charge Point Protocol (OCPP) 2.0.1* – zukünftig OCPP 2.1 für bidirektionales Laden – unterstützt werden, damit verschiedenste DEA eingebunden werden können (weitere Details siehe Handlungsempfehlung 8 – Abschnitt 3.3.4). Weitere Hinweise für DEA-Hersteller, Messstellenbetreiber

und Verteilnetzbetreiber hinsichtlich der Dokumentationspflichten sind in dieser Veröffentlichung zu finden: (VDE, 2024b).

Aus technischer Sicht existiert über die IKT-Sicht ein weiterer Aspekt, die Notwendigkeit eine Verbrauchseinrichtung auf i.d.R. 4,2 kW zu begrenzen. Zwar existiert grundsätzlich die regulatorische Möglichkeit einer einfachen Abschaltfunktion, jedoch steigt damit die Wahrscheinlichkeit eines Komfortverlusts für den Letztverbraucher. Folglich sollten Hersteller von steuerbaren Verbrauchseinrichtungen Neuanlagen als auch Bestandsanlagen mit einer Inbetriebnahme vor 2024 – so weit der Aufwand verträglich ist bzw. die Möglichkeit grundsätzlich besteht – technisch in die Lage versetzen, die erlaubte Mindestleistung als Steuervorgabe entgegenzunehmen. Idealerweise verläuft dies per Softwareupdate oder alternativ im Rahmen einer turnusmäßigen Wartung.

Eine Übersicht über die detaillierte Prozessausgestaltung einer §14a EnWG Umsetzung, vor allem aus Netzbetreibersicht, liefert der VDE FNN in dem folgenden Hinweispapier: Forum Netztechnik/Netzbetrieb im VDE (2024b).

3.3.2 Handlungsempfehlung 6: Vorbereitung auf den optionalen Rollout insbesondere durch dynamische Stromtarife

Vorbereitung auf den optionalen Rollout insbesondere durch dynamische Stromtarife

grundzuständiger Messstellenbetreiber iMSys-Lieferanten Stromlieferanten

Kurzfristig

Um dynamische Stromtarife für die Letztverbraucher-freundlich anzubieten, ist vor allem eine effiziente Zusammenarbeit zwischen grundzuständigen Messstellenbetreibern und den jeweiligen Stromlieferanten von großer Bedeutung. Ein Beispiel dafür sind die Stromlieferanten Octopus Energy, Rabot Charge und Tibber, die gemeinsam mit den grundzuständigen Messstellenbetreibern Netze BW und EWE Netz ein Pilotprojekt gestartet haben, um einen effizienten und wirtschaftlichen Prozess für den Einbau von Smart Metern zu entwickeln (Diermann, 2024). Durch solche Kooperationen bzw. Pilotprojekte wird die Grundlage gelegt, dass ab 2025 der optionale Rollout, insbesondere getrieben von Letztverbrauchern mit flexiblen DEA wie Wärmepumpen oder E-Kfz (Claußner et al.,

2022; gridX GmbH, 2024; Lichtblick SE, 2024). Darüber hinaus ergibt sich ggf. die Möglichkeit bei einer Kombination mit einer Eigenerzeugungsanlage – wie einer PV-Anlage – die Reststromversorgung per dynamischen Stromtarifen zusätzlich zu optimieren (Claußner et al., 2022; gridX GmbH, 2024; Lichtblick SE, 2024).

Das Recht auf einen iMSys-Einbau bei gleichzeitiger Pflicht für alle deutschen Stromlieferanten einen dynamischen Stromtarif ab 2025 anzubieten, sind an dieser Stelle die Grundlage für eine steigende iMSys-Nachfrage auf Letztverbraucherseite. Darüber hinaus sind in diesem Rollout-Segment Mieterstromkonzepte nach §42a EnWG sowie die kürzlich eingeführte gemeinschaftliche Gebäudeversorgung nach §42b EnWG mögliche, weitere Treiber des optionalen Rollouts (Breddermann & Henger, 2024). Hintergrund ist die Abhängigkeit von 15 Minuten Lastgängen der Letztverbraucher einer Liegenschaft mit Erzeugungskapazitäten für Abrechnungszwecke, die per iMSys zu erfassen sind. Damit der optionale Rollout die notwendigen Ressourcen zur Erfüllung der verpflichtenden Rolloutziele nicht überbeansprucht, sind klar strukturierte und skalierbare Prozesse für notwendige Abstimmungen sowie Datenaustauschprozesse mit bzw. zu den Stromlieferanten bzw. Anbietern von Mieterstrom- und gemeinschaftlichen Gebäudeversorgungskonzepten vonnöten.

3.3.3 Handlungsempfehlung 7: Schnelle DEA-Integration in die iMSys-Infrastruktur auf nationaler und internationaler Ebene fördern

Schnelle DEA-Integration in die iMSys-Infrastruktur auf nationaler und internationaler Ebene fördern

- DEA-Hersteller
- iMSys-Lieferanten
- Messstellenbetreiber
- Politik (BMWK, BNetzA, BSI)
- Verteilnetzbetreiber

Kurz- bis langfristig

Um eine schnelle Integration in die iMSys-Infrastruktur zu fördern, sollten Maßnahmen auf nationaler und internationaler Ebene ergriffen werden. Auf nationaler Ebene ist es wichtig, die Kernvorgaben des BSI-TR-03109-5 als Leitlinie zu beachten und die wichtigsten Wertschöpfungspotenziale zu identifizieren. Von Vorteil an dieser Stelle sind die durchgeführten Pilotzertifizierungen (Details s. Anhang – 3. Kernherausforderung), deren

Erkenntnisse und Erfahrungen in die neusten BSZ-Dokumente eingeflossen sind (Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik, 2024). Hinsichtlich einer Einbindung von internationalen Lieferanten und Dienstleistern, erscheint eine grundsätzliche Veröffentlichung englischer Übersetzungen aller relevanten Dokumente mit Bezug zur der BSI-TR-03109-5, da diese im Bereich der DEA-Herstellung wesentlich häufiger einen internationalen Ursprung aufweisen (bspw. im Vergleich zu SMGW-Herstellern).

Darüber hinaus sollten interoperable Lösungen, die in Deutschland entwickelt wurden, wie z.B. EEBUS, konsequent auf die internationalen Ebenen übertragen werden. Gleichzeitig sollte Offenheit für interoperable Lösungen gezeigt werden, die sich primär außerhalb von Deutschland entwickeln, wie beispielsweise der *openADR* Standard, der bereits exemplarisch in der BSI-TR-03109-5 aufgeführt ist. Aktive Beiträge zur Weiterentwicklung dieser Lösungen im Hinblick auf den deutschen Rollout, beispielsweise bei der Erfüllung von Sicherheitsanforderungen, sind empfehlenswert.

Hinsichtlich des offenen EEBUS-Standards ist zu beachten, dass eine Implementierung in der Vergangenheit häufig über einen kommerziellen Dienstleister der Branche zur Verfügung gestellt worden ist. Hier könnte kurz- bis mittelfristig eine verstärkte Nutzung von Open-Source Implementierungen – bspw. die Go-Implementierung (Linde, 2024) – eine ausbaufähige Marktdurchdringung vom Standard, u.a. bei HEMS-Lösungen (vgl. Haupt et al., 2024), erleichtern. (Wickert et al., 2024)

Die langfristige Weiterentwicklung zentraler Standards wie EEBUS ist zusätzlich von großer Bedeutung. Dabei sollte nicht nur ein Fokus auf einzelnen Wirkleistungsvorgaben gelegt werden, sondern beispielsweise auch Prognosen zur Dauer von §14a EnWG Eingriffen vom Verteilnetzbetreiber möglichst frühzeitig übermittelt werden können (die ggf. vorhandene Nachholeffekte im Netzgebiet berücksichtigen). Dies gilt vor allem, falls nicht ein Ansatz wie eine vorzeitige, gestufte Vorgabe nach (Forum Netztechnik/Netzbetrieb im VDE, 2024c) zum Einsatz kommt, sondern ausschließlich nach akutem Bedarf ad-hoc Steuersignale versendet werden. Insbesondere für Lieferanten und Aggregatoren ist die erhöhte Planbarkeit relevant, um das Bilanzierungsrisiko aufgrund von §14a EnWG Vorgängen zu reduzieren, als auch die eingeschränkte Verfügbarkeit für weitere markt-/systemorientierte Anwendungen in der eigenen Einsatzplanung zu berücksichtigen. Doch auch die lokale Optimierung hinter dem Netzanschlusspunkt, wie einem HEMS in der

Niederspannung, kann von dieser zusätzlichen Information profitieren. Exemplarisch sei die Erhöhung des PV-Eigenverbrauchs genannt.

Des Weiteren sollte die Ausweitung auf das aktive Blindleistungsmanagement in Betracht gezogen werden, um Eingriffe in die Wirkleistungsflüsse zu reduzieren sowie Grenzwertüberschreitungen der Netzspannung bei höherer Durchdringung von DEAn zu vermeiden. Dies gilt insbesondere ab 2026 für Energieanlagen⁷ in der Hochspannung und Höchstspannung, die nach einem Beschluss der Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (BNetzA) vom 25.06.2024 an Ausschreibungen der Netzbetreiber zur Blindleistungsbereitstellung ab 2026 teilnehmen können. (Gui et al., 2024)

3.3.4 Handlungsempfehlung 8: Erzeugungsseite: Grundsätzlichen iMSys-Rollout für DEA in der Niederspannung und Mittelspannung beginnen



Aktuell sind Erzeugungsanlagen in der Nieder- und Mittelspannung – im Gegensatz zur Hoch- und Höchstspannung – für Verteilnetzbetreiber mehrheitlich nicht automatisiert über eine bidirektionale Schnittstelle angebunden. Falls eine Anbindung in diesen Netzebenen vorliegt, ist diese häufig nur manuell auslösbar und teilweise nur als unidirektional kommunizierende Rundsteuertechnik ausgeführt. Damit sind VNB bei selbst durchgeführten Steuereingriffen darauf angewiesen, die Auswirkungen von einzelnen Handlungen manuell über den Netzzustand zu prüfen. (Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen, 2022)

Mit dem intelligenten Messsystem bietet sich den Verteilnetzbetreibern die Chance eine einheitliche Vorgehensweise bei der Anbindung der sich ebenfalls erheblich im Aufbau

⁷ Im Detail sollen Erzeuger, Verbraucher und Speicher am Markt teilnehmen können. Dies gilt für Einzelanlagen als auch für aggregierte Anlagen.

befindliche Erzeugungsseite in Kooperation mit den Messstellenbetreiber zu entwickeln. Über den Ansatz eines interoperablen iMSys sind Standardisierungsbestrebungen bereits fester Bestandteil der Entwicklung der neuen Infrastruktur. Zentrales Ergebnis dieser Bestrebungen im Bereich der Anlagenkommunikation u.a. mit Erzeugern ist die *FNN-Steuerbox*. Mit der Auslegung für die Niederspannung⁸ erlauben konforme Steuereinheiten neben der Dimmung von steuerbaren Verbrauchseinrichtungen bzw. zugehöriger Netzanschlüsse die Kontrolle über Erzeugungsanlagen. Im Detail sieht der Industriestandard Schnittstellen wie den EEBUS zur digitalen Anbindung von (H)EMS oder einzelner steuerbarer Verbrauchseinrichtungen vor. Darüber hinaus können in diesem Kontext vor allem folgende Standards zum Einsatz kommen:

- *KNX*: Offener und international genutzter Industriestandard (u.a. Teil der ISO/IEC 14543-3) zur Automatisierung von Gebäuden, der bereits als Teil vom *Lastenheft Steuerbox* (Version 1.3) sowie der VDE-AR-E 2849-7 spezifiziert ist (VDE, 2021, 2024a),
- *Open Charge Point Protocol* (berücksichtigt in der IEC 63380 zur Kommunikation mit einem HEMS): Anbindung von Ladeeinrichtungen (Wallboxen) bzw. vorgelagerten Ladepunktreglern– es gibt die Möglichkeit der Übersetzung, u.a. für zukünftiges bidirektionales Laden, zwischen OCPP 2.1 (in Entwicklung) und IEC 61850 wie (Open Charge Alliance Foundation, 2023) ausführt, darüber hinaus setzt die aktuellste Version OCPP 2.0.1 auf *Transport Layer Security* (TLS)-Verschlüsselung (Reihs et al., 2023) und
- *SG Ready Label*: Betrieb von Wärmepumpen mit vier Betriebszuständen entweder per Relaissteuerung oder vergleichbarer digitaler Logik (BWP Marketing & Service GmbH, 2020).

Grundsätzlich ist eine digitale Schnittstelle aufgrund der erhöhten Funktionalität vorzuziehen. Insbesondere wenn die Nutzung vom iMSys für weitere Anwendungen zur Pflicht wird, sodass zukünftig über Softwareupdates weitere Datenflüsse über eine bestehende Steuereinheit abbildbar sind. Dabei ist jedoch zu beachten, dass jegliche IT-basierte Kommunikation mit einem Kommunikationsadapter bzw. einer Steuerbox verschlüsselt sein muss (vgl. (Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik, 2023b)), sodass bisher

⁸ Per Wandlungsmessung ist prinzipiell eine Verwendung in der Mittelspannung möglich (vgl. Westnetz GmbH (2023)).

im Markt übliche, unverschlüsselte Modbus-Verbindungen zu den DEA als Option wegfällen (Reihs et al., 2023).

So lange interoperable Standards wie EEBUS jedoch nicht als gesetzt anzusehen sind, ist die Fallback-Lösung der Relaissteuerung weiterhin zu unterstützen (bspw. für Wärmepumpen). Letzteres gilt ebenfalls für Bestandsanlagen auf Erzeugerseite mit derzeit eingebauter Rundsteuertechnik. Hier ist eine aufwandsarme Verknüpfung mit einer FNN-Steuerbox möglich. Gleichzeitig hat diese Lösung den Vorteil, dass eine klare IT-Netzwerk-trennung zwischen möglicherweise schlechter geschützten DEA-Altanlagen und der iMSys-Infrastruktur besteht. Die Möglichkeit der Kaskadenschaltung von FNN-Steuerboxen kann zudem die Fernschaltung von mehr als einer DEA hinter einem Netzanschlusspunkt ermöglichen. Für eine konsistente Belegung der Kontakte bietet das Forum Netztechnik/Netzbetrieb im VDE (2024a) einen hilfreichen Vorschlag für die Montage. Darüber hinaus sind die Konfigurationsoptionen einer lokalen Hinterlegung von Fahrplänen für die Fälle von TK-Abbrüchen sowie im Fall eines Stromnetzausfalls – mit der Festlegung eines individuellen Anfahrverhaltens – hilfreiche Funktionalitäten für den VNB, aber auch für andere steuernde Akteure (Abels et al., 2023).

Langfristig sollten für den Regelfall die Funktionalitäten der FNN-Steuerbox als gesonderte Hardwarekomponente in die Software von DEA bzw. vorgelagerte Komponenten wie einem (H)EMS oder ein SMGW überführt werden. Damit können vor allem Montagearbeiten reduziert werden als auch das ggf. beschränkte Platzangebot für Zählertechnik als Praxishindernis vermieden werden. Digitale Schnittstellen als auch eine darauf ausgelegte BSZ sind hierfür eine zentrale Grundlage. Hiervon profitieren auch weitere energie-wirtschaftlichen Anwendungsfälle wie die Regelreserve (RR)-Erbringung, die von erhöhter Steuerungsfähigkeit einer DEA profitieren.

Für das Segment der Großanlagen außerhalb der Niederspannung sind vor allem die die *DigENet II* Förderprojekte (s. Tabelle 1) von Bedeutung. Diese sollten in den nächsten Jahren Impulse für einen massenfähigen Pflichtrollout bei Anlagen größer 100 kW unter Verwendung digitaler Schnittstellen bieten. Messstellen- und Verteilnetzbetreiber sollten entsprechend der Ergebnisse dieser Vorhaben das eigene Vorgehen weiter ausdifferenzieren.

Verbundprojekt	Laufzeit	Beteiligte Akteure	Hauptthemen	Details
Messsysteme für Großherzeugungs-Anlagen (MeGA)	01.10.2023 – 30.09.2026	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Direktvermarkter ▪ iMSys-Infrastrukturlieferanten ▪ MSB ▪ ÜNB ▪ VNB ▪ Wissenschaft / F&E 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ iMSys-Integration von Großherzeugern (> 100 kW) ▪ Fokus: DV, RDP, RR, NWA 	Link
Performance in SMGW Applications (PISA)	01.12.2023 – 30.11.2026	<ul style="list-style-type: none"> ▪ iMSys-Infrastrukturlieferanten ▪ Lieferant ▪ MSB ▪ VNB ▪ Wissenschaft / F&E 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Entwicklung digitaler Netzan-schluss für Großherzeuger & -verbraucher (> 100.000 kWh) 	Link
SMGW als Sicherheitsanker für das Steuern im Systemverbund (SISSY)	01.12.2023 – 30.11.2026	<ul style="list-style-type: none"> ▪ iMSys-Infrastrukturlieferanten ▪ Stromlieferant ▪ MSB ▪ VNB ▪ Standardisierungsinitiative 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Massentauglichkeit vom iMSys-Rollout u.a. für §14 EnWG & Großherzeuger ▪ Steuerung direkt per SMGW ▪ Weiterentwicklung EEBUS 	Link
Wärme anbinden und netzdienlich nutzen (WARAN)	01.11.2023 – 31.10.2026	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fernwärmenetzbetreiber ▪ iMSys-Infrastrukturlieferanten ▪ Strom-/Wärmelieferant ▪ MSB ▪ VNB ▪ Wissenschaft / F&E 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ P2H/P2C-Integration per iMSys ▪ Digitalisierung von Wärmenetzen per iMSys 	Link
DV: Direktvermarktung NWA: Netzwiederaufbau RDP: Redispatch		RR: Regelreserve P2H: Power-to-Heat P2C: Power-to-Cold		

Tabelle 1 Kurzübersicht über derzeitige *DigENet II* Verbundvorhaben als zentrale Forschungsprojekte zur Weiterentwicklung der iMSys-Infrastruktur in Deutschland. Quelle: Eigene Darstellung, Datenbasis: EnArgus (Projekträger Jülich, 2024)

3.4 Zugriff auf kostengünstige und leistungsfähige TK-Infrastruktur

Damit die großskalierte Integration von iMSys u.a. mit der Ausnutzung der sich ergebenden erhöhten DEA-Steuerungs- und -Sichtbarkeitsvorteile für Verteilnetzbereiter realisierbar ist, ist eine leistungsfähige und kostengünstige Telekommunikationsinfrastruktur essenziell.

3.4.1 Handlungsempfehlung 9: Gezielte Nutzung und Weiterentwicklung der 450 MHz Infrastruktur

Gezielte Nutzung und Weiterentwicklung der 450 MHz-Infrastruktur

450 MHz-Netzbetreiber Anlagenbetreiber iMSys-Lieferanten Messstellenbetreiber

Verteilnetzbetreiber

Kurz- bis langfristig

Die 450 MHz Infrastruktur sollte in der Breite von Netzbetreibern genutzt werden, insbesondere wenn keine andere schwarzfallfeste Infrastruktur in einem Netzgebiet vorhanden ist. Dies dient auch dazu, langfristig eine Basis für die privilegierte Nutzung zu sichern. Es wird empfohlen, mit der Vorplanung der gezielten 450 MHz Nutzung von DEA zu beginnen, die für netz- bzw. systemkritische Situationen von großer Bedeutung sind, die Perspektive der Verteilnetzbetreiber ist hier entscheidend. Die Entscheidung, ob die Kommunikation an der Schnittstelle zur DEA schwarzfallfest oder nur schwarzfallrobust sein soll, muss getroffen werden. Kooperation mit den Messstellenbetreiber hinsichtlich der individuellen Netzwiederaufbau-Pläne als Teil der Netzwiederaufbau (NWA)-Planung – gemäß dem Maßnahmenkatalog der vier Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) – ist erforderlich und für die Messstellenbetreiber von Relevanz. Hier sind Realisierungsfristen bis maximal 2027 vorgesehen. (50Hertz et al., 2023a, 2023c)

Als grundsätzliche Leitlinie können folgende Anwendungen im iMSys-Umfeld priorisiert für das 450 MHz Mobilfunknetz zum Tragen kommen:

- Redundante TK-Anbindung von größeren Erzeugungs-/Speicheranlagen
 - strategischen Anlagen für die gesicherte Durchführung eines NWAs in Abhängigkeit der NWA-Pläne (s.o.)
 - Anlagen mit hohem Anteil einer netzorientierten Steuerung (insbesondere im Rahmen vom Redispatch 2.0)
 - oder die systemorientierte Steuerung für die Erbringung von Regelreserve (wie technischen Einheiten ab 30 MW präqualifizierter Regelreserve – Redundanz Pflicht im Fall von *automatic Frequency Restoration Reserve* (aFRR) (50Hertz et al., 2023b)).

- Anlagen mit hoher ökonomischer Bedeutung, dies gilt vor allem für Anlagen mit Anschluss an die Hoch- und Höchstspannung
- Anbindung von für die Netzzustandsschätzung besonders relevanter iMSys zur leistungsfähigen Übertragung minütlicher Netzzustandsdaten für die erfolgreiche Umsetzung einer netzorientierten Steuerung nach §14a EnWG
- Darüber hinaus erlaubt die erhöhte Signalausbreitung des Frequenzbands die Anbindung von Anlagen bzw. Zähleinrichtungen außerhalb des (ausreichenden) Empfangs öffentlicher Mobilfunknetze, welche ansonsten den kostengünstigeren WAN-Zugang im Regelfall darstellt.

Der Einsatz sollte sich aktuell auf diese Zwecke fokussieren, damit der tendenziell kostenintensivere Weg über 450 MHz nur bei einem besseren Kosten-Nutzen-Verhältnis zum Einsatz kommen muss. Insofern eine Ausweitung der Nutzungspflicht vom iMSys erfolgt, z.B. eine Ausweitung der *energiewirtschaftlich relevante Mess- und Steuerungsvorgänge / Daten* (ERD)-Definition, sollten weitere Kommunikationswege in Betracht gezogen werden. Dies gilt insbesondere für datenintensivere Anwendungen wie einer Betriebsführung auf Basis von *Predictive Maintenance*. Ein langfristiger Umstieg auf 5G sollte nichtsdestotrotz mittelfristig von Planungsseite initiiert werden, um von den erhöhten Leistungs- und IT-Sicherheitsoptionen im Bedarfsfall zu profitieren. Prinzipiell ist ein Umstieg im derzeitigen Netz auf 5G möglich (ENQT GmbH, 04.07.22). Im gleichen Zuge sollten die SMGW-Hersteller für einen möglichen, langfristigen *stand alone* 5G-Betrieb vom 450 MHz Netz ihre Hardware entsprechend aktualisieren. Eine potenzielle Umsetzung im Rahmen einer zukünftigen Nutzung öffentlicher Mobilfunknetze ist möglicherweise früher notwendig, insofern datenintensivere Nutzungen verstärkt zum Einsatz kommen sollen bzw. müssen.

3.4.2 Handlungsempfehlung 10: Förderung vom Ausbau bestehender Mobilfunk- und Breitbandinfrastrukturen



Aktuell sind vor allem Mobilfunknetze privater TK-Betreiber in Verwendung für den Betrieb der iMSys-Infrastruktur. Aufgrund der tendenziellen Zunahme von energiewirtschaftlichen Anwendungen mit zunehmenden Datenvolumen, sowie ggf. höheren Latenzanforderungen, wird die Nutzung von 4G- und 5G-Netzen zukünftig wichtiger (Bergsträßer, 2022). Insbesondere der flächige Ausbau ist aktuell von großer Bedeutung, vor allem für datensparsamere Aktivitäten wie klassisches Metering oder einzelne Wirkleistungsvorgaben. Es wäre diesbezüglich vorteilhaft, das Zieldatum 2029 für dünn besiedelte Regionen im Rahmen der geplanten Frequenznutzungsverlängerung weiter vorzuziehen.

Insofern das öffentliche Mobilfunknetz, das dezidierte 450 MHz Mobilfunknetz oder ein ggf. vorhandenes Powerline Netzwerk für den Anschluss nicht oder nur eingeschränkt zur Verfügung stehen, ist zukünftig der Weg über den TK-Zugang vom Letztverbraucher ein vorstellbarer Weg (Exner et al., 2023). Mögliche Vorteile sind Kostenersparnisse sowie höhere Bandbreiten. Hierfür sollte grundsätzlich der leistungsstarke Breitbandausbau in Deutschland weiter vorangetrieben werden, damit möglichst viele Letztverbraucher die zusätzlichen Datenmengen aufgrund eines iMSys möglichst ohne Komfortverluste in ihr eigenes Netzwerk aufnehmen können.

3.5 Umgang mit dem Fachkräftemangel

Da die Geschwindigkeit des iMSys-Rollouts aktuell maßgeblich von der Verfügbarkeit von Fachkräften abhängig ist, sind gezielte digitalgestützte Maßnahmen zum Umgang mit dem voraussichtlich längerfristigen Mangel anzustreben.

3.5.1 Handlungsempfehlung 11: Konsequenter und zielgerichteter Einsatz digitaler Werkzeuge im iMSys-Rollout zur Reduktion des Fachkräftebedarfs bei den Akteuren



Hinsichtlich des Einsatzes von Montagekapazitäten ist grundsätzlich folgende Randbedingung zur Kenntnis zu nehmen: Ein wirtschaftlicher MSB-Betrieb ist ausschließlich sichergestellt, wenn die Montage vom iMSys mit den ggf. nachgelagerten Komponenten innerhalb eines Besuchs erfolgreich umgesetzt werden kann (Behringer et al., 2024). Da Montagekapazitäten gleichzeitig nur begrenzt zur Verfügung stehen, sind an dieser Stelle Fachkräftemangel und Wirtschaftlichkeit zwei zentrale Treiber dieser Handlungsempfehlung.

Das Ereignis mit der Folge eines Montageeinsatzes beginnt grundsätzlich mit dem Begehren zum Einbau eines iMSys. Üblicherweise wird dies der grundständige Messstellenbetreiber, der Anschlussbetreiber oder der Letztverbraucher / Anlagenbetreiber (bzw. ein Beauftragter Dritter, z.B. Aggregator) sein. Ab diesem Zeitpunkt ist der beauftragte Messstellenbetreiber in der Federführung des Verfahrens. Im Sinne eines langfristigen Zielbilds sollte die anfragende Partei in einem *One-Stop-Shop* den gesamten Prozess überwachen können und ggf. notwendige Akteure in den Prozess bei Bedarf hinzuziehen. Eine Angliederung an die sich in Entwicklung befindliche VNB-Plattform *VNBdigital* wäre an dieser Stelle eine Möglichkeit (BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V., 2024). Hier müssten dann alle operativ tätigen Messstellenbetreiber je Netzgebiet eingebunden sein. Im Zuge der (geplanten) Position im Netzgebiet kann der Messstellenbetreiber anhand bestehender bzw. im Prozess eingereicherter WAN-, Anlagen- und Zähler-einrichtungsinformationen die genaue Ausgestaltung der iMSys-Infrastruktur planen. Sobald im Anschluss der Montagetermin vom Letztverbraucher / Anlagenbetreiber bestätigt worden ist, kann bei der Montage die finale Einrichtung der Netzwerke einschließlich einer Pegelmessung vorgenommen werden. Da zudem alle Komponenten im Sinne eines *Plug&Play* Konzepts bereits vorkonfiguriert sind, ist ausschließlich die Verkabelung bzw.

drahtlose Vernetzung der Komponenten notwendig (z.B. Ausnutzung 1:n-Strategie im LMN). Die Installationsdokumentation wird mithilfe eines lokal ausführbaren IT-Werkzeugs einfach und schnell dokumentiert. Diese wird ggf. bei erneuter Internetverbindung per *One-Stop-Shop* mit allen berechtigten Prozessbeteiligten geteilt. Im Fall einer Installation durch den grundzuständigen Messstellenbetreiber wird dieser Montagetermin mit einem intelligenten Planungswerkzeug festgelegt, das die viermonatige Flexibilität bis zur Installationspflicht in der Ressourcenplanung des Messstellenbetreibers bestmöglich ausnutzt. Mit dem erfolgreichen Abschluss der Installation beginnt die operative Phase, die keine weitere Anfahrten bis zum Hardwareausfall bzw. -ausbau benötigt, da alle weiteren operativen Aktivitäten per Remote-Zugriff lösbar sind. Da eine performante WAN-Anbindung ein Kernelement im Betrieb ist, wird diese engmaschig (Stundenbereich) und vollautomatisiert überwacht. (Wickert et al., 2024).

Diese Idealdarstellung soll ein grobes Zielbild darstellen, welches langfristig anzustreben ist. Die Details sind weiter auszuarbeiten, müssen jedoch im Kern die Notwendigkeit eines menschlichen Eingriffs auf das nötigste reduzieren. An dieser Stelle sei an die rund 22,3 Millionen Pflichteinbaueinfälle im Jahr 2032 nach dem §48 MsbG Digitalisierungsbericht erinnert (Beschlusskammer 8, 2024, S. 20–21). Eine konkretere Ausgestaltung des Anschlussprozesses von steuerbaren Verbrauchseinrichtungen mit einem *bundesweiten (VNB-)Portal* – mit möglichen Zwischenschritten einer Umsetzung über bspw. ein Montagetool – liefert der Vorschlag von Behringer et al. (2024). Dieser nutzt u.a. den EEBUS-Ansatz zur Verfügungstellung von standardisierten Anlageninformationen vom Hersteller einer DEA.

Insgesamt ist an dieser Stelle zu beachten, dass diese technischen Maßnahmen innerhalb der iMSys-Infrastruktur nicht isoliert verfolgt werden sollten. Zusätzliche Empfehlungen wie in Malin et al. (2023) oder Engels et al. (2023) sind ebenfalls zu Rate zu ziehen.

3.6 Bewältigung der kritischen Cybersicherheitslage

Konfrontiert mit der aktuellen Cybersicherheitslage, sind Maßnahmen zur Bewältigung notwendig. Durch das enorme Schadenspotential, und damit einhergehendem Vertrauensverlust, besteht hier weiterhin kontinuierlicher Handlungsbedarf.

3.6.1 Handlungsempfehlung 12: Aufnahme des Messstellenbetriebs als schützenswerte Einrichtung im Rahmen der deutschen NIS 2 Umsetzung

Aufnahme des Messstellenbetriebs als schützenswerte Einrichtung im Rahmen der deutschen NIS 2 Umsetzung

 iMSys-Lieferanten  Messstellenbetreiber  Politik (BMI, BMWK)

 Kurz- bis mittelfristig

Aufgrund der zukünftigen, zentralen Rolle des Messstellenbetriebs bei der Anlagenkommunikation, vor allem im Kontext der Steuerung von DEA, wie nach §14a EnWG oder zur Erfüllung der Fernsteuerbarkeit für die EEG-Direktvermarktung, ist eine vergleichbare Regulierung wie der von Netzbetreibern oder Aggregatoren nur folgerichtig wie folgende Ausführungen verdeutlichen sollen:

Beide Akteure sind zur Erfüllung ihrer wesentlichen Dienste derzeit üblicherweise auf eigene Lösungen für die Anlagenkommunikation angewiesen. Exemplarisch seien die weit verbreitete Rundsteuertechnik wie auch individuelle Steuerbox-Lösungen von Aggregatoren genannt (Bergsträßer, 2022; Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen, 2023). Mit dem iMSys-Rollout erfolgt eine Ablösung dieser bisherigen IKT-Lösungen bspw. durch eine FNN-Steuerbox vom Messstellenbetreiber im Zusammenspiel mit einem SMGW. Damit wird der Messstellenbetreiber ein essenzieller Teil der Kommunikationsstrecke z.B. vom Netzbetreiber oder Aggregator zur einzelnen DEA.

Aus diesem Grund sollte der Messstellenbetrieb spätestens mit dem größeren Einsatz im Bereich §14a EnWG sowie bei Erzeugern in der Niederspannung (NS) ab 2026, nach Erreichen des ersten Pflichtrollout-Meilensteins, stellt sich die Frage, ob eine kritische Größe der Steuerbarkeit durch größere Messstellenbetreiber bzw. deren Dienstleister erreicht ist. Entsprechend sollte spätestens zu diesem Zeitpunkt eine explizite Aufnahme der Organisationen zur Ausführung der Marktrolle „Messstellenbetreiber“ nach §3 (26b) EnWG als Einrichtungsart im Sektor Energie (s. Anlage 1 NIS2UmsuCG) vorgenommen werden. Darüber hinaus sollte juristisch sichergestellt sein, dass der Betrieb der Backendsysteme im Rahmen des steuernden Messstellenbetriebs (insb. CLS-Management

und Echtzeit-Universallbestellprozess) bei Überschreitung der Schwellenwerte unter die Regeln als KRITIS-Betreiber bzw. Betreiber kritischer Anlagen fallen.

Auch wenn der Messstellenbetreiber bisher nicht explizit in der NIS 2 Umsetzung vorgesehen ist, erscheint es nichtsdestotrotz sinnvoll, sich mit den potenziellen Auswirkungen auf den Messstellenbetrieb zeitnah auseinanderzusetzen. Dies gilt ebenso für die parallele CER-Richtlinie und die mit beiden Richtlinien verbundene CSA- und CER-EU-Verordnung.

3.6.2 Handlungsempfehlung 13: Langfristige Weiterentwicklung der IT-Sicherheitsarchitektur der iMSys-Infrastruktur zur Bewältigung zukünftiger Herausforderungen

Langfristige Weiterentwicklung der IT-Sicherheitsarchitektur der iMSys-Infrastruktur zur Bewältigung zukünftiger Herausforderungen

Forschung & Entwicklung iMSys-Lieferanten Messstellenbetreiber Politik (BMWK, BNetzA, BSI)

Langfristig

Grundsätzlich ist die Infrastruktur mithilfe des Ansatzes *security-by-design* mit zahlreichen Maßnahmen wie einer Public-Key-Infrastruktur zur eindeutigen Identifikation von vertrauenswürdigen Systemen, als auch als Grundlage von verschlüsselter TLS-Kommunikation zwischen fest konfigurierten Systemen, sowie die Reduktion des erlaubten, initialen Kommunikationsaufbaus zum iMSys aus dem WAN auf die Funktionsrolle des Gateway Administrators, bieten in Summe ein hohes IT-Schutzniveau. Nichtsdestotrotz ist die ursprüngliche IT-Architektur vor rund 13 Jahren entstanden (Greveler, 2016). Aus diesem Grund erscheint es sinnvoll, die bisherigen Ansätze einmal umfassend zu hinterfragen. Bei der Analyse sollten die neusten Möglichkeiten in der IKT eine Rolle spielen als auch neue IT-Sicherheitsarchitekturoptionen, exemplarisch sei der aktuell verstärkt diskutierte *Zero Trust Architecture* Ansatz genannt (Cao et al., 2024; Dhiman et al., 2024). Bei diesem wird grundsätzlich einem anderen System und den Informationen dieses Systems nicht vertraut. Als Resultat erfolgt bspw. eine kontinuierliche Verifizierung von Kommunikationsverbindungen statt wie üblich nur bei der Initiierung. Dabei sollte beachtet werden, dass die bisherige iMSys-Architektur bereits Aspekte von *Zero Trust* anwendet. Ein Beispiel ist

die datenzentrierte Zugriffskontrolle auf fest konfigurierbare Zählerdatenpunkte aus dem *Local Meteorological Network* für einen spezifischen passiven externen Marktteilnehmer.

Bei den theoretischen Betrachtungen sollte abschließend die erste Ermittlung von möglichen Übergangsszenarien von der heutigen auf die zukünftige Infrastruktur ein Schwerpunkt bilden. An diesem Punkt ist besonders wichtig einen Austausch mit aktuellen iMSys-Infrastrukturlieferanten wie EMT-System- und SMGW-Hersteller als auch mit der Anwendungsseite, insbesondere den Messstellenbetreibern, durchzuführen. Anschließend sollten die ersten theoretischen Ansätze schnellstmöglich in Labor- und Feldtestumgebungen hinsichtlich ihrer Praxistauglichkeit iterativ überprüft werden.

In Abhängigkeit von den identifizierten erfolgsversprechenden Ansätzen sind vermutlich kleinere bis größere Auswirkungen auf die bisherige iMSys-Architektur zu erwarten. Größere Veränderungen sollten idealerweise mittelfristig vermieden werden, um die bereits hohe Auslastung der Umsetzungsakteure nicht weiter zu forcieren.

Nichtsdestotrotz ist bei einem regulatorischen Ansatz zur Ausweitung der Pflichtnutzung vom iMSys als singulärer Zugang zu energierelevanten Einrichtungen zunehmend als potenzielles Angriffsziel von Bedeutung. Dies gilt ebenso aufgrund der wachsenden Verbreitung des Systems in kritischen Prozessen im Zuge der bereits bestehenden ERD-Pflichten. Gleichzeitig können die kommenden Nutzungen weitere bzw. verschärfte Anforderungen an die iMSys-Infrastruktur stellen, die möglicherweise heute nur unter unvorteilhaften Bedingungen erfüllbar sind. Aus diesen Gründen sollte bereits mittelfristig das Fundament für die langfristige Perspektive der Weiterentwicklung der Infrastruktur gelegt werden. Grundsätzlich ist hierbei eine Harmonisierung der nationalen Anforderungen mit der europäischen Ebene sehr zu begrüßen.

4. Schlussfolgerungen

Mit der Vorstellung des GNDEW, dem Gesetz zum Neustart der Digitalisierung der Energiewende, Ende 2022 ist ein neues Kapitel beim deutschen Smart Meter Rollout aufgeschlagen worden. Inwieweit die neuen Ansätze zum langfristigen Erfolg führen, wird die Zukunft im Detail zeigen. Dabei ist der grundsätzliche Ansatz einer aktuellen Fokussierung auf den netzorientierten Einsatz mit dem Kernelement der §14a EnWG Umsetzung insgesamt positiv zu bewerten. Primärer Hintergrund dieser Einschätzung ist das im Vergleich vorhandene Defizit der derzeit üblichen Kommunikation im Bereich der Niederspannungsebene aus Sicht eines Netzbetreibers. An diesem Punkt bietet das intelligente Messsystem drei zentrale Vorteile:

- 1) Ein sehr hohes IT-Sicherheitsniveau in einem Umfeld einer kritischen Bedrohungslage hinsichtlich potenziell schwerwiegender Cyberangriffe,
- 2) eine bilaterale Kommunikation zur Erfassung von Netz- und Anlagendaten aus der Fläche,
- 3) sowie die damit verbundene Möglichkeit zur Einwirkung in den Anlagenbetrieb am bzw. hinter dem Netzanschlusspunkt, einschließlich der prinzipiellen Möglichkeit einer Berücksichtigung von Bedürfnissen der Letztverbraucher bei entsprechender Ausstattung. Exemplarisch seien Heim- bzw. Gebäudeenergiemanagementsysteme genannt.

Als Folge wird das iMSys voraussichtlich als neues zentrales Werkzeug im Rahmen des Netzbetriebs einziehen, um den signifikanten Zuwachs an dezentralen Energieanlagen – vor allem in der Niederspannung – zu bewältigen. Dabei ist von großer Bedeutsamkeit der neu entstehende, enge Abstimmungsbedarf zwischen Netzbetreiber und dem jeweils zuständigen Messstellenbetreiber. In der Historie konnten Netzbetreiber primär mit eigenen Mitteln die Versorgungssicherheit gewährleisten, indem sie beispielsweise eigene Kommunikationskanäle zu Energieanlagen etablierten als auch ihre Messtechnik direkt an die eigenen Netzleitsysteme einbinden ließen. Mit der Einführung vom iMSys ist jedoch der Messstellenbetreiber der neue zentrale Akteur, der den Zugang zu relevanten Daten als auch die Steuerbarkeit in der Fläche ermöglicht. Damit diese Schnittstelle nicht zum Engpass wird, ist ein langfristiger Fokus auf diese neue Abhängigkeit notwendig. Dies schließt zum Beispiel den möglichst einfachen Austausch mit wettbewerblichen

Messstellenbetreibern ein, als auch die vermutlich zunehmende Notwendigkeit einer zusätzlich abgesicherten Darbietung der Messstellenbetreiber basierten Anlagenkommunikation in Netz- und Versorgungswiederaufbausituationen. Regulatorisch bietet §34(4) MsbG bereits den Rahmen für zukünftige Aktivitäten, vorrangig auf Seiten der Messstellenbetreiber, der Netzbetreiber sowie der Anlagenbetreiber. Darüber hinaus stellt sich spätestens langfristig die Frage, ob die Messstellenbetreiber in ihrer neuen zentralen Rolle nicht explizit unter die neuen NIS 2 Vorgaben – als schützenswerte Einrichtungsart – fallen sollten.

Auf der anderen Seite sind weitere Marktakteure bereits, oder ggf. zukünftig, davon betroffen, die neue Kommunikation über das intelligente Messsystem zu nutzen. In diesem Kontext bietet einerseits das angepasste Messstellenbetriebsgesetz nach der GNDEW-Novelle Planungssicherheit, da die energiewirtschaftlichen Anwendungsfälle bezüglich energiewirtschaftlich relevanter Daten festgelegt sind, andererseits schafft die Änderung des EEG 2023 im Rahmen des Solarpakets I(b), der Neueinführung vom §95(2a), bzw. die am 22.12.2023 eingeführte Novellierung vom §19(2) MsbG hinsichtlich §14a EnWG Anlagen, neue Unsicherheiten für die Anlagenkommunikation. Hintergrund ist die mögliche Einschränkung von bisher üblichen Anbindungen im Regelfall über das öffentliche Internet, die jedoch aus IT-Sicherheitsicht tendenziell kritisch anzusehen ist. Hierbei kann die Bundesregierung, unter der Zuhilfenahme von Rechtsverordnungen mit Ausschluss einer Beteiligung vom Bundesrat, diese Zugriffsoption zukünftig einschränken. Mit einer transparenten Strategie der Bundesregierung, vor allem zum langfristigen Umgang mit der zweiten WAN-Schnittstelle, könnte den Marktakteuren mehr Planungssicherheit und damit Investitionssicherheit geboten werden.

Grundsätzlich ist diese Möglichkeit zu begrüßen, da bei erhöhter Relevanz von kritischen Anlagenanbindungen, wie beispielsweise einer Vielzahl an Stecksolargeräten, systemkritische Mengen langfristig erreicht werden können. Nichtsdestotrotz sind potenzielle Einschränkungen mit gegebenenfalls erheblichen Aufwänden der Anlagenbetreiber sowie der Anlagenhersteller verbunden, insofern eine ausschließliche Anbindung per iMSys vorgeschrieben wird. Im Einzelfall sind möglicherweise längere Übergangszeiträume entscheidend, sodass bisherige Funktionalitäten migriert werden können, idealerweise ohne Auswirkungen für die Nutzenden, wie zum Beispiel unter der alleinigen Zuhilfenahme von

Softwareupdates. Zusätzlich ist zu beachten, dass Anlagenhersteller in die Lage versetzt werden müssen, in einer möglicherweise bisher nicht bestehenden Kooperation mit den Messstellenbetreiber, den Wechsel der WAN-Anbindung fristgerecht umzusetzen. Als allgemeine Leitlinie empfiehlt es sich einen ausgewogenen Technologiemark anzustreben, dessen Einschränkung – mit einer iMSys-Pflicht – sich an eindeutig nachweisbaren Systemgefährdungen orientiert.

Darüber hinaus müssen sich insbesondere Anlagenhersteller sowie dazugehörige Komponentenhersteller zur Steuerung von dezentralen Energieanlagen – z.B. HEMS-Anbieter – an die neuen Vorgaben der BSI-TR-03109-5 adaptieren. Kurzfristig bis mittelfristig sind in Kooperation mit grundständigen Messstellenbetreibern vor allem Anbindungen an eine gesonderte FNN-Steuerbox mit EEBUS und/oder Relaischaltung im Bereich der Niederspannung zu erwarten.

In welcher Form sich einheitliche Lösungswege für die höheren Spannungsebenen entwickeln, hängt derzeit unter anderem von den Ende 2023 gestarteten Projektergebnissen der *DigENet II* Forschungsvorhaben ab. Bis dahin kann ein Fokus auf rundsteuergesteuerten Bestandsanlagen mit Relaischaltung liegen, die in der Niederspannung und Mittelspannung vermehrt anzutreffen sind, und mithilfe eines iMSys in eine einheitliche bidirektionale Anbindung überführt werden können. Sobald im sogenannten Großanlagen-segment über 100 kW installierter Leistung mehr Klarheit hinsichtlich digitaler Schnittstellen herrscht, die jedoch erst mittel- bis langfristig zu erwarten ist, ist eine skalierte iMSys-Umsetzung bis dahin nicht zielführend.

Im Zuge der Einführung der neuen iMSys-Infrastruktur ergeben sich darüber hinaus neue Chancen, die unter anderem folgende Aspekte betreffen:

1. Nutzbarmachung der dezidierten, schwarzfallfesten 450 MHz TK-Infrastruktur, die einerseits schwer zugängliche Messstellen anbindbar macht, und andererseits zum Beispiel für den Extremfall *Netzwiederaufbau* einen großen Mehrwert im Vergleich zum Status Quo liefert. Hierfür ist jedoch eine enge Abstimmung zwischen Übertragungsnetzbetreiber, Verteilnetzbetreiber und Anlagenbetreiber notwendig, damit die Kontinuität neuer hilfreicher Datenflüsse erhalten bleibt.
2. Einheitlicher und koordinierter Zugriff bei der Flexibilisierung von dezentralen Energieanlagen: Mithilfe einer i.S. des Zielbilds erreichten, interoperablen iMSys-

Infrastruktur wird es erstmalig möglich DEA mit geringen Aufwänden für verschiedene Akteure einzubinden und dabei gleichzeitig verschiedene Steuervorgaben zu koordinieren, ohne das beispielsweise auf Erzeugungsseite aus Vereinfachungsgründen nur der niedrigste Sollwert priorisiert wird.

Gleichzeitig ist die iMSys-Einführung für Messstellenbetreiber eine nicht zu unterschätzende Herausforderung. Unter einem dynamischen Umfeld regulatorischer Anforderungen, verbunden mit einer Vielzahl an zeitlichen Umsetzungsfristen, ist grundsätzlich eine strategische Neuaufstellung gefragt. Dies gilt vor allem für grundständige Messstellenbetreiber, deren bisheriges Tätigkeitsfeld mit dem Hauptfokus Abrechnung sich erheblich erweitert. Primär betrifft dies die Thematik rund um die Anlagenkommunikation als auch neue wettbewerbliche Tätigkeitsfelder wie Submetering. Letzteres ist jedoch ein mahnendes Beispiel dafür, dass ein verzögerter Rollout vom iMSys den breiten Einsatz alternativer Ansätze fördert, insofern der regulatorische Rahmen einen Technologiemix zulässt. Ob das intelligente Messsystem langfristig in diesem spezifischen Anwendungsfall mit höherer Marktdurchdringung eine größere Rolle spielen wird, wird die Zukunft zeigen. Förderlich kann an dieser Stelle das Wertversprechen eines höheren Datenschutzniveau sein, welches durch die Option einer langfristigen Pflichtnutzung der LMN-Schnittstelle, über den Stromsektor hinaus, gefördert werden kann.

Kern der neuen Aktivitäten der grundständigen Messstellenbetreiber bleiben jedoch die zwei neuen Hauptstränge. Erstens, der Pflichtrollout mit gesetzlich verankerten Zielen, und Zweitens, der optionale Rollout aufgrund des gesetzlichen Anspruchs für einen iMSys-Einbau bei kleineren Letztverbrauchern und Anlagenbetreibern. Damit Letzteres nicht die tendenziell enger werdenden Ressourcen – Stichwort Fachkräftemangel – für den Pflichtrollout übernutzt, sind möglichst eindeutige akteursübergreifende Prozesse vonnöten. Dabei sollte das feste Ziel sein, dass ausschließlich ein Montagebesuch für die iMSys-Installation vor Ort notwendig ist. Grundlage ist, dass alle dafür notwendigen Informationen über massenfähige, digitalisierte Optionen austauschbar sind. An dieser Stelle bietet sich insbesondere eine einheitliche, deutschlandweite Lösung an, die u.a. auf den bisherigen Aktivitäten von *VNBdigital* aufsetzt, um bei allen DEA-Installationen bzw. -Neu-

konfigurationen den zuständigen Messstellenbetreiber mit allen weiteren beteiligten Akteuren rund um einen betreffenden Letztverbraucher bzw. Anlagenbetreiber an einem zentralen Punkt einzubinden.

Damit diese Akteure, die vor allem in der Niederspannung aus der breiten Bevölkerung kommen, nicht aus weiterhin vorhandener Unwissenheit eine abwehrende Haltung zum intelligenten Messsystem entwickeln, ist eine breite Informationskampagne über alle beteiligten Akteure hinweg gefragt. Dabei sollten zwei Aspekte im Fokus der Kommunikation stehen: einerseits die individuelle Hebung von Anwendungen mit vorteilhaftem Kosten-Nutzen-Verhältnis, und andererseits die datenschutzwahrenden Eigenschaften der neuen iMSys-Infrastruktur.

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Beschreibung
450 MHz-NB	450 MHz (Mobilfunk-)Netzbetreiber
aEMT	aktiver externer Marktteilnehmer
aFRR	<i>automatic Frequency Restoration Reserve</i> (Sekundärregelreserve)
ANB	Anschlussnetzbetreiber
API	<i>Application Programming Interface</i>
APT	<i>Advanced Persistent Threat</i>
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
BNetzA	Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen
BSI	Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik
BSZ	beschleunigte Sicherheitszertifizierung
CC	<i>Common Criteria</i>
CER	<i>Critical Entities Resilience</i>
CLS	<i>Controllable Local System</i>
CRA	<i>Cyberresilience Act</i>
CSA	<i>Cybersecurity Act</i>
DEA	dezentrale Energieanlagen
EAF	Energieanwendungsfall
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
E-Kfz	Elektro kraftfahrzeugen
EMT	externer Marktteilnehmer (unterteilt in die Funktionsrollen aEMT und pEMT)
ENISA	<i>European Union Agency for Cybersecurity</i>
EnWG	Energiewirtschaftsgesetz
ERD	energie wirtschaftlich relevante Mess- und Steuerungsvorgänge / Daten
EU	Europäische Union
EUCC	<i>European Cybersecurity Certification Schemes</i>
GNDEW	Gesetz zum Neustart der Digitalisierung der Energiewende
gMSB	grundzuständiger Messstellenbetreiber
GWA	Gateway Administrator

HAN	<i>Home Area Network</i>
(H)EMS	(Heim-)Energiemanagementsystem
HeizkostenV	Heizkostenverordnung
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
IKT	Informations- und Kommunikationstechnik
iMSys	intelligentes Messsystem
iRLMSys	intelligentes registrierendes Leistungsmessungssystem
IoT	<i>Internet of Things</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
IT	Informationstechnik
KRITIS	kritische Infrastruktur
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunde
KWKG	Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz
LAN	<i>Local Area Network</i>
LMN	<i>Local Meteorological Network</i>
LPC	<i>Limitation of Power Consumption</i>
MessEV	Mess- und Eichverordnung
MHz	Megahertz
MSB	Messstellenbetreiber (unterteilt in die Marktrollen gMSB und wMSB)
MsbG	Messstellenbetriebsgesetz
MW	Megawatt
NIS	<i>Network and Information Security</i>
NIS2UmsuCG	NIS-2-Umsetzungs- und Cybersicherheitsstärkungsgesetz
NS	Niederspannung
NWA	Netzwiederaufbau
OCPP	<i>Open Charge Point Protocol</i>
(Open-)RAN	<i>(Open) Radio Access Network</i>
OT	<i>Operational Technology</i>
pEMT	passiver externer Marktteilnehmer

PDE	Produkt mit digitalen Elementen
POG	Preisobergrenze
PP	<i>Protection Profile</i> (Schutzprofil)
PTB	Physikalisch-Technische Bundesanstalt
PV	Photovoltaik
RLM	registrierende Leistungsmessung
RR	Regelreserve
SLP	Standardlastprofilkunden
SME	Submetering
SMGW	<i>Smart Meter Gateway</i>
TAF	Tarifanwendungsfall
TK	Telekommunikation
TKG	Telekommunikationsgesetz
TLS	<i>Transport Layer Security</i>
TR	technische Richtlinie
ÜNB	Übertragungsnetzbetreiber
VBEW	Verband der Bayerischen Energie- und Wasserwirtschaft e.V.
VDE (FNN)	(Forum Netztechnik/Netzbetrieb im) Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V.
VDE-AR-E	elektrotechnische VDE Anwendungsregel
VNB	Verteilnetzbetreiber
VPN	<i>Virtual Private Network</i>
WAN	<i>Wide Area Network</i>
wMSB	wettbewerblicher Messstellenbetreiber

Literaturangaben

- 1&1 AG (2023) *1&1 O-RAN: Start mobiler Dienste im modernsten 5G-Netz Europas - 1&1* [Online], Montabaur. Verfügbar unter <https://unternehmen.1und1.de/corporate-news/2023/11-o-ran-start-mobiler-dienste-im-modernsten-5g-netz-europas/>.
- 450connect GmbH (2022a) *450connect beauftragt Nokia mit Lieferung der Netztechnik für das LTE450-Netz für kritische Infrastrukturen in Deutschland - 450connect* [Online], Köln. Verfügbar unter <https://www.450connect.de/450connect-beauftragt-nokia-mit-lieferung-der-netztechnik-fuer-das-lte450-netz-fuer-kritische-infrastrukturen-in-deutschland?s=&cat=18> (Abgerufen am 7 März 2022).
- 450connect GmbH (2022b) *TMZ nimmt erfolgreich das erste LTE450-Smart Meter Gateway in Thüringen in Betrieb* [Online], Erfurt/Köln/Mannheim. Verfügbar unter <https://www.450connect.de/tmz-nimmt-erfolgreich-das-erste-lte450-smart-meter-gateway-in-thueringen-in-betrieb>.
- 450connect GmbH (2022c) *Vantage Towers stellt deutschlandweit Funktürme für das krisensichere Funknetz von 450connect bereit - 450connect* [Online], Düsseldorf. Verfügbar unter <https://www.450connect.de/vantage-towers-stellt-deutschlandweit-funktuerme-fuer-das-krisensichere-funknetz-von-450connect-bereit?s=&cat=18> (Abgerufen am 7 März 2022).
- 450connect GmbH (2022d) *450connect beauftragt HUBER+SUHNER als Lieferant für LTE450MHz-Antennen* [Online], Köln. Verfügbar unter <https://www.450connect.de/aktuelles-medien/pressemitteilungen/detail/450connect-beauftragt-huber-suhner-als-lieferant-fuer-lte450mhz-antennen>.
- 450connect GmbH (2022e) *Mit Smart Metern und 450MHz in die Energiewende* [Online], Köln. Verfügbar unter <https://www.450connect.de/aktuelles-medien/pressemitteilungen/detail/mit-smart-metern-und-450-mhz-in-die-energiewende>.
- 450connect GmbH (2023) *Versorger-Allianz 450 und 450connect schließen Funkdienstrahmenvertrag* [Online]. Verfügbar unter <https://www.450connect.de/aktuelles-medien/pressemitteilungen-news/detail/versorger-allianz-450-und-450connect-schliessen-funkdienstrahmenvertrag>.
- 450connect GmbH (2024) *450connect auf der E-world energy & water 2024: Zuverlässige Kommunikationslösungen für kritische Infrastrukturen* [Online], Köln. Verfügbar unter <https://www.450connect.de/aktuelles-medien/pressemitteilungen/detail/450connect-auf-der-e-world-energy-water-2024-zuverlaessige-kommunikationsloesungen-fuer-kritische-infrastrukturen-1>.
- 50Hertz, Amprion, TenneT & TransnetBW (Hg.) (2023a) *ER-Verordnung Maßnahmenkatalog Netzwiederaufbauplan: ER-Verordnung* [Online]. Verfügbar unter <https://www.netztransparenz.de/de-de/Strommarktdesign/ER-Verordnung/Ma%C3%9Fnahmenkatalog-Netzwiederaufbauplan>.
- 50Hertz, Amprion, TenneT & TransnetBW (Hg.) (2023b) *Mindestanforderungen an die Informationstechnik des Reservenanbieters zur Erbringung von Regelreserve* [Online]. Verfügbar unter https://www.regelleistung.net/xspproxy/api/StaticFiles/Regelleistung/Infos_f%C3%BCr_Anbieter/Wie_werde_ich_Regelenergieanbieter_Pr%C3%A4qualifikation/IT-Anforderungen_FCR_aFRR_mFRR/01__IT_Mindestanforderungen.pdf.
- 50Hertz, Amprion, TenneT & TransnetBW (Hg.) (2023c) *1. Ergänzung zum Maßnahmenkatalog der vier deutschen Übertragungsnetzbetreiber mit Regelzonenverantwortung zum Netzwiederaufbauplan gemäß Artikel 4 Absatz 2 Buchstabe c sowie Artikel 23 Absatz 4 Buchstabe c EU-VO 2017/2196* [Online]. Verfügbar unter <https://www.netztransparenz.de/xspproxy/api/staticfiles/ntp-relaunch/dokumente/strommarktdesign/emergency%20and%20restoration/>

ma%C3%9Fnahmenkatalog%20netzwiederaufbauplan/1_erg%C3%A4nzung_ma%C3%9Fnahmenkatalog_nwap.pdf.

- 50Hertz, Amprion, TenneT & TransnetBW (Hg.) (2024) *Bestätigung Starttermin zur Einführung der FSV SEAL* [Online]. Verfügbar unter <https://www.regelleistung.net/de-de/News/Detail/14522/bestaetigung-starttermin-zur-einfuehrung-der-fsv-seal>.
- 5G-Anbieter.info (Hg.) (2023) *Halbjahresbericht 2023: 5G-Ausbau in Deutschland geht fast überall stetig voran: 5G kommt langsam in der Breite an: Aktueller Stand zum bundesweiten 5G-Ausbau* [Online]. Verfügbar unter <https://www.pressebox.de/pressemitteilung/5g-anbieterinfo/halbjahresbericht-2023-5g-ausbau-in-deutschland-geht-fast-ueberall-stetig-voran/boxid/1164454>.
- Abels, A., Becker, H., Bergsträber, J., Fleßner, T., Good, G., Holicki, L., Liebehentze, S., Schellien, T., Schürmann, G. & Spanel, U. (2023) *Systemdienliche Anforderungen an Dezentrale Erzeugungsanlagen zur Unterstützung in kritischen Netzsituationen und des Netzwiederaufbaus (SysAnDUK): Abschlussbericht* [Online]. Verfügbar unter <https://doi.org/10.24406/publica-1564>.
- Arbeitsgruppe Messkonzepte (2024) *VBEW-Messkonzepte: Handout zur Auswahl der Messkonzepte* [Online]. Verfügbar unter <https://shop.vbew-gmbh.de/produkt/vbew-messkonzepte-und-verdrahtungsschemen/>.
- BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (Hg.) (2023) *Einführungsszenario Universalbestellprozess zur BNetzA-Festlegung BK6-22-128: Anwendungshilfe* [Online]. Verfügbar unter https://www.bdew.de/media/documents/Einf%C3%BChrungsszenario_Universalbestellprozess_Version_1.3.pdf.
- BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (Hg.) (2024) *VNBdigital* [Online], Berlin. Verfügbar unter <https://www.vnbdigital.de/>.
- Behringer, C., Ruland, H., Lütjen, W., Suding, T., Ostermann, A. & Sawatzki, J. (2024) *Integrationsprozess Energieinfrastruktur: Ein unit-e² Leitfaden zur digitalen und standardisierten Inbetriebnahme steuerbarer Verbrauchseinrichtungen (SteuVEs)* [Online]. Verfügbar unter https://unit-e2.de/media/White_Paper_Installationsprozess_2spaltig_layout.pdf.
- Bergsträber, J. (2022) *Herausforderungen bei der Digitalisierung der Energieversorgung* [Online]. Verfügbar unter https://ariadneprojekt.de/media/2022/11/Ariadne-Hintergrund_DigitalisierungEnergieversorgung_November2022.pdf.
- Beschlusskammer 1 (2024) *Konsultationsentwurf zur übergangsweisen Verlängerung von Frequenzen in den Bereichen 800 MHz, 1.800 MHz und 2.600 MHz* [Online]. Verfügbar unter https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Frequenzen/OffentlicheNetze/Mobilfunk/EntwurfPKE2024.pdf?__blob=publicationFile&v=1.
- Beschlusskammer 6 (2022) *Festlegung zur prozessualen Abwicklung von Steuerungshandlungen in Verbindung mit intelligenten Messsystemen (iMS) (Universalbestellprozess)* [Online]. Verfügbar unter https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Beschlusskammern/1_GZ/BK6-GZ/2022/BK6-22-128/Anlagen_Beschluss/BK6-22-128_Beschlussvom20221121.pdf?__blob=publicationFile&v=1.
- Beschlusskammer 6 (2023a) *Beschluss in dem Festlegungsverfahren zur Integration von steuerbaren Verbrauchseinrichtungen und steuerbaren Netzanschlüssen nach § 14a Energiewirtschaftsgesetz* [Online]. Verfügbar unter https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Beschlusskammern/1_GZ/BK6-GZ/2022/BK6-22-300/Beschluss/BK6-22-300_Beschluss_20231127.pdf?__blob=publicationFile&v=1.

- Beschlusskammer 6 (2023b) *Festlegung zur Durchführung der netzorientierten Steuerung von steuerbaren Verbrauchseinrichtungen und steuerbaren Netzanschlüssen nach § 14a EnWG: Anlage 1 zum Beschluss BK6-22-300* [Online]. Verfügbar unter https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Beschlusskammern/1_GZ/BK6-GZ/2022/BK6-22-300/Beschluss/BK6-22-300_Beschluss_Anlage1.pdf?__blob=publicationFile&v=1.
- Beschlusskammer 6 & Beschlusskammer 7 (2023) *Positionspapier zu energiewirtschaftlich relevanten Mess- und Steuerungsvorgängen nach § 19 Absatz 2 MsbG* [Online], Bonn. Verfügbar unter https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Beschlusskammern/1_GZ/BK6-GZ/2022/BK6-22-253/BK6-22-253_Positionspapier_V2_download.pdf?__blob=publicationFile&v=4.
- Beschlusskammer 6 & Beschlusskammer 7 (2024) *Mit-tei-lung Nr. 40 zu den Da-ten-for-ma-ten zur Ab-wick-lung der Markt-kom-mu-ni-ka-ti-on: Konsultation von Nachrichtentypversionen für den Umsetzungstermin 01.04.2025* [Online]. Verfügbar unter <https://www.bundesnetzagentur.de/1009200>.
- Beschlusskammer 8 (2023a) *Beschluss: Festlegung von Netzentgelten für steuerbare Anschlüsse und Verbrauchseinrichtungen (NSAVER) nach § 14a EnWG* [Online]. Verfügbar unter https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Beschlusskammern/1_GZ/BK8-GZ/2022/2022_4-Steller/BK8-22-0010/BK8-22-0010-A_Festlegung_Download.pdf?__blob=publicationFile&v=5.
- Beschlusskammer 8 (2023b) *Eckpunkte zur Festlegung Kosten des Messwesens: öffentliche Konsultation* [Online]. Verfügbar unter https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Beschlusskammern/1_GZ/BK8-GZ/2023/2023_4-Steller/BK8-23-0007/BK8-23-0007-A_Eckpunktepapier_Download_BF.pdf?__blob=publicationFile&v=3.
- Beschlusskammer 8 (2024) *Beschluss in dem Verwaltungsverfahren nach § 118 Abs. 46e EnWG i.V.m. § 29 Abs. 1 EnWG; § 3 Abs. 1 i.V.m. § 7 MsbG wegen Festlegung zur regulatorischen Behandlung der beim Anschlussnetzbetreiber nach MsbG entstehenden Kosten* [Online]. Verfügbar unter https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Beschlusskammern/1_GZ/BK8-GZ/2023/2023_4-Steller/BK8-23-0007/BK8-23-0007-A_Festlegung_Download_BF.pdf?__blob=publicationFile&v=8.
- Böhm, R., Hallak, G. & Nollau, A. (2023) *Kommunikationsschnittstelle für die Energiesteuerung: Der praktische Einsatz der VDE-AR-E 2829-6 Reihe* [Online]. Verfügbar unter <https://www.dke.de/resource/blob/2290086/bd8d9222bab5d253e7996935ea70fe6f/dke-bluepaper-kommunikationsschnittstelle-fuer-die-energiesteuerung---download-data.pdf>.
- Breddermann, C. & Henger, R. (2024) *Großes ungenutztes Potenzial beim Mieterstrom*, IW-Kurzbericht 41 [Online]. Verfügbar unter https://www.iwkoeln.de/fileadmin/user_upload/Studien/Kurzberichte/PDF/2024/IW-Kurzbericht_2024-Mieterstrom.pdf.
- Bundesagentur für Arbeit (Hg.) (2023a) *Engpassanalyse* [Online]. Verfügbar unter <https://statistik.arbeitsagentur.de/DE/Navigation/Statistiken/Interaktive-Statistiken/Fachkraeftebedarf/Engpassanalyse-Nav.html>.
- Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) (Hg.) (2014) *Protection Profile for the Gateway of a Smart Metering System (Smart Meter Gateway PP): Schutzprofil für die Kommunikationseinheit eines intelligenten Messsystems für Stoff- und Energiemengen* [Online]. Verfügbar unter https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/Zertifizierung/Reporte/ReportePP/pp0073b_pdf.pdf?__blob=publicationFile&v=1.
- Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) (Hg.) (2021) *Anforderungen an die Interoperabilität der Kommunikationseinheit eines intelligenten Messsystems: Technische Richtlinie BSI TR-03109-1* [Online]. Verfügbar unter <https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/>

[BSI/Publikationen/TechnischeRichtlinien/TR03109/TR03109-1.pdf?__blob=publicationFile&v=4](https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/Publikationen/TechnischeRichtlinien/TR03109/TR03109-1.pdf?__blob=publicationFile&v=4).

Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) (Hg.) (2023a) *Aufruf zur Teilnahme an der Pilotphase des BSZ Geltungsbereichs „Komponenten im HAN des SMGW“* [Online]. Verfügbar unter https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/SmartMeter/Aufruf/Aufruf_BSZ-Geltungsbereich_Komponenten_HAN_SMGW.pdf?__blob=publicationFile&v=4.

Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) (Hg.) (2023b) *Die Lage der IT-Sicherheit in Deutschland 2023* [Online]. Verfügbar unter https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/Publikationen/Lageberichte/Lagebericht2023.pdf?__blob=publicationFile&v=7.

Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) (Hg.) (2023c) *Technische Richtlinie BSI-TR-03109-5: Kommunikationsadapter* [Online]. Verfügbar unter https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/G/gws-rc-tr-03109-5-v1.pdf?__blob=publicationFile&v=4.

Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) (Hg.) (2023d) *Testspezifikation zur Technischen Richtlinie TR-03109-5: TS-03109-5* [Online]. Verfügbar unter https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/Publikationen/TechnischeRichtlinien/TR03109/TR-03109-5_Testspezifikation.html?nn=1095618.

Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) (Hg.) (2024a) *Dokumente für die BSZ* [Online]. Verfügbar unter https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/Unternehmen-und-Organisationen/Standards-und-Zertifizierung/Zertifizierung-und-Anerkennung/Zertifizierung-von-Produkten/Beschleunigte-Sicherheitszertifizierung/BSZ-AIS/Dokumente_BSZ_Node.html.

Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) (Hg.) (2024b) *Zertifikate zur Technische Richtlinie BSI-TR-03109-5* [Online], Bonn. Verfügbar unter https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/Unternehmen-und-Organisationen/Standards-und-Zertifizierung/Smart-metering/Kommunikationsadapter/Zertifikate/Zertifikate_TR_03109-5_node.html.

Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) (2024c) *BSZ-Geltungsbereich „Komponenten im HAN des SMGW“ eröffnet* [Online], BSI. Verfügbar unter https://www.bsi.bund.de/DE/Service-Navi/Presse/Alle-Meldungen-News/Meldungen/BSZ-Geltungsbereich_HAN_SMGW_240701.html.

Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) & Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (Hg.) (2021) *Stufenmodell zur Weiterentwicklung der Standards für die Digitalisierung der Energiewende: Energiewirtschaftliche Anwendungsfälle* [Online]. Verfügbar unter https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/SmartMeter/Stufenmodell/Energiewirtschaftliche_Anwendungsfaeelle.pdf?__blob=publicationFile&v=5.

Bundesministerium der Justiz (Hg.) (2023a) *Gesetz zum Neustart der Digitalisierung der Energiewende* [Online], Bonn. Verfügbar unter https://www.clearingstelle-eeg-kwkg.de/sites/default/files/2023-05/BGBl_2023_I_Nr_133.pdf.

Bundesministerium der Justiz (Hg.) (2023b) *Gesetz zur Anpassung des Energiewirtschaftsrechts an unionsrechtliche Vorgaben und zur Änderung weiterer energierechtlicher Vorschriften* [Online]. Verfügbar unter <https://www.clearingstelle-eeg-kwkg.de/sites/default/files/2024-01/BGBl.pdf>.

Bundesministerium der Justiz (Hg.) (2024a) *Vierte Verordnung zur Änderung der Mess- und Eichverordnung* [Online]. Verfügbar unter https://www.recht.bund.de/bgbl/1/2024/27/regelungstext.pdf?__blob=publicationFile&v=2.

- Bundesministerium der Justiz (Hg.) (2024b) *Gesetz zur Änderung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes und weiterer energiewirtschaftsrechtlicher Vorschriften zur Steigerung des Ausbaus photovoltaischer Energieerzeugung vom 8. Mai 2024: EEGuEnWRÄndG / Solarpaket I(b)* [Online]. Verfügbar unter <https://www.recht.bund.de/eli/bund/bgbl-1/2024/151>.
- Bundesministerium des Innern und für Heimat (BMI) (Hg.) (2023) *Entwurf eines Gesetzes zur Umsetzung der CER-Richtlinie und zur Stärkung der Resilienz kritischer Anlagen: (KRITIS-Dachgesetz – KRITIS-DachG)* [Online]. Verfügbar unter https://ag.kritis.info/wp-content/uploads/2023/12/231221_Referentenentwurf_KRITIS-DachG.docx.
- Bundesministerium des Innern und für Heimat (BMI) (Hg.) (2024) *Entwurf eines Gesetzes zur Umsetzung der NIS-2-Richtlinie und zur Regelung wesentlicher Grundzüge des Informationssicherheitsmanagements in der Bundesverwaltung: NIS-2-Umsetzungs- und Cybersicherheitsstärkungsgesetz* [Online]. Verfügbar unter https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/gesetzgebungsverfahren/DE/Downloads/referentenentwuerfe/C11/NIS-2-RefE.pdf?__blob=publicationFile&v=5.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) (Hg.) (2022) *Gesetzgebungsverfahren: Entwurf eines Gesetzes zum Neustart der Digitalisierung der Energiewende* [Online]. Verfügbar unter <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Service/Gesetzesvorhaben/neustart-der-digitalisierung-der-energiewende.html>.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) (2024) *Fünfte Sitzung des Ausschuss Gateway-Standardisierung* [Online], Virtuell. Verfügbar unter https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/G/gws-presentation-5-sitzung.pdf?__blob=publicationFile&v=4.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) & Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) (2023) *Vierte Sitzung des Ausschusses Gateway-Standardisierung* [Online], Virtuell. Verfügbar unter https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/G/gws-presentation-4-sitzung.pdf?__blob=publicationFile&v=10.
- Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (Hg.) (2020) *Entscheidung der Präsidentenkammer der Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen vom 16. November 2020 über die Anordnung und Wahl des Verfahrens zur Vergabe sowie zu den Festlegungen und Regeln im Einzelnen (Vergaberegeln) und über die Festlegungen und Regelungen für die Durchführung des Verfahrens (Ausschreibungsregeln) von Frequenzen in dem Bereich 450 MHz für den Drahtlosen Netzzugang* [Online]. Verfügbar unter https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Frequenzen/OffentlicheNetze/450MHZ/Praesidentenkammerentscheidung450MHz.pdf?__blob=publicationFile&v=1.
- Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (Hg.) (2021) *Bericht zum Zustand und Ausbau der Verteilnetze 2020: Berichte der Verteilernetzbetreiber gem. § 14 Abs. 1a und 1b EnWG* [Online]. Verfügbar unter https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen_Institutionen/NetzentwicklungUndSmartGrid/ZustandAusbauVerteilernetze2020.pdf?__blob=publicationFile&v=1.
- Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (Hg.) (2022) *Bericht zum Zustand und Ausbau der Verteilernetze 2021: Berichte der Verteilernetzbetreiber gem. § 14 Abs. 1a und 1b EnWG (alte Fassung)* [Online]. Verfügbar unter <https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/>

[Unternehmen_Institutionen/NetzentwicklungUndSmartGrid/
ZustandAusbauVerteilernetze2021.pdf?__blob=publicationFile&v=3.](#)

Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (Hg.) (2023) *Bericht zum Zustand und Ausbau der Verteilernetze 2022: Berichte der Verteilernetzbetreiber gem. § 14 Abs. 2 i. V. m. § 14 d EnWG* [Online]. Verfügbar unter https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen_Institutionen/NetzentwicklungUndSmartGrid/ZustandAusbauVerteilernetze2022.pdf?__blob=publicationFile&v=1.

Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (Hg.) (2024) *Funklochkarte* [Online], Bonn. Verfügbar unter <https://gigabitgrundbuch.bund.de/GIGA/DE/Funklochkarte/start.html> (Abgerufen am 17 Februar 2024).

Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen & Bundeskartellamt (Hg.) (2019) *Monitoringbericht 2018: Monitoringbericht gemäß § 63 Abs. 3 i. V. m. § 35 EnWG und § 48 Abs. 3 i. V. m. § 53 Abs. 3 GWB* [Online]. Verfügbar unter https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Mediathek/Monitoringberichte/Monitoringbericht2018.pdf?__blob=publicationFile&v=6.

Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen & Bundeskartellamt (Hg.) (2020) *Monitoringbericht 2019: Monitoringbericht gemäß § 63 Abs. 3 i. V. m. § 35 EnWG und § 48 Abs. 3 i. V. m. § 53 Abs. 3 GWB* [Online]. Verfügbar unter https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Mediathek/Monitoringberichte/Monitoringbericht_Energie2019.pdf?__blob=publicationFile&v=6.

Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen & Bundeskartellamt (Hg.) (2021a) *Monitoringbericht 2020: Monitoringbericht gemäß § 63 Abs. 3 i. V. m. § 35 EnWG und § 48 Abs. 3 i. V. m. § 53 Abs. 3 GWB* [Online]. Verfügbar unter https://www.bundeskartellamt.de/SharedDocs/Publikation/DE/Berichte/Energie-Monitoring-2020.pdf?__blob=publicationFile&v=4.

Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen & Bundeskartellamt (Hg.) (2021b) *Monitoringbericht 2021: Monitoringbericht gemäß § 63 Abs. 3 i. V. m. § 35 EnWG und § 48 Abs. 3 i. V. m. § 53 Abs. 3 GWB* [Online]. Verfügbar unter https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Mediathek/Monitoringberichte/Monitoringbericht_Energie2021.pdf?__blob=publicationFile&v=2.

Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen & Bundeskartellamt (Hg.) (2022) *Monitoringbericht 2022: Monitoringbericht gemäß § 63 Abs. 3 i. V. m. § 35 EnWG und § 48 Abs. 3 i. V. m. § 53 Abs. 3 GWB* [Online]. Verfügbar unter https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Mediathek/Monitoringberichte/MonitoringberichtEnergie2022.pdf?__blob=publicationFile&v=4.

Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen & Bundeskartellamt (Hg.) (2023) *Monitoringbericht 2023: Monitoringbericht gemäß § 63 Abs. 3 i. V. m. § 35 EnWG und § 48 Abs. 3 i. V. m. § 53 Abs. 3 GWB* [Online]. Verfügbar unter <https://data.bundesnetzagentur.de/Bundesnetzagentur/SharedDocs/Mediathek/Monitoringberichte/MonitoringberichtEnergie2023.pdf>.

Bundestag (2024) *Drittes Gesetz zur Änderung des Mess- und Eichgesetzes* [Online]. Verfügbar unter <https://www.recht.bund.de/eli/bund/bgbl-1/2024/26>.

- BWP Marketing & Service GmbH (Hg.) (2020) *Regularium für das Label „SG Ready“ für elektrische Heizungs- und Warmwasserwärmepumpen und kompatible Systemkomponenten: Version 2.0* [Online]. Verfügbar unter https://www.waermepumpe.de/fileadmin/user_upload/bwp_service/SG_ready/2020_SG-ready_Regularien_2.0_final.pdf.
- Cao, Y., Pokhrel, S. R., Zhu, Y., Doss, R. & Li, G. (2024) "Automation and Orchestration of Zero Trust Architecture: Potential Solutions and Challenges", *Machine Intelligence Research*, S. 1–24 [Online]. DOI: 10.1007/s11633-023-1456-2.
- Claußner, M., Huneke, F., Brinkhaus, M., Peper, D., Kost, C. & Fluri, V. (2022) *Potentiale und Rahmenbedingungen für den Ausbau des Prosuming: Wirtschaftlichkeitsanalysen für Anwendungen in Wohngebäuden, Gewerbe, Industrie und der großtechnischen Sektorenkopplung*, Energy Brainpool and Fraunhofer ISE [Online]. Verfügbar unter https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/EBP-ISE-Studie_Prosuming-BDEW.pdf.
- Council of the European Union (2022) *COUNCIL RECOMMENDATION of 8 December 2022 on a Union-wide coordinated approach to strengthen the resilience of critical infrastructure (Text with EEA relevance)* [Online]. Verfügbar unter [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:32023H0120\(01\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:32023H0120(01)).
- Cybersecurity and Infrastructure Security Agency (CISA) (Hg.) (2024) *PRC State-Sponsored Actors Compromise and Maintain Persistent Access to U.S. Critical Infrastructure: Joint Cybersecurity Advisory* [Online]. Verfügbar unter https://www.cisa.gov/sites/default/files/2024-02/aa24-038a-jcsa-prc-state-sponsored-actors-compromise-us-critical-infrastructure_1.pdf.
- Der Bundesbeauftragte für den Datenschutz und die Informationsfreiheit (BfDI) (Hg.) (2024) *Position des Bundesbeauftragten für den Datenschutz und die Informationsfreiheit für eine Festlegung der Bundesnetzagentur nach § 47 Abs. 2 Nr. 13 Messstellenbetriebsgesetz zur Pseudonymisierung nach § 52 Abs. 3 Messstellenbetriebsgesetz* [Online]. Verfügbar unter https://www.bfdi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/DokumenteBfDI/Dokumente-allg/2024/Positionspapier-Pseudonymisierung-Z%C3%A4hlerstandg%C3%A4nge.pdf?__blob=publicationFile&v=3.
- Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) (Hg.) (2024a) *Was sind dynamische Stromtarife?: Preismodelle, Zielwirkungen und Umsetzungsfragen zeitvariabler bzw. dynamischer Energiepreise und Netzentgelte in der aktuellen Debatte – Gutachten der Consentec GmbH inkl. Einordnung der dena* [Online]. Verfügbar unter https://www.consentec.de/wp-content/uploads/2024/04/240415_Bericht_Was_sind_variable_Tarife-1.pdf.
- Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) (Hg.) (2024b) *Regulatorische Vorgaben für externe Marktteilnehmer (EMT): Status quo der Anforderungen für die Kommunikation mit intelligenten Messsystemen und die Nutzung der Smart Meter Gateway Infrastruktur in Deutschland* [Online]. Verfügbar unter https://www.clearingstelle-eeg-kwkg.de/sites/default/files/2024-07/dena_Leitfaden_EMT_SMGW.pdf.
- Dhiman, P., Saini, N., Gulzar, Y., Turaev, S., Kaur, A., Nisa, K. U. & Hamid, Y. (2024) "A Review and Comparative Analysis of Relevant Approaches of Zero Trust Network Model", *Sensors (Basel, Switzerland)*, Vol. 24, No. 4.
- Die Bundesregierung (Hg.) (2021) *Mehr Fortschritt wagen: Bündnis für Freiheit, Gerechtigkeit und Nachhaltigkeit* [Online]. Verfügbar unter <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/974430/1990812/04221173eef9a6720059cc353d759a2b/2021-12-10-koav2021-data.pdf?download=1>.
- Die Europäische Kommission (2023) *DURCHFÜHRUNGSVERORDNUNG (EU) 2023/1162 DER KOMMISSION vom 6. Juni 2023 über Interoperabilitätsanforderungen und diskriminierungsfreie und*

- transparente Verfahren für den Zugang zu Mess- und Verbrauchsdaten* [Online]. Verfügbar unter http://data.europa.eu/eli/reg_impl/2023/1162/oj.
- Diermann, R. (2024) *Tibber, Octopus Energy und Rabot Charge wollen zusammen Smart-Meter-Rollout voranbringen* [Online]. Verfügbar unter <https://www.pv-magazine.de/2024/01/17/tibber-octopus-energy-und-rabot-charge-wollen-zusammen-smart-meter-rollout-voranbringen/>.
- edi@energy (24.10.2023) *API-Webdienste zur prozessualen Abwicklung von Steuerungshandlungen in Verbindung mit intelligenten Messsystemen (IMS) - Universalbestellprozess* [Online]. Verfügbar unter https://www.edi-energy.de/index.php?id=38&tx_bdew_bdew%5Buid%5D=2180&tx_bdew_bdew%5Baction%5D=download&tx_bdew_bdew%5Bcontroller%5D=Dokument&cHash=7d618f6585576058b01b3273e15071a4.
- edi@energy (2024) *API-Guideline 1.0* [Online]. Verfügbar unter https://www.edi-energy.de/index.php?id=38&tx_bdew_bdew%5Buid%5D=2405&tx_bdew_bdew%5Baction%5D=download&tx_bdew_bdew%5Bcontroller%5D=Dokument&cHash=de94a5e6c2969f01df2b580d4e028264.
- Eisenbeiß, G. (2023) *iRLMSys - aktueller Stand und Zukunft der RLM-Zählertechnik* [Online]. Verfügbar unter <https://www.vde-thueringen.de/resource/blob/2285344/853030119fa4bccf6ebbc3810edd4db7/13--irlmsys-aktueller-stand-und-zukunft-der-rlm-zaehler-technik-metcom-eisenbeiss-zaehlerfachtagung-2023-data.pdf>.
- Energie & Management GmbH (Hg.) (2024) *Eon-Tochter baut 450-MHz-Netz aus* [Online] (E&M Daily web). Verfügbar unter https://www.450connect.de/fileadmin/user_upload/E_M_daily_web_-2024-02-22-Eon-Tochter_baut_450-MHz-Netz_aus_-_450connect_GmbH.pdf.
- Engels, B., Burstedde, A. & Plünnecke, A. (2023) *Der Digitalisierung fehlen die Frauen*, IW-Kurzbericht 17 [Online]. Verfügbar unter https://www.iwkoeln.de/fileadmin/user_upload/Studien/Kurzberichte/PDF/2023/IW-Kurzbericht_2023-Digitalisierung-fehlen-Frauen.pdf.
- ENQT GmbH (04.07.22) *450connect – bundesweites 450-MHz-LTE-Netz für Energieversorger* [Online], Hamburg. Verfügbar unter <https://enqt.de/news/450mhz/>.
- EU Commission (Hg.) (2023) *The EU Cybersecurity Act: The Cybersecurity Act strengthens the EU Agency for cybersecurity (ENISA) and establishes a cybersecurity certification framework for products and services*. [Online]. Verfügbar unter <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/cybersecurity-act>.
- EU Commission (Hg.) (2024) *Union Rolling Work Programme for European cybersecurity certification: Commission Staff working document* [Online]. Verfügbar unter <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/union-rolling-work-programme-european-cybersecurity-certification-0>.
- European Commission, Directorate-General for Communications Networks, Content and Technology (2024) *Commission Implementing Regulation (EU) 2024/482 of 31 January 2024 laying down rules for the application of Regulation (EU) 2019/881 of the European Parliament and of the Council as regards the adoption of the European Common Criteria-based cybersecurity certification scheme (EUCC)* [Online]. Verfügbar unter http://data.europa.eu/eli/reg_impl/2024/482/oj.
- European Parliament & Council of the European Union (2019) *Regulation (EU) 2019/881 of the European Parliament and of the Council of 17 April 2019 on ENISA (the European Union Agency for Cybersecurity) and on information and communications technology cybersecurity certification and repealing Regulation (EU) No 526/2013 (Cybersecurity Act) (Text with EEA relevance)* [Online]. Verfügbar unter <http://data.europa.eu/eli/reg/2019/881/oj>.

- Exner, C., Haken, A. von, Frankenbach, M.-A., Kaiser, A., Stumpp, M., Michelbach, C., Mengelkamp, E., Hirsch, F., Ketterer, L., Eitel, P., Stolle, P., Höck, A., Gielnik, F., Kiehnle, P., Sloom, D., Lehmann, N., Ardone, A., Fichtner, W., Hiller, M., Leibfried, T., Hübner, N., Kemper, J. P., González, D. M., Müller, S. & Rudion, K. (2023) *Gemeinsamer Abschlussbericht zum Verbundvorhaben flexQgrid - Praxisorientierte Umsetzung des quotenbasierten Netzampelkonzeptes zur Flexibilitätsnutzung im und aus dem Verteilnetz: November 2019 - März 2023* [Online]. Verfügbar unter <https://downloads.ctfassets.net/xytfb1vrn7of/3bN5KoXgQdTnORJ22vKXLW/71860b300192d500dd254b0cc889b406/abschlussbericht-zum-forschungsprojekt-flexqgrid.pdf>.
- (2023b) *Fachkräfteengpassanalyse 2022: Statistik/Arbeitsmarktberichterstattung*, Fatemi, A., Tischbein, F., Wirtz, F., Schmogger, C., Dorendorf, S., Schurtz, A., Echternacht, D. & Ulbig, A. (2023) *On the Impact of Smartification Strategies for the State Estimation of Low Voltage Grids*.
- Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft mbH (Hg.) (2023a) *unIT-e² Baustellenbericht 2022: Herausforderungen für die Mobilisierung der digitalen Energiewende* [Online]. Verfügbar unter https://www.ffe.de/wp-content/uploads/2023/04/Baustellenbericht_unIT_e2_2022.pdf.
- Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft mbH (Hg.) (2023b) *unIT-e² Praxisbericht: Einblick in die Umsetzung* [Online]. Verfügbar unter https://unit-e2.de/media/Praxisbericht_unIT-e2_2023.pdf.
- Forum Netztechnik/Netzbetrieb im VDE (VDE FNN) (Hg.) (2024a) *Ausprägung einer einheitlichen Schnittstelle an einer steuerbaren Einrichtung oder einem Energie-Management-System zur Anbindung an eine FNN Steuerbox: Stand 01/2024* [Online]. Verfügbar unter <https://www.vde.com/resource/blob/2292788/356cc00feecf8a994e2977b4cb03ee70/impuls--relaisbelegung-data.pdf>.
- Forum Netztechnik/Netzbetrieb im VDE (VDE FNN) (Hg.) (2024b) *Netzbetrieb mit Flexibilitäten: Umgang mit der kurativen Steuerung über iMSys und Ausblick mögliche vorausschauende Steuerungsmaßnahmen: Handreichung für Verteilnetzbetreiber zur Umsetzung der Steuerung über intelligente Messsysteme in der Niederspannung* [Online]. Verfügbar unter <https://www.vde.com/de/fnn/aktuelles/netzorientierte-steuerung-richtig-umsetzen>.
- Forum Netztechnik/Netzbetrieb im VDE (VDE FNN) (Hg.) (2024c) *Prozess zur Rücknahme einer Steuerungsmaßnahme* [Online]. Verfügbar unter <https://www.vde.com/resource/blob/2307826/9485cc3c800f2e5f89bf2719c3a5a477/vde-fnn-impuls-ruecknahme-download-data.pdf>.
- Geiger, H. L. & Botting, A. (2024) *Preparing for the EU Cyber Resilience Act* [Online]. Verfügbar unter <https://www.venable.com/insights/publications/2024/01/preparing-for-the-eu-cyber-resilience-act>.
- Gerber, M. & Winters, J. (2023) *Warum braucht Deutschland 400.000 Migrantinnen und Migranten pro Jahr?*
- Giessing, F. (2023) *Dekarbonisierung in der Industrie 450 MHz: E-world-Sonderausgabe* [Online], Essen (e|m|w Sonderausgabe 1). Verfügbar unter https://www.450connect.de/fileadmin/user_upload/emw_Fachbeitrag_450_MHz.pdf.
- Greveler, U. (2016) "Die Smart-Metering-Debatte 2010–2016 und ihre Ergebnisse zum Schutz der Privatsphäre", *Datenbank-Spektrum*, Vol. 16, No. 2, S. 137–145.
- gridX GmbH (Hg.) (2024) *HEMS Report 2024* [Online]. Verfügbar unter <https://de.gridx.ai/blog/vier-marktentwicklungen-die-die-bedeutung-eines-anpassungsfahigen-hems-unterstreichen>.

- Gui, Y., Nainar, K., Bendtsen, J. D., Diewald, N., Iov, F., Yang, Y., Blaabjerg, F., Xue, Y., Liu, J., Hong, T. & Stoustrup, J. (2024) "Voltage Support With PV Inverters in Low-Voltage Distribution Networks: An Overview", *IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics*, Vol. 12, No. 2, S. 1503–1522.
- Haist, K. (2023) *Die Babyboomer verändern Wirtschaft und Gesellschaft*, ifo Schnelldienst 76 [Online]. Verfügbar unter <https://www.ifo.de/DocDL/ifo-schnelldienst-2023-11-haist-et-al-demografischer-wandel.pdf>.
- Hartmann, M. (2022) *Die Digitalisierung der Energiewende* [Online], Berlin. Verfügbar unter <https://www.bitkom.org/sites/main/files/2022-03/Bitkom-Charts%20Energie2022.pdf>.
- Hartmann, M. (2023) *Die Digitalisierung der Energiewende* [Online], Berlin. Verfügbar unter <https://www.bitkom.org/sites/main/files/2023-04/BitkomChartsEnergy2023.pdf>.
- Hartmann, M. (2024) *Die Digitalisierung der Energiewende* [Online], Berlin. Verfügbar unter <https://www.bitkom.org/sites/main/files/2024-03/BitkomChartsEnergy2024.pdf>.
- Haupt, T., Settler, K., Jungwirth, J. & Vaidya, H. (2024) *Home-Energy-Management-Systeme (HEMS): Ein Marktüberblick für Deutschland*, Campus Feuchtwangen, Hochschule Ansbach, Tagungsband 39. PV-Symposium / BIPV-Forum [Online]. Verfügbar unter <https://www.campus-feuchtwangen.de/wp-content/uploads/2024/03/HEMS-Umfrage-2024-Tagungsbandeintrag-39-PV-Symposium-Thomas-Haupt.pdf>.
- Hawran, J., Ostermann, A., Vollmuth, P., Boldt, M., Abromeit, A., Krug, F., Behringer, C., Zilg, J., Ruland, H., Werduen, G., Duellmann, P., Rayess, D., Wohlhaupter, U. & Stein, V. (2024) *Umsetzung der Leistungslimitierung (§ 14a EnWG) über EEBus LPC und Smart Charging über EEBus CEVC in Verbindung mit ISO 15118-2 und -20: Herausforderungen und Handlungsempfehlungen aus dem uniT-e² Plugfest* [Online]. Verfügbar unter <https://unit-e2.de/media/uniT-e%C2%B2-Plugfest-Whitepaper-Auswertungen-Leistungslimitierung.pdf>.
- ista SE (Hg.) (2024) *ista Heiz-O-Meter: Digitalisierungsatlas 2024* [Online], Essen. Verfügbar unter <https://heiz-o-meter.de/digitalisierungsatlas>.
- Köpsell, S., Ruzhanskiy, A., Hecker, A. & Stachorra, D. (2022) *Open-RAN Risikoanalyse: 5GRANR, Version: 1.2.1*, Barkhausen Institut and (Advancing Individual Networks GmbH [Online]. Verfügbar unter https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/Publikationen/Studien/5G/5GRAN-Risikoanalyse.pdf?__blob=publicationFile&v=9.
- Kurtz, R., Spitalny, L., Pilger, A. & Ziegler, J. (2023) *Smart-Meter-Roll-out“: Standortbestimmung 2023: Umsetzungsstand und Herausforderungen beim Roll-out von intelligenten Messsystemen* [Online]. Verfügbar unter <https://www.pwc.de/de/content/c449179a-f636-4ed8-b430-a7c8c3379c3e/pwc-studie-smart-meter-rollout-2023.pdf>.
- Lichtblick SE (Hg.) (2024) *LichtBlick Prosumer-Report 2024: Stand und Potenzial der Energiewende im Ein- und Zweifamilienhaus*, EuPD Research Sustainable Management GmbH and tournesol energy GmbH [Online]. Verfügbar unter <https://www.lichtblick.de/presse/prosumer2024/>.
- Linde, A. (2024) *Updates for eebus-go, spine-go and ship-go released* [Online]. Verfügbar unter <https://enbility.net/blog/20240629-version-0-6/>.
- Liyanage, M., an Braeken, Shahabuddin, S. & Ranaweera, P. (2023) "Open RAN security: Challenges and opportunities", *Journal of Network and Computer Applications*, Vol. 214, S. 103621 [Online]. DOI: 10.1016/j.jnca.2023.103621.
- Loessl, V. von (2023) "Smart meter-related data privacy concerns and dynamic electricity tariffs: Evidence from a stated choice experiment", *Energy Policy*, Vol. 180 [Online]. DOI: 10.1016/j.enpol.2023.113645.

- Malin, L., Jansen, A. & Köppen, R. (2023) *Die Fachkräftesituation in Metall- und Elektroberufen: Studie*, Kompetenzzentrum Fachkräftesicherung [Online]. Verfügbar unter https://www.kofa.de/media/Publikationen/Studien/Fachkraeftesituation_Metall-_und_Elektroberufen.pdf.
- Open Charge Alliance Foundation (OCA) (Hg.) (2023) *OCP & IEC 61850: a winning team: Report No.: 23-3107*, DNV [Online]. Verfügbar unter <https://openchargealliance.org/wp-content/uploads/2024/01/Whitepaper-OCP-IEC-61850-a-winning-team-Report-No.-23-3107-08-09-2023-Version.-1.0.pdf>.
- openKONSEQUENZ e.G. (2023) *Das Niederspannungscockpit* [Online]. Verfügbar unter <https://www.openkonsequenz.de/download/591/171/17>.
- O-RAN ALLIANCE e.V. (Hg.) (2024) *The O-RAN ALLIANCE Security Working Group Continues to Advance O-RAN Security* [Online]. Verfügbar unter <https://mediastorage.o-ran.org/announcement/O-RAN.WG11.O-RAN%20ALLIANCE%20Continues%20to%20Advance%20O-RAN%20Security.pdf>.
- Paganini, P. (2024) *Russia-linked APT Sandworm was inside Ukraine telecoms giant Kyivstar for months* [Online] (Security Affairs). Verfügbar unter <https://securityaffairs.com/156958/cyber-warfare-2/sandworm-inside-kyivstar-for-months.html>.
- Paulsen, N. & Schaule, S. (2021) *Digitale Energiewende: Fast die Hälfte der Deutschen will Smart Meter nutzen* [Online], Berlin. Verfügbar unter <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Knappe-Haelfte-will-Smart-Meter>.
- Power Plus Communications AG (PPC) (2023) *iRLMSys – Intelligenter Zähler für die Industrie kommt: Lastgangmesssystem (iRLMSys) für Industrie, Gewerbe und große Erzeugungsanlagen. à G E.ON, Netze BW, Robotron, Landis+Gyr und PPC erproben ein intelligentes, registrierendes* [Online], Hamburg, Karlsruhe. Verfügbar unter <https://www.ppc-ag.de/de/blog/irlmsys-intelligenter-zaehler-fuer-die-industrie-kommt/>.
- Power Plus Communications AG (PPC) (2024) *Erste Sicherheitszertifizierung im CLS-Bereich – PPC von BSI für BSZ-Pilot-Verfahren der TR-03109-5 ausgewählt* [Online], Mannheim. Verfügbar unter <https://www.ppc-ag.de/de/blog/erste-sicherheitszertifizierung-im-cls-bereich-ppc-von-bsi-fuer-bsz-pilot-verfahren-der-tr-03109-5-ausgewaehlt/>.
- Projektträger Jülich (Hg.) (2024) *EnArgus: Zentrales Informationssystem Energieforschungsförderung* [Online], Jülich. Verfügbar unter <https://www.enargus.de/>.
- Publications Office of the European Union (2022a) *Directive (EU) 2022/2555 of the European Parliament and of the Council of 14 December 2022 on measures for a high common level of cybersecurity across the Union, amending Regulation (EU) No 910/2014 and Directive (EU) 2018/1972, and repealing Directive (EU) 2016/1148 (NIS 2 Directive) (Text with EEA relevance)* [Online]. Verfügbar unter <http://data.europa.eu/eli/dir/2022/2555/oj>.
- Publications Office of the European Union (2022b) *Directive (EU) 2022/2557 of the European Parliament and of the Council of 14 December 2022 on the resilience of critical entities and repealing Council Directive 2008/114/EC (Text with EEA relevance)* [Online]. Verfügbar unter <http://data.europa.eu/eli/dir/2022/2557/oj>.
- Quad Critical and Emerging Technology Working Group (2023) *Open RAN Security Report* [Online]. Verfügbar unter https://www.ntia.gov/sites/default/files/publications/open_ran_security_report_full_report_0.pdf.
- Reihs, D., Bouda, F., Leimgruber, F., Machtinger, K., Strasser, T. I., Stefan, M., Einfalt, A. & Schober, L. (2023) "Unlocking customer flexibilities through standardized communication interfaces", *e & i Elektrotechnik und Informationstechnik*, Vol. 140, No. 5, S. 441–451 [Online]. DOI: 10.1007/s00502-023-01153-1.

- Riggs, H., Tufail, S., Parvez, I., Tariq, M., Khan, M. A., Amir, A., Vuda, K. V. & Sarwat, A. I. (2023) "Impact, Vulnerabilities, and Mitigation Strategies for Cyber-Secure Critical Infrastructure", *Sensors (Basel, Switzerland)*, Vol. 23, No. 8.
- Schimroszik, N. (2024) *Darum bekommt 1&1 eine Gnadenfrist für den eigenen Netzausbau* [Online], Düsseldorf. Verfügbar unter <https://www.handelsblatt.com/meinung/kommentare/kommentar-darum-bekommt-11-eine-gnadenfrist-fuer-den-eigenen-netzausbau/100037486.html>.
- Sörries, B., Pavel, F., Nett, L., Kaupert, T. & Lucidi, S. (2023) *Wettbewerbsverhältnisse im Mobilfunkmarkt: Studie für die Bundesnetzagentur* [Online]. Verfügbar unter https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Frequenzen/OffentlicheNetze/Mobilfunk/GutachtenWettbewerbsverh%C3%A4ltnisse.pdf?__blob=publicationFile&v=1.
- Streim, A. & Schaule, S. (2020) *Interesse an Smart Metern steigt* [Online], Berlin. Verfügbar unter <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Interesse-an-Smart-Metern-steigt>.
- Tanner, J. (2024) *Kyivstar taps Comarch to upgrade its field service processes* [Online]. Verfügbar unter <https://developingtelecoms.com/telecom-business/operator-news/16153-kyivstar-taps-comarch-to-upgrade-its-field-service-processes.html>.
- Theben Smart Energy GmbH (2024) *Theben Smart Energy erhält Zertifizierungs-Piloten für Steuertechnik* [Online], Haigerloch. Verfügbar unter https://www.theben-se.de/wp-content/uploads/2024/01/PR_TH-SE_Pilot-Zertifizierung_2024-01-15.zip.
- VDE (FNN) (Hg.) (2021) *Schalten und Steuern mit dem intelligenten Messsystem* [Online]. Verfügbar unter <https://www.vde.com/de/fnn/arbeitsgebiete/digitalisierung-metering/lastenhefte/steuerbox>.
- VDE (FNN) (Hg.) (2023a) *LK Metering und Digitalisierung: PG GWA-Systemanbindung* [Online]. Verfügbar unter <https://www.vde.com/resource/blob/2117636/5bd00487df2581f84c4f5a1eb2b5b0f9/ps-systemanbindung-data.pdf>.
- VDE (FNN) (Hg.) (2023b) *LK Metering und Digitalisierung: PG Koordinierte Steuerung über iMSys* [Online]. Verfügbar unter <https://www.vde.com/resource/blob/2253412/ac5eb9f7a94d41c7845c1f54d7760790/ps-kost-data.pdf>.
- VDE (FNN) (Hg.) (2024a) *Ausprägung der digitalen Schnittstelle an steuerbaren Einrichtungen oder an einem Energie-Management-System* [Online]. Verfügbar unter <https://www.vde.com/resource/blob/2292786/5d38acc5ab02ad04df7cab8a64f1f63/impuls--digitale-schnittstelle-data.pdf>.
- VDE (FNN) (Hg.) (2024b) *Ganz praxisnah – der Steuerbox-Administrator ausführlich erklärt* [Online]. Verfügbar unter <https://www.vde.com/de/fnn/aktuelles/00-2024-05-02-stb-a-hinweis>.
- VDE (FNN) (2024c) *Turbo für die Energiewende: Millionen neue Anlagen ans Netz bringen* [Online], Frankfurt am Main. Verfügbar unter <https://www.vde.com/resource/blob/2316790/665449ab683b8d4448110dab72294b62/2024-06-17-turbo-fur-energiewende-pm-pdf-data.pdf>.
- Verband der Elektro- und Digitalindustrie e.V. (ZVEI) (Hg.) (2023) *Elektrotechnische Anforderungen an das Bestandsgebäude für den Einbau von Wärmepumpen: Leitfaden* [Online]. Verfügbar unter https://www.zvei.org/fileadmin/user_upload/Presse_und_Medien/Publikationen/2023/Februar/ZVEI-Leitfaden_Waermepumpe/ZVEI-Leitfaden_Waermepumpen_Langversion_final_02-2023.pdf.
- Weissmann, P (Hg.) (2024) *Gesetze: Kritische Infrastrukturen* [Online], Bonn (OpenKRITIS). Verfügbar unter <https://www.openkritis.de/it-sicherheitsgesetz/index.html>.

- Westnetz GmbH (Hg.) (2023) *Anweisung: Technische Mindestanforderungen Messeinrichtungen und Zählerplätze (Strom)*.
- Wickert, M., Bergsträßer, J., Gkoktsis, G., Hirsch, T., Klaiber, S., Klobasa, M., Kohrs, R., Hagen, L., Steffen, N., Offergeld, T., Rüllicke, L., Schmidt, D., Warweg, O., Wende-von Berg, S. & Werner, D. (2022) *Digitalisierung des Energiesystems – 14 Thesen zum Erfolg* [Online]. Verfügbar unter <https://www.cines.fraunhofer.de/content/dam/zv/cines/dokumente/CINES%20Thesenstudie-Digitalisierungl.pdf>.
- Wickert, M., Bergsträßer, J., Klaiber, S., Klobasa, M., Kohrs, R., Linnartz, P., Naumann, S., Nicolai, S., Schmidt, D., Welisch, M., Wende-von Berg, S. & Wille-Haußmann, B. (2024) *Fortschrittsbericht zur Digitalisierung des Energiesystems* [Online]. Verfügbar unter https://www.cines.fraunhofer.de/content/dam/zv/cines/dokumente/2024_CINES%20Digitalisierungs-Monitoringbericht.pdf.
- Wilkins, A. (2023) *Bundesnetzagentur eröffnet Bußgeldverfahren gegen Mobilfunkbetreiber* [Online]. Verfügbar unter <https://www.heise.de/news/Bundesnetzagentur-eroeffnet-Bussgeldverfahren-gegen-Mobilfunkbetreiber-9533490.html>.
- Wintergerst, R. (2023) *Der Arbeitsmarkt für IT-Fachkräfte* (Bitkom e.V.) [Online], Berlin. Verfügbar unter <https://www.bitkom.org/sites/main/files/2023-12/231213bitkom-chartsit-fachkraeffefinal.pdf>.
- Wyrzykowski, R. (2023) *Deutschland: Erlebnisbericht zum Mobilfunknetz* [Online]. Verfügbar unter <https://www.opensignal.com/de/reports/2023/11/germany/mobile-network-experience>.
- Zika, G., Schneemann, C., Zenk, J., Maier, T., Kalinowski, M., Schur, A., Krinitz, J., Mönning, A. & Wolter, M. I. (2023) *Fachkräftemonitoring für das BMAS Mittelfristprognose bis 2027: Forschungsbericht 625*, Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung, Bundesinstitut für Berufsbildung and Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung mbH [Online]. Verfügbar unter <https://downloads.gws-os.com/fb-625.pdf>.

Anhang: Detaillierte Entwicklung der Kernherausforderungen

In der Vorgängerveröffentlichung, dem Ariadne-Hintergrundpapier *Herausforderungen bei der Digitalisierung der Energieversorgung* (Bergsträßer, 2022), erfolgte die Identifizierung von sechs Kernherausforderungen bei der Einführung vom intelligenten Messsystem im deutschen Energiesystem. Nachfolgend erfolgt ein Update je Herausforderung, welches die wichtigsten Neuentwicklungen in den verschiedenen Themenbereichen aufzeigt.

1. Kernherausforderung: Akzeptanz- und Wissenslücke zu intelligenten Messsystemen

Für eine hohe Akzeptanz vom iMSys-Rollout unter den nutzenden Personen sind vor allem ein vorteilhaftes Kosten-Nutzen-Verhältnis und ein hohes Datenschutzniveau von zentraler Bedeutung (Bergsträßer, 2022). Letzteres hat Loessl (2023) mithilfe einer repräsentativen Umfrage unter deutschen Haushalten im April und Mai 2021 bestätigt. Rund 76 % der befragten Personen zeigten ein mittleres oder hohes Niveau an Datenschutzbedenken. Dieses war unter anderem vorhanden, wenn den befragten Personen das intelligente Messsystem nicht bekannt war. Im Fall der Umfrage von Loessl (2023) war für rund 63 % der befragten Personen das iMSys unbekannt. Für den von Loessl (2023) speziell betrachteten Anwendungsfall verschiedener zeitvariablen Stromtarife zeigte sich, dass Datenschutzbedenken eine erhöhte Abneigung gegenüber diesen mit sich führen. Positiv für die Einstellung gegenüber zeitvariablen Stromtarifen war hingegen die Aussicht auf höhere Kosteneinsparungen.

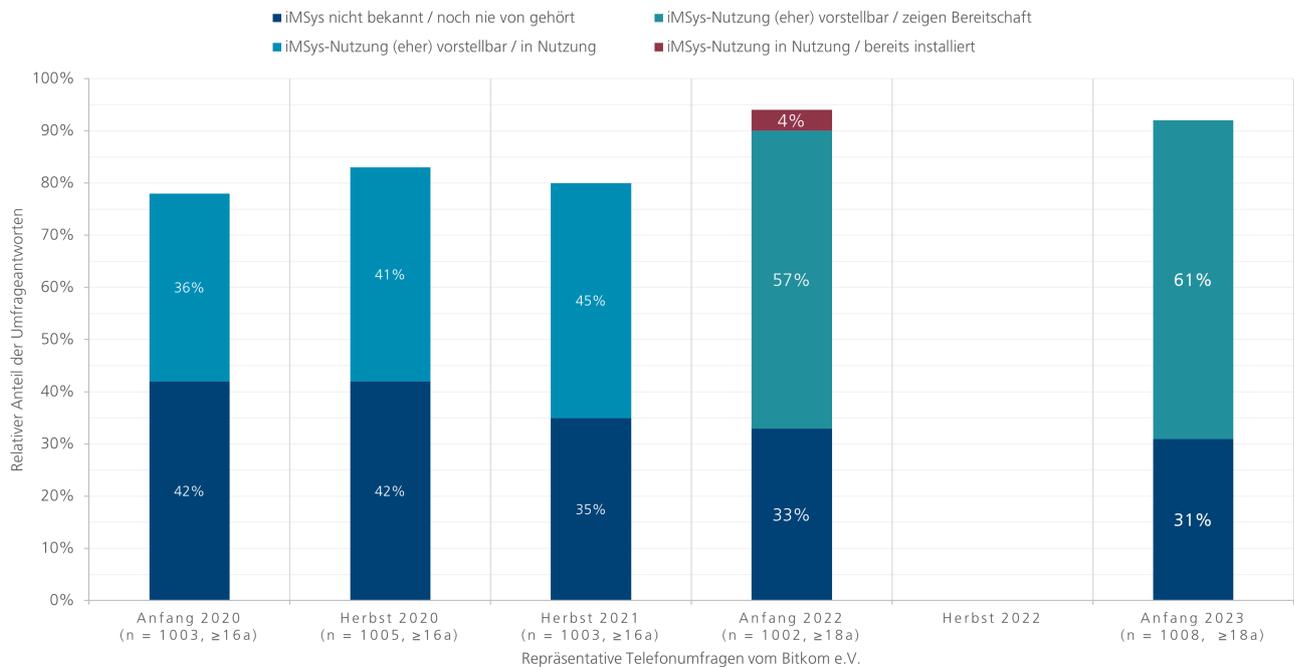


Abbildung 2: Zeitlicher Verlauf der Nutzung bzw. Nutzungsbereitschaft und des Bekanntheitsgrades des intelligenten Messsystems (Smart Meter) seit Anfang 2020 laut repräsentativer Telefonumfragen innerhalb von Deutschland im Auftrag des Bitkom e.V. (Durchführung: Bitkom Research). Quelle: Eigene Darstellung, Datenbasis: (Hartmann, 2022, 2023; Paulsen & Schaule, 2021; Streim & Schaule, 2020)

Grundsätzliches Interesse an zeitvariablen bzw. dynamischen Stromtarifen⁹ besteht laut einer Umfrage von Bitkom e.V. zum Stand Anfang 2023 unter deutschen Haushalten (Hartmann, 2023): 78 % antworteten mit *kann ich mir vorstellen* (Hartmann, 2023, S. 7). Gleichzeitig fiel in der Umfrage auf, dass im Zuge der Energiekrise den deutschen Haushalten vermehrt Transparenz über die eigene Energieverbräuche fehlte. Zusätzlich stieg die Bereitschaft Wärmeverbrauchsdaten mit Dritten zu teilen, um Heizkosteneinsparungen zu erzielen.

Im Zuge der Umfrage erfolgte zudem die Abfrage, ob sich die Befragten eine Nutzung von intelligenten Messsystemen vorstellen können. Im Vergleich zu 2022 fiel die Zustimmung leicht höher aus (61 % statt 57 %)¹⁰. Gleichzeitig war weiterhin rund ein Drittel das

⁹ Dynamische Stromtarife nach §3(31d) EnWG als eine spezifische Art zeitvariabler Tarifmodelle mit kurzfristigem Vorlauf bzgl. des Preisverlaufs (z.B. Orientierung an den vortägig bekannten Day-Ahead-Marktpreisen). Zeitvariable Tarif sind grundsätzlich variabel hinsichtlich der verschiedenen Preisbestandteile, wobei diese mit unterschiedlichen Fristen hinsichtlich der Veränderbarkeit ausgestaltet sein können. Ein typisches Beispiel sind Hoch- und Niedertarifsysteme, die im Bestand über konventionelle Zweitarifzähler erfasst werden. In dieser Veröffentlichung werden daher zeitvariable Tarife als Oberbegriff und dynamische Stromtarife als spezifische Ausprägung davon verstanden.

¹⁰ Dieser Wert ist in einer Umfrage vom Bitkom e.V. zum Stand Anfang 2024 abermals auf 63 % angestiegen (n = 1005, ≥18a) (Hartmann (2024)). Auf eine Darstellung wurde verzichtet, da keine weiteren, vergleichbaren Ergebnisse im Vergleich zu vorherigen Umfragen veröffentlicht worden sind (z.B. iMSys-Bekanntheit).

iMSys nicht bekannt, wobei der Wert zum Vorjahr von 33 % auf 31 % leicht abfiel (vgl. Abbildung 2).

Das am 22.05.2023 in Kraft getretene GNDEW sowie die weiteren Messstellenbetriebsgesetz¹¹ (MsbG)-Novellierungen im Rahmen des Artikel 12 vom *Gesetz zur Anpassung des Energiewirtschaftsrechts an unionsrechtliche Vorgaben und zur Änderung weiterer energierechtlicher Vorschriften* (Bundesministerium der Justiz, 2023b) vom 22.12.2023 bietet für diese Kernherausforderungen grundsätzlich einige Antworten, auch wenn diese möglicherweise wiederum mit Nachteilen verbunden sind. Die folgenden Punkte beziehen sich hierbei auf die zwei Hauptkriterien zur Akzeptanzerhöhung bzw. -erhaltung:

1) Vorteilhaftes Kosten-Nutzen-Verhältnis

- Beibehaltung der Preisobergrenze für den Betrieb einer modernen Messeinrichtung von 20 € (brutto) / a bei ≤ 6.000 kWh / a (§32 MsbG) – rund 89 % aller Messlokationen bzw. ca. 43 Millionen Messlokationen auf der Letztverbraucherseite sind in diesem Segment vorzufinden, sodass hier in der Breite die Letztverbraucher mit kleinen Verbrauchsmengen profitieren
- Anlagenbetreiber mit ≤ 15 kW Erzeugern bzw. Anschlussnutzer bei ≤ 10.000 kWh Jahresverbrauch eine Preisobergrenze von 20 € (brutto) / a seit 01.01.2024 (§32 MsbG) – diese Grenze bietet einen grundsätzlichen Anreiz im Kleinanlagensegment bzw. bei kleineren Letztverbrauchern mit Flexibilitätspotenzial die neuen Anwendungsmöglichkeiten per iMSys wahrzunehmen, dies gilt vor allem für die neu geschaffene Option der ab 2025 breit verfügbaren dynamischen Stromtarife bei jedem Stromlieferanten (novellierter §41a(2) Energiewirtschaftsgesetz (EnWG)¹²) sowie für die vereinfachte Möglichkeit an der EEG-Direktvermarktung mit Erzeugern bis 25 kW sowie ggf. bis 100 kW im Fall einer Volleinspeisung teilzunehmen (*Solarpaket I(b)* – Anpassung §10b(1) EEG¹³)

¹¹ Gesetz über den Messstellenbetrieb und die Datenkommunikation in intelligenten Energienetzen (Messstellenbetriebsgesetz), ausgefertigt am 29.08.2016), Artikel 7 des Gesetzes vom 8. Mai 2024 (BGBl. 2024 I Nr. 151) geändert worden ist.

¹² Energiewirtschaftsgesetz vom 7. Juli 2005 (BGBl. I S. 1970, 3621), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 8. Mai 2024 (BGBl. 2024 I Nr. 151) geändert worden ist

¹³ Änderung im Rahmen des zweiten Teils vom Solarpaket I (Bundesministerium der Justiz (2024)): Keine Pflicht zur Fernauslesbarkeit und -steuerbarkeit bis 25 kW installierte Leistung, sodass insbesondere die Bilanzkreismanagement-Anforderungen auf 15 Minuten Basis ausschließlich erhalten bleiben, die per entsprechender Zählerstandgangmessung per iMSys erfasst werden können (TAF 7). Eine optionale Umsetzung per iMSys ist nichtsdestotrotz weiterhin möglich, wenn eine entsprechende Vereinbarung zwischen Direktvermarkter und Anlagenbetreiber besteht.

- Anspruch auf den Einbau eines iMSys unabhängig davon, ob es sich um einen optionalen oder Pflichteinbaufall handelt, innerhalb von vier Monaten nach Beauftragung des grundzuständigen Messstellenbetreibers (gMSB) ab 01.01.2025 für eine einmalige Zahlung von maximal 30 € Preisobergrenze – dieser Anspruch stellt sicher, dass die Letztverbraucher bzw. Anlagenbetreiber Planungssicherheit bzgl. der Nutzbarmachung des iMSys erhalten.
- Für Betreiber von steuerbaren Verbrauchseinrichtungen nach §14a EnWG ist ebenfalls die maximale Preisobergrenze um 50 % abgesenkt, sodass seit 01.01.2024 maximal 50 € (brutto) im Jahr fällig werden – in Kombination mit dem Beschluss der Bundesnetzagentur (Beschlusskammer 8, 2023a) zur Reduktion der Netzentgelte um über 80 € (brutto) im Jahr (Modul 1), bei der seit dem 01.01.2024 verpflichtenden Teilnahme am §14a EnWG Mechanismus für steuerbare Verbrauchseinrichtungen, ist ein ökonomischer Vorteil für die Betreiber i.d.R. sichergestellt. Dazu besteht ein gesetzlicher Anspruch auf Netzanschluss für §14a EnWG Anlagen. Gleichzeitig bietet der neue Mechanismus einen Anreiz zur schnelleren Teilnahme von Altanlagen aufgrund der Möglichkeit als Betreiber einer §14a EnWG Bestandsanlage (Inbetriebnahme vor dem 01.01.2024) vor dem Ende des Übergangszeitraums Ende 2028¹⁴ frühzeitig in den neuen Mechanismus zu wechseln, jedoch ohne Rückkehrrecht. Falls vor 2024 keine freiwillige Teilnahme einer Bestandsanlage vorlag, gilt ebenfalls dasselbe Recht zum Wechsel. Im Vergleich zu den Neuanlagen ist jedoch keine verpflichtende Aufnahme in den neuen Mechanismus vorgesehen. (Beschlusskammer 6, 2023).

2) Hohes Datenschutzniveau

- Neu eingeführte Begrenzung der Nutzung von Netzzustandsdaten auf 25 % aller Netzanschlüsse in einem Netzgebiet (§34(2) MsbG) bei bereits

¹⁴ Nachtspeicherheizungen sind nach dem 31.12.2028 weiterhin vom neuen §14a EnWG Mechanismus ausgenommen, alle weiteren steuerbaren Verbrauchseinrichtungen, die unter diese Regulierung fallen, sind folglich in den neuen Mechanismus zu integrieren.

vorher gültiger, sofortiger Löschung der Netzzustandsdaten nach Übermittlung an einen Verteilnetzbetreiber (VNB) beim zuständigen Messstellenbetreiber (MSB) – für die Praxis ist diese Datennutzungsbegrenzung nicht hinderlich, da die Verteilnetzbetreiber in der Regel auf eine Kombination aus iMSys-Daten, Ortsnetzstation- und Kabelverteilmessungen setzen werden, damit sie in Summe eine ausreichende Qualität der Netzzustandsschätzung erreichen können (Exner et al., 2023; Fatemi et al., 2023; VDE, 2024c)

- Die explizite Einführung einer Löschfrist von rund drei Jahren für weitere Messwerte beim Messstellenbetreiber¹⁵ oder alternativ Anonymisierung (§60(6) MsbG) – bietet grundsätzlich mehr Klarheit bei der Datenhaltung für die Letztverbraucher, die als positiv einzuschätzen ist.
- Einführung einer Pflicht zur Pseudonymisierung von Last- oder Zählerstandgängen nach §52(3) MsbG – eine Einschätzung zu den organisatorischen Folgen für die Marktakteure aus Sicht des Bundesbeauftragten für den Datenschutz und die Informationsfreiheit befindet sich hier: Der Bundesbeauftragte für den Datenschutz und die Informationsfreiheit, 2024.

Grundsätzlich ist der Ansatz bestimmte Messdaten, und ggf. eingeschränkter Steuerungsmöglichkeiten für den VNB zur Flexibilisierung steuerbarer Verbrauchseinrichtungen in der Niederspannung, gegen einen ökonomischen Vorteil für alle iMSys-Nutzenden sowie einen Anspruch auf Netzanschluss zu begrüßen (Beschlusskammer 6, 2023). Dabei ist jedoch zu beachten, dass tendenziell größere Letztverbraucher (um das Segment > 6000 – 10.000 kWh Jahresstromverbrauch) sowie Anlagenbetreiber kleinerer Erzeugungsanlagen (bis 25 kW) eine im Vergleich höhere Kosteneinsparung aufgrund der neuen Netzbetreiberbeteiligung an den Messentgelten erzielen. Da die Kosten jedoch über die Netzentgelte auf alle Letztverbraucher umgewälzt werden sollen, ist bei einer Nichtnutzung vom iMSys, einschließlich der fehlenden Hebung von individuellen Erlöszuwächsen, beispielsweise bei vorhandenem Flexibilisierungs- oder Energieeinsparungspotenzials, eine Erhöhung der individuellen Stromkosten – vor allem bei kleineren Jahresverbräuchen – prinzipiell möglich. (Beschlusskammer 8, 2023b)

¹⁵ Beachten: Zeitraum anpassbar auf Basis zukünftiger BNetzA-Beschlüsse

Darüber hinaus besteht für alle iMSys-Nutzenden ein Preisrisiko, da die Preisobergrenzen für grundzuständige Messstellenbetreiber alle vier Jahre vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz per Verordnungsermächtigung angepasst werden können (§33 MsbG). Grundlage für eine Anpassung ist eine vorherige, langfristige Kosten-Nutzen-Analyse auf individueller und systemischer Ebene, wie in §48 MsbG festgelegt. Die Abschlussergebnisse der derzeitigen Prüfung sind spätestens bis zum 30.06.2024 vom BMWK der Öffentlichkeit vorzulegen¹⁶. Im Anschluss besteht die Möglichkeit spezifisch Preisobergrenzen anzupassen, sodass prinzipiell ab 2025 neue Kostensätze gültig sein können. An dieser Stelle wird spätestens am 31.10.2024 mehr Planbarkeit für die iMSys-Nutzenden vorhanden sein, dem jährlichen Pflichtdatum zur regelmäßigen Veröffentlichung der gMSB-Preisblätter mit den voraussichtlichen Preisen für die nächsten drei Jahre. Neue Anpassungen in den Preisobergrenzen sind dabei jedoch erst im Vierjahreszyklus – z.B. wieder ab 01.01.2029 wirksam – möglich.

2. Kernherausforderung: Defizit bei Planungs- und Rechtssicherheit

Aus allgemeiner Sicht war die historische Entwicklung der Rahmenbedingungen vom iMSys-Rollout häufig nicht förderlich, damit das System einen breiten Nutzen in der Praxis bewirken konnte. So dauerte der Prozess der technischen Implementierung von neuen Fähigkeiten bei mindestens drei *Smart Meter Gateway*-(SMGW)-Herstellern zu lang, sodass erst sehr verspätet die offizielle Markterklärung des Bundesamts für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) zur Ermöglichung der Nutzung in der Breite erfolgen konnte. Gleichzeitig fehlten über Jahre wichtige technische Richtlinien (TRen) zur Nutzung vom CLS-Kanal. Zusätzlich bestand kein akuter Bedarf die Möglichkeiten des Systems in der Breite zu nutzen, da im Markt in der Regel alternative technische Optionen ökonomisch relevante Anwendungen abdeckten bzw. zum heutigen Stand weiterhin bedienen. (Bergsträßer, 2022)

¹⁶ Hinweis: Zum abschließenden Bearbeitungsstand dieses Hintergrundpapiers, Ende Juni 2024, war die Veröffentlichung vom Digitalisierungsbericht ausstehend, die offizielle Veröffentlichung erfolgte erst am 22.07.2024 – s. https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Energiedaten/digitalisierungsbericht-energiewende.pdf?__blob=publicationFile&v=10

Um die Planungs- und Rechtsunsicherheit im Markt zu adressieren, hat das GNDWEW als auch begleitende regulatorische Entwicklungen, wie der Anpassung vom Eichrecht und die Verabschiedung der BSI-TR-03109-5, folgende wichtige Rahmenbedingungen gesetzt:

1) Smart Meter Gateway-Hersteller:

- Vereinfachte Freigabe von SMGW-Softwareupdates durch einfache Konformitätsnachweise durch die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) statt der aufwendigen Abstimmung mit Landeseichbehörden im Zuge der *Vierte[n] Verordnung zur Änderung der Mess- und Eichverordnung* (Bundesministerium der Justiz, 2024a) vom 29.01.2024 im novellierten §40(5) der Mess- und Eichverordnung¹⁷ (MessEV) – in Abstimmung mit dem BSI nach §26(1) MsbG sind damit Softwareupdates mit weniger Aufwand sowie schneller auf die Geräte per GWA im Feld auszurollen
- Entfristung der Eichung vom SMGW einschließlich angeschlossenen Kommunikationsadapter zur Anbindung von Messeinrichtungen infolge der Nutzung der Selbstprüfungsfunktionalitäten vom SMGW, eingeführt im Rahmen mit der oben genannten MessEV-Novellierung (s. Anlage 7 der MessEV) – damit können SMGWs länger als acht Jahre betrieben werden, sodass ein aufwendiger physikalischer Austausch potenziell nach hinten verschoben werden kann
- Abschaffung der *Drei-Hersteller-Regel* beim Rollout sowie der BSI-Marktanalyse & -erklärung mit dem Wegfall der vorherigen §§ 29(1), 30 MsbG im Zuge der GNDWEW-Novelle – damit können neue Funktionalitäten schneller in den Markt getragen werden, zudem bieten diese Rahmenbedingungen einen stärkeren Anreiz für Innovationen bei den SMGW-Herstellern, da diese bei vielversprechenden Weiterentwicklungen nicht mehr auf zwei andere Hersteller *warten* müssen
- Aufgrund der klaren GNDWEW-Rolloutziele für grundständige Messstellenbetreiber (gMSB) (vgl. Abbildung 3) besteht für die SMGW-Hersteller eine gute

¹⁷ Verordnung über das Inverkehrbringen und die Bereitstellung von Messgeräten auf dem Markt sowie über ihre Verwendung und Eichung (Mess- und Eichverordnung - MessEV), ausgefertigt am 11.12.2014), zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 29. Januar 2024 (BGBl. 2024 I Nr. 27).

Planbarkeit hinsichtlich der notwendigen Gerätezahl, sodass der wirtschaftliche Ausbau an Produktionskapazitäten für eine Beschleunigung der Ausbautzahlen gesichert ist

Gesetzlicher Smart-Meter-Rolloutfahrplan

Letztverbraucher

- 
Unter 6.000 kWh/Jahr
 für Verbraucher unter einem Verbrauch von 6000 kWh/Jahr
 -> ist seit 2023 der agile Rollout gestartet
 -> ist der Rollout ab 2025 optional, auch auf Wunsch des Kunden
- 
6.000 bis 100.000 kWh/Jahr
 für Verbraucher ab 6000 kWh/Jahr bis einschließlich 100.000 kWh/Jahr
 -> ist seit 2023 der agile Rollout gestartet
 -> ist der Rollout ab 2025 verpflichtend
- 
§14a EnWG Verbrauchseinrichtung
 für Verbrauchseinrichtungen nach §14a EnWG,
 i. d. R. mit einer Leistung über 4,2 kW
 -> ist seit 2023 der agile Rollout gestartet
 -> ist der Rollout ab 2025 verpflichtend
- 
Über 100.000 kWh/Jahr
 für Verbraucher ab 100.000 kWh/Jahr
 -> ist der Rollout ab 2025 zulässig
 -> ist der Rollout ab 2028 verpflichtend

EEG-/KWKG-Erzeuger

- 
1 kW bis 7 kW
 für Erzeuger bis einschließlich 7 kW installierter Leistung
 -> ist seit 2023 der agile Rollout gestartet
 -> ist der Rollout ab 2025 optional
 -> und mit §14a Verbrauchseinrichtung ab 2025 verpflichtend
 Ausnahme für Steckersolargeräte bis 2kW_p
 -> kein Anschluss nötig
- 
7 kW bis 25 kW
 für Erzeuger ab 7 bis einschließlich 25 kW installierter Leistung
 -> ist seit 2023 der agile Rollout gestartet
 -> ist der Rollout ab 2025 verpflichtend
- 
25 kW bis 100 kW
 für Erzeuger ab 25 bis einschließlich 100 kW installierter Leistung
 -> ist der Rollout ab 2025 verpflichtend
- 
Über 100 kW
 für Erzeuger über 100 kW installierter Leistung
 -> ist der Rollout ab 2028 verpflichtend

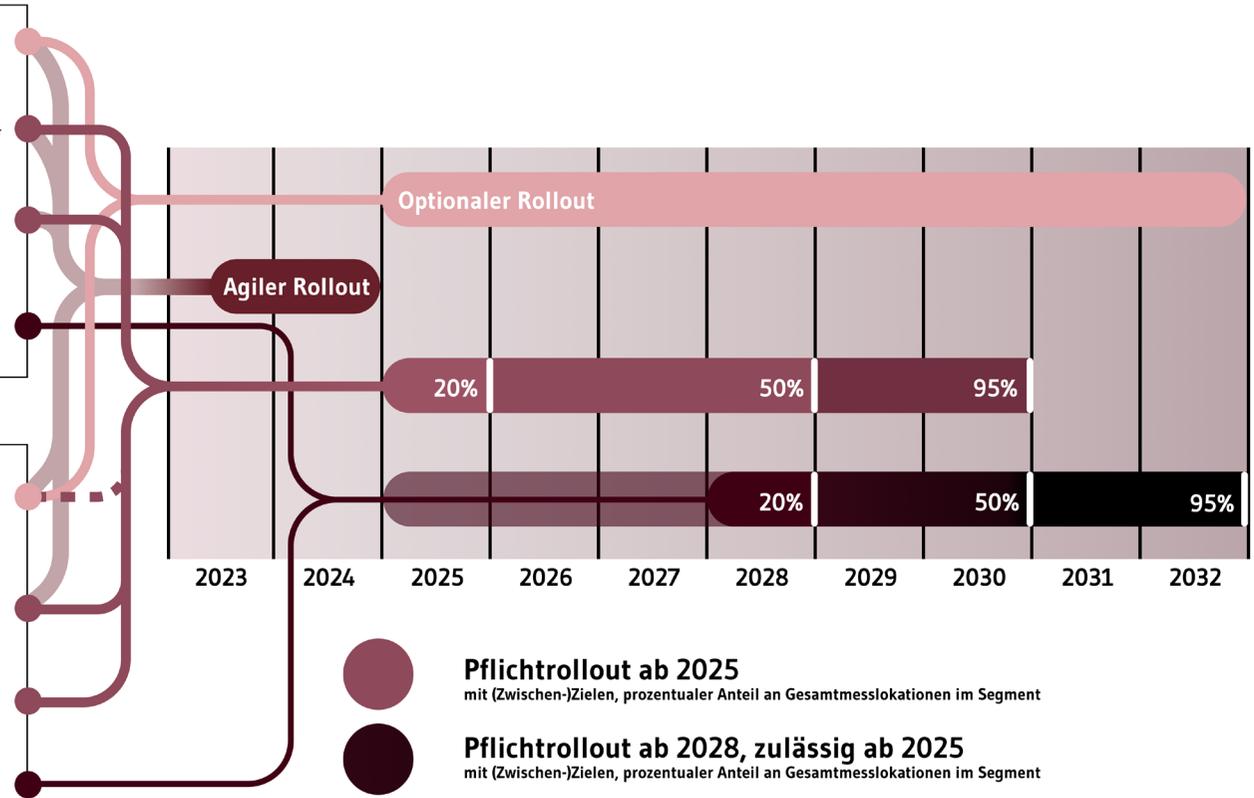


Abbildung 3: iMSys-Rolloutfahrplan unterteilt nach optionalem Rollout, agilem Rollout und dem zweigeteilten Pflichtrollout für grundzuständige Messstellenbetreiber nach §§ 29 – 31, 45 MsbG aufgrund neuer gesetzlicher Vorgaben des GNDW für unterschiedliche Einbaufälle auf Letztverbraucher- bzw. EEG-/KWKG-Erzeugerseite. Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2023)

- 2) Messstellenbetreiber (grundzuständige und wettbewerbliche Messstellenbetreiber, ggf. spezifische Nennung im Folgenden):
- gMSB: Abschaffung der BSI-Markterklärung (Wegfall vorheriger §30 MsbG) – da erst mit einer BSI-Markterklärung neue Einbaufälle für den Pflichtrollout deklariert werden konnten, insgesamt handelte es sich um einen zeitintensiven Prozess, der zusätzlich von Rechtsunklarheiten geprägt war
 - MSB: Anspruch auf ein jährliches Entgelt vom Netzanschlussbetreiber des iMSys-Nutzenden innerhalb der gesetzten Grenzen nach § 30 MsbG (derzeit bis zu 80 € (brutto) im Jahr) als Ausgleich für die abgesenkten Preisobergrenzen für die Letztverbraucher bzw. Anlagenbetreiber mit einem iMSys – grundsätzlich hat das GNDEW in einzelnen Einbaufällen eine Erhöhung der Gebühren für gMSB ermöglicht, da jedoch laut einer Umfrage unter gMSB von (Kurtz et al., 2023) die größte Herausforderung im Rollout die Wirtschaftlichkeit der Preisobergrenze ist, sind vor allem kleinere gMSB mit tendenziell geringerer Kapitalausstattung zurückhaltender beim Rollout-Start
 - MSB: Ermöglichung der Vereinfachung der sicheren Lieferkette durch das BSI (§§ 22(2, 3), 26(1) MsbG) – da laut (Kurtz et al., 2023) damit die Einbindung insbesondere von externen Dienstleistern bei der Montage vereinfacht wird, kann dies einen Beitrag zur Erhöhung der Einbauraten bei gleichzeitiger Kostenreduktion liefern, die Details kommender Änderungen der sicheren Lieferkette sind derzeit in Arbeit durch das BSI und sollen bis Ende 2024 offizieller Bestandteil der iMSys-Regularien sein (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, 2024)
 - gMSB: wettbewerbliche Messstellenbetreiber haben eine explizite Informationspflicht über die Ausstattung einer Messstelle, die vormals beim gMSB lag (§36(1) MsbG) – damit soll verhindert werden, dass gMSB nicht über einen MSB-Wechsel informiert werden, was in der Praxis zu Problemen führen kann
 - MSB: Aufgrund des novellierten §21(3) MsbG sind verschiedene 1:n-Lösungen juristisch gesichert möglich, dabei kann das SMGW entweder in einer

Liegenschaft oder innerhalb eines Netzknotens auf gleicher Spannungsebene positioniert werden (z.B. Ortsnetzstation), zur mehrfachen Stromzähleranbindung ans LMN können drahtgebundene oder drahtlose Lösungen zum Einsatz kommen – diese technische Öffnungsklausel bietet grundsätzlich den MSB größeren Spielraum bei der Umsetzung konkreter Praxislösungen, jedoch erhalten gMSB hiermit einen Wettbewerbsvorteil, da für diese ein Zugriff auf Netzbetriebsmittel, wie eine Ortsnetzstation, wo ein zentrales Smart-Meter-Gateway verbaut werden könnte, vermutlich wesentlich einfacher als für einen wMSB ist

- MSB: Ermöglichung eines vorzeitigen, teilfunktionalen Betriebs von Messstellen mit dem Fokus einer Umsetzung der Fernsteuerung von EEG/KWKG-Erzeugern sowie steuerbarer Verbrauchseinrichtungen nach §14a EnWG als sogenannter *agiler Rollout*, im Detail ist bei Messstellen in der Niederspannung mit ≤ 100.000 kWh Jahresstromverbrauch und bis 25 kW installierter Leistung bei Erzeugern und §14a EnWG-Anlagen möglich, Funktionalitäten bis Ende 2024 per Softwareupdate nachzuliefern; gMSB können zusätzlich zur Kostenbeteiligung vom Verteilnetzbetreiber die vollständige POG von den iMSys-Nutzenden erhalten (§31 MsbG) – da insbesondere die Fristen vom §14a EnWG zeitnah anstehen, bieten diese neuen Rahmenbedingungen eine Möglichkeit, frühzeitig in die Felderprobung als Messstellenbetreiber in Kooperation mit dem zuständigen Verteilnetzbetreiber zu gehen
- MSB: Übergangsnutzung von nicht BSI-zertifizierten Kommunikationsadaptern für den agilen Rollout im Jahr 2024 erlaubt, insofern eine Herstellererklärung vorliegt (Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik, 2023c) – Grundlage für die praktische Ausnutzung des agilen Rollouts, da damit die MsbG-Anforderungen bis hin zur Hardwarenutzung (z.B. Steuerbox) vollständig erfüllbar sind
- MSB: Nach der Durchführungsverordnung der Kommission der Europäischen Union (EU) 2023/1162 vom 06.06.2023 (Die Europäische Kommission, 2023) sind für alle iMSys, die seit dem 05.07.2019 in Betrieb sind,

neuen Anforderungen hinsichtlich der Zurverfügungstellung von Verbrauchs- und Erzeugungsdaten zu beachten. Neben der zeitnahen, sicheren und einfachen Bereitstellung von validierten, historischen Messwerten, fordert die Verordnung den Zugriff auf echtzeitnahe, nicht validierte Messwerte. Dies muss nach Artikel 9 über eine standardisierte Schnittstelle oder per Fernzugriff gewährleistet werden. Exemplarisch wird die Anbindung an ein Energiemanagementsystem genannt. Da Ende 2019 erst rund 1000 iMSys im Betrieb waren, betrifft dies nahezu alle operativ betriebenen iMSys in Deutschland (Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen & Bundeskartellamt, 2020). Diese Vorgaben gelten zwar unmittelbar mit der Veröffentlichung im EU-Amtsblatt am 15.06.2023, jedoch ist der Bericht der Mitgliedstaaten bezüglich der jeweiligen nationalen Umsetzung der Verordnung erst bis zum 05.07.2025 fällig.

- MSB: Einführung vom Universalbestellprozess als Mittel zur Abwicklung von Steuerungsvorgaben über einen Messstellenbetrieb – ausgelöst durch die Marktrollen Lieferant und Netzbetreiber – aufgrund eines Beschlusses der BNetzA vom 21.11.2022 (Beschlusskammer 6, 2022)
 - Möglichkeit der Festlegung von längerfristigen, vordefinierten Schaltzeiten oder Leistungskurven (z.B. für ein Kalenderjahr) per erweiterter, klassischer Marktkommunikation – muss seit 01.10.2023 möglich sein
 - Erstmalige Einführung eines *Application Programming Interface* (API) Webservice im Rahmen der Marktkommunikation zur echtzeitnahen Vorgabe von Leistungswerten – Inbetriebnahme soll seit 01.04.2024 erfolgt sein
 - Ersteinführung der sogenannten *Netzllokations-Identifikationsnummer* (NeLo-ID) zur technischen Beschreibung eines zu steuernden Netzanschlusses / digitalen Netzanschlusses (u.a. für §14a EnWG Umsetzung)

Wie in der Marktkommunikation üblich, ist der BDEW für die Feinausgestaltung der Prozesse zuständig, hier sind vor allem zwei Dokumente zentral:

1. Offiziell anerkanntes *Einführungsszenario Universalbestellprozess* (BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V., 2023)
 2. Dokumentation vom API Webservice: (edi@energy, 24.10.2023)
- 3) Anschlussnetzbetreiber, insbesondere Verteilnetzbetreiber
- VNB: Gesicherter Zugang zu Netzzustandsdaten aus allen intelligenten Messsystemen mit der im vorherigen Abschnitt beschriebenen 25 % Begrenzung – in Kombination mit Messungen innerhalb der eigenen Betriebsmittel (Abgangsmessungen) sowie vor allem an Schwachpunkten innerhalb der Netzstränge per iMSys besteht die Messgrundlage für eine regelmäßige Netzzustandsschätzung für die netzorientierte Steuerung von §14a EnWG Netzanschlüssen bzw. einzelnen Verbrauchseinrichtungen, dabei sind nach vermutetem Stand der Technik mindestens 15 % der Anschlussnehmer eines Netzbereichs **oder** mindestens 7 % der Anschlussnehmer bei vorhandenen Transformatorabgangsmessungen in die Netzzustandsermittlung einzubeziehen (Auflösung der Netzzustandsdaten: 1 min) (Beschlusskammer 6, 2023a, 2023b; Exner et al., 2023; Fatemi et al., 2023)
 - VNB: Bisherige Ansätze zur Lastanpassung nach §14a EnWG, wie die Verwendung von Rundsteuertechnik ohne den Einsatz einer Netzzustandsschätzung, sind übergangsweise für zwei Jahre erlaubt, sobald die erste Schalthandlung in einem Netzbereich vorgenommen worden ist. Dabei sind zusätzlich Bestandsanlagen, die bis Ende 2025 in die neue Förderung wechseln, von einer Umstellung auf eine Schaltung per iMSys bei fehlender technischer Ausstattung beim VNB ebenfalls temporär ausgenommen. Diese Übergangsfristen erlauben den VNB eine schrittweise Umstellung der eigenen Systemlandschaft auf die Schaltung per iMSys als auch die nachgelagerte Verwendung von iMSys Netzzustandsdaten für das Zielbild einer vollständig netzorientierten Steuerung ab spätestens 01.01.2029 (Pflichtvorgabe) (Beschlusskammer 6, 2023a, 2023b)

- VNB: (Begrenzte) Planbarkeit bzgl. der Preisobergrenze für den Abruf u.a. von kontinuierlichem Empfang von Netzzustandsdaten im minütigen Raster, der Steuerung von Erzeugern sowie den Abruf von §14a EnWG nach §34(2) MsbG Steuersignalen (aktuell jeweils 10 € (brutto) pro Jahr)
 - VNB: Erstellung eines initialen Vorschlags für die BNetzA zu den Anforderungen an eine einheitliche Schnittstelle zu steuerbaren Verbrauchseinrichtungen bzw. einem Energiemanagementsystem (EMS) für Steuervorgaben bis zum 01.10.2024, sowie eine Überprüfung bzw. Aktualisierung mindestens im 3-Jahres-Zyklus (Beschlusskammer 6, 2023a, 2023b)
 - VNB: Dasselbe Zieldatum, 01.10.2024, gilt für ein einheitliches Veröffentlichungsformat von §14a EnWG Eingriffen aufseiten der VNB, welches für die geplante bundeseinheitliche Transparenzplattform – im operativen Betrieb ab 01.03.2025 – vorgesehen ist (monatliche Meldung von Eingriffen je VNB- & PLZ-Gebiet sowie Aufführung geplanter Maßnahmen zur Vermeidung mit Zieldatum) (Beschlusskammer 6, 2023a, 2023b)
 - Anschlussnetzbetreiber (insbesondere VNB): Anerkennung der Kostenbeteiligung für die Preisobergrenze, insbesondere für den iMSys-Einbau als auch teilweise bei deren Betrieb, als dauerhaft nicht beeinflussbare Kosten zur Bestimmung der Erlösobergrenze. Ausnahmen sind die MSB-Zusatzleistungen für die Bestellung von minütlichen Netzzustandsdaten und Steuerungshandlungen einzelner iMSys, da diese im Wettbewerb mit dem alternativen Weg eines klassischen Netzausbaus stehen. Nach dem zugehörigen Beschluss der BNetzA (Beschlusskammer 8, 2024) ist eine erste Wirksamkeit ab 2025 auf die Erlösobergrenze vorgesehen, wobei die Kosten aus 2024 nicht direkt, sondern über die nachfolgenden Jahre berücksichtigt werden sollen (Erstattung über das Regulierungskonto 2024 im Zeitraum 2027 bis 2029). (Beschlusskammer 8, 2024)
- 4) Dezentralen Energieanlagen (DEA)-Hersteller & DEA-Betreiber (i.d.R. Anlagenbetreiber) (bzw. beauftragte Dritte, die steuernd agieren, wie Aggregatoren oder HEMS-Anbieter)

- §14a EnWG: Einführung einer dauerhaft erlaubten Mindestabnahmeleistung von i.d.R. 4,2 kW für eine steuerbare Verbrauchseinrichtung (einschließlich Übergangsphasen einer präventiven Steuerung über das iMSys) – falls eine Anlage technisch in der Lage ist, können die Bedürfnisse eines Letztverbrauchers mithilfe dieser gesicherten Leistung bestmöglich erfüllt werden (Beschlusskammer 6, 2023a)
- §14a EnWG Umsetzung übernimmt die Sicht der VDE-AR-E 2829-6-1 des *digitalen Netzanschlusses* als neue Option die Energieflüsse hinter dem Netzanschlusspunkt anhand der Netzbetreibervorgaben zu kontrollieren als Ergänzung zur bisher üblichen Einzelanlagensteuerung, auch dies dient dazu die Bedürfnisse des Letztverbrauchers stärker zu berücksichtigen. Als Mittel kommt hier üblicherweise ein Heimenergiemanagementsystem zum Einsatz. (Beschlusskammer 6, 2023a; Böhm et al., 2023; Verband der Elektro- und Digitalindustrie e.V., 2023)
- §14a EnWG: EEBUS, als eine konkrete Ausprägung der VDE-AR-E 2829-6-1, als Schnittstelle zwischen Letztverbraucher und Verteilnetzbetreiber offiziell anerkannt, da bei Anwendung die Informationsübertragungs- und Dokumentationspflichten als Betreiber einer Verbrauchseinrichtung nach §14a EnWG als erfüllt gelten (Beschlusskammer 6, 2023a; Böhm et al., 2023)
- Ausnahme bei der iMSys Nutzungspflicht für *energiewirtschaftlich relevante Mess- und Steuerungsvorgänge / Daten* für lokale Optimierung: Für den zunehmenden Anwendungsfall einer Optimierung einer oder mehrerer flexibler dezentraler Energieanlagen hinter dem Netzanschlusspunkt ist seit der 29.12.2023 wirksamen MsbG-Novellierung der §§ 19(2), 34(2) erlaubt die bereits im Markt übliche Nutzung der zweiten WAN-Anbindung für die Übertragung minimaler oder maximaler Leistungsbezüge durch einen Dritten (z.B. Lieferant). Auf Basis dieser Grenzwerte kann bspw. ein HEMS die lokalen Flexibilitäten steuern. Falls eine Anbindung per iMSys vom Letztverbraucher bzw. Anlagenbetreiber hierfür gewünscht wird, besteht gleichzeitig das Recht vom Messstellenbetreiber diesen Zugangsweg als verpflichtende Zusatzleistung einzufordern. Hierfür gilt die gleiche Frist von

vier Monaten nach Beauftragung zur Herstellung der Fernsteuerbarkeit bspw. mithilfe einer zusätzlich eingebauten Steuerbox (aktuelle POG: 30 € (brutto) / Jahr).

- Grundsätzlich sind seit dem GNDEW die iMSys-Nutzungspflichten über die ERD nach § 19 MsbG gesetzlich verankert. Derzeit muss ein iMSys bei den nachfolgenden Anwendungen zum Einsatz kommen, sobald der Messstellenbetrieb hierzu technisch in der Lage ist:
 1. MSB-Standardleistungen (über die jährliche Grundgebühr einer Messstelle finanziert):
 - §60 MsbG benannten Prozesse: Pflichten zur Datenaufbereitung und Übermittlung an berechtigte Parteien mit Nutzungspflicht im Stromsektor sowie als Option im Gassektor
 - Verbrauchsinformationen für Letztverbraucher per lokaler Anzeigeeinheit oder ggf. Online-Portal (§61 MsbG) sowie Einspeise- und Verbrauchsinformationen von Anlagenbetreibern per lokaler Anzeigeeinheit oder ggf. Online-Portal (§61 MsbG)
 - tägliche Übermittlung von viertelstundengenauen Netzstatusdaten an den Anschlussnetzbetreiber (ANB)
 - Erfüllung weiterer sich aus den Festlegungen der Bundesnetzagentur nach den §§ 47 und 75 MsbG ergebender Pflichten, insbesondere zu Geschäftsprozessen, Datenformaten, Abrechnungsprozessen, Verträgen oder zur Bilanzierung
 2. MSB-Zusatzleistungen (Leistungen jeweils mit einer individuellen, jährlichen Preisobergrenze versehen):
 - §13a EnWG (Redispatch 2.0)
 - §14a EnWG
 - §14c EnWG
 - EEG/KWKG-Direktvermarktung
 - Fernauslesung & -steuerung durch Anschlussnetzbetreiber von EEG/KWKG-Anlagen

- Minütliche Übermittlung von Netzzustandsdaten an den ANB
 - Anbindung per dezidiertes, schwarzfallfester WAN-Anbindung (per 450 MHz Mobilfunknetz)
 - ab 2028: Regelreserve (Regelleistung/-arbeit)
- Seit der MsbG-Novelle vom 22.12.2023 besteht jedoch die Möglichkeit für die Bundesregierung die ERD-Liste per Rechtsverordnung unter Ausschluss vom Bundesrat nach §19(2) MsbG anzupassen. Damit besteht grundsätzlich die Unsicherheit, inwieweit die sogenannte zweite WAN-Anbindung für unterschiedliche Anwendungsfälle Bestand hat. Als zusätzlicher Unsicherheitsfaktor zur Verwendung dieser Anbindungsvariante kommt hinzu, dass nach §19(2) MsbG für §14a EnWG Anlagen / digitalen Netzanschluss bzw. für EEG-/KWKG-Anlagen nach §95(2a) EEG per gleicher Rechtsverordnung die Anbindung untersagt werden kann, insofern bspw. erhebliche Cyber Risiken mit potenziell negativen Netzauswirkungen bestehen. Dies gilt explizit für EEG-/KWKG-Bestandsanlagen (§95(2a) EEG).
- Veröffentlichung der BSI-TR-03109-5 Kommunikationsadapter als zentrale Richtlinie einer Entwicklung von Informations- und Kommunikationstechnik (IKT)-Produkten im *Home Area Network* (HAN)-Netzwerk vom Smart Meter Gateway, die mithilfe vom CLS-Kanal mit einem sogenannten aktiven externen Marktteilnehmer (aEMT) im WAN des SMGWs kommunizieren können:
- Seit dem 24.11.2023 bzw. 06.12.2023 existieren die ersten offiziellen Anforderungsdokumente zur Umsetzung bzw. Prüfung eines Kommunikationsadapters (Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik, 2023c, 2023d). Da über den Kommunikationsadapter vielfältige Anwendungsfälle theoretisch umsetzbar sind, wie die Steuerung von DEA oder die Übertragung von spartenübergreifenden Messwerten im Kontext Submetering, ist diese Richtlinie von zentraler Bedeutung für alle Akteure, die das iMSys

laut ERD-Vorgaben¹⁸ nutzen müssen, bzw. nutzen möchten. Folgende zentrale Punkte sind an dieser Stelle zu beachten:

1. Insofern nicht im Rahmen des agilen Rollouts die Option der Herstellererklärung genutzt wird, sind alle im Operativbetrieb verbauten Komponenten mit Anschluss an die HAN-CLS-Schnittstelle eines SMGWs ab 2025 nach der Richtlinie zu zertifizieren (Konformitätsnachweis).
2. Bei der Zertifizierung ist vor allem eine Unterscheidung nach der Notwendigkeit einer Informationstechnik (IT)-Sicherheitszertifizierung zu beachten, offiziell bekannt als beschleunigte Sicherheitszertifizierung. Hier stellt eine akkreditierte Prüfstelle sicher, dass die Komponente Cyberrisiken für die iMSys-Infrastruktur ausreichend minimiert. Ohne BSZ, falls notwendig, ist eine BSI-TR-03109-5 Konformität nicht nachweisbar. Grundlage für die BSZ-Notwendigkeit ist das Vorhandensein einer IT-Netzwerkeinbindung der CLS-Komponente außerhalb des SMGW-HANs. Hierunter fällt bspw. die Verwendung einer EEBUS-Schnittstelle oder die Nutzung einer zweiten WAN-Anbindung als Zugriffsoption auf die zu zertifizierende CLS-Komponente bzw. nachgelagerte Komponenten. Abgedeckt von der Zertifizierung ist die gesamte Hardware, die für die geforderten Funktionen der BSI-TR-03109-5 notwendig ist. Demzufolge kann bspw. eine gesonderte Hardware nur für die CLS-Kommunikation zertifiziert werden, die dann wiederum an eine DEA oder ein HEMS per LAN angeschlossen wird. Dies kann laut (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz & Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik, 2023) ein *Aufsteckmodul* sein.
3. Seit dem Inkrafttreten der Richtlinie zum 01.01.2024 ist prinzipiell eine Zertifizierung ohne BSZ möglich, jedoch konnte bisher kein Hersteller diese erreichen (Stand Ende Juni) (Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik, 2024b). Darüber hinaus hat das BSI

¹⁸ Beachten: Eine Nutzung vom ebenfalls vorhandenen LMN kann für bestimmte Datenpunkte vorgegeben sein (z.B. abrechnungsrelevante Daten im Stromsektor) (Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (2021)).

am 01.07.2024 offiziell die BSZ für den Markt geöffnet, nachdem das BSI im September 2023 zu einer Pilotphase mit zwei Herstellern aufgerufen hatte (Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik, 2023a) (weitere Details s. nachfolgender Abschnitt).

5) Mieterstromlieferanten:

- Aufgrund der Ergänzung zum § 20 (1d) des EnWG im Rahmen des GNDEW existiert die zentrale regulatorische Grundlage zur Nutzung von viertelstündlichen Messdaten aus einem iMSys, um im Fall einer Teilversorgung von einzelnen Letztverbrauchern über eine Erzeugungsanlage hinter einem gemeinsamen Netzanschlusspunkt – bekannt als *Mieterstrom* – eine berechnete Bilanzierung der Verbräuche durchzuführen, ohne die Notwendigkeit gesonderter, physikalischer Summenzähler. Das Vorgehen wird als *virtueller Summenzähler* bezeichnet. (Arbeitsgruppe Messkonzepte, 2024)
- Konzept des virtuellen Summenzählers kommt in der Breite der Branche an, wie exemplarisch die Aufnahme des Konzeptes in einer Branchenempfehlung vom Verband der Bayerischen Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (VBEW), dem *VBEW-Messkonzepte* (Arbeitsgruppe Messkonzepte, 2024), zeigt (seit Juli 2023 berücksichtigt).
- Zur Vereinfachung der Abstimmungsprozesse zwischen VNB, MSB und Mieterstromlieferant plant die Bundesnetzagentur neue Vorgaben zur standardisierten Umsetzung von Mieterstrom-relevanten Informationsaustauschen im Rahmen der regulierten Marktkommunikation. Der Umsetzungsstichtag u.a. für diese Änderungen soll der 01.04.2025 sein. (Beschlusskammer 6 & Beschlusskammer 7, 2024)

3. Kernherausforderung: Limitierter Nutzen der aktiven iMSys-Infrastruktur

Im vorherigen Bericht (Bergsträßer, 2022) konnte eindeutig aufgezeigt werden, dass das iMSys grundsätzlich für viele energiewirtschaftliche Anwendungsfälle prinzipiell in Frage kommt. Zum damaligen Zeitpunkt lag der operative Fokus auf dem Bereich Smart Metering / Submetering unter Nutzung der *Local Meteorological Network* Schnittstelle des SMGW. Hierunter fallen die Pflichtnutzungsfälle der monatlichen Standardlastprofil (SLP)

Abrechnung sowie die höheraufgelöste Erfassung von 15 Minutenwerten per Tarifierungsfall (TAF) 7, bekannt als Zählerstandsgangmessung, als auch die optionale Möglichkeit im wMSB-Kontext spartenübergreifend (Gas, Fern-/Heizwärme, Wasser) abrechnungsrelevante Messwerte zu erfassen.

Grundsätzlich ist dieser Fokus im operativen iMSys-Betrieb bis heute gleichgeblieben. Primärer Hintergrund war die länger ausstehende, offizielle Erstversion der BSI-TR-03109-5. Mit der Veröffentlichung Ende 2023 sind die neuen Rahmenbedingungen für die Nutzung vom theoretisch vielfältig nutzbaren CLS-Kanal gesetzt. Jedoch konnte bis Ende Juni 2024 kein offizielles BSZ-Verfahren gestartet werden, da dieses erstmal in zwei weiterhin laufenden Pilotverfahren tiefer ausgestaltet wurde (Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik, 2024c). Erste Zwischenergebnisse sind verschiedene Dokumente, die das BSI öffentlich bereitstellt (Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik, 2024a). Grundsätzlich war seit der Veröffentlichung eine Zertifizierung ohne BSZ möglich, jedoch ist zum Stand Ende Juni 2024 kein entsprechendes Gerät nach der Richtlinie zertifiziert (Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik, 2024b). Dabei existieren am Markt bereits einige IKT-Produkte, die als Kommunikationsadapter den CLS-Kanal für die Primärzwecke DEA-Steuerung als auch Smart Metering & Submetering nutzbar machen möchten, wie Tabelle 2 verdeutlicht. Hierbei ist zu beachten, dass teilweise Hersteller die Lösung als *Whitelabel*-Produkt mit ggf. individuellen Anpassungen anbieten, sodass die Anzahl der Anbieter der jeweiligen Hardwarelösungen im Gesamtmarkt größer ist.

Produkt(e)	Hersteller	FNN	Relais	EEBUS	Weitere dig. Schnittstellen	SME	BSZ-Pilot	Details
Consolinno Leaf-leaf HEMS	Consolinno Energy GmbH	Ja	4 Relais	Geplant	KNX, ZigBee	Ja	Nein	Link
Hausheld CLS-Steuerbox	Hausheld AG	(Ja)	5 Relais	?	Ja, aber nicht näher spezifiziert	?	Nein	Link
LMS Steuerbox STB810/STB820	LMS Services GmbH & Co. KG	Ja	4 Relais	Ja	KNX	Nein	Nein	Link
PPC CLS Adapter Submetering 2.0	PPC AG	Nein	Nein	Nein	(w)M-Bus, Qundis AMR System	Ja	Ja	Link
PPC CLS Gateway		Nein	Nein	Möglich	Individuell (Linux basiert), wM-Bus	Möglich	Nein	Link

Produkt(e)	Hersteller	FNN	Relais	EEBUS	Weitere dig. Schnittstellen	SME	BSZ-Pilot	Details
Prolan Steuerbox	PROLAN AG	Ja	4 Relais	Ja	KNX	Nein	Nein	Link
Siconia® SMARTY IQ-IO	Sagemcom Dr. Neuhaus GmbH	(Ja)	4 Relais	Nein		Nein	Nein	Link
Smart Grid Steuerbox StromPager DX	IK Elektronik GmbH	Ja	4 Relais	?	Individuell (auf Anfrage), 460 MHz (e*Nergy)	Nein	Nein	Link
Steuerbox Grid Control Unit	EFR GmbH	(Ja)	4 Relais	Nein	EN 60870-5-104	Nein	Nein	Link
SwiSBox	Swistec GmbH	Ja	4 Relais	Ja	KNX	Nein	Nein	Link
Theben Mehrwertmodul	Theben Smart Energy GmbH	Nein	Nein	Ja	u.a. KNX, ZigBee (Appstore)	?	Ja	Link
Theben Steuerbox SELEXA R/D	Theben Smart Energy GmbH	Ja	4 Relais	Ja	KNX	Nein	Nein	Link
VIVAVIS enQube II	VIVAVIS AG	Nein	Nein	Nein	LoRaWAN, (w)M-Bus, IEC 62056-21, IEC 61107, DLMS/COSEM	Ja	Nein	Link
VIVAVIS FNN Steuerbox STBF24B/C/D	VIVAVIS AG	Ja	4 Relais	Ja		Nein	Nein	Link
ZENNER IoT gateway Hutschiene	ZENNER International GmbH & Co. KG	Nein	4 Relais	Ja	KNX (per Buskoppler), OCPP 1.6/2.0.1, LoRaWAN, (w)M-Bus	Ja	Nein	Link

Ergänzende Hinweise:

- FNN: FNN-Lastenheft Steuerbox (Version 1.3), ggf. mit Einschränkungen/Erweiterungen: (Ja)
- Relais: Relaisschaltung
- SME: Submetering
- Bei einigen Produkteinträgen handelt es sich um verschiedene Produktvarianten, die ggf. nur einige der genannten Eigenschaften aufweisen.
- Ende Juni 2024 war kein hier aufgeführtes Produkt offiziell nach der BSI-TR-03109-5 zertifiziert (laut öffentlichen Informationen sind Zertifizierungen, neben den BSZ-Piloten, bereits teilweise in Arbeit und laut eigener Darstellung kurzfristig zu erwarten, bei anderen Herstellern ist dies ebenfalls zu vermuten)
- Vollständigkeit der Liste ist nicht garantiert.

Tabelle 2: Kurzübersicht über öffentlich bekannte Kommunikationsadapter-Lösungen zur Anbindung an ein iMSys. Quelle: Eigene Darstellung, Datenbasis: Öffentliche Herstellerangaben (Details s. Links), BSZ-Pilot: Produkte Teil d. BSZ-Pilotprojekte: (Power Plus Communications AG, 2024; Theben Smart Energy GmbH, 2024)

Da für die Nutzbarmachung des Systems auf technischer Ebene ein CLS-Kanal aufgebaut werden muss, und bspw. im Vergleich zum passiven externen Marktteilnehmer (pEMT)-System höhere Anforderungen gelten, zum Beispiel Pflicht zu einer ISO / IEC 27001 Zertifizierung, hat sich in der Praxis *Aktiver EMT as a Service* als Lösungsansatz zur Darbietung eines aEMT-/CLS-Managements durch einen Dritten etabliert (Deutsche Energie-Agentur GmbH, 2024b, S. 25). Nähere Informationen zu den spezifischen Anforderungen, insbesondere an einem aEMT, sowie eine Auswahl an Lösungsanbietern befindet sich in der folgenden Veröffentlichung: Deutsche Energie-Agentur GmbH (2024b). Dabei ist dieses System ein Kernbestandteil der neuen technischen Rolle *des Steuerbox-Administrator*, wie in einem aktuellen Hinweis vom VDE FNN näher eingeführt wird (VDE, 2024b).

Grundsätzlich besteht jedoch bei der derzeitigen iMSys-Infrastruktur die Herausforderung, dass die einzelnen Systembestandteile wie GWA-System, SMGW, Steuerbox und CLS-Management nicht unbedingt alle miteinander kompatibel sind. Dies führt potenziell zu Einschränkungen auf MSB-Seite bzgl. der eigenen Beschaffungs- und Umsetzungskonzepte. Marktübergreifende Verbesserungsvorschläge sind zu diesem Punkt u.a. durch die *PG Koordinierte Steuerung über iMSys* und die *PG GWA-Systemanbindung* im VDE FNN zu erwarten. (Deutsche Energie-Agentur GmbH, 2024b; Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft mbH, 2023a; VDE, 2023a, 2023b)

Hinsichtlich der CLS-Schnittstelle wird derzeit diskutiert, ob diese ebenfalls für abrechnungsrelevante Daten im RLM-Marktsegment (i.d.R. > 100.000 kWh Jahresverbrauch) zum Einsatz kommen soll. Dabei handelt es sich im Allgemeinen um das sogenannte *intelligente RLM-System*. Abweichend vom klassischen SLP-Segment sind die Anforderungen an die Zähler anders gelagert. Typischerweise waren die Zähler in der Vergangenheit nicht mit einem Personenbezug verbunden, sodass bei einer Nutzung ausschließlich in Verbindung mit nicht natürlichen Personen die datenschutzwahrenden Eigenschaften der bisherigen LMN-Schnittstelle nicht unbedingt gefordert sind. Darüber hinaus sind im RLM-Segment höhere Datenqualitäten als auch Verfügbarkeiten der Daten vonnöten. Dies hängt u.a. damit zusammen, dass wesentlich höhere Energiemengen mithilfe der Systeme abgerechnet werden. Ebenso sind nachgelagerte Komponenten bzw. Prozesse häufig auf sehr hochaufgelöste Messwerte angewiesen. Inwieweit der vorgeschlagene Ansatz vom BSI über die LMN-Schnittstelle zu gehen, als verpflichtend gelten wird, soll als

Teil der derzeit laufenden BMWK-Standardisierungsvorhaben 2024 entschieden werden (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, 2024). Insofern der CLS-Kanal für ein iRLMSys in Frage kommen sollte, zeigen Versuche wie von Power Plus Communications AG (2023), dass eine CLS-Anbindung grundsätzlich funktionieren kann. Im Detail sind nichtsdestotrotz Anpassungen vor allem in der BSI-TR-03109-5 für die verschiedenen Einsatzzwecke von derzeitigen RLM-Systemen zu erwarten. (Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen & Bundeskartellamt, 2023; Eisenbeiß, 2023)

Insgesamt zeigt sich der bisherige Fokus vom Rollout in den neusten, offiziellen Berichtszahlen der BNetzA zum Stichtag 31.12.2022 (beachten: GNDEW erst wirksam seit Mai 2023) (Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen & Bundeskartellamt, 2023):

- Zuerst einmal ist festzuhalten, dass auf Letztverbraucherseite ausschließlich ca. 0,6 % aller gMSB-Messlokationen, bzw. 269.809 Messlokationen, mit einem iMSys versehen waren. Auf Erzeugerseite war auf sehr niedrigem Vergleichsniveau der Ausbau nahezu nicht vorhanden, wie ein Ausbaustand von rund 0,1 % aller gMSB-Messlokationen, bzw. 1.832 Messlokationen, mit einem verbauten iMSys verdeutlicht.
- Darüber hinaus hat sich der relative Ausbau bis Ende 2022 vor allem in den Segmenten über 6.000 kWh bis 100.000 kWh auf Letztverbraucherseite abgespielt (ca. 4,9 % – 8,2 % iMSys Anteil), wobei mit rund 100.000 per SMGW angebotenen gMSB-Messlokationen das Segment mit einem Jahresstromverbrauch von über 6.000 kWh bis 10.000 kWh an der Spitze des absoluten Zubaus lag. Zusammenfassend lässt sich an diesem Punkt feststellen, dass vor allem das i.d.R. klassische SLP-Segment mit einem Jahresstromverbrauch von unter 100.000 kWh aus historischer Sicht eine Modernisierung erfahren hat. Gleichzeitig hat ein Zubau im optionalen Segment – mit jeweils unter 1 % Anteil an iMSys an allen gMSB-Messlokationen – bisher nicht im signifikanten Maße stattgefunden.

Wie groß die Aufgabe des iMSys-Rollouts zukünftig ist, zeigt ein direkter Vergleich mit den verpflichtenden MsbG-Rolloutzielen aufgrund des GNDEW (s. Abbildung 4). Bis Ende 2025 bzw. Ende 2028, den ersten Zwischenzielen für die zwei Pflichtausbausegmente, ist

eine Fortschreibung vom Status Quo absolut nicht ausreichend. Zusätzlich muss beachtet werden, dass die jährliche, relative Zubaurate von iMSys nach den ersten Zwischenzielen weiter zunehmen muss, sodass die gesetzlichen Ziele für gMSB erreichbar bleiben bzw. in Zukunft sind.

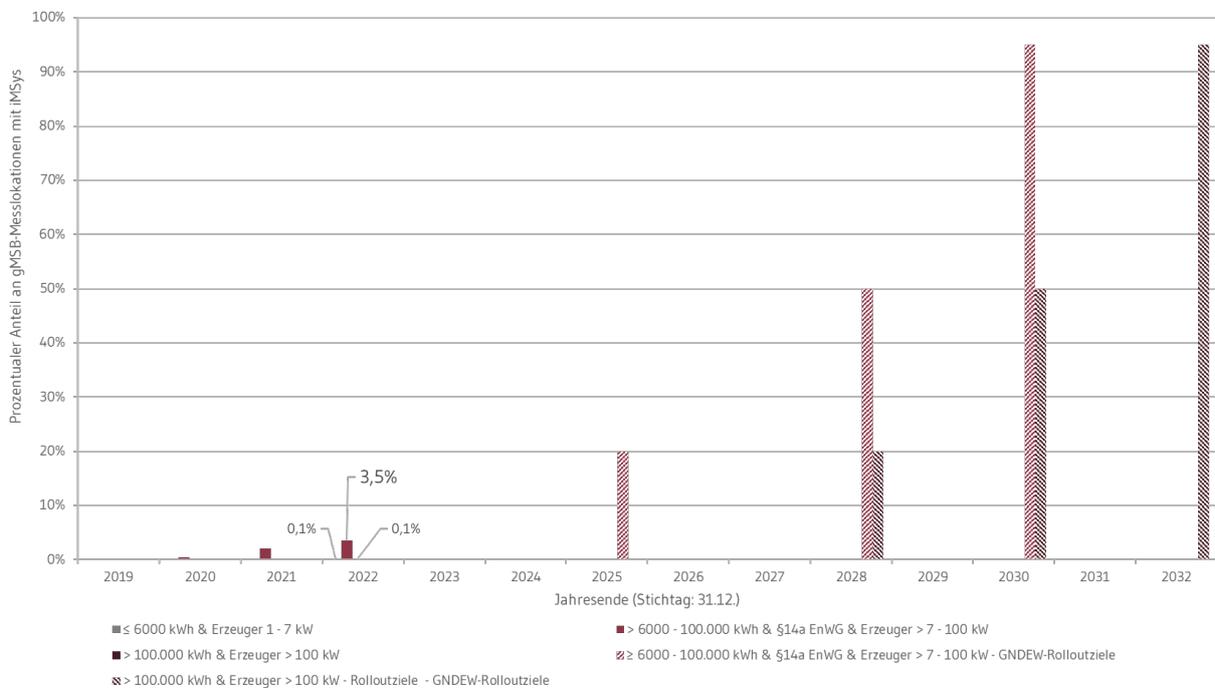


Abbildung 4: Vergleich vom aktuellen iMSys-Rolloutstand zu den aktuell gültigen Rolloutzielen nach der MsbG-Novelle im Zuge des GNDWE sowie Ausbaustand im optionalen Segment von iMSys. Quelle: Eigene Darstellung, Datenbasis: Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen & Bundeskartellamt (2020, 2021a, 2021b, 2022, 2023), Hinweis von der BNetzA bzgl. des historischen iMSys-Ausbaustands: Bis zum Berichtsjahr 2021 traten systematische Fehler bei einigen Unternehmensmeldungen zum iMSys-Ausbaustand auf, die jedoch seit dem Berichtsjahr 2022 nicht mehr aufzufinden sind, Zusatzhinweis: Unschärfe bei der 6000 kWh Grenze

Neben dem iMSys-Zubau im Hauptsektor Strom ist für eine sektorenübergreifende Betrachtung insbesondere die Thematik des Submetering von Interesse. Laut dem letzten Monitoringbericht ist die Darbietung von Dienstleistungen in den anderen Sparten Gas, Wasser, Fern- und Heizwärme für eine klare Mehrheit der in Deutschland aktiven MSB kein Thema, wie Abbildung 5 aufzeigt. Dieser Zustand ist seit der Erfassung im Berichtsjahr 2020 nahezu gleichgeblieben. Die zwei niedrigsten Segmente, Heiz- und Fernwärme, sind an dieser Stelle nicht ohne Grund von geringerer Relevanz, da diese bereits mehrheitlich über andere Lösungen wie *Walk-/Drive-by* oder eine Weitverkehrsnetzfernauslesung – bspw. per Mobilfunknetz – für Abrechnungszwecke eingebunden sind. Für das Mehrfamilienhaussegment zeigt dies deutlich der *Digitalisierungsatlas 2024* von (ista SE, 2024). Laut diesem sind bereits 70 % bis 87 % Prozent aller Mehrfamilienhaushalte – aggregiert je Bundesland – mit Messgeräten ausgestattet, die digital gestützt fernauslesbar sind. Treiber ist hier vor allem die *Verordnung über Heizkostenabrechnung (HeizkostenV)*¹⁹, die seit 01.12.2021 eine Fernauslesbarkeit von interoperablen Messgeräten für Warm- und Heizwasser bzw. Heizkostenverteiler im Regelfall vorschreibt. Im nichtfernauslesbaren Bestand, im Detail Geräte mit dem Installationsdatum vor dem 01.12.2021, sind i.d.R. bis Ende 2026 gegen eine fernauslesbare Variante auszutauschen. Nur im Übergangszeitraum 01.12.2021 bis 01.12.2022 gilt eine Frist bis Ende 2031. Danach sind alle Ausstattungen im Sinne der HeizkostenV mit oder ohne MSys fernauslesbar. Im Fall einer vollfunktionsfähigen Fernauslesbarkeit ist seit 01.01.2022 eine monatliche Verbrauchsinformationen vom *Gebäudeeigentümer* darzubieten, zu der, abhängig vom jeweiligen Bundesland, nach ista SE (2024) 15 % bis 60 % der Mehrfamilienhaushalte Zugriff besitzen.

¹⁹ Verordnung über Heizkostenabrechnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 5. Oktober 2009 (BGBl. I S. 3250), die zuletzt durch Artikel 3 des Gesetzes vom 16. Oktober 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 280) geändert worden ist

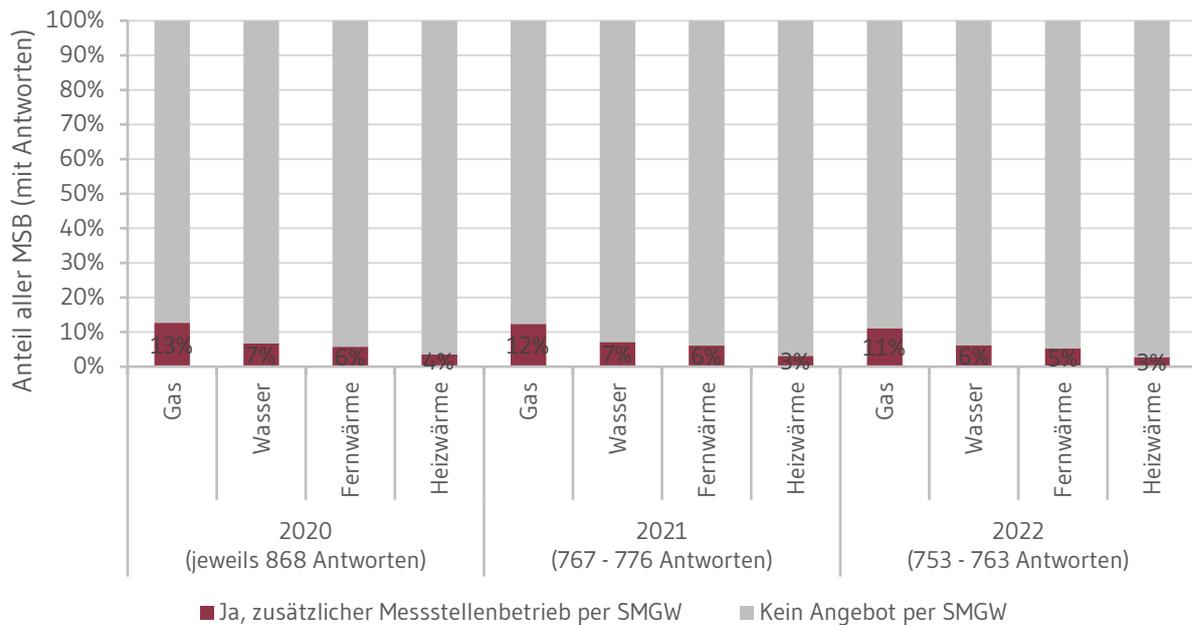


Abbildung 5: Zeitliche Entwicklung vom zusätzlichen Angebot eines Messstellenbetriebs in den Sparten Gas, Wasser, Fernwärme und Heizwärme in den Jahren 2020 bis 2022. Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von Angaben aus den Monitoringberichten der Jahre 2021-2023: Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen & Bundeskartellamt(2021a, 2022, 2023)

4. Kernherausforderung: Zugriff auf kostengünstige und leistungsfähige TK-Infrastruktur

Für einen erfolgreichen iMSys-Rollout ist von zentraler Bedeutung, dass eine weitflächige Netzabdeckung von Telekommunikationsinfrastrukturen zur Verfügung steht. Neben dem vergleichswisen datensparsamen Betrieb für den Smart-Metering- / Submetering-Bereich mit i.d.R. monatlichen Datenabrufen, als auch mit dynamischen Tarifen per TAF 7 mit üblicherweise täglichen Abrufen, sowie vereinzelt, möglicherweise datenintensiveren administrativen Zugriffen bspw. für Softwareupdates, sind die Anforderungen an die zeitliche Verfügbarkeit, Bandbreite und Latenzen vergleichsweise gering. Dies ändert sich aber mit der erwarteten Zunahme von Anwendungen mit höheren Anforderungen wie dem Abruf von hochaufgelösten Daten bspw. nach TAF 10, *Übermittlung von Netzzustandsdaten*, vor allem zur Erhebung der Notwendigkeit von Eingriffen nach §14a EnWG, TAF 14, *hochfrequente Messwertbereitstellung für Mehrwertdienste*, oder der Umsetzung von Steuerungsvorgaben per CLS-Kanal, bspw. für die Direktvermarktung oder zur Erbrin-

gung von Regelreserve. Folglich sind für kommende Nutzungen des iMSys leistungsfähigere Telekommunikationsinfrastrukturen erforderlich. (Bergsträßer, 2022; Exner et al., 2023)

Laut dem letzten Monitoringbericht für das Berichtsjahr 2022 von der Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen & Bundeskartellamt (2023) sind im SLP- und im RLM-Marktsegment öffentliche Mobilfunknetze mit 71 % bzw. 90 % die wichtigste Telekommunikationslösung für Messstellenbetreiber in Deutschland. Jedoch weisen die zusammengefassten Netzwerke der drei etablierten Netzbetreiber weiterhin Lücken in der Abdeckung auf, wie anhand der Funklochkarte der BNetzA ersichtlich wird (Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen, 2024). Vergleichbare Ergebnisse liefert eine Analyse von OpenSignal vom November 2023 (Wyrzykowski, 2023). Die bisherigen Hauptmobilfunknetzbetreiber Telekom, O2/Telefónica und Vodafone weisen nach Messungen auf der Basis von privaten Personen Abdeckungslücken auf (vor allem gemessen in Innenräumen), wobei 2G-Netzwerke für deren Auswertung im Vergleich zur Funklochkarte der BNetzA ignoriert worden sind. Die Lücken in der flächigen Verfügbarkeit nahmen laut OpenSignal insgesamt zu bei einer Beschränkung auf den neusten Mobilfunkstandard 5G. Zu ähnlichen Ergebnissen kommt darüber hinaus die Mobilfunkmarktanalyse von Sörries et al. (2023) auf Basis der offiziellen Statistiken der BNetzA unter Nutzung verpflichtender Informationen der Infrastrukturbetreiber (vgl. Abbildung 6).

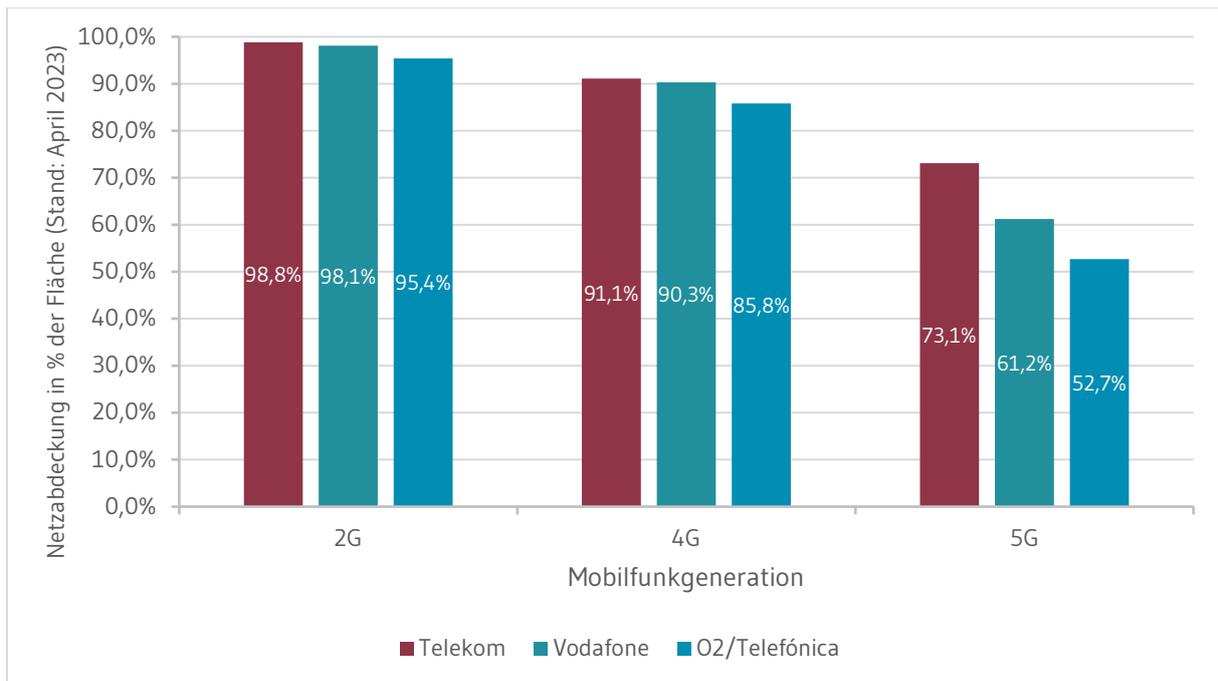


Abbildung 6: Flächige Netzabdeckung der etablierten Mobilfunknetzbetreiber in Deutschland zum Stand April 2023. Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Abbildung 4-1 in Sörries et al. (2023) – zugrundeliegende Daten von der BNetzA

Die Lücken sind teilweise soweit vorhanden, dass die drei etablierten Netzbetreiber gegen die Versorgungsaufgaben nach der 5G-Frequenzausschreibung im Jahr 2019 zum Stand Ende 2022 verstoßen haben. Aufgrund dessen hat die BNetzA im November 2023 ein Bußgeldverfahren eingeleitet (Wilkens, 2023). Auch der neue Netzbetreiber 1&1 ist bereits seit April 2023 diesbezüglich in einem Verfahren aufgrund des Verstoßes gegen die individuellen Auflagen eines Ausbaus von 1000 5G-Antennenstandorten (Wilkens, 2023). Hiervon wurde Ende 2022 erst fünf erreicht. Auch Stand Mitte 2024 ist dieses Ziel weiterhin nicht erfüllt (Schimroszik, 2024). Dies ist zudem nur ein Zwischenziel da für hohe Versorgungsgrade wesentlich höhere Ausbauzahlen notwendig sind, wie ein Vergleich mit dem führenden Netzbetreiber zeigt. Dieser betrieb Mitte 2023 ca. 25.000 Standorte mit 5G-Antennen (5G-Anbieter.info, 2023).

Im Fall des neuen Netzbetreibers sind seit Ende 2023 verbesserte Rahmenbedingungen feststellbar. Einerseits steht die für Deutschland bisher einmalige, ausschließlich *Open Radio Access Network* (Open-RAN) basierte Netzinfrastruktur seit Dezember 2023 für Mobilfunkverbindungen operativ bereit (1&1 AG, 2023). Bei dieser findet eine Trennung zwi-

schen Software- und Hardwarekomponenten statt, sodass herstellerunabhängig u.a. Antennenanlagen per offener Schnittstelle in die TK-Infrastruktur eingebunden werden können. Nachteil dieser interoperablen Infrastruktur war das Fehlen einer stringenten Verfolgung vom *security-by-design* bei der Entwicklung dieser Infrastruktur, wie Köpsell et al. (2022) feststellte. Liyanage et al. (2023) bestätigt das Vorhandensein von IT-Sicherheits- und Datenschutzrisiken, die jedoch in der weiteren Entwicklung der vergleichsweisen neuen Technik berücksichtigt werden können. Quad Critical and Emerging Technology Working Group (2023) hebt an dieser Stelle hervor, dass im Vergleich zu traditionellen RAN-Ansätzen zwar teilweise Unterschiede in der Bedrohung vorliegen, aber insgesamt Open-RAN nicht grundsätzlich als unsicherer zu bezeichnen ist. Beide Veröffentlichungen, Liyanage et al. (2023) und Quad Critical and Emerging Technology Working Group (2023) liefern Vorschläge zur Behebung der identifizierten Risiken. Dabei wird die Notwendigkeit u.a. der Weiterentwicklung der Open-RAN Architektur in der treibenden O-RAN Alliance bereits aktiv angegangen, wie die neusten Aktivitäten der zugehörigen Security Working Group in Richtung einer *Zero Trust Architecture* aufzeigen (O-RAN ALLIANCE e.V., 2024).

Andererseits setzt der neue Netzbetreiber vor allem auf nationales Roaming, um die Lücken im eigenen 5G-Netz zu füllen. Je nach Verfügbarkeit kommen dann 2G, 4G oder 5G zum Einsatz (per *machine-to-machine subscriber identity module* Karte). Dies ist notwendig, da bis Ende 2025 bzw. Ende 2030 ein Mindestversorgungsgrad von 25 % bzw. 50 % zu erreichen ist und folglich Lücken im eigenen 5G-Netz längerfristig zu erwarten sind. Grundsätzlich ist derzeit nicht bekannt, dass der neue Netzbetreiber Dienstleistungen aus dem eigenen 5G-Netz im iMSys-Umfeld anbietet. Dies ist zum heutigen Stand auch nicht zielführend, da derzeitige SMGWs den neuen 5G-Standard nicht unterstützen. Eine Erweiterung der bisherigen Kundensegmente, bei gleichzeitig verstärktem Wettbewerb unter den vier Anbietern, ist jedoch nach den Ausführungen von Sörries et al. (2023) zukünftig anzunehmen. (Beschlusskammer 1, 2024)

Aufgrund der Lücken in den Mobilfunknetzen, die primär im ländlichen Raum auftreten, plant die Bundesnetzagentur die Ende 2025 auslaufenden Frequenznutzungsrechte im Frequenzbereich 800 MHz, 1.800 MHz und 2.600 MHz für den Zeitraum vom 01.01.2026 bis zum 31.12.2030 ohne Neuausschreibung zu verlängern. Darüber hinaus sollen die Nutzungsrechte der Frequenzbereiche 1.760 MHz bis 1.785 MHz sowie 1.855 MHz bis

1.880 MHz erst Ende 2036 statt bereits Ende 2033 auslaufen. Als Gegenleistung sollen u.a. die drei etablierten Netzbetreiber erhöhte Versorgungsaufgaben erfüllen. Statt wie bisher ausschließlich deutschlandweite Versorgungsaufgaben festzusetzen, sollen die neu bezuschlagten Netzbetreiber ebenfalls in dünn besiedelten Gebieten eine Pflichtquote erreichen. Im Detail soll bei unter 100 Einwohnenden pro km² eine Mindestübertragungsrate von 100 Mbit/s im Downlink für mindestens 99 % der Haushalte erreicht werden. Aktuell werden von den Mobilfunknetzbetreibern in einzelnen Bundesländern erst rund 95 % erreicht, wobei bei der Mehrzahl der Länder dieser Wert über 97 % liegt. Als Frist dieser Vorgabe soll der Stichtag 01.01.2029 gelten. (Beschlusskammer 1, 2024)

Als alternativer Ansatz für die Nutzung öffentlicher Mobilfunknetze gilt das dezidierte 450 MHz Mobilfunknetz. Hauptvorteil der neuen Infrastruktur ist die vorteilhafte Verbreitungseigenschaften zur Erreichung von Kellerstandorten, dem typischen Standort von Zählerschränken. Darüber hinaus soll die gesamte Infrastruktur für mindestens 72 Stunden schwarzfallfest sein, also auch bei einem großflächigen Stromausfall weiterhin einsatzfähig sein. Dies ist bei öffentlichen Mobilfunknetzen im Vergleich nicht gesichert (Bergsträßer, 2022; Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen, 2023).

Des Weiteren erlaubt die 450 MHz Infrastruktur eine Priorisierung von bestimmten Energieanwendungsfällen (EAFen), die für verschiedene Steuerungsvorgaben u.a. im Rahmen kritischer Netzsituationen notwendig sind. Der 450 MHz-Netzbetreiber 450connect GmbH nennt hier bspw. Folgende²⁰ (450connect GmbH, 2022e):

- EAF-1: Steuerung Verbrauchseinrichtungen in Niederspannung (§14a EnWG)
- EAF-11: Messen und Steuern für Redispatch 2.0
- EAF-12: Messen und Steuern für Direktvermarktung EEG/KWKG

Die 450 MHz Infrastruktur ist in der Lage damit verbundene Steuersignale bei höherer Mobilfunknetzauslastung bspw. gegenüber dem lesenden Zugriff auf DEA zu priorisieren.

²⁰ Details zu den EAFen befinden sich im letzten offiziellen BSI-Stufenmodell der Version 2.1 in (Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik & Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2021)).

Hinsichtlich des aktuellen Ausbaustands ist die 450connect GmbH auf Basis der öffentlich bekannten Ziele aktuell im Zeitplan. Nach der erfolgreichen Zuteilung der Frequenznutzungsrechte am 09.03.2021 durch einen Beschluss der BNetzA konnte zeitnah am 09.02.2022 erstmalig ein LTE fähiges SMGW in einem 450 MHz Netz testweise in Betrieb genommen werden (450connect GmbH, 2022b). Darüber hinaus standen im Zeitraum Februar bis April 2022 zentrale Lieferanten für die Mitnutzung von Funkmasten, frequenzspezifischer Antennen sowie der zugrundeliegenden TK-Infrastruktur fest (450connect GmbH, 2022a, 2022c, 2022d). Diese ist an ein gesichertes Glasfaserbackbone angeschlossen, welches die ca. 1.600 geplanten Funkstandorte mit den zwei georedundanten Zentralstandorten verknüpft. Der Testbetrieb mit den ersten Nutzenden hat für verschiedene Anwendungsfälle, u.a. iMSys-Anwendungen, Ende März 2023 begonnen (Giessing, 2023). Der deutschlandweite Netzaufbau ist weiterhin vorgesehen und soll bis zum Jahr 2025 abgeschlossen sein, wobei die meisten Funkmaststandorte bereits vorhanden sind (450connect GmbH, 2023, 2024; Energie & Management GmbH, 2024).

Inwieweit diese Infrastruktur auf Interesse einer zentralen Akteursgruppe, den Verteilnetzbetreibern, stößt, lässt sich anhand des regelmäßigen *Bericht[s] zum Zustand und Ausbau der Verteilnetze* der BNetzA feststellen (Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen, 2021, 2022, 2023). Seit dem Berichtsjahr 2021 wird unter einer VNB-Auswahl erfasst, inwieweit sich die 450 MHz Nutzung entwickelt hat. Hierbei erfolgt eine Erfassung für drei Einrichtungskategorien: *Erzeuger*, *Verbraucher* und *Betriebsmittel*. Wie anhand von Abbildung 7 ersichtlich wird, nimmt im betrachteten VNB-Umfeld die (geplante) Nutzung im ersten Jahresvergleich leicht zu, trotz einer Ausweitung der betrachteten Verteilnetzbetreiber von der Hochspannung zu versorgten Netzen mit mehr als 100.000 Letztverbrauchern. Vor allem Betriebsmittel sind im Fokus der Anbindungen, wobei Erzeuger und Verbraucher ebenfalls mehrheitlich geplant bzw. im Einsatz sind.

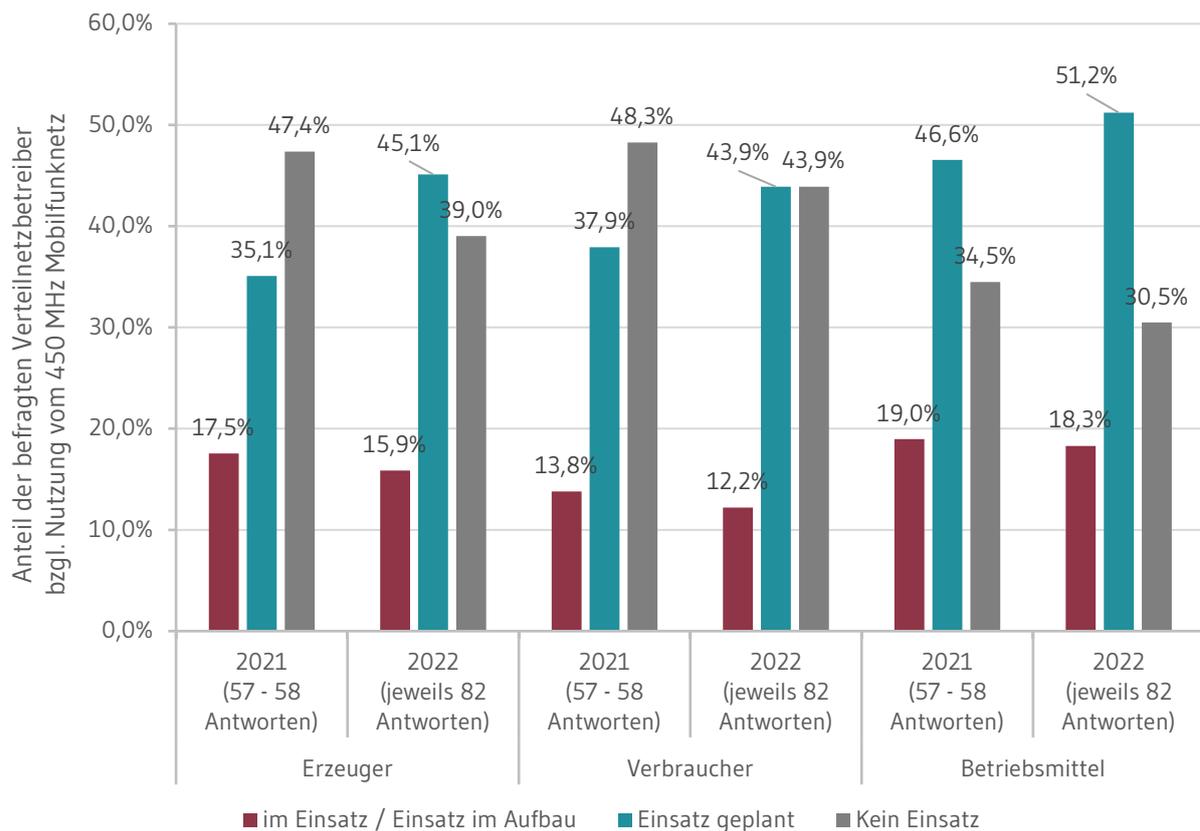


Abbildung 7: (Geplante) Nutzung des 450 MHz Mobilfunknetzes von deutschen Verteilnetzbetreibern in den Jahren 2020 und 2021 für die Segmente Erzeuger, Verbraucher und Betriebsmittel (Stichtag jeweils 31.12.). Quelle: Eigene Darstellung, Datenbasis: Berichte der BNetzA: (Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen, 2022, 2023). Hinweis: Aufgrund einer Ausweitung der Befragung auf Verteilnetzbetreiber mit mehr als 100.000 Letztverbrauchern für das Berichtsjahr 2022, statt dem vorherigen Fokus auf Hochspannungsverteilnetzbetreiber, hat sich die Anzahl der teilnehmenden VNB in dieser BNetzA-Befragung signifikant erhöht (in 2022: VNB-Abdeckung in der Mittel- und Niederspannung: ca. 80 % der Stromkreise in Deutschland).

5. Kernherausforderung: Fachkräftemangel

Die bereits im vorangegangenen Hintergrundpapier dargestellte Thematik des langfristigen Trends des demographischen Wandels aufgrund des Wegfalls der *Babyboomer*-Generation existiert weiterhin als große Herausforderung für die gesamte deutsche Wirtschaft, wie aktuelle Analysen zeigen (Gerber & Winters, 2023; Haist, 2023; Zika et al., 2023). Darüber hinaus ist hinsichtlich der für den iMSys-Rollout relevanten Berufsgruppen weiterhin eine Engpasssituation für wichtige Berufs(unter)gruppen vorhanden. Erkennbar ist dies anhand der Gesamtbewertung der Engpassindikatoren bezüglich der neusten Engpassbewertung von der Bundesagentur für Arbeit (2023a) auf Basis des Berichtsjahres 2022 für das Anforderungsniveau 2 – *Fachkräfte* – exemplarisch verdeutlicht (angenommener Engpass bei Gesamtbewertung ≥ 2):

- Berufsgruppen:
 - *Energietechnik* (Nr. 262): 2,5
 - *Elektrotechnik* (Nr. 263): 2,2
- Berufsuntergruppen:
 - *Berufe in der Bauelektrik* (Nr. 2621): 2,7
 - *Berufe in der Elektrotechnik (ohne Spezialisierung)* (Nr. 2630): 2,3
 - *Berufe in der elektrischen Betriebstechnik* (Nr. 2625): 2,0
 - *Berufe in der Informations- und Telekommunikationstechnik* (Nr. 2631): 2,0

Für die zwei verbliebenen höheren Anforderungsniveaus, sind für die Berufsgruppen Elektrotechnik (Gesamtbewertung: 2,3) und Energietechnik (2,2) für das Niveau *Spezialisten* Engpässe zu verzeichnen. Auf dem *Experten*-Anforderungsniveau weist dafür die Berufsgruppe Energietechnik keinen Engpass mehr auf (1,8), sondern ausschließlich der Elektrotechnik (2,2). Auch bei den oben genannten Berufsuntergruppen sind – mit einzelnen Ausnahmen bei *Experten* – die höheren Anforderungsniveaus einem Mangel an qualifizierten Arbeitskräften unterworfen.

Grundsätzlich ist zu beachten, dass die für den Rollout relevanten Berufe nicht unbedingt in allen Bundesländern unter einem Engpass leiden müssen, wie bspw. die Darstellungen der Bundesagentur für Arbeit (2023b) zeigen. Für die Berufe im IT-Umfeld bietet darüber hinaus die Befragung vom Branchenverband Bitkom e.V. einen Überblick, die grundsätzlich die Fortsetzung des allgemeinen Mangels zum Stand September 2023 aus Unternehmenssicht bestätigt (Wintergerst, 2023). Darüber hinaus ist laut einer Prognose bis 2027 von Zika et al. (2023) im Bereich der Elektrotechnik als auch in IKT-Berufen keine Auflösung des derzeitigen Engpasses zu erwarten.

6. Kernherausforderung: Kritische Cybersicherheitslage

Grundsätzlich hat sich die Bedrohungslage in der IT-Sicherheit laut BSI grundsätzlich nicht relevant verbessert oder verschlechtert und befindet sich offiziell laut letztem Lagebericht des BSI vom Oktober 2023 insgesamt in einer *angespannte[n] bis kritische[n] Lage* (Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik, S. 11). Dabei fiel für die Energieversorgung besonders gefährliche Bedrohung der *Advanced Persistent Threats* (APTs) auf,

die derzeit sektorübergreifend das Ziel verfolgen Informationen über potenzielle Angriffsziele zu sammeln. Als Eingangstor in die Zielsysteme kamen vor allem Webserver mit bekannten IT-Schwachstellen am Rand des jeweiligen Netzwerks zum Einsatz sowie nicht aktualisierte Firewalls oder *Virtual Private Network (VPN)*-Server. Darüber hinaus konnte über die Sektoren hinweg der Trend festgestellt werden, dass Angreifende nicht direkt ihr Ziel adressieren, sondern sich einen Angriffsvektor über die Zuliefererkette ermöglichen (bekannt als *Supply-Chain-Angriffe*).

Wie wichtig der grundsätzliche Schutz kritischer Infrastruktur (KRITIS) ist, zeigt der erfolgreich ausgeführte Cyberangriff auf den ukrainischen Telekommunikationsanbieter *Kyivstar* im Jahr 2023, welcher zeitweise zu einem vollständigen Sprachservice- sowie Internetausfall bei rund 24,3 Millionen Mobil- und 1,1 Millionen Internetanschlüssen im Dezember 2023 führte. Nach einigen Tagen standen nach Unternehmensangaben die Dienstleistungen größtenteils wieder zur Verfügung, jedoch dauerte die vollständige Wiederherstellung des Normalbetriebs mehrere Wochen. Für den Angriff ist laut ukrainischem Geheimdienst die mit Russland verbundene *Advanced Persistent Threat (APT)*-Gruppe *Sandworm* verantwortlich. Dabei lief der Angriff mehrstufig ab: Er begann im März 2023 oder früher, wobei ein erster Zugriff mindestens im Mai 2023 vorlag, sowie einem vollständigen Systemzugriff spätestens seit November 2023. (Paganini, 2024; Tanner, 2024)

Neben dem aktiven Eingriff in eine kritische Infrastruktur zeigt das neueste aufgedeckte Angriffsbild in den USA, einer breit aufgestellten Kampagne zur Vorbereitung von Angriffen auf die Versorgungsinfrastruktur von *Operational Technology (OT)* von unter anderem Kommunikations- und Energieunternehmen unter initialer Ausnutzung von VPN-Sicherheitslücken. Dies sind einerseits bekannte und andererseits unbekannt Schwachstellen gewesen. Nach Angaben von Behörden der USA erfolgt der Angriff durch die APT-Gruppe *Volt Typhoon*, die dem chinesischen Staat nahestehen soll. Erfolgreiche Angriffe sollen so weit gehen, dass die APT-Gruppe bereits eine seitliche Bewegung (*lateral movement*) innerhalb der Infrastruktur vornehmen kann, um zukünftige Angriffe auf die OT vorzubereiten. (Cybersecurity and Infrastructure Security Agency, 2024)

Neben den bereits genannten Fallbeispielen von möglichen Auswirkungen durch APT-Aktivitäten, bestehen weiterhin eine Vielzahl an Bedrohungsszenarien für IKT-Systeme im

KRITIS-Umfeld. Eine detaillierte Übersicht bietet bspw. sowohl der letzte BSI-Lagebericht (Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik, 2023b) als auch Riggs et al. (2023) mit dem Fokus auf der KRITIS im Stromsektor. Letzteres prognostiziert auf Basis einer 20-jährigen Historie an signifikanten sowie sektorübergreifenden Sammlung²¹ von erfolgreichen Cyberangriffen eine weitere Beschleunigung des bisherigen stetigen Wachstums der Fallzahlen in den nächsten fünf Jahren. In diesem Zusammenhang sind vor allem Entwicklungen wie der Einsatz neuer KI-gestützter Angriffswerkzeuge, als auch der zukünftige Einfluss von Quantencomputern zu nennen. Nach aktuellem BSI-Lagebericht sind Quantencomputer in den 2030er-Jahren als Angriffsmittel, vor allem zur Entschlüsselung aktueller kryptografischer Verfahren, zu erwarten, während neuste KI-Methoden bereits heute ein Risiko darstellen.

Um u.a. den Energiesektor vor zunehmenden Angriffen zu schützen, hat die EU die *Network and Information Security / NIS 2 Directive* (EU-Richtlinie 2022/2555) (Publications Office of the European Union, 2022a) sowie die *Critical Entities Resilience / CER Directive* (EU-Richtlinie 2022/2557) beschlossen (Publications Office of the European Union, 2022b). Grundsätzlicher Ansatz der neuen gesetzlichen Rahmenbedingungen ist die systematische Stärkung der Resilienz der verschiedenen Organisationen und ihrer eingesetzten IKT-Systeme. Kurzgefasst, steht nicht mehr ausschließlich der Schutz vor Angriffen im Hauptfokus, sondern der robuste Umgang mit diesen, um schnellstmöglich wieder einsatzfähig zu sein, und gestärkt aus diesen hervorzugehen. Schwerpunkt der Resilienzsteigerung sind vor allem die kritischen Infrastrukturen für bzw. im europäischen Binnenmarkt, wie die begleitende EU-Ratsempfehlung aufzeigt (Council of the European Union, 2022).

Beide Richtlinien, NIS 2 für die Cybersicherheit von (besonders) wichtigen Einrichtungen sowie Betreiber kritischer Anlagen (bisherige KRITIS-Betreiber), bzw. CER mit dem Schwerpunkt physische Sicherheit von betroffenen Betreibern wesentlicher Dienste (*essential services*), befinden sich derzeit in der Überführung in die nationale Gesetzgebung. Im Fall von NIS 2 vor allem das sogenannte *NIS-2-Umsetzungs- und Cybersicherheitsstärkungsgesetz* (NIS2UmsuCG) (Bundesministerium des Innern und für Heimat, 2024) und

²¹ Die zugrundeliegende Datensammlung der US-amerikanischen Non-Profit Organisation *Center for Strategic and International Studies* (CSIS) sieht sogenannte *significant cyber incidents* bei einem ökonomischen Schaden von über einer Million US-Dollar. Die Liste mit weitesten Fällen befindet sich hier: <https://www.csis.org/programs/strategic-technologies-program/significant-cyber-incidents>

für CER das *KRITIS-Dachgesetz* (Bundesministerium des Innern und für Heimat, 2023). Für das deutsche Energiesystem ist primär der Sektor Energie von Bedeutung, wobei nach derzeitigem Diskussionsstand die bisherigen, kritischen Dienstleistungen wie Strom-, Gas- und Fernwärme-/Fernkälteversorgung mit vergleichbaren Schwellenwerten für aktuelle KRITIS-Betreiber bzw. zukünftig Betreiber kritischer Anlagen erhalten bleiben sollen. Entsprechend bleibt die Anzahl betroffener Organisationen auf ähnlichem Niveau, wobei Energieanlagen- und Energieversorgungsnetzbetreiber gesondert bzw. ergänzend über das EnWG Anforderungen zur Einhaltung der NIS 2 Richtlinie gestellt bekommen sollen. (Weissmann, 2024)

Hingegen sind aufgrund der weiter gefassten Definition von (besonders) wichtigen Einrichtungen im NIS2UmsuCG eine erhöhte Anzahl an betroffenen Unternehmen zu erwarten. Im Gesetzesentwurf wird primär nach den nachfolgenden Kriterien differenziert (Bundesministerium des Innern und für Heimat, 2024; Weissmann, 2024):

- 1) Besonders wichtige Einrichtungen nach Größe des Unternehmens (in Sektoren nach Anlage 1): Unternehmen ab 250 Mitarbeitern **oder** Unternehmen ab 50 Mio. EUR Umsatz und Bilanz ab 43 Mio. EUR
- 2) Wichtige Einrichtungen nach Größe des Unternehmens (in Sektoren nach Anlage 1 & 2): Unternehmen ab 50 Mitarbeitern **oder** Unternehmen ab 10 Mio. EUR Umsatz und Bilanz ab 10 Mio. EUR sowie Vertrauensdienste
- 3) Betreiber kritischer Anlagen, wenn oberhalb des Schwellenwerts (i.d.R. ≥ 500.000 versorgte Personen – u.a. weitere Novellierung der BSI-Kritisverordnung²² im Jahr 2024 geplant)

Weitergehend ist davon auszugehen, dass unter Umständen eine Ausweitung der abzudeckenden Bereiche innerhalb eines bereits teilabgedeckten Unternehmens notwendig wird. Vor allem die ausführlichere Festlegung von Einrichtungen im Energie-Sektor ist im iMSys-Umfeld zentral (vgl. Anlage 1 vom NIS2UmsuCG-Referentenentwurf). Zwar ist bisher der Messstellenbetreiber nach §3 (26b) EnWG als Einrichtung nicht direkt aufgeführt, jedoch kann dieser Bereich indirekt über die anderen Einrichtungsarten betroffen sein. Beispielhaft seien Folgende genannt:

²² BSI-Kritisverordnung vom 22. April 2016 (BGBl. I S. 958), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 29. November 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 339) geändert worden ist

- Teilsektor Stromversorgung
 - Stromlieferanten (§3 (31a) EnWG)
 - Betreiber von Elektrizitätsverteilernetzen (§3 (31a) EnWG)
 - Erzeugungsanlagen (§3 (18d) EnWG)
 - Aggregatoren (§3 (1a) EnWG)
 - Energiespeicheranlagen (§3 (15d) EnWG)
 - Anbieter von Ausgleichsleistungen nach §3(1b) EnWG – insbesondere Regelreserve- bzw. Regelleistungs-/Regelenergie-Erbringung
 - Ladepunktbetreiber (§2 (8) Ladesäulenverordnung²³)
- Teilsektor Fernwärme und -kälteversorgung
 - Betreiber von Fernwärme- bzw. Fernkälteversorgung (§3 (19, 20) Gebäudeenergiegesetz²⁴)
- Teilsektor Gasversorgung
 - Betreiber von Gasverteilnetzen (§3 (8) EnWG)
 - Betreiber im Bereich Wasserstoffherzeugung, -speicherung und -fernleitung

Darüber hinaus sind für die Digitalisierung des Energiesystems relevante Einrichtungen im IKT-Sektor von der NIS 2 Umsetzung eingeschlossen. Auch hier exemplarische Nennungen aus der Anlage 1 vom NIS2UmsuCG-Referentenentwurf (Bundesministerium des Innern und für Heimat, 2024):

- Anbieter von Cloud-Computing-Diensten
- Anbieter von Rechenzentrumsdiensten
- Anbieter öffentlicher elektronischer Kommunikationsnetze
- Anbieter öffentlich zugänglicher elektronischer Kommunikationsdienste
- *Managed Services Provider*²⁵
- *Managed Security Services Provider*²⁶

²³ Ladesäulenverordnung vom 9. März 2016 (BGBl. I S. 457), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 17. Juni 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 156) geändert worden ist

²⁴ Gebäudeenergiegesetz vom 8. August 2020 (BGBl. I S. 1728), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 16. Oktober 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 280) geändert worden ist

²⁵ Managed Services Provider nach § 2 (25) NIS2UmsuCG-Referentenentwurf (Bundesministerium des Innern und für Heimat (2024)): *jemand, der Dienste im Zusammenhang mit der Installation, der Verwaltung, dem Betrieb oder der Wartung von IKT-Produkten, - Netzen, -Infrastruktur, -Anwendungen oder jeglicher anderer Netz- und Informationssysteme durch Unterstützung oder aktive Verwaltung in den Räumlichkeiten der Kunden oder aus der Ferne erbringt*

²⁶ Managed Security Services Provider nach § 2 (24) NIS2UmsuCG-Referentenentwurf: *der Unterstützung für Tätigkeiten im Zusammenhang mit dem Risikomanagement im Bereich der Cybersicherheit durchführt oder erbringt*

Aus der nationalen NIS 2 Umsetzung ergeben sich folgende Aufgabengebiete, die von den Betreibern bzw. Einrichtungen mit Ausnahmen abzudecken sind (Weissmann, 2024):

- Risikomanagement bspw. im Rahmen von Informationssicherheitsmanagementsysteme und *Business Continuity Management*
- Meldepflichten gegenüber dem BSI
- Registrierung bei bzw. ggf. durch das BSI
- Nachweispflichten, z.B. kritische Betreiber durch verpflichtende Audits im 3-Jahres-Zyklus sowie (besonders) wichtige Einrichtung per Stichprobenverfahren
- Informationspflichten vor allem gegenüber dem BSI sowie den Kunden
- Governancevorgaben u.a. hinsichtlich der verpflichtenden Einbindung der Geschäftsleitungsebene sowie der Haftung als auch Schulungspflichten
- Speziell für Betreiber kritischer Anlagen: Erfüllung der spezifischen KRITIS-Anforderungen

Hinsichtlich der deutschen CER-Umsetzung bietet der letzte KRITIS-Dachgesetz-Entwurf einen Überblick über konkrete Maßnahmen nach §10 (3) zur Erfüllung der vom Gesetzgeber gewünschten Resilienzsteigerung (Bundesministerium des Innern und für Heimat, 2023; Weissmann, 2024):

- Prävention mithilfe von Notfallvorsorge und Anpassungen an den Klimawandel
- Physische Schutzmaßnahmen wie Zäune oder Objektüberwachung
- Reaktion auf Bedrohungen bspw. per Risiko- und Krisenmanagement
- Wiederherstellung des Betriebs unter Einsatz von Notstromaggregaten oder per Ermittlung alternativer Lieferketten
- Personalsicherheitsmaßnahmen wie Personal-Kategorien oder Zugangskontrollen
- Sensibilisierungsmaßnahmen, z.B. Schulungen oder Übungen

Bei Nichterfüllung der Pflichtaufgaben können zum Beispiel Geldbußen im essenziellen Energiesektor von bis zu 10 Millionen Euro bzw., falls höher, 2 % des weltweiten Umsatzes verhängt werden. Gleichzeitig können geschädigte Personen die Geschäftsleitung der verantwortlichen Einrichtung bei entsprechenden Pflichtverletzungen direkt in Haftung nehmen.

Grundsätzlich sind die letzten Details vor dem 17.10.2024 zu klären, da dies die nationale Umsetzungsfrist der EU-Richtlinien darstellt. Die Mehrzahl der Pflichten gilt es dann voraussichtlich innerhalb von drei Jahren von den Betreibern bzw. Einrichtungen zu erfüllen, wobei jedoch einige Maßnahmen bereits zeitnah mit Inkrafttreten zu beachten sind. Einen detaillierten Überblick zu den geplanten Gesetzesvorhaben bietet bspw. das *Open-KRITIS*-Nachschlagewerk von Weissmann (2024).

Darüber hinaus ist zu beachten, dass nicht ausschließlich auf Organisationsebene weitreichendere Resilienz- bzw. IT-Sicherheitsvorgaben vorgesehen sind, sondern ebenfalls Produkte und Dienstleistungen im IKT-Sektor von neuen (geplanten) EU-Vorgaben betroffen sind:

- 1) *Cybersecurity Act* (EU-Verordnung 2019/881 (European Parliament & Council of the European Union, 2019)):

Ermöglicht im Kern der neuen ständigen EU-Behörde *European Union Agency for Cybersecurity* (ENISA) die europaweite Einführung von einheitlichen Zertifizierungssystemen für IKT-Produkte, IKT-Dienstleistungen und -Prozessen sowie ggf. zukünftig von verwalteten Sicherheitsdiensten (*European Cybersecurity Certification Schemes* (EUCCs)) (EU Commission, 2023). Die (Weiter-)Entwicklung der freiwilligen Zertifizierungssysteme wird vor allem durch die neu geschaffene *European Cybersecurity Certification Group* (ECCG) vorangetrieben (EU Commission, 2023). Den Startpunkt hat der EUCC für Smartcard-basierte Authentifizierungssysteme vom 31.01.2024 gesetzt (*Commission Implementing Regulation (EU) 2024/482*) (European Commission, Directorate-General for Communications Networks, Content and Technology, 2024). Bei diesem wird vergleichbar zum SMGW BSI-Schutzprofil (*BSI-CC-PP-0073-2014*) (Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik, 2014) auf einen *Common Criteria* (CC) Zertifizierungsansatz gesetzt. Weitere EUCCs sind bspw. im Kontext von KI, *Internet of Things* (IoT), *Industrial Automated Control Systems* oder *smart city data systems* vorgesehen (EU Commission, 2024). Die EU-Zertifizierung ist von besonderer Relevanz im NIS 2 Kontext aufgrund der regulatorischen Möglichkeit (besonders) wichtigen Einrichtungen den Einsatz von EUCC-zertifizierten IKT-Produkten, -Dienstleistungen und -Prozessen zukünftig vorzuschreiben (EU Commission, 2024).

- 2) *Cyberresilience Act* (finale Veröffentlichung zeitnah zu erwarten²⁷): Im Zusammenspiel mit dem CSA soll der CRA konkrete Anforderungen an *Produkte mit digitalen Elementen* (PDEen) stellen. Hierbei handelt es sich klassischerweise um IoT- sowie OT-Geräte, wobei deren Backendsysteme ebenfalls reguliert werden sollen. Ausgeschlossen sind hingegen ausschließliche *Software-as-a-Service*-Lösungen, bspw. angeboten per Cloud-Dienst. Für diese nicht abgedeckten Lösungen soll die NIS 2 Richtlinie greifen. Der Bezug zu einer Hardwarekomponente muss somit bestehen. Hierbei soll der CRA nach drei Risikokategorien unterscheiden (Geiger & Botting, 2024):
- a. *Nicht klassifizierte PDEen / Standard-PDEen*: Hierunter sollen die meisten Produkte fallen (rund 90 %), wobei für diese Produkte eine Eigenzertifizierung durch den Hersteller ausreichen soll.
 - b. *Kritische PDEen*: Entsprechende Produkte müssen eine Konformität zu harmonisierten Standards in der Produktkategorie oder einem passenden EUCC aufweisen. Alternativ kann die Produktkonformität zu den CRA-Anforderungen durch einen Dritten erfolgen. Dabei wird nach zwei Klassen von Produkten unterschieden. Eine Einordnung in diese wird angenommen, wenn das Produkt IT-Sicherheitsfunktionen sicherstellt oder bei einer Störung des Produkts mit signifikanten Auswirkungen zu rechnen ist. Folgende Beispiele gehören zu kritischen PDEen (vgl. CRA – Annex III):
 - i. Klasse 1: Public-Key-Infrastrukturen, VPN-Dienste, *security information and event management* Systeme, Antivirensoftware und Smart Home Sicherheitssysteme
 - ii. Klasse 2: Firewalls und *intrusion detection and prevention systems*
 - c. *Hochkritische PDEen*: Produkte, die eine kritische Abhängigkeit zur Sicherstellung wesentlicher Dienste aufweisen, sind nach einem EUCC zu prüfen (falls bereits vorhanden, alternativ Ansätze wie bei kritischen PDEen). Hierunter fallen bspw. *Hardware Security Modules* und SMGWs, also zentrale IT-Sicherheitselemente der deutschen iMSys-Infrastruktur (vgl. CRA – Annex IIIa).

²⁷ Eine vorläufige Einigung im Trilog erfolgte Ende November 2023 (EU Commission (2024)).

Grundsätzlich sind Hersteller von PDEen nach dem CRA verpflichtet ihre Produkte risikobasiert zu entwickeln und über den gesamten Produktzyklus sicher zu gestalten. Hierunter fallen u.a. verpflichtende Sicherheitsupdates für mindestens 10 Jahre. Dabei sollen die vorgesehenen Produktdesign-Grundsätze *security-by-design* und *security-by-default* den Schutz vor Cyberangriffen sicherstellen. Außerdem ist eine Schnellmitteilung von Sicherheitslücken an die nationale Aufsichtsbehörde (offen in Deutschland) und ENISA, sowie an die Nutzenden der Produkte zu übermitteln. Die Mehrheit der Anforderungen wird nach drei Jahren, also Anfang 2027 zu erfüllen sein. Einige sind jedoch wie bei der NIS 2 Umsetzung bereits früher umzusetzen. Bei Nichteinhaltung der CRA-Regeln sind bspw. monetäre Sanktionen als auch der Rückruf oder der Ausschluss von Produkten für den EU-Binnenmarkt möglich. (Geiger & Botting, 2024)



Der rote Faden durch die Energiewende: Das Kopernikus-Projekt Ariadne führt durch einen gemeinsamen Lernprozess mit Politik, Wirtschaft und Gesellschaft, um Optionen zur Gestaltung der Energiewende zu erforschen und politischen Entscheidern wichtiges Orientierungswissen auf dem Weg zu einem klimaneutralen Deutschland bereitzustellen.

Folgen Sie dem Ariadnefaden:

 @AriadneProjekt

 Kopernikus-Projekt Ariadne

 ariadneprojekt.de

Mehr zu den Kopernikus-Projekten des BMBF auf kopernikus-projekte.de

Wer ist Ariadne? In der griechischen Mythologie gelang Theseus durch den Faden der Ariadne die sichere Navigation durch das Labyrinth des Minotaurus. Dies ist die Leitidee für das Energiewende-Projekt Ariadne im Konsortium von 27 wissenschaftlichen Partnern. Wir sind Ariadne:

adelphi | Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg (BTU) | Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW) | Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) | Ecologic Institute | Forschungsinstitut für Nachhaltigkeit – Helmholtz-Zentrum Potsdam (RIFS) | Fraunhofer Cluster of Excellence Integrated Energy Systems (CINES) | Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg | Hertie School | ifo Institut – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung an der Universität München | Institut der deutschen Wirtschaft Köln | Julius-Maximilian-Universität Würzburg | Mercator Research Institutes on Global Commons and Climate Change (MCC) | Öko-Institut | Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK) | RWI – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung | Stiftung Umweltenergierecht | Stiftung Wissenschaft und Politik | Technische Universität Berlin | Technische Universität Darmstadt | Technische Universität München | Universität Duisburg-Essen | Universität Greifswald | Universität Hamburg | Universität Potsdam | Universität Stuttgart – Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER) | ZEW – Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung