



Smart Meter
**UMFELD
TECHNIK
MEHRWERT**



Gefördert durch:
 Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie
aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



INHALT

1 01 DIGITALISIERUNG IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT

2 05 RECHTLICHE UND REGULATORISCHE GRUNDLAGEN

- 06 Geschichte und Ziele des Smart Meter Rollout
- 08 Verpflichtender und optionaler Rollout
- 11 Entflechtungsrechtliche Einordnung des Messstellenbetriebs
- 15 Anreizregulierung und Preisobergrenzenregulierung
- 16 Fazit zu rechtlichen und regulatorischen Grundlagen

3 17 TECHNISCHE GRUNDLAGEN

- 18 Komponenten, Rollen und Kommunikation
- 21 Steuerbox im Feldversuch
- 34 Sicherheitsaspekte und Datenschutz
- 41 Energieverbrauch der Smart-Meter-Infrastruktur
- 43 Fazit zu technischen Grundlagen, Sicherheitsaspekten und Energieverbrauch

4 45 ROLLOUT-STRATEGIEN

- 47 Einflussgrößen für die Wahl einer Rollout-Strategie
- 48 Zeitlicher Verlauf des Rollouts – Mögliche Strategien
- 50 Fazit zur Wahl einer Rollout-Strategie

5 51 MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR

- 52 Erfassung und Übertragung von Messdaten mittels iMSys
- 59 Übertragung von Steuerbefehlen mittels Steuerbox/CLS-Schnittstelle
- 63 Nutzung des sicheren Datenkanals über das Smart Meter Gateway
- 65 Fazit zum Mehrwert der digitalisierten Infrastruktur

6 67 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

7 71 ANHANG

- 72 Glossar
- 74 Literaturverzeichnis
- 86 Impressum

- 1 **DIGITALISIERUNG
IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT**
- 2 RECHTLICHE UND
REGULATORISCHE
GRUNDLAGEN
- 3 TECHNISCHE GRUNDLAGEN
- 4 ROLLOUT-STRATEGIEN
- 5 MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN
INFRASTRUKTUR
- 6 ZUSAMMENFASSUNG
UND AUSBLICK
- 7 ANHANG

1

DIGITALISIERUNG IN DER ENERGIE- WIRTSCHAFT

● 1	DIGITALISIERUNG IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
2	RECHTLICHE UND REGULATORISCHE GRUNDLAGEN
3	TECHNISCHE GRUNDLAGEN
4	ROLLOUT-STRATEGIEN
5	MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR
6	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK
7	ANHANG

Die Digitalisierung sorgt für tiefgreifende Veränderungen in beinahe jedem Lebensbereich. Während sich Computer, Smartphones und Tablets bereits großflächig als Mittel zur Teilnahme an der digitalen Transformation etabliert haben und heute weltweit über 20 Milliarden Geräte und Maschinen über das Internet vernetzt sind, fehlt in der Energieversorgung bisher eine digitale Infrastruktur.

Digitalisierung und Vernetzung sind entscheidende Wettbewerbsfaktoren und können ein Motor für Wachstum und Wohlstand sein. Mit dem durch das Gesetz zur Digitalisierung der Energiewende beschlossenen „Smart Meter Rollout“ kommt nun der digitale Wandel auch in die Energiewirtschaft und schafft neue Chancen und Möglichkeiten – birgt jedoch auch eine Vielzahl neuer Risiken und Herausforderungen. Das Gesetz sieht vor, die im EU-Binnenmarktpaket Energie 2009/72/EG im Jahr 2009 beschlossenen Vorgaben in nationales Recht umzusetzen und bis ins Jahr 2032 95% aller Messstellen mit modernen Messeinrichtungen bzw. intelligenten Messsystemen auszustatten.

Der nachfolgende Leitfaden „Smart Meter : Umfeld, Technik, Mehrwert“ beleuchtet unterschiedliche Aspekte zum Thema Digitalisierung in der Energiewirtschaft von rechtlichen über technische Grundlagen, Rollout-Strategien bis hin zum Mehrwert der neuen Infrastruktur und zu den sich daraus ergebenden Chancen für neue Geschäftsmodelle. Dabei werden sowohl neue Rollen und Stakeholder aufgezeigt als auch der Energieverbrauch und Sicherheitsaspekte der informationstechnologischen Infrastruktur. Ziel dieses „Leitfadens“ ist es, einerseits Akteuren ohne tiefere Kenntnisse der Thematik Einblicke in die Facetten des Smart Meter Rollouts zu gewähren und andererseits bereits vertrauten Akteuren neue Blickwinkel, Detailinformationen und weiterführende Literatur aufzuzeigen. Die beschriebenen Inhalte sind aufgrund der starken thematischen Unterschiede für sich eigenständig.

1 DIGITALISIERUNG
IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT

- 2 RECHTLICHE UND
REGULATORISCHE
GRUNDLAGEN
- 3 TECHNISCHE GRUNDLAGEN
- 4 ROLLOUT-STRATEGIEN
- 5 MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN
INFRASTRUKTUR
- 6 ZUSAMMENFASSUNG
UND AUSBLICK
- 7 ANHANG

SO DIGITAL IST DEUTSCHLAND — WIRTSCHAFTSINDEX DIGITAL NACH BRANCHEN 2017 VS. 2022



Eine vergleichende Studie des BMWi [1] zeigt größere Fortschritte der Digitalisierung in anderen Branchen als z. B. in der Energiewirtschaft. Demnach wird Energie- und Wasserversorgung nur als „mittelmäßig digitalisiert“ eingestuft. Mit Abstand führend ist die Branche der IKT. Im Gegensatz zu deutschen Unternehmen ist die Digitalisierung im Privatleben vieler bereits ein fester Bestandteil. Laut einer Befragung von 3.100 Bundesbürgern der „Postbank Digitalstudie 2018“ verbringen die Deutschen mehr Zeit im Internet als im Büro. Demnach wird das Netz im Durchschnitt 46,2 Stunden pro Woche genutzt. Dies entspricht über das Jahr gerechnet über 2.400 Stunden bzw. 100 Tage. In der Altersgruppe zwischen 18 und 34 Jahren, den sogenannten „Digital Natives“, liegt die Nutzungsdauer sogar bei ca. 58 Stunden pro Woche. Dabei wird die meiste Zeit mit dem Smartphone im Internet gesurft, gefolgt von einer Nutzung über den Laptop. [2]

- 1 **DIGITALISIERUNG IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT**
- 2 RECHTLICHE UND REGULATORISCHE GRUNDLAGEN
- 3 TECHNISCHE GRUNDLAGEN
- 4 ROLLOUT-STRATEGIEN
- 5 MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR
- 6 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK
- 7 ANHANG

Bei den dargestellten Themen handelt es sich um Erkenntnisse und Analysen der Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V. aus dem Projekt C/sells. Das Projekt C/sells ist Teil des Förderprogramms SINTEG: „Schaufenster intelligente Energie – Digitale Agenda für die Energiewende“ des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie [4]. Bei den großflächigen Schaufenstern im Solarbogen Süddeutschlands handelt es sich um ein Verbundprojekt aus 58 Partnern aus den Bundesländern Baden-Württemberg, Bayern und Hessen. Ziel ist es, skalierbare Musterlösungen für eine umweltfreundliche, sichere und bezahlbare Energieversorgung bei hohen Anteilen erneuerbarer Energien zu entwickeln und zu demonstrieren.

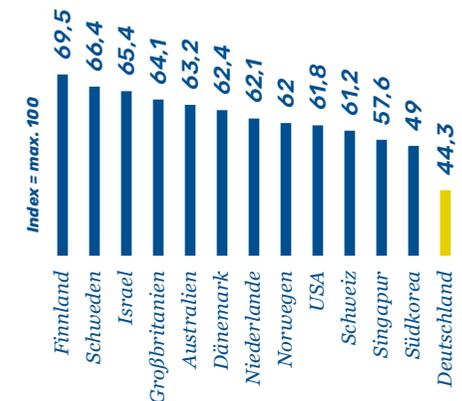


DEUTSCHLAND HINKT BEIM INTERNATIONALEN VERGLEICH IN DER DIGITALISIERUNG HINTERHER

Eine Studie von acatech, des Bundesverbands der Deutschen Industrie (BDI), des Fraunhofer-Instituts für System- und Innovationsforschung (Fraunhofer ISI) und des Zentrums für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW) zeigt, dass Deutschland im internationalen Vergleich bei der Digitalisierung hinterherhinkt. Gerade der Glasfaserausbau, die Digitalisierung der Verwaltung, die Ausgaben für Forschung und Entwicklung sowie digitale Geschäftsmodelle und Internetanwendungen zeigen, dass in Deutschland an vielen Stellen noch Potenzial besteht. Bewertet wurden Aspekte aus Forschung und Entwicklung, Wirtschaft, Gesellschaft, Infrastruktur, Staat, Bildung und Geschäftsmodellen. [3]

Digitalisierungsindikator

Finnland ist führend im internationalen Vergleich, Deutschland landet auf Platz 17



- 1 DIGITALISIERUNG
IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
- **2 RECHTLICHE UND
REGULATORISCHE
GRUNDLAGEN**
- 2.1 GESCHICHTE UND ZIELE DES
SMART METER ROLLOUTS
- 2.2 VERPFLICHTENDER UND
OPTIONALER ROLLOUT
- 2.3 ENTFLECHTUNGSRECHTLICHE
EINORDNUNG DES MESSSTELLEN-
BETRIEBS
- 2.4 ANREIZREGULIERUNG UND
PREISOBERGRENZENREGULIERUNG
- 2.5 FAZIT ZU RECHTLICHEN UND
REGULATORISCHEN GRUNDLAGEN
- 3 TECHNISCHE GRUNDLAGEN
- 4 ROLLOUT-STRATEGIEN
- 5 MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN
INFRASTRUKTUR
- 6 ZUSAMMENFASSUNG
UND AUSBLICK
- 7 ANHANG

2

RECHTLICHE UND REGULATORISCHE GRUNDLAGEN

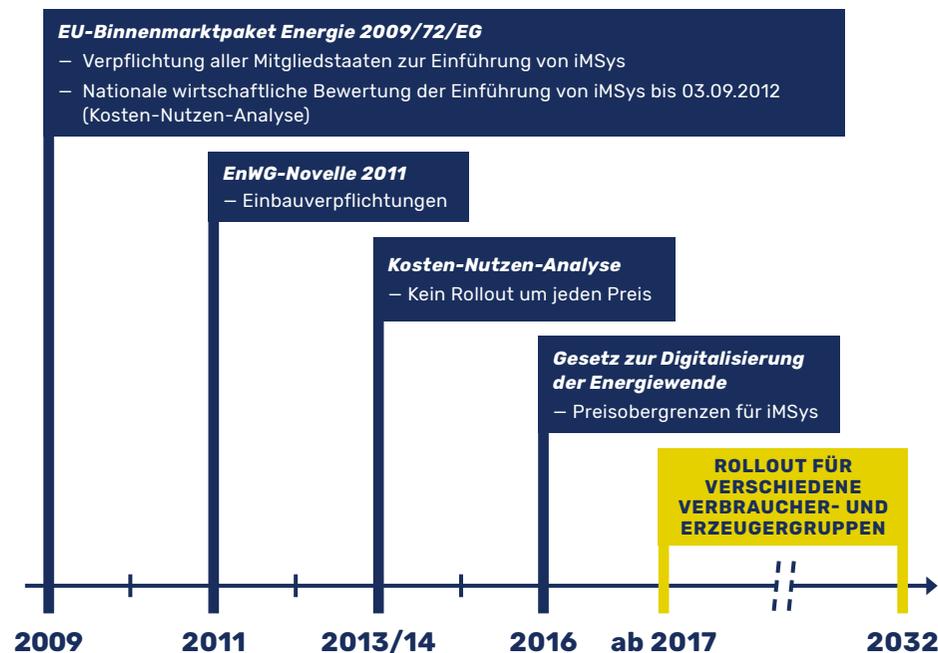
- 1 DIGITALISIERUNG IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
- 2 **RECHTLICHE UND REGULATORISCHE GRUNDLAGEN**
- 2.1 **GESCHICHTE UND ZIELE DES SMART METER ROLLOUTS**
- 2.2 VERPFLICHTENDER UND OPTIONALER ROLLOUT
- 2.3 ENTFLECHTUNGSRECHTLICHE EINORDNUNG DES MESSSTELLEN-BETRIEBS
- 2.4 ANREIZREGULIERUNG UND PREISOBERGRENZENREGULIERUNG
- 2.5 FAZIT ZU RECHTLICHEN UND REGULATORISCHEN GRUNDLAGEN
- 3 TECHNISCHE GRUNDLAGEN
- 4 ROLLOUT-STRATEGIEN
- 5 MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR
- 6 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK
- 7 ANHANG

Das nachfolgende Kapitel beschreibt die allgemeinen rechtlichen Grundlagen des Smart Meter Rollouts, die entflechtungsrechtliche Einordnung der neuen Akteure sowie die neue Preisobergrenzenregulierung (POG-Regulierung).

2.1 GESCHICHTE UND ZIELE DES SMART METER ROLLOUTS

Der Smart Meter Rollout sieht den flächendeckenden Einbau von sogenannten intelligenten Messsystemen (iMSys) vor. Dabei sollen die heute verbauten Ferrariszähler in Zukunft durch die Kombination aus moderner Messeinrichtung (mME) sowie einem Smart Meter Gateway (SMGW) ersetzt werden.

ABBILDUNG 2-1 — AUSGEWÄHLTE GESETZE, RICHTLINIEN, STUDIEN UND VERORDNUNGEN ALS BASIS FÜR DEN ROLLOUT VON iMSys



WAS IST EIN INTELLIGENTES MESSSYSTEM (iMSys)?

Eine moderne Messeinrichtung (mME) stellt eine digitale Zählvorrichtung dar, welche den Elektrizitätsverbrauch und die tatsächliche Nutzungszeit erhebt und speichert. In Verbindung mit einem Smart Meter Gateway (SMGW) als Kommunikationseinheit ergibt sich ein intelligentes Messsystem (oft „Smart Meter“ genannt). Eine detaillierte Beschreibung der Komponenten ist in Kapitel 3 dargestellt (vgl. Abbildung 3-1).

- 1 DIGITALISIERUNG IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
- 2 RECHTLICHE UND REGULATORISCHE GRUNDLAGEN
- 2.1 GESCHICHTE UND ZIELE DES SMART METER ROLLOUTS
- 2.2 VERPFLICHTENDER UND OPTIONALER ROLLOUT
- 2.3 ENTFLECHTUNGSRECHTLICHE EINORDNUNG DES MESSSTELLEN-BETRIEBS
- 2.4 ANREIZREGULIERUNG UND PREISOBERGRENZENREGULIERUNG
- 2.5 FAZIT ZU RECHTLICHEN UND REGULATORISCHEN GRUNDLAGEN
- 3 TECHNISCHE GRUNDLAGEN
- 4 ROLLOUT-STRATEGIEN
- 5 MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR
- 6 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK
- 7 ANHANG

Dem Rollout von iMSys liegen verschiedene Gesetze, Richtlinien, Studien und Verordnungen zugrunde (siehe Abbildung 2-1).

Im Jahr 2009 wurde auf europäischer Ebene durch das EU-Binnenmarktpaket Energie 2009/72/EG die Einführung von iMSys in den jeweiligen Mitgliedstaaten beschlossen. Dadurch soll eine aktive Teilnahme von Verbrauchern am Strommarkt unterstützt werden. Die Richtlinie legt u. a. die Durchführung einer wirtschaftlichen Bewertung bzgl. der Einführung von iMSys bis September 2012 fest, um die Art und den zeitlichen Rahmen des Rollouts darzustellen. Ergibt die Bewertung ein positives Ergebnis, sind bis zum Jahr 2020 mindestens 80% der Verbraucher mit einem iMSys auszustatten. [5]

Die entsprechende Kosten-Nutzen-Analyse für die von der EU geforderte Quote von 80% (entspricht ca. 40 Millionen iMSys) in Deutschland ergab im Jahr 2013 eine gesamtwirtschaftliche Unvorteilhaftigkeit. Demnach würde dies zu hohen individuellen Belastungen führen, wodurch von einem verpflichtenden und flächendeckenden Rollout abgesehen wird. [6]

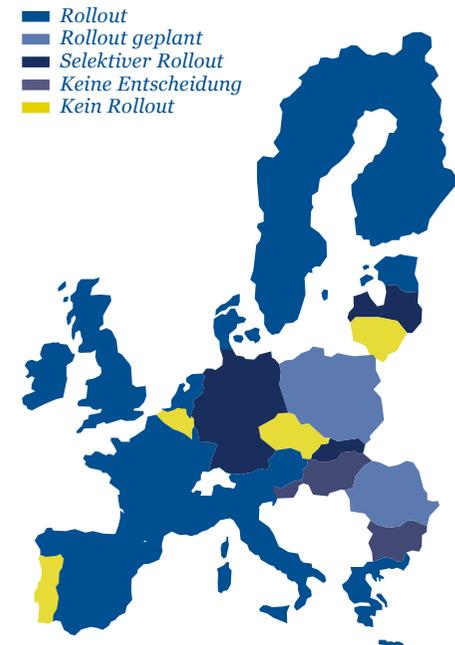
Im September 2015 wurde als Konsequenz des EU-Binnenmarktpakets Energie sowie der Kosten-Nutzen-Analyse der Entwurf für das Gesetz zur Digitalisierung der Energiewende (GDEW) veröffentlicht, welches ca. ein Jahr später verabschiedet wurde. Zentraler Bestandteil ist dabei das Messstellenbetriebsgesetz¹, welches die Ausstattung von Messstellen mit mME bzw. iMSys regelt. [7]

Neben dem rechtlichen Rahmen und technischen Mindestanforderungen regelt das Gesetz Datenschutz, Datensicherheit und Interoperabilität (durch Schutzprofile und technische Richtlinien). Zudem definiert es neue Rollen im Energiesystem, wie beispielsweise die des gMSB.



SMART METER ROLLOUT IN DER EU?

Viele Länder der EU sind mit dem Rollout von Smart Metern bereits deutlich weiter fortgeschritten als Deutschland. Auch das Modell eines selektiven Rollouts, wie in Deutschland praktiziert, ist in der EU eher unüblich. Die ersten Länder, die den Smart Meter Rollout bereits früh abgeschlossen hatten, waren Schweden und Italien.



1	DIGITALISIERUNG IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
● 2	RECHTLICHE UND REGULATORISCHE GRUNDLAGEN
2.1	GESCHICHTE UND ZIELE DES SMART METER ROLLOUTS
● 2.2	VERPFLICHTENDER UND OPTIONALER ROLLOUT
2.3	ENTFLECHTUNGSRECHTLICHE EINORDNUNG DES MESSSTELLEN- BETRIEBS
2.4	ANREIZREGULIERUNG UND PREISOBERGRENZENREGULIERUNG
2.5	FAZIT ZU RECHTLICHEN UND REGULATORISCHEN GRUNDLAGEN
3	TECHNISCHE GRUNDLAGEN
4	ROLLOUT-STRATEGIEN
5	MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR
6	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK
7	ANHANG

2.2 VERPFLICHTENDER UND OPTIONALER ROLLOUT

Die zeitliche Strukturierung des Rollouts von iMSys und mME ist in Abbildung 2-2 dargestellt. Die Prämissen für den Start der Umrüstung sind dabei die „technische Möglichkeit“ sowie die „wirtschaftliche Vertretbarkeit“ gemäß § 29 bis 32 GDEW.

Die technische Möglichkeit ist gegeben, sobald drei voneinander unabhängige Unternehmen ein iMSys am Markt anbieten und das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) die Eignung gemäß den gesetzlichen Vorgaben bestätigt. [7]

Die wirtschaftliche Vertretbarkeit ist gegeben, sobald die jeweiligen Messstellen gemäß den in Abbildung 2-2 genannten jährlichen Brutto-Entgelten ausgestattet werden können. [7]

Dieses jährliche Brutto-Entgelt ist nach oben hin gedeckelt und wird als Preisobergrenze (POG) bezeichnet. Diese setzt sich aus den Kosten für den herkömmlichen Messstellenbetrieb und dem durchschnittlichen Stromkosteneinsparpotenzial zusammen, wobei der Großteil den Messstellenbetrieb betrifft. Am Beispiel von Messstellen mit einem Jahresverbrauch < 2.000 kWh entspricht dies ca. 20 € von insgesamt 23 € [10]. Abbildung 2-2 zeigt, dass die POG bei höheren Verbrauchs- bzw. Erzeugungskategorien auf insgesamt 200 € ansteigt. Für Verbraucher > 100 MWh pro Jahr ist eine pauschale Quantifizierung des Stromkosteneinsparpotenzials sowie der Kosten des Messstellenbetriebs nicht mehr möglich, weswegen ein angemessenes Entgelt vom MSB erhoben werden muss. Die Höhe des angemessenen Entgelts wird von dem jeweiligen MSB festgesetzt und in einem Preisblatt für den Messstellenbetrieb online veröffentlicht. Für die Einordnung der Verbraucher in die jeweilige Kategorie wird der Jahresverbrauch über die letzten drei Kalenderjahre gemittelt und ggf. angepasst. Ist aufgrund der Entwicklung von Kosten bzw. Vorteilen Anpassungsbedarf notwendig, können ab dem Jahr 2027 die einzelnen POG der



STAND DER ZERTIFIZIERUNG

Auf der offiziellen Webseite des Bundesamtes für Sicherheit und Informationstechnik wird der aktuelle Stand der Zertifizierung dargestellt. Derzeit befinden sich neun Antragsteller in der Zertifizierung (Stand April 2018): [8]

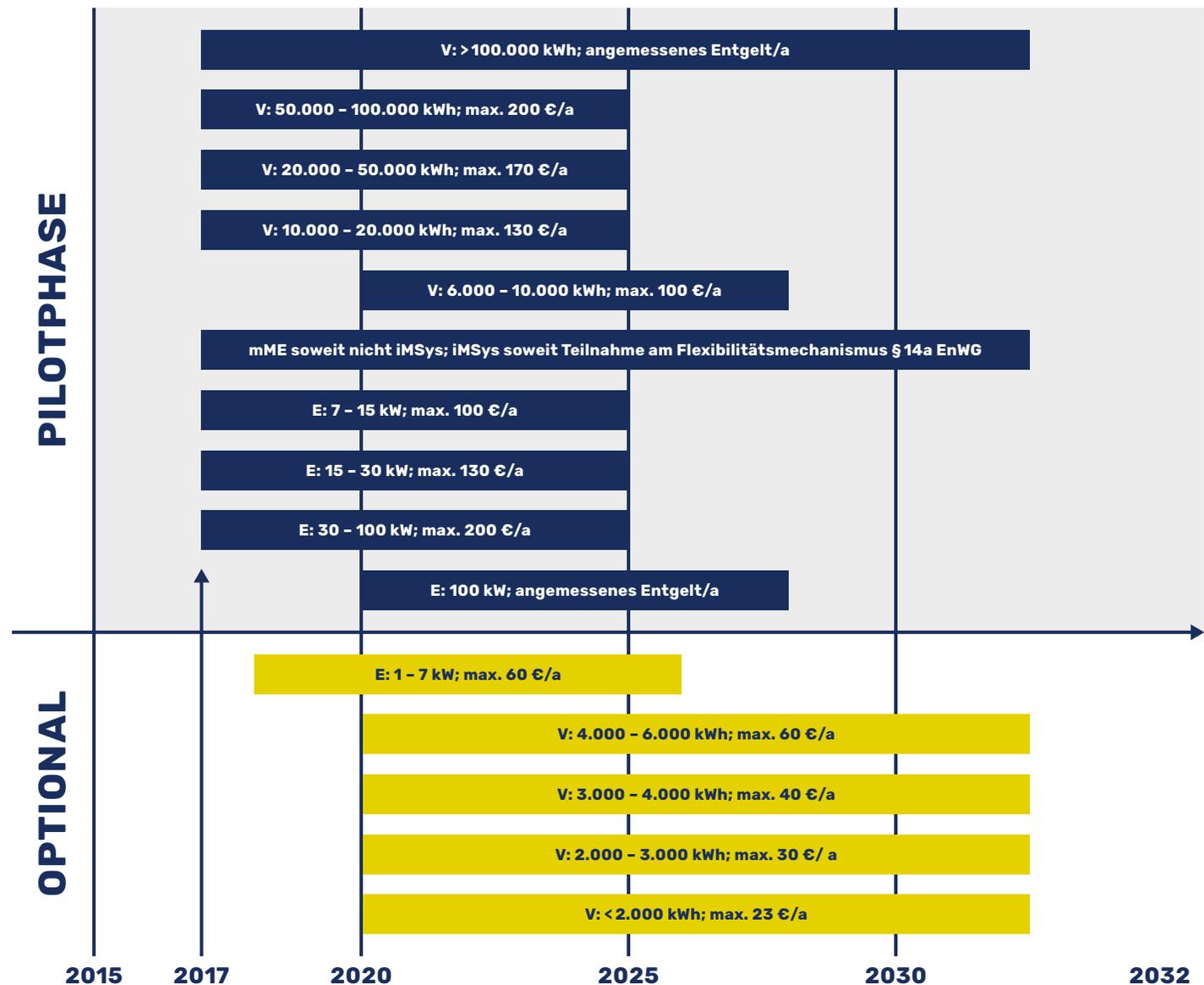
- **Discovery GmbH**
- **EFR GmbH**
- **Kiwigrid GmbH**
- **devolo AG**
- **EMH metering GmbH & Co. KG**
- **Theben AG**
- **Landis + Gyr AG**
- **OPENLiMiT SignCubes AG**
- **Sponsor: Power Plus Communications AG**
- **Dr. Neuhaus Telekommunikation GmbH**

Keines der Produkte ist aktuell vollständig zertifiziert (Stand Mai 2018).

Auf den „Metering Days 2018“ in Fulda kündigte das BSI jedoch an, im Dezember 2018 die ersten Zertifizierungen abschließen zu wollen, und nannte den 31. Januar 2019 als Zeitpunkt für die Markterklärung. [9]

- 1 DIGITALISIERUNG IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
- 2 RECHTLICHE UND REGULATORISCHE GRUNDLAGEN
 - 2.1 GESCHICHTE UND ZIELE DES SMART METER ROLLOUTS
 - 2.2 VERPFLICHTENDER UND OPTIONALER ROLLOUT
 - 2.3 ENTFLECHTUNGSRECHTLICHE EINORDNUNG DES MESSSTELLEN-BETRIEBS
 - 2.4 ANREIZREGULIERUNG UND PREISOBERGRENZENREGULIERUNG
 - 2.5 FAZIT ZU RECHTLICHEN UND REGULATORISCHEN GRUNDLAGEN
- 3 TECHNISCHE GRUNDLAGEN
- 4 ROLLOUT-STRATEGIEN
- 5 MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR
- 6 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK
- 7 ANHANG

ABBILDUNG 2-2 — ZEITPLAN UND EINORDNUNG DES ROLLOUTS VON iMSys UND mME NACH [7]



1	DIGITALISIERUNG IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
● 2	RECHTLICHE UND REGULATORISCHE GRUNDLAGEN
2.1	GESCHICHTE UND ZIELE DES SMART METER ROLLOUTS
● 2.2	VERPFLICHTENDER UND OPTIONALER ROLLOUT
2.3	ENTFLECHTUNGSRECHTLICHE EINORDNUNG DES MESSSTELLEN- BETRIEBS
2.4	ANREIZREGULIERUNG UND PREISOBERGRENZENREGULIERUNG
2.5	FAZIT ZU RECHTLICHEN UND REGULATORISCHEN GRUNDLAGEN
3	TECHNISCHE GRUNDLAGEN
4	ROLLOUT-STRATEGIEN
5	MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR
6	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK
7	ANHANG

Kategorien überprüft und ggf. geändert werden (§ 34 GDEW). [7]

Der Rollout von intelligenten Messsystemen wird in Deutschland in einen optionalen und einen verpflichtenden Teil gegliedert. Verpflichtende Rolloutmaßnahmen finden sich bei

- Letztverbrauchern mit einem Jahresstromverbrauch von über 6.000 kWh,
- Letztverbrauchern, die § 14a EnWG nutzen,
- Erzeugungs-Anlagenbetreibern von erneuerbaren Energien oder Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) mit einer installierten Leistung über 7 kW.

Bis zum Jahr 2032 sind die letzten Pflicht-Messstellen mit iMSys auszustatten, wobei eine Erfüllungsquote von mindestens 95 % gefordert ist. Aufgrund des verzögerten Rollouts (fehlende zertifizierte SMGW-Produkte) könnte sich somit ein höherer zeitlicher Umsetzungsdruck ergeben, falls die im Gesetz fixierten Zeitpunkte für die Erfüllung der Rolloutpflicht beibehalten werden.

Weiterhin hat der gMSB die Pflicht, mindestens 10 % der Messstellen innerhalb von drei Jahren nach der Bestätigung der technischen Möglichkeit durch das BSI umzurüsten. Dies betrifft neben den verpflichtenden iMSys aus Abbildung 2-2 auch mME in Neubauten und Gebäuden nach größeren Renovierungsmaßnahmen und bei Messstellen, für die kein iMSys vorgesehen ist. Hierfür ist eine POG von 20 € brutto vorgesehen.

Vor Beginn der Rolloutmaßnahmen hat der gMSB gemäß § 37 GDEW zudem gewisse Informationspflichten zu erfüllen. So sind mindestens sechs Monate vor den Einbaumaßnahmen Informationen über den Umfang, Standard- und Zusatzleistungen sowie Preisblätter mit jährlichen Preisangaben für drei Jahre zu veröffentlichen. Zudem müssen die betroffenen Messstellen mindestens drei Monate vor Beginn der Umbaumaßnahme hierüber informiert und auf das Recht der freien Wahl des MSB hingewiesen werden. [7]



MIT 20 € FINANZIERT MAN DIE JÄHRLICHE NUTZUNG VON ...

Projiziert man den Wert der im genannten Beispiel anfallenden Kosten von rund 20 € für den Messstellenbetrieb auf die Nutzung von Haushaltsgeräten, so könnte man mit diesem Betrag folgende Geräte ein Jahr lang nutzen:

- **effizienter Desktop-PC mit High-End Komponenten**
- **modernes Surroundsystem**
- **energiesparende Waschmaschine (220 Waschzyklen) [11], [12]**

1	DIGITALISIERUNG IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
● 2	RECHTLICHE UND REGULATORISCHE GRUNDLAGEN
2.1	GESCHICHTE UND ZIELE DES SMART METER ROLLOUTS
2.2	VERPFLICHTENDER UND OPTIONALER ROLLOUT
● 2.3	ENTFLECHTUNGSRECHTLICHE EINORDNUNG DES MESSSTELLEN- BETRIEBS
2.4	ANREIZREGULIERUNG UND PREISOBERGRENZENREGULIERUNG
2.5	FAZIT ZU RECHTLICHEN UND REGULATORISCHEN GRUNDLAGEN
3	TECHNISCHE GRUNDLAGEN
4	ROLLOUT-STRATEGIEN
5	MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR
6	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK
7	ANHANG

Neben dem Zähler für Strom sind auch neue Messeinrichtungen für Gas von den neuen Regelungen betroffen. Diese müssen ab Januar 2017 (Messstellen mit registrierter Leistungsmessung ab Januar 2025) verbaut und sicher mit einem SMGW verbunden werden können. [7]

Durch die POG – wie in [7] vorgesehen – entstehen gewisse entflechtungsrechtliche Neuordnungen, welche insbesondere gMSB betreffen. Diese sind im nachfolgenden Kapitel übersichtlich aufgeführt.

Die ursprünglich gesetzten Ziele des Smart Meter Rollouts (vgl. Abbildung 2-1 und Abbildung 2-2) konnten nicht eingehalten werden. Zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Studie (Q4 2018) waren noch keine SMGW zertifiziert und für den Einbau verfügbar.

2.3 ENTFLECHTUNGSRECHTLICHE EINORDNUNG DES MESSSTELLENBETRIEBS

Seit den durch die EU im Jahr 1996 angestoßenen Liberalisierungsprozessen für Strom und Gas wurde der Netzbetrieb aus den übrigen Teilen der Wertschöpfungskette herausgelöst. Je nach Größe der bis dato integrierten Energieversorger müssen die folgenden Entflechtungsgrundsätze eingehalten werden.

- Buchhalterische Entflechtung: Alle Netzbetreiber sind dazu verpflichtet, eigene Finanz- und Buchhaltungskonten nach § 6 EnWG zu führen.
- Informativische Entflechtung: Wirtschaftlich sensible Informationen zur Erlangung von Sondervorteilen, welche sich aus dem Netzbetrieb ergeben, müssen von allen Netzbetreibern vertraulich behandelt werden.
- Gesellschaftsrechtliche Entflechtung: Netzbetreiber mit >100.000 angeschlossenen Kunden müssen gemäß der De-minimis-Klausel als eigene Rechtsperson ausgestaltet sein.



§ 14a ENWG – „STEUERBARE VERBRAUCHSEINRICHTUNGEN IN NIEDERSPANNUNG“

Gemäß § 14a EnWG wird für Lieferanten und Letztverbraucher in der NS vom lokalen VNB ein reduziertes Netzentgelt berechnet, wenn „mit ihnen im Gegenzug die netzdienliche Steuerung von steuerbaren Verbrauchseinrichtungen, die über einen separaten Zählpunkt verfügen, vereinbart wird.“ [13]

- 1 DIGITALISIERUNG IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
- **2 RECHTLICHE UND REGULATORISCHE GRUNDLAGEN**
 - 2.1 GESCHICHTE UND ZIELE DES SMART METER ROLLOUTS
 - 2.2 VERPFLICHTENDER UND OPTIONALER ROLLOUT
- **2.3 ENTFLECHTUNGSRECHTLICHE EINORDNUNG DES MESSSTELLENBETRIEBS**
 - 2.4 ANREIZREGULIERUNG UND PREISOBERGRENZENREGULIERUNG
 - 2.5 FAZIT ZU RECHTLICHEN UND REGULATORISCHEN GRUNDLAGEN
- 3 TECHNISCHE GRUNDLAGEN
- 4 ROLLOUT-STRATEGIEN
- 5 MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR
- 6 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK
- 7 ANHANG

- Operationelle Entflechtung: Der vertikal integrierte Energieversorger darf bei Netzbetreibern mit >100.000 angeschlossenen Kunden keinen direkten Einfluss auf das Netzgeschäft (z.B. durch Investitionsvorgaben) ausüben.
- Eigentumsrechtliche Entflechtung: Alle Transport- und Übertragungsnetze müssen sich im Eigentum des Netzbetreibers befinden oder deren Betrieb durch einen unabhängigen Dritten gewährleistet werden. **[13]**

Während das Messwesen vor dem Smart Meter Rollout Teil des Netzbetriebes war, wird diese Rolle fortan durch den MSB geregelt. Dabei mussten Betreiber von Elektrizitätsverteilernetzen nach §45 Abs.3 Messstellenbetriebsgesetz (MsbG) anzeigen, diese Rolle auch in Zukunft in Form des grundzuständigen Messstellenbetreibers (gMSB) wahrzunehmen. Der gMSB ist äquivalent zu den vorgestellten Entflechtungsgrundsätzen durch die Regelungen des Gesetzes zur Digitalisierung der Energiewende zu behandeln **[16], [7]**. Dabei gilt die De-minimis-Schwelle auch für die Aufgaben des gMSB. Dieser ist im Falle von >100.000 Kunden als Teil des gesellschaftsrechtlich und operationell entflochtenen Netzbetreibers anzusiedeln. Dabei ist zu beachten, dass eine Verwechslung (z.B. durch Name und Logo) mit Vertriebstätigkeiten des vertikal integrierten Energieversorgungsunternehmens ausgeschlossen ist. Auch sog. Bündelangebote und Beipackwerbung von gMSB und Vertrieb (z.B. beim Zählertausch) sind nur diskriminierungsfrei gestattet.

Eine zusätzliche informatorische Trennung des Netzbetriebs und des gMSB ist nicht notwendig (z.B. durch IT-Systemtrennung). Es ist jedoch zu beachten, dass für den Messstellenbetrieb konventioneller Zähler (VNB) und intelligenter Zähler (gMSB) getrennte Finanz- und Buchhaltungskonten zu führen sind. Nach § 6b EnWG ist auch für die Konten des gMSB eine Bilanz sowie Gewinn- und Verlustrechnung (testierter Tätigkeitsabschluss) notwendig. **[13]**



WAS BESAGT DIE DE-MINIMIS-KLAUSEL?

*Laut der De-minimis-Klausel werden Unternehmen mit weniger als 100.000 Kunden von der Verpflichtung zur rechtlichen und operationellen Entflechtung ausgenommen. Laut Gesetz wäre diese Entflechtungsmaßnahme mit Bezug auf die Entflechtungsziele nicht verhältnismäßig **[14]**. Deutschland ist im europäischen Vergleich mit insgesamt über 880 Verteilnetzbetreibern ein Sonderfall. Davon sind nur ca. 12 % oberhalb der De-minimis-Grenze und müssen sich demnach auch gesellschaftsrechtlich und operationell entflechten. **[15]***

- 1 DIGITALISIERUNG
IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
- **2 RECHTLICHE UND
REGULATORISCHE
GRUNDLAGEN**
 - 2.1 GESCHICHTE UND ZIELE DES
SMART METER ROLLOUTS
 - 2.2 VERPFLICHTENDER UND
OPTIONALER ROLLOUT
- **2.3 ENTFLECHTUNGSRECHTLICHE
EINORDNUNG DES MESSSTELLEN-
BETRIEBS**
 - 2.4 ANREIZREGULIERUNG UND
PREISOBERGRENZENREGULIERUNG
 - 2.5 FAZIT ZU RECHTLICHEN UND
REGULATORISCHEN GRUNDLAGEN
- 3 TECHNISCHE GRUNDLAGEN
- 4 ROLLOUT-STRATEGIEN
- 5 MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN
INFRASTRUKTUR
- 6 ZUSAMMENFASSUNG
UND AUSBLICK
- 7 ANHANG

Grundzuständigkeit und wettbewerblicher Messstellenbetrieb

Netzbetreiber oberhalb der De-minimis-Schwelle dürfen weder im eigenen noch im Netzgebiet Dritter als wettbewerblicher Messstellenbetreiber (wMSB) (vgl. §5 MsbG) auftreten. Der wMSB ist unabhängig von der De-minimis-Regelung als wettbewerblicher Akteur Teil der Energieversorgung und grundsätzlich vom gMSB und VNB gesellschaftsrechtlich zu entflechten. Dies gilt auch für sehr kleine Unternehmen, deren Netzbetrieb nach bisherigen Regelungen nur der buchhalterischen und informatorischen Entflechtung unterlag. Auch hier wird nun die Ausgründung einer GmbH für den wMSB notwendig. Dies bedeutet jedoch auch, dass kleinere vollintegrierte Unternehmen faktisch vom Wettbewerb ausgeschlossen werden, wenn sie keine weitere Gesellschaft gründen.

Ergebnisse der Anzeige zur Wahrnehmung des Messstellenbetriebs

Bis zum 30. Juni 2017 hatten alle VNBs Zeit, die Wahrnehmung des grundzuständigen Messstellenbetriebs anzuzeigen. Davon haben 99,2% die Absicht, als gMSB in ihrem Netzgebiet tätig zu werden. Lediglich sieben entschieden sich dagegen. Insgesamt sind voraussichtlich 6,5 Millionen Pflichteinbaufälle durch den Rollout betroffen. Bei Pflichteinbaufällen handelt es sich um Endkunden mit einem Jahresverbrauch >6.000 kWh (65%), Anlagen nach §14 a EnWG (17%) sowie Erzeugungsanlagen mit Leistungen >7 kW (18%). **[17]**

1 DIGITALISIERUNG
IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT

● **2 RECHTLICHE UND
REGULATORISCHE
GRUNDLAGEN**

2.1 GESCHICHTE UND ZIELE DES
SMART METER ROLLOUTS

2.2 VERPFLICHTENDER UND
OPTIONALER ROLLOUT

● **2.3 ENTFLECHTUNGSRECHTLICHE
EINORDNUNG DES MESSSTELLEN-
BETRIEBS**

2.4 ANREIZREGULIERUNG UND
PREISOBERGRENZENREGULIERUNG

2.5 FAZIT ZU RECHTLICHEN UND
REGULATORISCHEN GRUNDLAGEN

3 TECHNISCHE GRUNDLAGEN

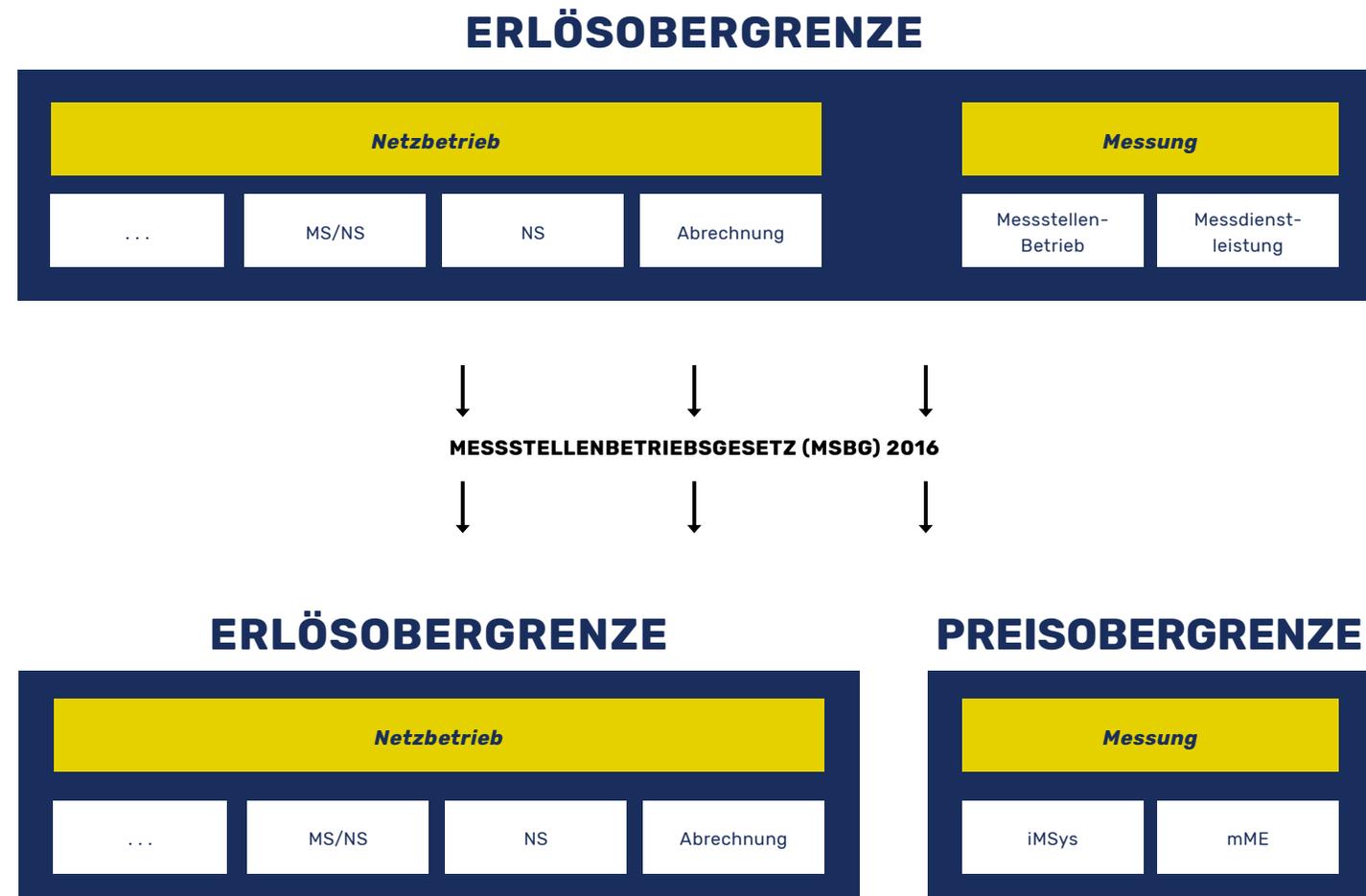
4 ROLLOUT-STRATEGIEN

5 MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN
INFRASTRUKTUR

6 ZUSAMMENFASSUNG
UND AUSBLICK

7 ANHANG

ABBILDUNG 2-3 — NEUORDNUNG DES MESSWESENS



- 1 DIGITALISIERUNG
IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
- 2 **RECHTLICHE UND
REGULATORISCHE
GRUNDLAGEN**
 - 2.1 GESCHICHTE UND ZIELE DES
SMART METER ROLLOUTS
 - 2.2 VERPFLICHTENDER UND
OPTIONALER ROLLOUT
 - 2.3 ENTFLECHTUNGSRECHTLICHE
EINORDNUNG DES MESSSTELLEN-
BETRIEBS
 - 2.4 **ANREIZREGULIERUNG UND
PREISOBERGRENZENREGULIERUNG**
 - 2.5 FAZIT ZU RECHTLICHEN UND
REGULATORISCHEN GRUNDLAGEN
- 3 TECHNISCHE GRUNDLAGEN
- 4 ROLLOUT-STRATEGIEN
- 5 MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN
INFRASTRUKTUR
- 6 ZUSAMMENFASSUNG
UND AUSBLICK
- 7 ANHANG

2.4 ANREIZREGULIERUNG UND PREISOBERGRENZENREGULIERUNG

Während der Messstellenbetrieb bisher als Teil des Netzbetriebes durch die Anreizregulierung reguliert war, unterliegt der grundzuständige Messstellenbetrieb einer POG-Regulierung (auch Höchstpreisregulierung oder Price-Cap-Regulation). Wie bereits in vorhergehenden Kapiteln aufgeführt, sind einerseits getrennte Finanz- und Buchhaltungskonten für konventionellen Messstellenbetrieb und grundzuständigen Messstellenbetrieb zu führen und andererseits die im MsbG vorgegebenen POGs für mME und iMSys durch den gMSB einzuhalten. **[18]**

Es ist zu beachten, dass konventionelle, elektromechanische Ferrarisähler nach der Stromnetzentgeltverordnung (StromNEV) Anlage 1 zu § 6 Abs. 5 Satz 1 betriebsgewöhnliche Nutzungsdauern von 20 bis 25 Jahren aufweisen. Werden demzufolge Zähler im Zuge des Smart Meter Rollouts ausgebaut, welche noch nicht vollständig kalkulatorisch abgeschrieben sind, entstehen dem VNB Nachteile durch eine reduzierte Erlösobergrenze und entgangene Eigenkapitalverzinsung. Es wird daher zusammenhängenden VNB und gMSB empfohlen, die Restnutzungsdauern von konventionellen Zählern in den Kosten und der Strategie des Rollouts zu berücksichtigen, zumal die Renditen durch die geregelte Eigenkapitalverzinsung mit 9,05 % (2. Regulierungsperiode) auf die noch eingebauten Ferrarisähler relativ hoch sind. wMSB sind nicht an die POG gebunden, können auch höhere Preise verlangen und Kunden auf Wunsch einen größeren Funktions- und Angebotsumfang bieten. Zudem haben sie den Vorteil, durch Lieferverträge ihren Messstellenbetrieb subventionieren zu können und so Produkte zu geringeren Preisen anzubieten als der gMSB. **[19]**



ALTERSSTRUKTUR FERRARISZÄHLER

Laut der Smart-Meter-Studie der Deutschen Energie-Agentur [20] müsste, basierend auf der Altersstruktur derzeit installierter konventioneller Stromzähler, ein Großteil der Geräte innerhalb weniger Jahre ersetzt werden. Um dadurch verursachte Marktkapazitätsengpässe zu vermeiden, wird das sogenannte Stichprobenverfahren durchgeführt. Demnach sollen Unternehmen anhand von gebietsbezogenen Stichproben im jeweiligen Netzgebiet die tatsächliche Funktionsfähigkeit überprüfen und gegebenenfalls die Eichgültigkeit verlängern, um Marktengpässe bei Herstellern zu vermeiden.

- 1 DIGITALISIERUNG
IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
- 2 **RECHTLICHE UND
REGULATORISCHE
GRUNDLAGEN**
 - 2.1 GESCHICHTE UND ZIELE DES
SMART METER ROLLOUTS
 - 2.2 VERPFLICHTENDER UND
OPTIONALER ROLLOUT
 - 2.3 ENTFLECHTUNGSRECHTLICHE
EINORDNUNG DES MESSSTELLEN-
BETRIEBS
 - 2.4 ANREIZREGULIERUNG UND
PREISOBERGRENZENREGULIERUNG
- 2.5 **FAZIT ZU RECHTLICHEN UND
REGULATORISCHEN GRUNDLAGEN**
 - 3 TECHNISCHE GRUNDLAGEN
 - 4 ROLLOUT-STRATEGIEN
 - 5 MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN
INFRASTRUKTUR
 - 6 ZUSAMMENFASSUNG
UND AUSBLICK
 - 7 ANHANG

2.5 FAZIT ZU RECHTLICHEN UND REGULATORISCHEN GRUNDLAGEN

Der von der EU vorgeschriebene Smart Meter Rollout wurde in Deutschland mit dem „Gesetz zur Digitalisierung der Energiewende“ [7] im geltenden Recht verankert. Dabei ist die Umsetzung an die „technische Möglichkeit“ sowie die „wirtschaftliche Vertretbarkeit“ gekoppelt. Erstere ist durch die Zertifizierung und den Vertrieb von drei unabhängigen Smart-Meter-Systemen gegeben, die bis heute (Stand Q4 2018) noch nicht abgeschlossen ist. Die wirtschaftliche Vertretbarkeit wird durch die POG verbrauchergruppenspezifisch geregelt.

Der grundzuständige Messstellenbetrieb unterliegt den gleichen entflechtungsrechtlichen Grundsätzen wie VNB, ist jedoch aufgrund der POG dazu verpflichtet, getrennte Konten zu führen.

Der Rollout hat zwar noch nicht begonnen, er wird jedoch das Energiesystem nachhaltig prägen. Daher ist es für Unternehmen empfehlenswert, alle möglichen Szenarien frühzeitig zu antizipieren und sich darauf vorzubereiten.



WEITERFÜHRENDE LITERATUR

Einführung von Smart Meter in Deutschland – Analyse von Rollout-szenarien und ihrer regulatorischen Implikationen.

Berlin: Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), 2014

Aichele, Christian et al.:

Smart Meter Rollout – Praxisleitfaden zur Ausbringung intelligenter Zähler. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2013

Meteringblog

*<http://www.meterpan.de/blog/>
Norderstedt: MeterPan GmbH*

Der Energieblog

*<http://www.derenergieblog.de>
München: Becker Büttner Held PartGmbH*

- 1 DIGITALISIERUNG
IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
- 2 RECHTLICHE UND
REGULATORISCHE
GRUNDLAGEN
- **3 TECHNISCHE GRUNDLAGEN**
- 3.1 KOMPONENTEN, ROLLEN
UND KOMMUNIKATION
- 3.2 STEUERBOX IM FELDVERSUCH
- 3.3 SICHERHEITSASPEKTE UND
DATENSCHUTZ
- 3.4 ENERGIEVERBRAUCH DER SMART-
METER-INFRASTRUKTUR
- 3.5 FAZIT ZU TECHNISCHEM GRUND-
LAGEN, SICHERHEITSASPEKTEN
UND ENERGIEVERBRAUCH
- 4 ROLLOUT-STRATEGIEN
- 5 MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN
INFRASTRUKTUR
- 6 ZUSAMMENFASSUNG
UND AUSBLICK
- 7 ANHANG

3

TECHNISCHE GRUNDLAGEN

- 1 DIGITALISIERUNG
IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
- 2 RECHTLICHE UND
REGULATORISCHE
GRUNDLAGEN
- **3 TECHNISCHE GRUNDLAGEN**
- **3.1 KOMPONENTEN, ROLLEN
UND KOMMUNIKATION**
- 3.2 STEUERBOX IM FELDVERSUCH
- 3.3 SICHERHEITSAKTEPEKTE UND
DATENSCHUTZ
- 3.4 ENERGIEVERBRAUCH DER SMART-
METER-INFRASTRUKTUR
- 3.5 FAZIT ZU TECHNISCHEM GRUND-
LAGEN, SICHERHEITSAKTEPEKTE
UND ENERGIEVERBRAUCH
- 4 ROLLOUT-STRATEGIEN
- 5 MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN
INFRASTRUKTUR
- 6 ZUSAMMENFASSUNG
UND AUSBLICK
- 7 ANHANG

Die im Gesetz zur Digitalisierung der Energiewende beschriebene Systemarchitektur besteht aus mehreren Komponenten bzw. Rollen, welche im Folgenden näher beschrieben werden. Diese bilden die Grundlage für die weiteren Ausführungen und Analysen. In Abbildung 3-1 sind dabei verschiedene technische Komponenten sowie beteiligte Akteure schematisch aufgeführt.

3.1 KOMPONENTEN, ROLLEN UND KOMMUNIKATION

Im Folgenden sind die wichtigsten Komponenten beschrieben, Funktionen und Rollen aufgeführt sowie ein qualitativer Vergleich von möglichen Kommunikationsvarianten dargestellt:

Moderne Messeinrichtung

Eine moderne Messeinrichtung (mME) ist „eine Messeinrichtung, die den tatsächlichen Elektrizitätsverbrauch und die tatsächliche Nutzungszeit wieder spiegelt und über ein SMGW sicher in ein Kommunikationsnetz eingebunden werden kann“ [7]. Die mME ersetzt in erster Linie den bisher verwendeten Ferrariszähler und übernimmt dessen Basisfunktion – die Erfassung der in der geeichten Messung ermittelten verbrauchten Energie. Darüber hinaus werden die Messwerte an einem Display zum Ablesen angezeigt und über eine Schnittstelle für die weitere Verarbeitung zur Verfügung gestellt.

Die Mindestanforderung in Bezug auf die weitere Datenerfassung ist die Zählerstandsgangmessung (Reihe von viertelstündig ermittelten Zählerständen), der Abruf der Ist-Einspeisung von Erzeugungsanlagen und die Messung des Netzzustandes (Strom- und Spannungswerte sowie zugehöriger Phasenwinkel). [7]



MESSPRINZIP FERRARISZÄHLER NACH [21]

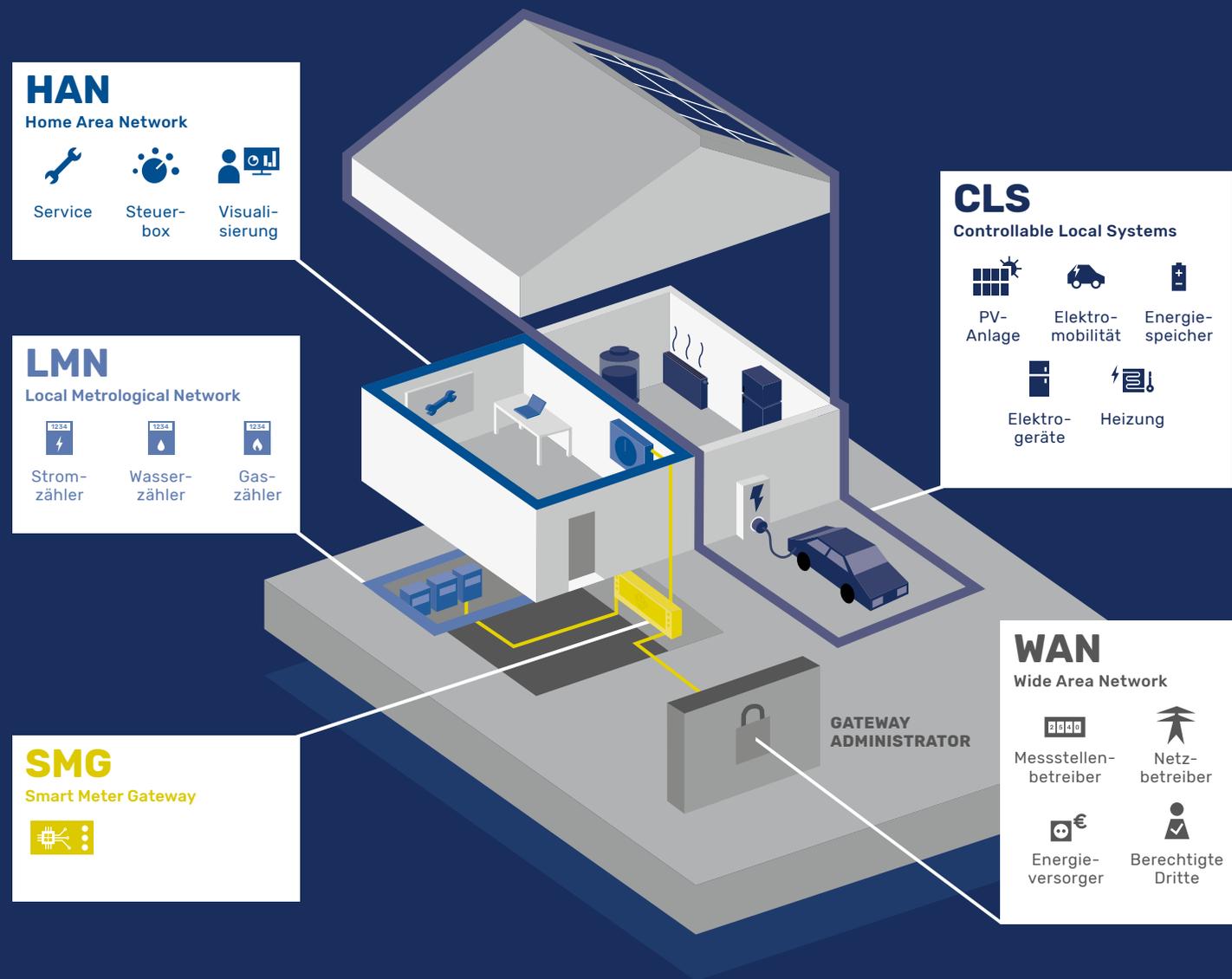
Für die Messung und Abrechnung der aus dem öffentlichen Stromnetz bezogenen Energie wurden bislang häufig elektromechanische Ferrariszähler (benannt nach deren Erfinder Galileo Ferraris) in Deutschland verwendet.



Das Messprinzip basiert auf dem Induktionsgesetz, wobei ein Spulenpaar, eine drehbare Aluminiumscheibe, ein mechanisches Zählwerk und ein Bremsmagnet die wichtigsten Komponenten der einphasigen Messung umfassen: Die Anordnung der Spulen sowie das grundsätzliche Messkonzept haben zur Folge, dass es sich um eine Messung der reinen Wirkenergie handelt.

- 1 DIGITALISIERUNG IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
- 2 RECHTLICHE UND REGULATORISCHE GRUNDLAGEN
- 3 TECHNISCHE GRUNDLAGEN
- 3.1 KOMPONENTEN, ROLLEN UND KOMMUNIKATION
- 3.2 STEUERBOX IM FELDVERSUCH
- 3.3 SICHERHEITASPEKTE UND DATENSCHUTZ
- 3.4 ENERGIEVERBRAUCH DER SMART-METER-INFRASTRUKTUR
- 3.5 FAZIT ZU TECHNISCHEN GRUNDLAGEN, SICHERHEITASPEKTEN UND ENERGIEVERBRAUCH
- 4 ROLLOUT-STRATEGIEN
- 5 MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR
- 6 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK
- 7 ANHANG

ABBILDUNG 3-1 — SCHEMATISCHE DARSTELLUNG VON KOMPONENTEN UND ROLLEN IN DER SMART GRID INFRASTRUKTUR



- 1 DIGITALISIERUNG
IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
- 2 RECHTLICHE UND
REGULATORISCHE
GRUNDLAGEN
- **3 TECHNISCHE GRUNDLAGEN**
- **3.1 KOMPONENTEN, ROLLEN
UND KOMMUNIKATION**
- 3.2 STEUERBOX IM FELDVERSUCH
- 3.3 SICHERHEITSAKTEPEKTE UND
DATENSCHUTZ
- 3.4 ENERGIEVERBRAUCH DER SMART-
METER-INFRASTRUKTUR
- 3.5 FAZIT ZU TECHNISCHEM GRUND-
LAGEN, SICHERHEITSAKTEPEKTE
UND ENERGIEVERBRAUCH
- 4 ROLLOUT-STRATEGIEN
- 5 MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN
INFRASTRUKTUR
- 6 ZUSAMMENFASSUNG
UND AUSBLICK
- 7 ANHANG

Smart Meter Gateway

Das SMGW ist die modulare Erweiterung einer oder mehrerer mME (Strom, Gas etc.) zu einem iMSys und stellt dabei die Kommunikationseinheit dar. Als Funktionalität steht die Erhebung, Zeitstempelung, Verarbeitung, Übermittlung, Speicherung und Löschung von Messwerten und zugehörigen Daten im Vordergrund, wobei Datenschutz, Datensicherheit und Interoperabilität zu gewährleisten sind. [7]

Das SMGW muss zudem Zählerstände im 15-Minuten-Takt aufnehmen, vorhalten sowie eine Plausibilisierung der Messwerte durchführen können. Zudem können weitere Daten wie aufgetretene Maximalleistungen oder Monats- und Jahresenergieverbräuche berechtigten Akteuren sternförmig zur Verfügung gestellt werden. Weiterhin hat das Smart Meter Gateway verschiedene Anwendungsfälle für die Tarifierung, Bilanzierung und Netzzustandserhebung als Minimalanforderung umzusetzen. [23], [7]

Einordnung des intelligenten Messsystems

Ein iMSys beinhaltet mindestens eine mME sowie ein SMGW inkl. aller zugrunde liegenden Funktionen. Das SMGW als zentrale Komponente stellt dabei mindestens drei Schnittstellen zur Verfügung (siehe Abbildung 3-1).

Local Metrological Network (LMN):

An der LMN-Schnittstelle kommuniziert das SMGW mit den angebotenen modernen Messeinrichtungen die von der mME aufgenommenen Messwerte und Netzzustandsdaten. Dabei empfängt das SMGW die Werte verschlüsselt, prüft diese nach Entschlüsselung auf Integrität und speichert sie mit einem Zeitstempel in einer Messwertliste ab. Auf Basis dieser Messwertlisten werden bestimmte Werte an berechnete Marktteilnehmer versendet. [23]

Wide Area Network (WAN):

Über die WAN-Schnittstelle erfolgt die Anbindung von externen Marktteilnehmern an den SMGW-Administrator. Das Versenden von Messwerten sowie die Pseudonymisierung von nicht abrechnungsrelevanten Daten ist ebenso



MESSPRINZIP MODERNE MESSEINRICHTUNG NACH [22]

Das Funktionsprinzip moderner Energiezähler unterscheidet sich grundlegend von traditionellen Zählleinrichtungen, da erstere komplett auf die Verwendung elektromechanischer Komponenten wie einer Scheibe und einem mechanischen Zählwerk verzichten. Auch besteht in modernen Messeinrichtungen durch die direkte Messung von Spannung und Strom die Möglichkeit zur Berechnung von Schein- und Blindleistung.

- 1 DIGITALISIERUNG
IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
- 2 RECHTLICHE UND
REGULATORISCHE
GRUNDLAGEN
- **3 TECHNISCHE GRUNDLAGEN**
- 3.1 KOMPONENTEN, ROLLEN
UND KOMMUNIKATION
- **3.2 STEUERBOX IM FELDVERSUCH**
- 3.3 SICHERHEITSSPEKTE UND
DATENSCHUTZ
- 3.4 ENERGIEVERBRAUCH DER SMART-
METER-INFRASTRUKTUR
- 3.5 FAZIT ZU TECHNISCHEM GRUND-
LAGEN, SICHERHEITSSPEKTEN
UND ENERGIEVERBRAUCH
- 4 ROLLOUT-STRATEGIEN
- 5 MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN
INFRASTRUKTUR
- 6 ZUSAMMENFASSUNG
UND AUSBLICK
- 7 ANHANG

Bestandteil der WAN-Kommunikation wie der Empfang von Konfigurationsinformationen, Firmware-Updates und Wake-up-Befehlen über den SMGW-Administrator. Letztere werden verwendet, um das SMGW zum Aufbau eines Kommunikationskanals aufzufordern. [23]

Home Area Network (HAN):

Im HAN stellt das SMGW Daten für die Visualisierung beim Letztverbraucher und für den Service-Techniker zu Verfügung. Zudem ist hier der Aufbau einer gesicherten Verbindung zwischen externen Marktteilnehmern und steuerbaren Komponenten (Controllable Local Systems – CLS) über das SMGW möglich. [23]

Erweiterung um eine Steuerbox (CLS-Modul)

Die HAN-Schnittstelle am SMGW bietet die Möglichkeit, dass berechnigte Marktteilnehmer auf steuerbare Komponenten zugreifen können. Dies betrifft nach [7] unterbrechbare Verbrauchseinrichtungen gemäß §14a EnWG sowie Erzeugungsanlagen nach EEG und KWKG. Sollten die Komponenten nicht direkt mit der CLS-Schnittstelle kommunizieren können, ist ein zusätzliches Bauteil – beispielsweise Steuerbox – notwendig. Hierbei liegt die primäre Aufgabe darin, die bisherige unidirektionale Funkrundsteuerung durch ein bidirektionales System abzulösen und eine Kompatibilität mit Bestandsanlagen zu gewährleisten (siehe Abschnitt 5.2). [24]

3.2 STEUERBOX IM FELDVERSUCH

Vor dem Beginn des offiziellen und großflächigen Rollouts von Steuerboxen bzw. CLS-Modulen sind diese Komponenten sowie die zugehörigen Abläufe zu testen, um Aussagen über die Zuverlässigkeit, Latenzzeiten etc. zu bekommen. Diese sind für die spätere Integration in die Prozesse von Netzbetreibern ebenso relevant wie für weitere Akteure, deren Geschäftsmodell auf Basis dieser neuen Infrastruktur umgesetzt werden soll. Aus diesem Grund hat die FfE im Rahmen von C/sells die wissenschaftliche Begleitung und Auswertung eines Steuerbox-Feldversuchs durchgeführt. Dieser fand im Netzgebiet der

1 DIGITALISIERUNG
IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT

2 RECHTLICHE UND
REGULATORISCHE
GRUNDLAGEN

3 TECHNISCHE GRUNDLAGEN

3.1 KOMPONENTEN, ROLLEN
UND KOMMUNIKATION

3.2 STEUERBOX IM FELDVERSUCH

3.3 SICHERHEITSAASPEKTE UND
DATENSCHUTZ

3.4 ENERGIEVERBRAUCH DER SMART-
METER-INFRASTRUKTUR

3.5 FAZIT ZU TECHNISCHEM GRUND-
LAGEN, SICHERHEITSAASPEKTEN
UND ENERGIEVERBRAUCH

4 ROLLOUT-STRATEGIEN

5 MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN
INFRASTRUKTUR

6 ZUSAMMENFASSUNG
UND AUSBLICK

7 ANHANG

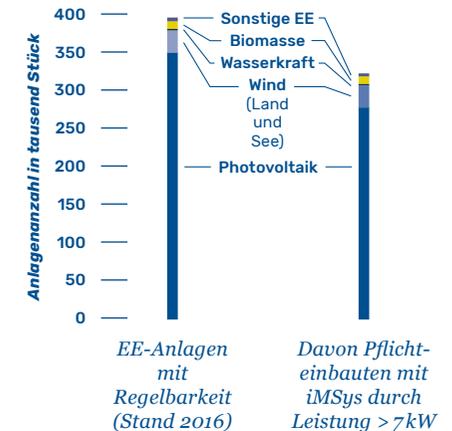
Bayernwerk AG statt, wobei die Bereitstellung der Hard- und Softwarekomponenten, der konzeptionelle Aufbau und die Umsetzung durch die E.ON Metering GmbH erfolgt sind. Eine schematische Übersicht über die Grundaspekte des Feldversuchs sowie die Auswertungsziele ist in Abbildung 3-2 enthalten.

Im Vorfeld der Versuchsdurchführung wurden die folgenden vier Mess- bzw. Schaltkategorien definiert, welche die spätere Anforderung im Netzbetrieb repräsentieren:

- Messen-Schalten-Messen bei abgebautem Kanal (MSM ab): Vor und nach dem Schaltvorgang erfolgt der Messwertabruf. Der Kanal zum SMGW bzw. zur Steuerbox ist noch nicht aufgebaut.
- Messen-Schalten-Messen bei aufgebautem Kanal (MSM auf): Vor und nach dem Schaltvorgang erfolgt der Messwertabruf. Der Kanal zum SMGW bzw. zur Steuerbox ist bereits aufgebaut.
- Schalten bei abgebautem Kanal (S ab): Isolierter Schaltvorgang ohne Messungen. Der Kanal zum SMGW bzw. zur Steuerbox ist noch nicht aufgebaut.
- Schalten bei aufgebautem Kanal (S auf): Isolierter Schaltvorgang ohne Messungen. Der Kanal zum SMGW bzw. zur Steuerbox ist bereits aufgebaut.



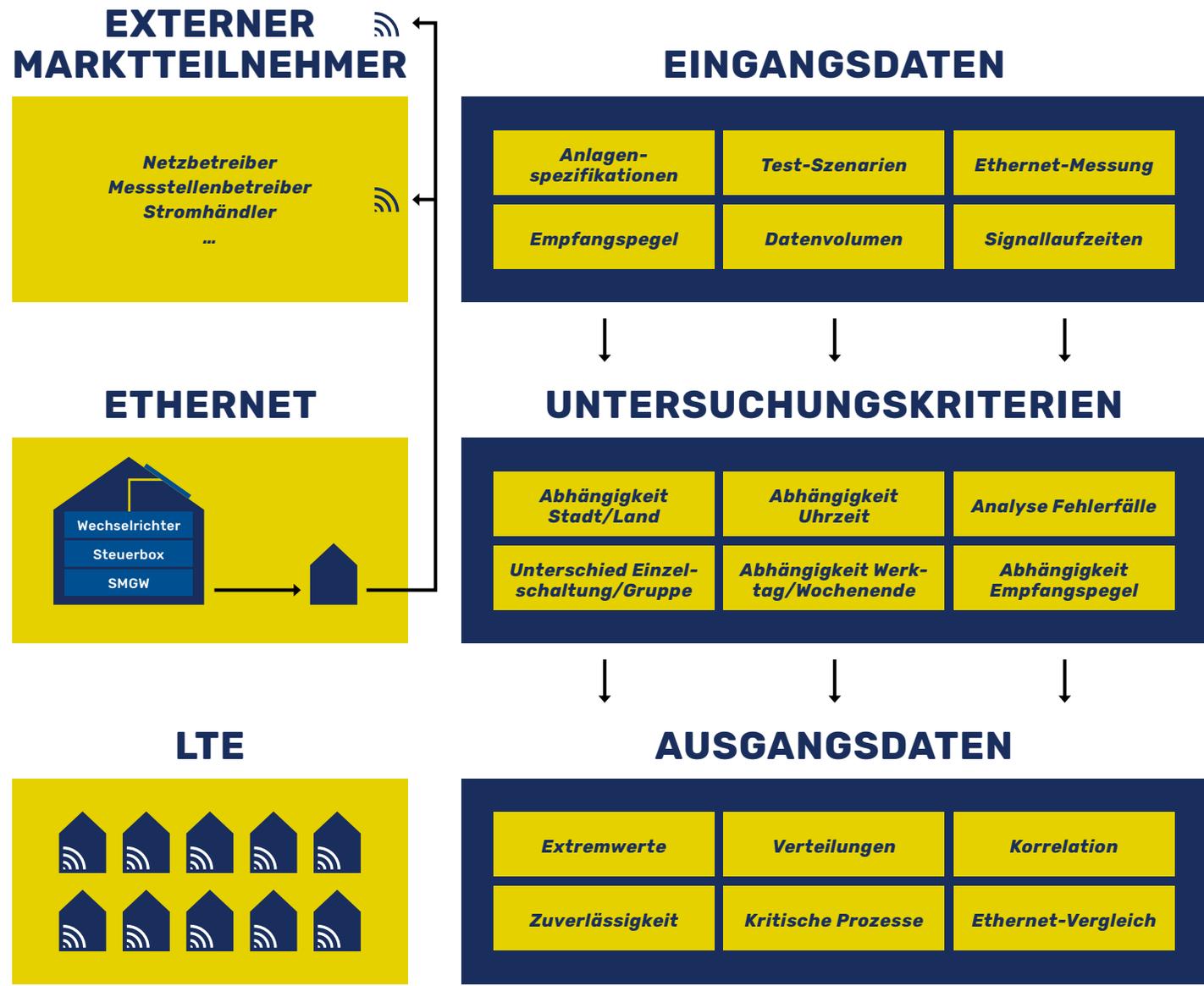
POTENZIELLE ANZAHL DER STEUERBOXEN IN DEUTSCHLAND



Im Jahr 2016 waren ca. 390.000 EE-Anlagen nach § 9 Abs. 1 EEG 2014 regelbar. Davon stellten die Photovoltaikanlagen mit 90 % anteilig an den Zählpunkten die größte Gruppe. Rund 325.000 Anlagen weisen eine installierte Leistung von > 7 kW auf und können demnach mit einer Steuerbox ausgestattet werden. Anlagen mit einer Größe von bis zu 30 kWp steht es frei, statt einer Steuerbox die maximale Einspeisung auf 70 % der installierten Wirkleistung zu begrenzen.

- 1 DIGITALISIERUNG IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
- 2 RECHTLICHE UND REGULATORISCHE GRUNDLAGEN
- 3 TECHNISCHE GRUNDLAGEN
 - 3.1 KOMPONENTEN, ROLLEN UND KOMMUNIKATION
 - 3.2 STEUERBOX IM FELDVERSUCH
 - 3.3 SICHERHEITSAASPEKTE UND DATENSCHUTZ
 - 3.4 ENERGIEVERBRAUCH DER SMART-METER-INFRASTRUKTUR
 - 3.5 FAZIT ZU TECHNISCHEN GRUNDLAGEN, SICHERHEITSAASPEKTEN UND ENERGIEVERBRAUCH
- 4 ROLLOUT-STRATEGIEN
- 5 MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR
- 6 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK
- 7 ANHANG

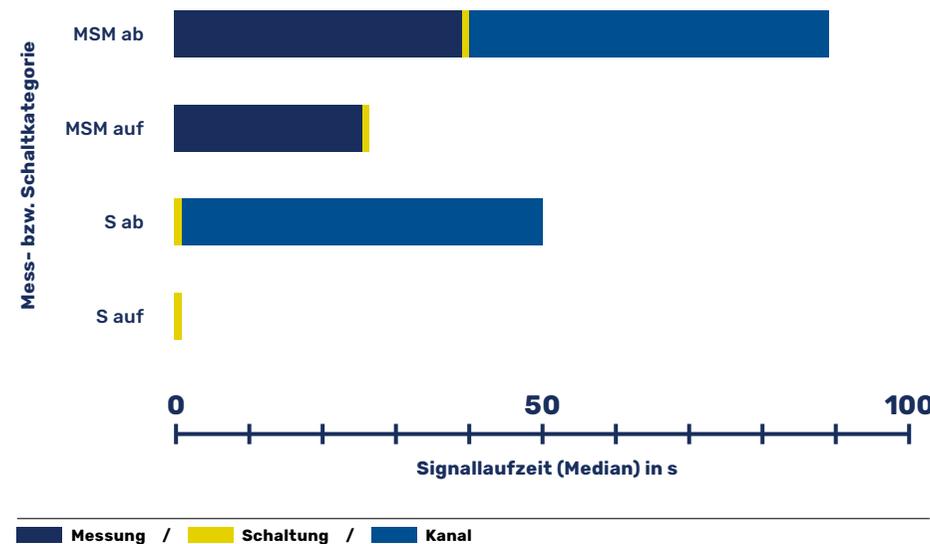
ABBILDUNG 3-2 — STRUKTUR UND UNTERSUCHUNGSgegenSTAND DES STEUERBOX-FELDVERSUCHS



- 1 DIGITALISIERUNG IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
- 2 RECHTLICHE UND REGULATORISCHE GRUNDLAGEN
- **3 TECHNISCHE GRUNDLAGEN**
 - 3.1 KOMPONENTEN, ROLLEN UND KOMMUNIKATION
 - **3.2 STEUERBOX IM FELDVERSUCH**
 - 3.3 SICHERHEITASPEKTE UND DATENSCHUTZ
 - 3.4 ENERGIEVERBRAUCH DER SMART-METER-INFRASTRUKTUR
 - 3.5 FAZIT ZU TECHNISCHEM GRUNDLAGEN, SICHERHEITASPEKTEN UND ENERGIEVERBRAUCH
- 4 ROLLOUT-STRATEGIEN
- 5 MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR
- 6 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK
- 7 ANHANG

Insgesamt wurden ca. 2.100 Testfälle durchgeführt. Die Ergebnisse der Signallaufzeit (Median) in den entsprechenden Kategorien ist in Abbildung 3-3 dargestellt.

ABBILDUNG 3-3 — VERGLEICH DER NACH DEN PROZESSGRUPPEN SCHALTUNG, KANAL UND MESSUNG UNTERTEILTEN SIGNALLAUFZEIT ALLER DURCHGEFÜHRTEN TESTFÄLLE



Die Gegenüberstellung zeigt, dass die Signallaufzeit für den isolierten Schaltvorgang ohne Messung und bei bereits bestehendem Kanal nur wenige Sekunden beträgt. Der Kanalauf- und -abbau, die Messung vor und nach dem Schalten sowie der Schaltvorgang an sich benötigen im Median annähernd 90 Sekunden. Aufgrund dieser großen Unterschiede in der Signallaufzeit ist durch den Netzbetreiber zu prüfen, ob in Einzelfällen eine dauerhafte Öffnung des Kanals zu bestimmten Anlagen aus Netz- bzw. Systemsicht sinnvoll ist, um eine schnelle Reaktionszeit der Anlage zu gewährleisten. Dies würde primär Anlagen an neuralgischen Netzpunkten mit einer relevanten Leistung betreffen.



IN 90 SEKUNDEN KÖNNTE MAN ...

In der Wartezeit von 90 Sekunden für Kanalaufbau, Schaltung und Messung könnte man auch ...

- die Wetterprognose hören,
- eine Mahlzeit aufwärmen,
- das Auto durch die Waschanlage fahren,
- die „Tagesschau in 100 Sekunden“ ohne den Wetterbericht ansehen oder
- eine Olympische Medaille gewinnen (Stabhochsprung, Skispringen, Sprint ...).

Die langen Signallaufzeiten v. a. bei Kanalaufbau und Messung führen dazu, dass sich einige Anwendungsfälle mit Ansprüchen an geringen zeitlichen Verzug nur als schwer realisierbar darstellen, wenn der Kanal nicht proaktiv aufgebaut wird. So wäre die Nutzung des Datenkanals z. B. für Smart-Home-Anwendungen, die sichere Datenübertragung von Überwachungsanlagen oder für Notrufsignale zwar denkbar, jedoch praktisch nur schwer zu realisieren (weitere Anwendungsfälle siehe Kapitel 5).

- 1 DIGITALISIERUNG
IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
- 2 RECHTLICHE UND
REGULATORISCHE
GRUNDLAGEN
- **3 TECHNISCHE GRUNDLAGEN**
- 3.1 KOMPONENTEN, ROLLEN
UND KOMMUNIKATION
- **3.2 STEUERBOX IM FELDVERSUCH**
- 3.3 SICHERHEITSAASPEKTE UND
DATENSCHUTZ
- 3.4 ENERGIEVERBRAUCH DER SMART-
METER-INFRASTRUKTUR
- 3.5 FAZIT ZU TECHNISCHEM GRUND-
LAGEN, SICHERHEITSAASPEKTEN
UND ENERGIEVERBRAUCH
- 4 ROLLOUT-STRATEGIEN
- 5 MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN
INFRASTRUKTUR
- 6 ZUSAMMENFASSUNG
UND AUSBLICK
- 7 ANHANG

TABELLE 3-1 — ÜBERSICHT ÜBER DIE ANWENDUNGSFÄLLE FÜR TARIFIERUNG, BILANZIERUNG UND NETZZUSTANDSERHEBUNG, NACH [23]

	NAME	BESCHREIBUNG
TAF 1	Datensparsame Tarife	Auslesen von Zählerstand auch als Summe von Verbrauch und Einspeisung mehrerer Zähler (minimale Auflösung: ein Zählerstand pro Monat).
TAF 2	Zeitvariable Tarife	Zeitabhängiger Stromtarif für mehrere Tarifstufen (ähnlich heutigem HT/NT-System).
TAF 3	Lastvariable Tarife	Leistungsabhängiger Stromtarif für mehrere Laststufen: Die für die jeweilige Stufe zugrunde liegende Leistung kann durch den Istwert oder durch einen Mittelwert bestimmt werden.
TAF 4	Verbrauchsvariable Tarife	Einteilung der verbrauchten Energie in Verbrauchsstufen, wobei jede Stufe ein Mengenkontingent aufweist: Ist das Kontingent einer Stufe überschritten, wird zur nächsthöheren gewechselt.
TAF 5	Ereignisvariable Tarife	Ereignisabhängiger Stromtarif in definierten Tarifstufen: Die Ereignisse können SMGW-intern oder durch einen externen berechtigten Akteur hervorgerufen werden.
TAF 6	Abruf von Messwerten im Bedarfsfall	Für nicht planbare Situationen wie Umzug, Lieferantenwechsel etc. werden für die letzten 6 Wochen tägliche Messwerte vorgehalten.
TAF 7	Zählerstandsgangmessung	Erfassung (im Takt der Registerperiode) und Versendung von Zählerstandsgängen (Verbrauch und Erzeugung).
TAF 8	Erfassung der Extremwerte für Leistung	Min.- bzw. Max.-Leistung im Abrechnungszeitraum wird durch den jeweiligen Leistungsmittelwert je Registereintrag gebildet (Verbrauch und Erzeugung).
TAF 9	Ist-Einspeisung einer Erzeugungsanlage	Leistungsabfrage im Rahmen einer Energiemanagementmaßnahme (darf nicht zu Abrechnungszwecken verwendet werden).
TAF 10	Abruf von Netzzustandsdaten	Periodisch oder bei Ereignis (Über- oder Unterschreitung eines Schwellwertes).
TAF 11	Steuerung von unterbrechbaren Verbrauchseinrichtungen und Erzeugungsanlagen	Bei Steuersignal oder weiteren externen Ereignissen werden der Zeitpunkt sowie der aktuelle Zählerstand festgehalten.
TAF 12	Prepaid-Tarif	Es wird eine bestimmte Energiemenge bereitgestellt und bei Überschreiten bzw. einem definierten Schwellwert ein Signal an EMT und Kunde generiert.
TAF 13	Letztverbraucher-Visualisierung	Alternative Bereitstellung der Messwerte an der WAN- anstatt der HAN-Schnittstelle für die Visualisierung.

- 1 DIGITALISIERUNG
IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
- 2 RECHTLICHE UND
REGULATORISCHE
GRUNDLAGEN
- **3 TECHNISCHE GRUNDLAGEN**
- 3.1 KOMPONENTEN, ROLLEN
UND KOMMUNIKATION
- **3.2 STEUERBOX IM FELDVERSUCH**
- 3.3 SICHERHEITSASPEKTE UND
DATENSCHUTZ
- 3.4 ENERGIEVERBRAUCH DER SMART-
METER-INFRASTRUKTUR
- 3.5 FAZIT ZU TECHNISCHEM GRUND-
LAGEN, SICHERHEITSASPEKTEN
UND ENERGIEVERBRAUCH
- 4 ROLLOUT-STRATEGIEN
- 5 MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN
INFRASTRUKTUR
- 6 ZUSAMMENFASSUNG
UND AUSBLICK
- 7 ANHANG

Die Umsetzung der Messung (vor bzw. nach dem Schaltvorgang) beruht auf dem Abruf der jeweiligen Ist-Einspeiseleistung der PV-Anlage. Hierfür ist ein spezieller Anwendungsfall notwendig, welcher u.a. im folgenden Abschnitt beschrieben wird.

Tarifanwendungsfälle und Kommunikationsszenarien

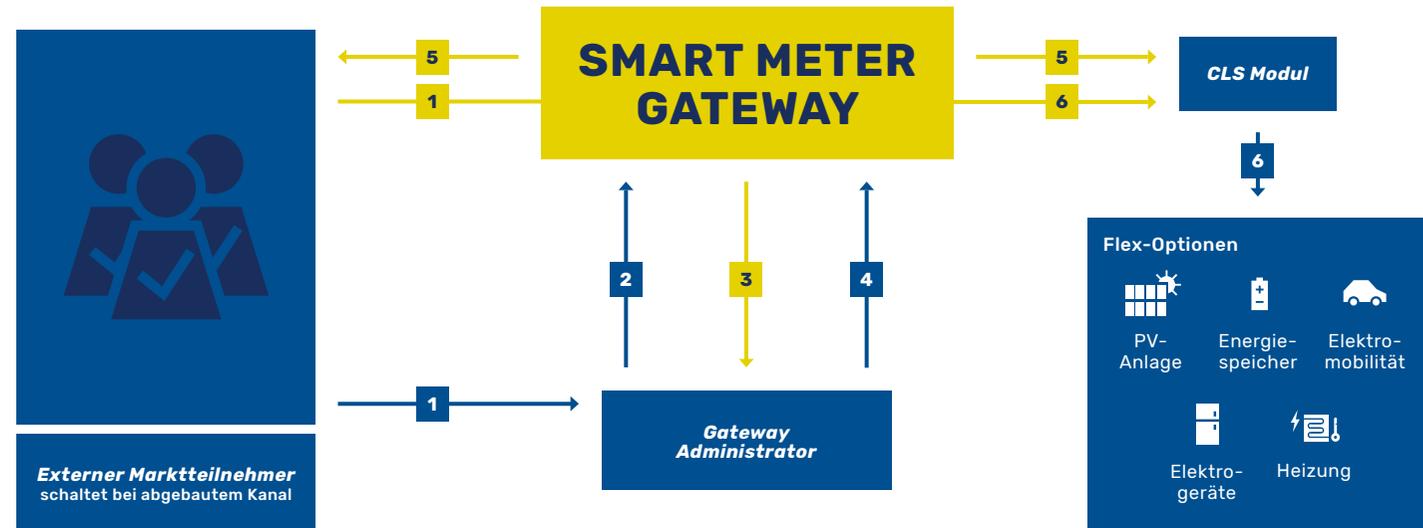
Wie bereits aufgeführt, muss das SMGW die folgenden Tarifanwendungsfälle (TAF) für Tarifierung, Bilanzierung und Netzzustandsdatenerhebung mindestens bedienen (**siehe Tabelle 3-1**). Die Ausgestaltung, Umsetzung und Anwendung der verschiedenen TAF beeinflusst maßgeblich den Nutzen der Infrastruktur. So wird beispielsweise in dem oben vorgestellten Steuerbox-Feldversuch der TAF 9 für den Abruf der aktuellen Einspeiseleistung der Photovoltaikanlagen angewendet. Hierdurch kann der Nachweis bzgl. der erfolgreichen Schaltung (z. B. im Rahmen des Engpassmanagements) erbracht werden. Zudem ist die Anwendung des TAF 10 in C/sells geplant, um auf Basis von zuvor definierten Schwellwerten ereignisabhängige Informationen über den Netzzustand zu erhalten.

Die sich aktuell in der Zertifizierung befindenden SMGW der ersten Generation werden nicht alle TAF anbieten, wodurch sich Einschränkungen für etwaige Geschäftsmodelle, aber auch Forschungsvorhaben ergeben. Nach **[25]** umfassen die Tarifanwendungsfälle der ersten Generation die TAF 1, 2, 6 und 7. Es ist jedoch nach Herstellerangaben vorgesehen, die SMGW nachträglich updaten zu können, sobald weitere TAF zur Verfügung stehen.

Neben den Tarifanwendungsfällen sind in **[23]** u.a. für die LMN-, WAN- und HAN-Schnittstelle verschiedene Kommunikationsszenarien aufgeführt, wobei die beteiligten Akteure sowie eine Beschreibung der jeweiligen Rolle enthalten sind. In Abbildung 3-4 ist beispielhaft ein Kommunikationsszenario aufgeführt, welches einen transparenten Kanal mit einer Flexibilitäts-Option (Flex-Option) – initiiert durch einen EMT – benötigt.

- 1 DIGITALISIERUNG IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
- 2 RECHTLICHE UND REGULATORISCHE GRUNDLAGEN
- **3 TECHNISCHE GRUNDLAGEN**
 - 3.1 KOMPONENTEN, ROLLEN UND KOMMUNIKATION
 - **3.2 STEUERBOX IM FELDVERSUCH**
 - 3.3 SICHERHEITSAKTEPE UND DATENSCHUTZ
 - 3.4 ENERGIEVERBRAUCH DER SMART-METER-INFRASTRUKTUR
 - 3.5 FAZIT ZU TECHNISCHEM GRUNDLAGEN, SICHERHEITSAKTEPE UND ENERGIEVERBRAUCH
- 4 ROLLOUT-STRATEGIEN
- 5 MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR
- 6 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK
- 7 ANHANG

ABBILDUNG 3-4 — SCHEMATISCHER ABLAUF DES KOMMUNIKATIONSSZENARIOZUR ETABLIERUNG EINES KANALS VON EINEM EMT ZU EINER FLEX-OPTION, NACH [23]



- 1 Zertifizierter externer Marktteilnehmer sendet an den Gateway Administrator (GWA) eine Kommunikationsanfrage zu einem Smart Meter Gateway (SMGW)
- 2 GWA sendet Wake-Up-Paket an SMGW
- 3 SMGW baut Kanal zu GWA auf
- 4 GWA parametrisiert SMGW gemäß Anforderungen des EMT
- 5 SMGW baut Kanal zu EMT (WAN) und Steuerbox (CLS Modul) auf
- 6 EMT sendet Schaltbefehl an CLS-Modul, welches die Flex-Option entsprechend schaltet

- 1 DIGITALISIERUNG IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
- 2 RECHTLICHE UND REGULATORISCHE GRUNDLAGEN
- **3 TECHNISCHE GRUNDLAGEN**
 - 3.1 KOMPONENTEN, ROLLEN UND KOMMUNIKATION
 - **3.2 STEUERBOX IM FELDVERSUCH**
 - 3.3 SICHERHEITSAASPEKTE UND DATENSCHUTZ
 - 3.4 ENERGIEVERBRAUCH DER SMART-METER-INFRASTRUKTUR
 - 3.5 FAZIT ZU TECHNISCHEN GRUNDLAGEN, SICHERHEITSAASPEKTEN UND ENERGIEVERBRAUCH
- 4 ROLLOUT-STRATEGIEN
- 5 MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR
- 6 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK
- 7 ANHANG

Smart Meter Gateway Administrator

Der SMGW-Administrator ist nach [7] für den sicheren technischen Betrieb des intelligenten Messsystems verantwortlich. Die Zuständigkeit für die Administration liegt im Verantwortungsbereich des Messstellenbetreibers oder eines von ihm beauftragten Dritten. Der technische Betrieb umfasst dabei vorrangig die Installation, die Inbetriebnahme, die Konfiguration, den Betrieb und die Wartung des SMGW. Diese lassen sich in verschiedene Anwendungsfälle gemäß Tabelle 3-2 gliedern.

TABELLE 3-2 — ANWENDUNGSFÄLLE DES SMGW-ADMINISTRATORS NACH [26]

KATEGORIE	BESCHREIBUNG
Dienste	Zeitsynchronisation Empfangen und Ausliefern von Messwerten Empfang von SMGW-Alarmierungen und -Benachrichtigungen Kommunikation zwischen EMT und CLS Firmware-Download
Administration & Konfiguration	Bereitstellung von Firmware-Updates Profilverwaltung Schlüssel- und Zertifikationsmanagement Versand Wake-up-Paket Verwaltung des Verbraucher-Log Bereitstellung der initialen Konfigurationsdatei
Monitoring	Auswerten von SMGW-Nachrichten Lesen und Speichern des SMGW-Logs Selbsttest des SMGW anstoßen Führen des SMGW-Admin-Logs
Unterstützung der Messwertverarbeitung	Empfangen und Ausliefern von tarifierten Messwerten Pseudonymisieren und Ausliefern von Netzzustandsdaten Wechsel der Tarifstufen Abruf von Messwerten im Bedarfsfall Auslesen der Ist-Einspeisung
Fehlerbehandlung	Eintrag in das SMGW-Admin-Log Durchführung von Entstörungsmaßnahmen im Bedarfsfall



BREITBANDVERFÜGBARKEIT FÜR HAUSHALTE IN DEUTSCHLAND

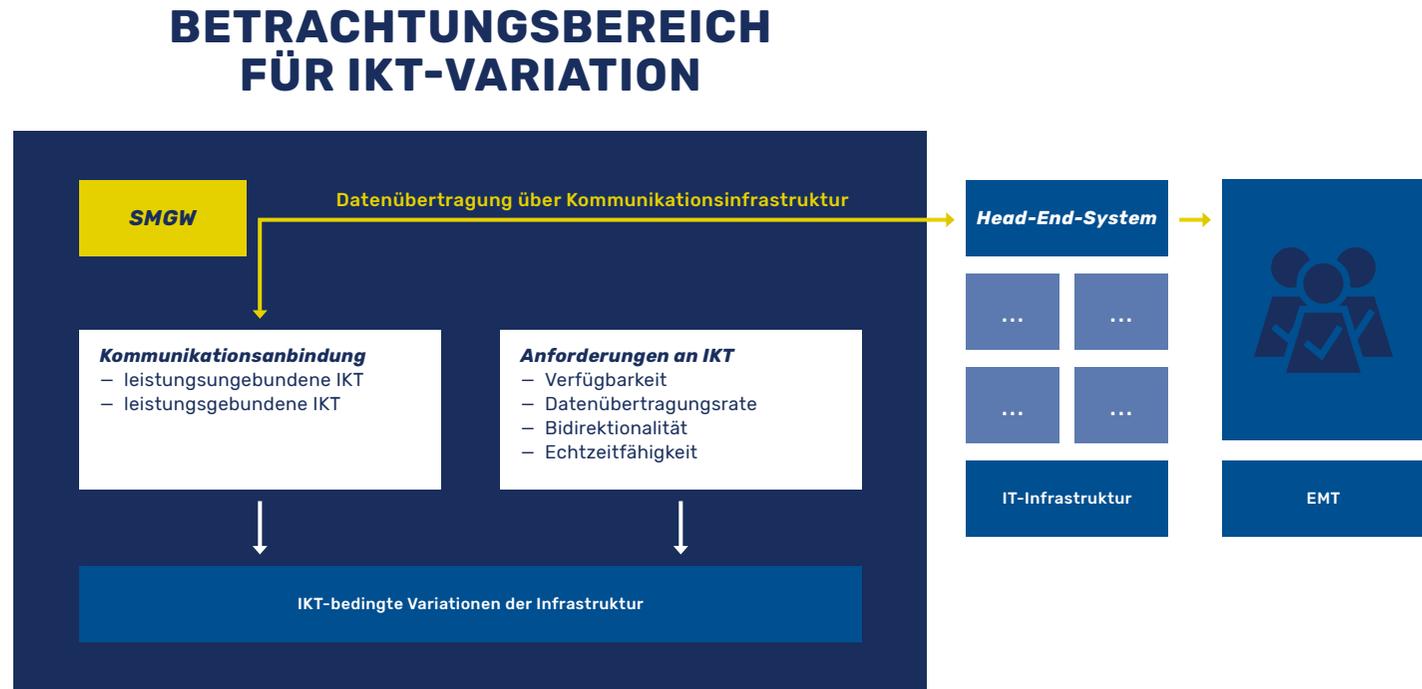
Laut dem aktuellen Bericht (Stand Mitte 2018) des TÜV Rheinland beläuft sich die Breitbandverfügbarkeit für leitungsgebundene Technologien in Deutschland für niedrigere Bandbreiten (bis 16 Mbit/s) auf über 90 %. Auch für leitungsungebundene Technologien besteht durch LTE-Netze ein deutschlandweiter Abdeckungsgrad von 97 %. Für die Breitbandverfügbarkeit der höchsten Bandbreite (ab 50 Mbit/s) besteht in deutschen Städten ebenfalls eine sehr hohe Verfügbarkeit, während in ländlichen Regionen nur knapp die Hälfte aller Haushalte Zugriff hat. Der Abdeckungsgrad für Glasfasernetze hingegen beläuft sich deutschlandweit auf nur 8,5 %. [28]

- 1 DIGITALISIERUNG IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
- 2 RECHTLICHE UND REGULATORISCHE GRUNDLAGEN
- **3 TECHNISCHE GRUNDLAGEN**
 - 3.1 KOMPONENTEN, ROLLEN UND KOMMUNIKATION
 - **3.2 STEUERBOX IM FELDVERSUCH**
 - 3.3 SICHERHEITSAKPEKTE UND DATENSCHUTZ
 - 3.4 ENERGIEVERBRAUCH DER SMART-METER-INFRASTRUKTUR
 - 3.5 FAZIT ZU TECHNISCHEN GRUNDLAGEN, SICHERHEITSAKPEKTEN UND ENERGIEVERBRAUCH
- 4 ROLLOUT-STRATEGIEN
- 5 MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR
- 6 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK
- 7 ANHANG

Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT)

Für die Verbindung des SMGW über die WAN-Schnittstelle zu einem berechtigten Akteur sind grundsätzlich verschiedene Varianten vorhanden, welche in unterschiedlicher Weise die Anforderungen an die Kommunikationsanbindung erfüllen (vgl. **Abbildung 3-5**). Unter die Anforderungen fallen u.a. die flächendeckende Verfügbarkeit in Deutschland, die Empfangsqualität an den Geräten sowie die Datenübertragungsrate.

ABBILDUNG 3-5 — DARSTELLUNG DES BETRACHTUNGSBEREICHS UND ANFORDERUNGEN AN DIE IKT-ANBINDUNG NACH [27]



- 1 DIGITALISIERUNG IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
- 2 RECHTLICHE UND REGULATORISCHE GRUNDLAGEN
- **3 TECHNISCHE GRUNDLAGEN**
- 3.1 KOMPONENTEN, ROLLEN UND KOMMUNIKATION
- **3.2 STEUERBOX IM FELDVERSUCH**
- 3.3 SICHERHEITSASPEKTE UND DATENSCHUTZ
- 3.4 ENERGIEVERBRAUCH DER SMART-METER-INFRASTRUKTUR
- 3.5 FAZIT ZU TECHNISCHEN GRUNDLAGEN, SICHERHEITSASPEKTEN UND ENERGIEVERBRAUCH
- 4 ROLLOUT-STRATEGIEN
- 5 MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR
- 6 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK
- 7 ANHANG

Für die IKT-Anbindung kann grundsätzlich zwischen leitungsgebundenen und leitungsungebundenen Technologien unterschieden werden (**vgl. Tabelle 3-3**). Die Datenübertragung über das Stromnetz (Breitband- und Schmalband-Powerline) als auch über Glasfaser sind die am häufigsten diskutierten Möglichkeiten der leitungsgebundenen Anbindung von SMGWs. So sind die geringe flächendeckende Verfügbarkeit sowie die hohen Investitionen bei Glasfaser als Nachteil zu sehen, die Datenübertragungsrate ist jedoch die höchste im Vergleich.

Eine Powerline-Anbindung ist flächendeckend möglich, wobei die Datenübertragungsrate ein limitierender Faktor sein kann. Die Anbindung mittels Long-Term-Evolution (LTE) ist eine leitungsungebundene Alternative mit einer bereits relativ gut ausgebauten Infrastruktur, wobei der Empfangspegel – insbesondere an den Zählerschränken – die Verfügbarkeit einschränkt.

Als weitere Möglichkeit besteht die Kombination aus verschiedenen IKT-Anbindungen, um die verschiedenen Stärken zu nutzen und Schwächen zu kompensieren. So ist eine Power-Line-Verbindung zwischen Ortsnetzstation und den einzelnen SMGWs in den Haushalten möglich, um das Problem des zum Teil niedrigen Mobilfunkempfangs an den Zählerschränken zu umgehen. Ab der Ortsnetzstation wird auf das Mobilfunknetz zurückgegriffen, um die aggregierten Daten an das Datenbackend des berechtigten Marktteilnehmers zu senden. Als Nachteil einer kombinierten IKT-Anbindung kann der Aufbau, Betrieb und Service mehrerer Übertragungswege gesehen werden.



WELTWEITER VERGLEICH DER LADEZEIT MIT BREITBANDNETZ

Am Beispiel der benötigten Ladezeit für einen Film mit HD-Qualität wurden in einer Studie 159 Länder weltweit verglichen, um Aussagen über die Geschwindigkeit von Breitbandanschlüssen zu treffen. Demnach hinkt Deutschland mit einer Dauer von fast einer Stunde (54 Minuten) im Vergleich hinterher und landet auf Platz 24. Die Top 3 (Singapur, Schweden, Taiwan) benötigen für das gleiche Datenvolumen unter einer halben Stunde, wobei Streamer in Singapur mit nur 18 Minuten die kürzeste Wartezeit in Anspruch nehmen müssen. [29]

Buffering:

Die Deutschen laden länger

Benötigte Zeit in Minuten, um einen Film mit HD-Qualität (7,5 GB) im Breitbandnetz zu laden im Jahr 2017



- 1 DIGITALISIERUNG IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
- 2 RECHTLICHE UND REGULATORISCHE GRUNDLAGEN
- **3 TECHNISCHE GRUNDLAGEN**
 - 3.1 KOMPONENTEN, ROLLEN UND KOMMUNIKATION
 - **3.2 STEUERBOX IM FELDVERSUCH**
 - 3.3 SICHERHEITSASPEKTE UND DATENSCHUTZ
 - 3.4 ENERGIEVERBRAUCH DER SMART-METER-INFRASTRUKTUR
 - 3.5 FAZIT ZU TECHNISCHEM GRUNDLAGEN, SICHERHEITSASPEKTEN UND ENERGIEVERBRAUCH
- 4 ROLLOUT-STRATEGIEN
- 5 MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR
- 6 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK
- 7 ANHANG

TABELLE 3-3 — DARSTELLUNG VON VERSCHIEDENEN IKT-VARIANTEN ZUR ANBINDUNG VON SMART METER GATEWAYS NACH [27]

ÜBERTRAGUNGSTECHNOLOGIE	BREITBAND-POWERLINE (BB-PLC)
Kategorie	Leitungsgebundene Übertragungstechnologie
Datenübertragungsrate	1 Mbit/s bis 10 Mbit/s
Bidirektionalität	Ja
Echtzeitfähigkeit	Ja (nicht sichergestellt)
Vorteile	Hohe Erstverfügbarkeit, leichte Erreichbarkeit der Stromleitungen, geringer Verdrahtungsaufwand
Nachteile	Shared-Medium-Charakter

ÜBERTRAGUNGSTECHNOLOGIE	GLASFASERKABEL
Kategorie	Leitungsgebundene Übertragungstechnologie
Datenübertragungsrate	100 Gbit/s
Bidirektionalität	Ja
Echtzeitfähigkeit	Ja
Vorteile	Unempfindlich gegenüber elektromagnetischen Störungen, hohe Datenübertragungsrate
Nachteile	Konfektionierungsaufwand, sehr hohe Anschaffungskosten, geringe Verfügbarkeit

- 1 DIGITALISIERUNG IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
- 2 RECHTLICHE UND REGULATORISCHE GRUNDLAGEN
- **3 TECHNISCHE GRUNDLAGEN**
 - 3.1 KOMPONENTEN, ROLLEN UND KOMMUNIKATION
 - **3.2 STEUERBOX IM FELDVERSUCH**
 - 3.3 SICHERHEITSASPEKTE UND DATENSCHUTZ
 - 3.4 ENERGIEVERBRAUCH DER SMART-METER-INFRASTRUKTUR
 - 3.5 FAZIT ZU TECHNISCHEN GRUNDLAGEN, SICHERHEITSASPEKTEN UND ENERGIEVERBRAUCH
- 4 ROLLOUT-STRATEGIEN
- 5 MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR
- 6 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK
- 7 ANHANG

ÜBERTRAGUNGSTECHNOLOGIE	LONG TERM EVOLUTION (LTE)
Kategorie	Leitungsungebundene Übertragungstechnologie
Datenübertragungsrate	300 Mbit/s
Bidirektionalität	Ja
Echtzeitfähigkeit	Ja
Vorteile	Großflächige Verfügbarkeit von Datenübertragungsraten bis 50 Mbit/s (außerhalb von Gebäuden)
Nachteile	Hohe Datenübertragungsraten nur in städtischen Gebieten möglich
ÜBERTRAGUNGSTECHNOLOGIE	SCHMALBAND-POWERLINE (NB-PLC)
Kategorie	Leitungsgebundene Übertragungstechnologie
Datenübertragungsrate	Maximal 3 Mbit/s
Bidirektionalität	Ja
Echtzeitfähigkeit	Aufgrund hoher Latenzzeiten nicht sichergestellt
Vorteile	Hohe Verfügbarkeit, geringer Verdrahtungsaufwand
Nachteile	Shared Medium Charakter, hohe Störanfälligkeit aufgrund elektromagnetischer Interferenzen

- 1 DIGITALISIERUNG IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
- 2 RECHTLICHE UND REGULATORISCHE GRUNDLAGEN
- **3 TECHNISCHE GRUNDLAGEN**
 - 3.1 KOMPONENTEN, ROLLEN UND KOMMUNIKATION
 - **3.2 STEUERBOX IM FELDVERSUCH**
 - 3.3 SICHERHEITASPEKTE UND DATENSCHUTZ
 - 3.4 ENERGIEVERBRAUCH DER SMART-METER-INFRASTRUKTUR
 - 3.5 FAZIT ZU TECHNISCHEN GRUNDLAGEN, SICHERHEITASPEKTEN UND ENERGIEVERBRAUCH
 - 4 ROLLOUT-STRATEGIEN
 - 5 MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR
 - 6 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK
 - 7 ANHANG

In Tabelle 3-4 ist eine qualitative Gegenüberstellung der vorgestellten Übertragungstechnologien dargestellt. Die Kategorie „Verfügbarkeit“ beschreibt dabei die regionale und nicht die zeitliche bzw. technische Verfügbarkeit. Eine pauschale Aussage über die geeignetste Variante ist dabei nicht möglich. Vielmehr sind die lokalen Gegebenheiten zu beachten und ggf. eine Kombination aus leitungsgebundener und -ungebundener IKT zu wählen.

TABELLE 3-4 — QUALITATIVE GEGENÜBERSTELLUNG VON AUSGEWÄHLTEN IKT-VARIANTEN NACH [27] UND [6]

	BB-PLC	NB-PLC	GLASFASERKABEL	LTE
Verfügbarkeit	 sehr gut	 schlecht	 schlecht	 gut
Bidirektionalität	 erfüllt	 erfüllt	 erfüllt	 erfüllt
Datenübertragungsrate	 gering	 sehr gering	 sehr hoch	 hoch
Echtzeitfähigkeit	 erfüllt	 nicht erfüllt	 erfüllt	 erfüllt
Investitionsbedarf Infrastruktur	 mittel	 mittel	 hoch	 gering

- 1 DIGITALISIERUNG IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
- 2 RECHTLICHE UND REGULATORISCHE GRUNDLAGEN
- **3 TECHNISCHE GRUNDLAGEN**
 - 3.1 KOMPONENTEN, ROLLEN UND KOMMUNIKATION
 - 3.2 STEUERBOX IM FELDVERSUCH
 - **3.3 SICHERHEITSASPEKTE UND DATENSCHUTZ**
 - 3.4 ENERGIEVERBRAUCH DER SMART-METER-INFRASTRUKTUR
 - 3.5 FAZIT ZU TECHNISCHEM GRUNDLAGEN, SICHERHEITSASPEKTEN UND ENERGIEVERBRAUCH
- 4 ROLLOUT-STRATEGIEN
- 5 MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR
- 6 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK
- 7 ANHANG

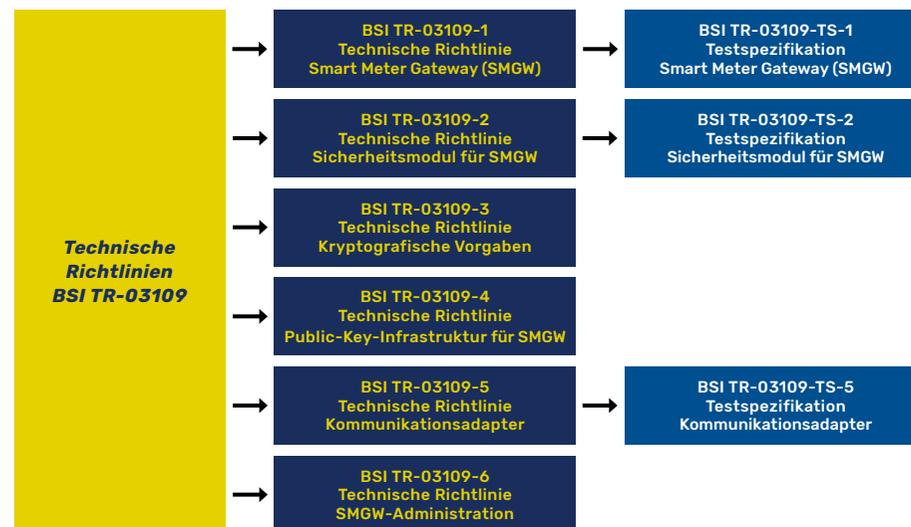
3.3 SICHERHEITSASPEKTE UND DATENSCHUTZ

Das nachfolgende Kapitel greift das Thema IT-Sicherheit der digitalen Infrastruktur kurz auf und beantwortet relevante Fragen. Diese umfassen die Zugriffsrechte auf Daten, die verwendeten Sicherheitsstandards zur Verschlüsselung sowie die Art der gesammelten Daten.

Bei der Smart-Meter-Infrastruktur wird grundsätzlich auf etablierte Sicherheitsmechanismen zurückgegriffen, wie diese u. a. im Bankwesen, Militär oder von Geheimdiensten genutzt werden. In einem langwierigen Prozess wurden durch das BSI technische Richtlinien erarbeitet, welche die Sicherheitsanforderungen an die Komponenten und Akteure genauestens spezifizieren.

Die TR-03109 beschäftigt sich spezifisch mit den Anforderungen an die SMGWs, wie in Abbildung 3-6 dargestellt.

ABBILDUNG 3-6 — TECHNISCHE RICHTLINIEN FÜR SMGW MACH [30]



IT-SICHERHEIT

Zur Absicherung und Verschlüsselung der Daten im SMGW wurden durch das BSI nach eigenen Angaben die „besten heute bekannten Algorithmen“ verwendet und auch die zukünftige Entwicklung der Rechenleistung berücksichtigt. Aufgrund der schweren Vorhersagbarkeit kryptografischer Entwicklungen weist die Behörde jedoch darauf hin, dass die technische Richtlinie nur bis Ende 2024 gilt [32]. Beispiel: Für die in der asymmetrischen Verschlüsselung benötigten (privaten) Schlüssel mit 256 Bit Länge existieren 2^{256} oder $1,16 \cdot 10^{77}$ verschiedene Kombinationsmöglichkeiten. Die Wahrscheinlichkeit, zufällig den richtigen Schlüssel zu erraten, um unerlaubt an die ausgetauschten Informationen zu gelangen, ist demnach damit vergleichbar, im uns bekannten Universum ein spezielles (einzigartiges) Atom zu finden. Selbst ein Supercomputer würde für eine einzige Information Millionen von Jahren benötigen, diese zu entschlüsseln. Andere Schwachstellen im System (Implementierungsfehler oder der Faktor Mensch) sind daher ein viel einfacheres Ziel, die neue Infrastruktur zu kompromittieren.

- 1 DIGITALISIERUNG
IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
- 2 RECHTLICHE UND
REGULATORISCHE
GRUNDLAGEN
- **3 TECHNISCHE GRUNDLAGEN**
- 3.1 KOMPONENTEN, ROLLEN
UND KOMMUNIKATION
- 3.2 STEUERBOX IM FELDVERSUCH
- **3.3 SICHERHEITSASPEKTE UND
DATENSCHUTZ**
- 3.4 ENERGIEVERBRAUCH DER SMART-
METER-INFRASTRUKTUR
- 3.5 FAZIT ZU TECHNISCHEM GRUND-
LAGEN, SICHERHEITSASPEKTEN
UND ENERGIEVERBRAUCH
- 4 ROLLOUT-STRATEGIEN
- 5 MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN
INFRASTRUKTUR
- 6 ZUSAMMENFASSUNG
UND AUSBLICK
- 7 ANHANG

Nachfolgend werden die wichtigen Themen rund um die Sicherheit der digitalen Infrastruktur beantwortet.

Sicherheitsmechanismen bei der Kommunikation über das WAN

Die Stärken des Systems liegen vor allem in der Nutzung digitaler Zertifikate. Diese ermöglichen eine eindeutige Identifizierung von allen am System beteiligten Akteuren. Für ein digitales Zertifikat ist eine sog. Public-Key-Infrastruktur (PKI) notwendig. Das heißt, es muss nutzerseitig ein privater Schlüssel (Private Key) sicher und für Externe unzugänglich abgespeichert werden, aus welchem ein Public Key mittels kryptografischer Verfahren (vgl. Elliptic Curve Cryptography) berechnet wird. Diese Verfahren sind Einwegfunktionen, sodass aus einem öffentlichen Schlüssel der private Schlüssel nicht zurückgerechnet werden kann. Dieses Schlüsselpaar ist Teil von digitalen Zertifikaten, die nur an berechnete Teilnehmer vergeben werden. Diese Zertifikate werden mit einer staatlichen Wurzel (Root) versehen und von geprüften und überwachten privaten untergeordneten Zertifizierungsstellen (Subordinate Certificate „Sub-CA“) an Marktteilnehmer vergeben. Lediglich Besitzer solcher Zertifikate sind technisch in der Lage, die Daten aus SMGWs auszulesen, wenn sie zudem über die benötigten Freigaben verfügen. Die Schlüssel des SMGW sind in einem gesicherten Hardware-Modul (Hardware Security Module „HSM“) gespeichert, auf das nicht von außen zugegriffen werden kann. Damit sind diese für Unbefugte nicht zugänglich. **[31]**

Digitale Signaturen und eine sichere Speicherung der privaten Schlüssel verhindern, dass sich Unbefugte Zugang zu Daten verschaffen oder Schaltbefehle übertragen können. Die eingesetzten modernen Sicherheitsprotokolle zur Verschlüsselung der übertragenen Daten stellen zudem sicher, dass niemand diese mitlesen kann.

Das vom BSI gewählte Modell schreibt zudem vor, dass sich jeder Marktteilnehmer für die Teilnahme und jeden Abruf von Daten mittels digitalen Zertifikats authentifizieren muss. „Die Kommunikation erfolgt dabei stets über einen



BEKANNTE CYBER-ANGRIFFE AUF KRITISCHE INFRASTRUKTUR

International ist das Energiesystem regelmäßig das Ziel von Cyber-Angriffen. Die nachfolgenden Beispiele wurden international bekannt:

- **Ukraine 2015:** *Unbekannte Hackergruppe greift in die Netzleittechnik eines Netzbetreibers ein und koppelt mehrere Umspannstationen aus. Der Zugang erfolgte durch Phishing-Mails und manipulierte Dokumente. Schaden: dreistündiger Stromausfall und beschädigte/zerstörte Netzbetriebsmittel.*
- **Niederlande 2012:** *Ein 17-jähriger Hacker erlangt Zugriff auf Hunderte Server eines Telekommunikationsunternehmens, welche u. a. für Smart-Meter-Dienste eingesetzt wurden. Schaden: Veröffentlichung sensibler Informationen, Image des Unternehmens und Strafzahlungen in Höhe von 364.000 Euro.*
- **Iran 2010:** *Die iranische Urananreicherungsanlage in Natanz wird durch den Computerwurm Stuxnet infiziert und erlangt Zugriff auf das SCADA-System des Herstellers sowie auf die Steuerung von Frequenzumrichtern. Schaden: Zerstörung von Zentrifugen und Schäden in der Anlage werfen das iranische Atomprogramm stark zurück.*

Die Beispiele zeigen, dass es wichtig ist, IT-Systeme bestmöglich zu schützen, um Angriffe zu verhindern bzw. den Schaden so gering wie möglich zu halten [36], [37].

- 1 DIGITALISIERUNG IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
- 2 RECHTLICHE UND REGULATORISCHE GRUNDLAGEN
- **3 TECHNISCHE GRUNDLAGEN**
 - 3.1 KOMPONENTEN, ROLLEN UND KOMMUNIKATION
 - 3.2 STEUERBOX IM FELDVERSUCH
 - **3.3 SICHERHEITSASPEKTE UND DATENSCHUTZ**
 - 3.4 ENERGIEVERBRAUCH DER SMART-METER-INFRASTRUKTUR
 - 3.5 FAZIT ZU TECHNISCHEM GRUNDLAGEN, SICHERHEITSASPEKTEN UND ENERGIEVERBRAUCH
- 4 ROLLOUT-STRATEGIEN
- 5 MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR
- 6 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK
- 7 ANHANG

verschlüsselten, integritätsgesicherten Kanal.“ Die Schnittstellen (WAN, LMN, HAN) sind physikalisch und logisch voneinander getrennt. Zudem wird sichergestellt, dass die Kommunikation immer nur von innen nach außen aufgebaut wird. [33]

In IT-Branchenkreisen werden die Anforderungen an die IT-Sicherheit im Bereich der Smart-Meter-Infrastruktur häufig als „sehr hoch“ [34] und die Standards als die „striktesten der Welt“ bezeichnet [35]. Nach Angaben von Herstellern sind die Sicherheitsstandards „nur eine Stufe unter der höchsten, der militärischen, Sicherheitsstufe“. Dies schließt jedoch grundsätzlich nicht aus, dass trotz extrem strenger Vorgaben eine Kompromittierung möglich ist. Die Hürde für ein solches Unterfangen ist durch die strikten Vorgaben des BSI jedoch als sehr hoch anzusehen.

Sicherheitsmechanismen bei der Kommunikation über das HAN

SMGWs sind verplombt und werden bei Öffnungsversuchen unbrauchbar. Hardwareseitiger Missbrauch ist somit ausgeschlossen. [38]

Der Nutzer ist überdies mit Benutzernamen und Passwörtern (bzw. zertifikatsbasiert) in der Lage, eine lokale Verbindung mit der HAN-Schnittstelle des SMGWs aufzubauen. Aufgrund der Trennung der Schnittstellen ist es nicht möglich, sich mit diesen Zugangsdaten über das WAN anzumelden. Der Nutzer ist nur in der Lage, die individuell relevanten Daten auszulesen.

Letztverbraucher können steuerbare Geräte (vgl. intelligente Hausgeräte oder Wechselrichter von PV-Anlagen) mit der Schnittstelle verbinden. Des Weiteren können Displays, PC, Tablets oder Smartphones über die Schnittstelle mit dem SMGW verbunden werden. Dabei ist eine Registrierung mittels Nutzernamen/Passwort oder digitaler Signatur möglich. Über die HAN-Schnittstelle ist lediglich die Auslesung von Verbrauchsdaten ausführbar. Servicetechnikern ist es zudem möglich, im Fehlerfall wichtige Informationen über den Systemzustand des SMGWs über die HAN-Schnittstelle in Erfahrung zu bringen. [33]

- 1 DIGITALISIERUNG
IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
- 2 RECHTLICHE UND
REGULATORISCHE
GRUNDLAGEN
- **3 TECHNISCHE GRUNDLAGEN**
- 3.1 KOMPONENTEN, ROLLEN
UND KOMMUNIKATION
- 3.2 STEUERBOX IM FELDVERSUCH
- **3.3 SICHERHEITSASPEKTE UND
DATENSCHUTZ**
- 3.4 ENERGIEVERBRAUCH DER SMART-
METER-INFRASTRUKTUR
- 3.5 FAZIT ZU TECHNISCHEM GRUND-
LAGEN, SICHERHEITSASPEKTEN
UND ENERGIEVERBRAUCH
- 4 ROLLOUT-STRATEGIEN
- 5 MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN
INFRASTRUKTUR
- 6 ZUSAMMENFASSUNG
UND AUSBLICK
- 7 ANHANG

Grundsätzlich besteht für Geräte von Endnutzern, welche die Daten auf ungesicherte Endgeräte übertragen, ein Risiko für Angriffe. Dies liegt daran, dass jedes Gerät des jeweiligen Nutzers mit den notwendigen (individuellen) Zugangsdaten angeschlossen werden kann, jedoch damit die Sicherungsvorrichtungen der WAN-Schnittstelle umgangen werden. Dieses Risiko obliegt wiederum der freien Entscheidung der Kunden.

Datenzugriff

Grundsätzlich dürfen die Zugriffe auf die Daten über das WAN aus den SMGWs nicht durch beliebige Unternehmen erfolgen. Es kann dabei in aktive und passive externe Marktteilnehmer (EMT) unterschieden werden. Nur nach ISO 27001 (International Organization for Standardization) zertifizierte Unternehmen (= aktive EMT) mit angemessenen Sicherheitsstandards und geschultem Personal kommen dafür infrage, auf die Daten direkt zuzugreifen und Schalthandlungen durchzuführen [39]. Passive EMT dürfen hingegen nur Daten empfangen, wenn sie ein Sicherheitskonzept vorweisen können. Datenabfrage bzw. Steuerungshandlungen sind nur möglich, wenn der Anschlussnutzer bzw. der Anschlussnehmer den Zugriff zuvor autorisiert und der Gateway-Administrator diesen berechtigt hat. Die Verschlüsselung nach höchsten Standards verhindert zudem die Entschlüsselung der Kryptografie durch Unbefugte.

Die Daten aus dem HAN können auch mittels privater Endgeräte des Kunden, welche durch dessen Zugangsdaten lokal Zugang erhalten, ausgelesen werden. Dies ist jedoch eine potenzielle Schwachstelle, da die Daten auf den privaten Endgeräten nicht mehr Teil der kritischen Infrastruktur sind. [41]

Persönliche Verbrauchswerte können an modernen Messeinrichtungen nur abgelesen werden, wenn die jeweilige PIN bekannt ist. Das Display am Zähler zeigt nicht durchgehend alle Daten an, sodass vor allem in Mehrfamilienhäusern nur die Zugangsberechtigten mit der jeweiligen PIN die persönlichen Verbrauchswerte einzelner Wohnungen ablesen können [42]. Die PIN muss an der optischen Schnittstelle mittels Taschenlampe eingegeben werden und wird dem Nutzer aus Datenschutzgründen postalisch zugesendet.



ISO 27001

Der ISO 27001-Zertifizierungsprozess verläuft auf Basis der IT-Grundschutz-Vorgehensweise durch das BSI. Voraussetzung für die Vergabe ist eine Überprüfung durch einen vom BSI zertifizierten ISO 27001-Grundschutz-Auditor. Dieser überprüft Referenzdokumente der ansuchenden Institution, führt eine Vor-Ort-Prüfung durch und erstellt im Anschluss den Audit-Report. Das BSI überprüft diesen Report als letzte Voraussetzung für die Zertifikatsvergabe. Der gesamte Prozess ist mit einzuhaltenen Fristen für den Antragssteller sowie dem Auditor verbunden und beansprucht insgesamt ca. sieben Monate. [40]

1	DIGITALISIERUNG IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
2	RECHTLICHE UND REGULATORISCHE GRUNDLAGEN
● 3	TECHNISCHE GRUNDLAGEN
3.1	KOMPONENTEN, ROLLEN UND KOMMUNIKATION
3.2	STEUERBOX IM FELDVERSUCH
● 3.3	SICHERHEITSASPEKTE UND DATENSCHUTZ
3.4	ENERGIEVERBRAUCH DER SMART- METER-INFRASTRUKTUR
3.5	FAZIT ZU TECHNISCHEM GRUND- LAGEN, SICHERHEITSASPEKTEN UND ENERGIEVERBRAUCH
4	ROLLOUT-STRATEGIEN
5	MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR
6	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK
7	ANHANG

Umfang der Erhebung sensibler Daten

Grundsätzlich erhalten nur diejenigen Akteure die Daten aus iMSys, welche diese zur Wahrnehmung ihrer Aufgaben benötigen (vgl. §60 MsbG). Dem Anschlussnutzer bleibt es jedoch über diese Regelung hinaus freigestellt, die Daten auch an andere Parteien weiterzugeben.

Nach **[42]** müssen alle Messwerke grundsätzlich in der Lage sein, Wirkarbeit, Wirkleistung und Leiterspannung zu ermitteln.

Dabei ist jedoch zu beachten, dass nicht alle dieser Daten beliebig abgerufen werden dürfen. Nach §56 MsbG dürfen z. B. Netzzustandsdaten lediglich im Auftrag des Netzbetreibers und nur in begründeten Fällen erhoben werden.

Diese begrenzen sich auf:

- Anlagen nach EEG und KWKG,
- nach § 14a EnWG unterbrechbare Verbrauchseinrichtungen in der Niederspannung,
- Zählpunkte mit einem Jahresstromverbrauch über 20.000 kWh. **[18]**

Nach **[42]** dürfen an anderen Stellen nur dann Netzzustandsdaten erhoben werden, wenn diese im Sinne von §3 Abs.1 Bundesdatenschutzgesetz keine personenbezogenen Daten darstellen. **[43]**

Nach **[44]** lassen sich die Messwerke von Zählern in drei Kategorien unterteilen. Während in der einfachsten Ausführung für private Letztverbraucher im SLP-Kundensegment

- Wirkarbeit,
 - Wirkleistung und
 - Leiterspannung
- gemessen werden, kann im Falle des optionalen „RLM-Messwerks“ zusätzlich die
- Leiterspannung (L1, L2, L3),
 - Blindarbeit und
 - Blindleistung (4 Quadranten)

gemessen werden.



DATENERHEBUNG VON ANDROID, GOOGLE UND FACEBOOK

Android und Google:

Mit einem Marktanteil von über 80 % in Deutschland gilt Android als führendes Betriebssystem der Smartphone-Nutzer in Deutschland [45]. Daten der Nutzer werden dabei von Google, dem Entwickler und Lizenzträger, gesammelt. Diese Daten ermöglichen es, Nutzern einerseits individuelle Dienste (z. B. Verkehrsprognosen), andererseits auch maßgeschneiderte Werbung zukommen zu lassen. Je nach Datenschutzeinstellung oder installierten Apps können so unter anderem die nachfolgenden Daten ausgelesen werden:

- Standortverlauf
- Kontaktdaten aus Adressbuch
- Sprach- und Textnachrichtenvverläufe
- Zugriff auf Kamera und Mikrofon
- Suchanfragenverläufe (beispielsweise Google Suchmaschine und Google-Maps)
- Kalender und Termine

Besonders die Tracking-Funktion der Nutzer über Location Services führten im Jahre 2016 zu Aufregung. Demnach wurden Ortsdaten aller Android-Nutzer an Google übertragen – auch bei Deaktivierung der Location Service. Neben Google kam es auch bei Apple im Jahre 2011 zu einer Datenerhebung ohne Zustimmung der Nutzer. [46]

1	DIGITALISIERUNG IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
2	RECHTLICHE UND REGULATORISCHE GRUNDLAGEN
● 3	TECHNISCHE GRUNDLAGEN
3.1	KOMPONENTEN, ROLLEN UND KOMMUNIKATION
3.2	STEUERBOX IM FELDVERSUCH
● 3.3	SICHERHEITSASPEKTE UND DATENSCHUTZ
3.4	ENERGIEVERBRAUCH DER SMART- METER-INFRASTRUKTUR
3.5	FAZIT ZU TECHNISCHEM GRUND- LAGEN, SICHERHEITSASPEKTEN UND ENERGIEVERBRAUCH
4	ROLLOUT-STRATEGIEN
5	MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR
6	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK
7	ANHANG

Das optionale Messwerk „Grid“ ist zusätzlich in der Lage,

- Leiterstrom (L1, L2, L3),
- Wirkleistung je Leiter,
- Netzfrequenz und
- Phasenwinkel

zu messen. [42]

Alles in allem lässt sich konstatieren, dass nur in sehr geringem Umfang personenbezogene Daten erhoben werden. Dies beinhaltet lediglich Wirkarbeit und Wirkleistung sowie Blindarbeit und Blindleistung, deren kryptografischer Schutz durch die Spezifikationen des BSI gewährleistet sind. Im Vergleich zu den Daten, die täglich über Betriebssysteme und Applikationen auf Smartphones, Tablets oder Computern bzw. über Social Media und andere Plattformen gesammelt werden, ist eine sichere Kommunikation und Speicherung der Daten aus SMGWs gewährleistet.

Unterschiedliche Studien zeigen jedoch auch, dass durch die Disaggregation (je nach zeitlicher Auflösung der Verbrauchsdaten) unter anderem auf einzelne Geräte, Verbrauchsverhalten oder Lebensgewohnheiten von Anschlussnutzern zurück geschlossen werden kann. Dies impliziert die Sensibilität der Daten und rechtfertigt den hohen Aufwand für Verschlüsselung und Datenschutz.

Datenverfügbarkeit

SMGWs übermitteln Messwerte über gängige Übertragungskanäle. Diese beinhalten Mobilfunknetze (vgl. LTE, GPRS), Breitband, Powerline oder Ethernet. Dabei sind die übertragenen Inhalte verschlüsselt, sodass Unbefugte keinen Zugriff auf diese haben. Die Übertragungswege selbst können hingegen angegriffen werden. Dies hat einen Effekt auf die Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit der Systeme, jedoch nicht auf den Datenschutz. Gelingt es Angreifern allerdings, die Kommunikationswege länger zu unterbrechen, kann eine Synchronisation der Systemzeit nicht mehr gewährleistet werden und die Messdaten werden als unbrauchbar markiert.



DATENERHEBUNG VON FACEBOOK

Auch beim Social-Media-Konzern Facebook kam es bereits zu Skandalen bezüglich der Datenerhebung und -nutzung. So wurden zwischen 2007 und 2014 ohne Einverständniserklärung der User persönliche Informationen an Softwareentwickler weitergegeben. Für Aufregung sorgte die unrechtmäßige Datenerhebung des Analyseunternehmens Cambridge Analytica, welches durch Facebook-Apps Millionen Daten durch eine Umfrage sammelte. In Großbritannien wurde Facebook zur Geldhöchststrafe von einer halben Million Pfund verurteilt. [47]

CYBER-SICHERHEIT

Um vor Cyber-Angriffen zu schützen, wurde von der Bundesregierung das Nationale Cyber-Abwehrzentrum, kurz Cyber-AZ, bereits 2011 eingeführt. Zudem wurden vom Bundesministerium des Inneren im Jahr 2015 gewisse Mindestanforderungen für kritische Infrastrukturen (KRITIS), wie beispielsweise Energieversorgung, unter dem „IT-Sicherheitsgesetz“ eingeführt. Der erste Teil der KRITIS-Verordnung ist seit Mai 2016 in Kraft. [48]

- 1 DIGITALISIERUNG
IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
- 2 RECHTLICHE UND
REGULATORISCHE
GRUNDLAGEN
- **3 TECHNISCHE GRUNDLAGEN**
- 3.1 KOMPONENTEN, ROLLEN
UND KOMMUNIKATION
- 3.2 STEUERBOX IM FELDVERSUCH
- **3.3 SICHERHEITSASPEKTE UND
DATENSCHUTZ**
- 3.4 ENERGIEVERBRAUCH DER SMART-
METER-INFRASTRUKTUR
- 3.5 FAZIT ZU TECHNISCHEM GRUND-
LAGEN, SICHERHEITSASPEKTEN
UND ENERGIEVERBRAUCH
- 4 ROLLOUT-STRATEGIEN
- 5 MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN
INFRASTRUKTUR
- 6 ZUSAMMENFASSUNG
UND AUSBLICK
- 7 ANHANG

Sicherheit

Neben Datenschutz wird in den Medien zudem das Thema Sicherheit in Zusammenhang mit Hackerangriffen diskutiert. Dem Risiko vor Stromausfällen durch Missbrauch von iMSys wird durch Sicherheitsmaßnahmen des BSI vorgebeugt. Eine Schlüsselrolle spielt dabei der SMGW-Administrator. Als Teil seiner Aufgabe, für den sicheren Betrieb von SMGWs zu sorgen, führt dieser die Kontrolle sog. unterbrechbarer Verbrauchseinrichtungen durch, welche im Falle von Engpässen vom Netz genommen werden dürfen.

Bezüglich der Bedrohung vor Fernabschaltungen besteht in Deutschland keine Gefahr, da zur Trennung vom Netz nicht nur eine durch ein SMGW bereitgestellte Schnittstelle, sondern auch ein sog. „Breaker“ (Unterbrecher) notwendig ist. Dieser wird in Deutschland nicht standardmäßig verbaut. Fernabschaltungen sind somit nicht möglich.



KOSTEN DURCH STAND-BY-GERÄTE IM HAUSHALT

Auch bei Haushaltsgeräten im Stand-by-Modus spielt die Effizienz eine große Rolle. Ein Beispiel sind Netzteile, wie etwa Ladegeräte für Smartphones, andere Kommunikationsgeräte oder auch dimmbare Lampen. Das Umweltbundesamt berechnet bei vier solcher Netzteile einen Stand-by-Verbrauch von 175 kWh im Jahr. Demnach weist bereits ein Netzteil in etwa denselben Energieverbrauch wie der Einsatz eines iMSys auf. Weitere Informationen zum Thema Energieverbrauch im Haushalt sind der Studie des Umweltbundesamtes zu entnehmen. [52]

- 1 DIGITALISIERUNG
IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
- 2 RECHTLICHE UND
REGULATORISCHE
GRUNDLAGEN
- **3 TECHNISCHE GRUNDLAGEN**
- 3.1 KOMPONENTEN, ROLLEN
UND KOMMUNIKATION
- 3.2 STEUERBOX IM FELDVERSUCH
- 3.3 SICHERHEITSASPEKTE UND
DATENSCHUTZ
- **3.4 ENERGIEVERBRAUCH DER SMART-
METER-INFRASTRUKTUR**
- 3.5 FAZIT ZU TECHNISCHEM GRUND-
LAGEN, SICHERHEITSASPEKTEN
UND ENERGIEVERBRAUCH
- 4 ROLLOUT-STRATEGIEN
- 5 MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN
INFRASTRUKTUR
- 6 ZUSAMMENFASSUNG
UND AUSBLICK
- 7 ANHANG

3.4 ENERGIEVERBRAUCH DER SMART-METER-INFRASTRUKTUR

Im EU-Binnenmarktpaket Energie 2009/72/EG wird die Einführung von iMSys mit einer möglichen Energieeinsparung der beteiligten Endverbraucher motiviert. Um die Funktionsweise der Effizienzmaßnahme des Smart Meter Rollouts zu überprüfen, muss daher auch der Energieverbrauch bilanziert werden. Der Energieverbrauch von iMSys inkl. der zugehörigen Kommunikation liegt nach **[49]** in Abhängigkeit von der Effizienz der verbauten Komponenten zwischen 13 und 46 kWh pro Jahr. Die Kommunikation ist dabei einer der energieintensivsten Prozesse: Nach einer Studie in den Niederlanden verdoppelt sich der Eigenstromverbrauch bei Kommunikationsvorgängen im Vergleich zum Stand-by **[50]**. Eine Recherche bei deutschen Herstellern von SMGWs hat ergeben, dass hier je nach Kommunikationsanbindung mit einer Steigerung der Leistungsaufnahme zwischen 37 und 88 % gerechnet wird. **[51]**

Damit liegt der Eigenstromverbrauch der Messsysteme in einer ähnlichen Größenordnung wie die bestehende Infrastruktur mit den verbauten Ferrariszählern, bei der ca. 30 kWh pro Jahr angenommen werden können **[53]**. Darüber hinaus muss beachtet werden, dass iMSys in sehr großer Stückzahl eingesetzt werden, wodurch sich geringe Energieverbräuche eines einzigen Messsystems zu einem sehr großen Gesamtenergieverbrauch des digitalisierten Messwesens summieren. Hierzu werden in der Literatur für Deutschland Werte zwischen 166 und 600 GWh pro Jahr angegeben **[49]**. Es muss jedoch beachtet werden, dass zum Stromverbrauch von iMSys in der Literatur teilweise widersprüchliche Angaben gemacht werden und daher weitere Untersuchungen zum Energieverbrauch der Smart-Meter-Infrastruktur empfohlen werden.

1 DIGITALISIERUNG
IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT

2 RECHTLICHE UND
REGULATORISCHE
GRUNDLAGEN

● **3 TECHNISCHE GRUNDLAGEN**

3.1 KOMPONENTEN, ROLLEN
UND KOMMUNIKATION

3.2 STEUERBOX IM FELDVERSUCH

3.3 SICHERHEITSAKTEPEKTEN UND
DATENSCHUTZ

**3.4 ENERGIEVERBRAUCH DER SMART-
METER-INFRASTRUKTUR**

● 3.5 FAZIT ZU TECHNISCHEM GRUND-
LAGEN, SICHERHEITSAKTEPEKTEN
UND ENERGIEVERBRAUCH

4 ROLLOUT-STRATEGIEN

5 MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN
INFRASTRUKTUR

6 ZUSAMMENFASSUNG
UND AUSBLICK

7 ANHANG

Diese Werte entsprechen jedoch nur dem direkten Energieverbrauch – die Digitalisierung des Messwesens weist eine Vielzahl direkter und indirekter Wirkzusammenhänge und auch Reboundeffekte auf (vgl. [54]). Diese Effekte wurden in [55] systematisch klassifiziert. Diese Taxonomie wurde in Tabelle 3-5 auf den Smart Meter Rollout angewandt. [51]

TABELLE 3-5 – ÜBERSICHT ÜBER DIE ENERGETISCHEN EFFEKTE DER INSTALLATION VON iMSys NACH [51] UND [55]

ALLGEMEINER ENERGETISCHER EFFEKT	ANWENDUNG IM KONTEXT DES SMART METER ROLLOUTS
Energieaufwand für Produktion	Energieaufwand für Produktion der Komponenten der Smart-Meter-Infrastruktur
Energieverbrauch im Betrieb	Eigenstromverbrauch der Komponenten der Smart-Meter-Infrastruktur
Energieaufwand für Entsorgung	Energieaufwand für Entsorgung und Recycling der Komponenten der Smart-Meter-Infrastruktur
Gestiegene Effizienz	Durch die Visualisierung des Stromverbrauchs über das iMSys wird eine Reduktion des Haushaltsstromverbrauchs angeregt.
Substitutionseffekte	Intelligente Zähler ersetzen bestehende Ferrariszähler, das SMGW stellt ein zusätzliches Bauteil dar.
Direkter Reboundeffekt	iMSys ermöglichen neue, innovative Dienstleistungen (siehe Kapitel 5), was zu einem insgesamt erhöhten Stromverbrauch des Haushalts führen kann.
Indirekter Reboundeffekt, insb. in der Peripherie	Durch iMSys können Messdaten häufiger an den MSB übertragen werden, was grundsätzlich einen höheren Energieverbrauch als eine jährliche Ablesung verursacht.
Strukturelle Veränderung	Die Smart-Meter-Infrastruktur ist ein wichtiger Bestandteil einer intelligenten Energieversorgung und kann damit Smart Grids bzw. Smart Markets ermöglichen.
Systemische Transformation	Die Erfassung von Messdaten auf Livedaten und die Vernetzung der Letztverbraucher können die Transformation zu einem dezentralen Energiesystem begünstigen.



WEITERFÜHRENDE LITERATUR

Konrad, Wilfried et al.:

Das Smart Grid im Privathaushalt. Zur Digitalisierung des Energiesystems aus Verbrauchersicht – InnoSmart-Arbeitsbericht 06.
Berlin: Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW), 2017

Horner, Nathaniel C. et al.:

Known unknowns: indirect energy effects of information and communication technology.
Philadelphia: IOP Publishing Ltd, 2016

Klipper Sebastian:

Cyber Security – Ein Einblick für Wirtschaftswissenschaftler.
Wiesbaden: Springer Vieweg, 2015

Hilty, Lorenz M. et al.:

ICT Innovations for Sustainability. In: Advances in Intelligent Systems and Computing vol. 310.
Zürich: Lorenz M. Hilty, Bernard Aebischer, 2015.

Kersten, Heinrich et al.:

Der IT Security Manager – Aktuelles Praxiswissen für IT Security Manager und IT-Sicherheitsbeauftragte in Unternehmen und Behörden.
Wiesbaden: Springer Vieweg, 2015



- 1 DIGITALISIERUNG IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
- 2 RECHTLICHE UND REGULATORISCHE GRUNDLAGEN
- **3 TECHNISCHE GRUNDLAGEN**
- 3.1 KOMPONENTEN, ROLLEN UND KOMMUNIKATION
- 3.2 STEUERBOX IM FELDVERSUCH
- 3.3 SICHERHEITSAASPEKTE UND DATENSCHUTZ
- 3.4 ENERGIEVERBRAUCH DER SMART-METER-INFRASTRUKTUR
- **3.5 FAZIT ZU TECHNISCHEM GRUNDLAGEN, SICHERHEITSAASPEKTE UND ENERGIEVERBRAUCH**
- 4 ROLLOUT-STRATEGIEN
- 5 MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR
- 6 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK
- 7 ANHANG

3.5 FAZIT ZU TECHNISCHEM GRUNDLAGEN, SICHERHEITSAASPEKTE UND ENERGIEVERBRAUCH

Die nachfolgenden Unterkapitel fassen die wichtigsten Erkenntnisse aus den Bereichen Technik, Sicherheit und Energieverbrauch in Bezug zu iMSys zusammen. Daraus abgeleitet werden zudem Handlungsempfehlungen angeführt.

Fazit zu technischen Grundlagen

Die Infrastruktur besteht aus zwei Kernkomponenten. Der analoge Ferrariszähler wird durch eine mME ersetzt. Dieser Zähler kann um die Komponenten ergänzt werden, Daten an berechnigte Marktteilnehmer zu senden oder Steuerbefehle weiterzuleiten. Dafür ist ein SMGW erforderlich. Dieses kann wiederum über drei Schnittstellen kommunizieren. Eine Bündelung von verschiedenen modernen Messeinrichtungen (Mehrspartenzähler möglich) erfolgt über das Local Meteorological Network (LMN). Nutzer können über das Home Area Network (HAN) lokal auf die jeweiligen Daten zugreifen. Eine Kommunikation über vorhandene Wege (vgl. Ethernet, Mobilfunk) ist mittels des Wide Area Network (WAN) möglich. In Kombination mit CLS-fähigen Geräten bzw. einer Steuerbox können zudem Schaltbefehle umgesetzt werden.

Mittels der neuen, digitalen Infrastruktur ist es einerseits möglich, Verbrauchs- und Netzdaten auszulesen, andererseits Schaltbefehle an Geräte/Anlagen mit den notwendigen Schnittstellen (vgl. Steuerbox, CLS) zu senden.

Aufgrund der weiterhin fehlenden Zertifizierung von drei Unternehmen zögert sich der Smart Meter Rollout weiter hinaus. Dies ist eine Herausforderung für die Planung und Strategie von Unternehmen, da ein Startzeitpunkt weiterhin nicht klar zu erkennen ist. Zur Minimierung des unternehmerischen Risikos empfiehlt sich daher, die Entwicklungen rund um den Rollout im Blick zu behalten und im Falle des absehbaren Starts eine passende Rolloutstrategie zu wählen. Zudem sollten bereits jetzt die notwendigen Vorkehrungen getroffen respektive die für eine Umsetzung notwendigen Stellen besetzt werden. Dies



BSI-Standard 100-1 – Managementsysteme für Informationssicherheit (ISMS).

Bonn: Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI), 2008

Die Lage der IT-Sicherheit in Deutschland 2017.

Bonn: Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI), 2017

Lange, Steffen et al.:

Smarte grüne Welt? Digitalisierung zwischen Überwachung, Konsum und Nachhaltigkeit.

München: Oekom Verlag 2018

- 1 DIGITALISIERUNG IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
- 2 RECHTLICHE UND REGULATORISCHE GRUNDLAGEN
- **3 TECHNISCHE GRUNDLAGEN**
 - 3.1 KOMPONENTEN, ROLLEN UND KOMMUNIKATION
 - 3.2 STEUERBOX IM FELDVERSUCH
 - 3.3 SICHERHEITSAASPEKTE UND DATENSCHUTZ
 - 3.4 ENERGIEVERBRAUCH DER SMART-METER-INFRASTRUKTUR
- **3.5 FAZIT ZU TECHNISCHEM GRUNDLAGEN, SICHERHEITSAASPEKTEN UND ENERGIEVERBRAUCH**
- 4 ROLLOUT-STRATEGIEN
- 5 MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR
- 6 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK
- 7 ANHANG

liegt unter anderem daran, dass bei Beginn des Rollouts eine Vielzahl an Personen benötigt wird, diesen in vorgegebener Zeit umzusetzen.

Fazit zu IT-Sicherheit und Datenschutz

Ein zentraler Pfeiler der Smart-Meter-Infrastruktur ist die IT-Sicherheit. Die Maßgaben an die Sicherheit und deren Überprüfung durch das BSI wurden in einem langwierigen Prozess erarbeitet. Durch moderne Verschlüsselung in Verbindung mit der PKI ist es für Angreifer sehr schwer, die Systeme zu kompromittieren. Die zu erfassenden und übertragenen personenbezogenen Daten beschränken sich auf Verbrauchsdaten.

Eine Schwachstelle der Datensicherheit ist die HAN-Schnittstelle. Da hier beliebige Geräte durch Endkunden angeschlossen werden können, deren Sicherheit nicht gewährleistet wird, besteht an dieser Stelle eine potenzielle Schwäche für den Datenschutz. **[41]**

Die hohen Vorgaben zum Datenschutz und zur IT-Sicherheit sind neben teilweise unvollständigen Prozessen ein Hauptgrund für die Verzögerungen der Zertifizierung.

Fazit zum Energieverbrauch

Zusammenfassend lässt sich zum Energieverbrauch feststellen, dass sich aufgrund der komplexen direkten und indirekten Wirkzusammenhänge und Reboundeffekte die Auswirkungen der Smart-Meter-Infrastruktur auf den Energieverbrauch nur nach umfangreicher Bilanzierung angeben lassen und es weiterer interdisziplinärer Forschung bedarf. Zusätzlich ist eine mögliche Energieeinsparung sehr stark davon abhängig, ob die sich bietenden Möglichkeiten für eine nachhaltige Nutzung auch tatsächlich in Anspruch genommen werden, z. B. durch variable Tarife.

Zur Minimierung des Energieverbrauchs der digitalen Messinfrastruktur sollte nichtsdestotrotz auf Komponenten mit geringem spezifischem Energiegehalt geachtet werden. Zusätzlich kann durch Datensparsamkeit der Eigenstromverbrauch durch die Kommunikation minimiert werden.

- 1 DIGITALISIERUNG
IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
- 2 RECHTLICHE UND
REGULATORISCHE
GRUNDLAGEN
- 3 TECHNISCHE GRUNDLAGEN
- **4 ROLLOUT-STRATEGIEN**
- 4.1 EINFLUSSGRÖSSEN FÜR DIE WAHL
EINER ROLLOUT-STRATEGIE
- 4.2 ZEITLICHER VERLAUF
DES ROLLOUTS – MÖGLICHE
STRATEGIEN
- 4.3 FAZIT ZUR WAHL EINER
ROLLOUT-STRATEGIE
- 5 MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN
INFRASTRUKTUR
- 6 ZUSAMMENFASSUNG
UND AUSBLICK
- 7 ANHANG

4

ROLLOUT- STRATEGIEN

1	DIGITALISIERUNG IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
2	RECHTLICHE UND REGULATORISCHE GRUNDLAGEN
3	TECHNISCHE GRUNDLAGEN
● 4	ROLLOUT-STRATEGIEN
4.1	EINFLUSSGRÖSSEN FÜR DIE WAHL EINER ROLLOUT-STRATEGIE
4.2	ZEITLICHER VERLAUF DES ROLLOUTS – MÖGLICHE STRATEGIEN
4.3	FAZIT ZUR WAHL EINER ROLLOUT-STRATEGIE
5	MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR
6	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK
7	ANHANG

Laut MsGB liegt die Verantwortung für Finanzierung, Rollout und Betrieb der intelligenten Messinfrastruktur beim gMSB. Dieser muss nach drei Jahren 10 % und bis zum Ende des vorgesehenen Umbauzeitraums im Jahr 2032 95 % der Pflichteinbauten realisieren [7]. Diese Eckpunkte lassen für den gMSB zahlreiche Freiräume, welche durch verschiedene Rollout-Strategien genutzt werden können. Im Folgenden werden mögliche Strategien, welche am Ende einer Rollout-Planung stehen können, unter Berücksichtigung von relevanten Aspekten diskutiert. Unter „Strategien“ werden langfristig geplante Verhaltensweisen zur Erreichung der vorgegebenen Ziele verstanden.

Voraussetzungen für den Rollout von Smart Metern

Der Start des Smart Meter Rollouts ist wie in Kapitel 2.1 beschrieben an zwei Anforderungen gebunden: die wirtschaftliche Vertretbarkeit sowie die technische Möglichkeit (§ 29 MsbG) [7]. Ersterer Fall ist durch die in § 31 MsbG genannten Preisobergrenzen bereits gegeben, während die technischen Möglichkeiten an die Zertifizierung dreier voneinander unabhängiger Unternehmen und das Angebot ihrer Messsysteme gebunden ist. Wie in Kapitel 2.1 erläutert, war der Rollout von iMSys ursprünglich bereits für das Jahr 2017 vorgesehen. Die Zertifizierungen sind jedoch zum Zeitpunkt des Erstellens dieser Studie noch nicht erfolgt. Laut aktuellen Berichten und Publikationen, wie etwa in [56] und [9], wird ein Rollout erst für Beginn 2019 erwartet. Demnach spielen für die Verzögerung mehrere Gründe eine Rolle:

- hohe Anforderungen an Datenschutz und Datensicherheit,
- unzureichende Erfüllung technischer Anforderungen des BSI,
- verbindliche Standards für geforderte Funktionalitäten (z. B. Interoperabilität mit nachgelagerten Systemen),
- Zuständigkeitswechsel nach der Bundestagswahl 2017.



GRÜNDE FÜR DIE VERZÖGERUNG DES SMART METER ROLLOUTS

Da die Sicherheitsanforderungen den gesamten Lebenszyklus von SMGWs betreffen, unterliegen auch Produktions- und Entwicklungsumgebungen des Herstellers sowie die Lieferkette zum Anwender gewissen Sicherheitsstandards. Demnach bestehen Anforderungen für den Transport vom Hersteller bis zum Einbauort, die Lagerung der Messgeräte sowie Logistikprozesse nach Deinstallation für eine Wiederverwertung bzw. Verschrottung [57]. Die Entwicklung eines Teils dieser Prozesse ist u. a. ein Faktor für die Verzögerung des Smart Meter Rollouts.

- 1 DIGITALISIERUNG
IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
- 2 RECHTLICHE UND
REGULATORISCHE
GRUNDLAGEN
- 3 TECHNISCHE GRUNDLAGEN
- **4 ROLLOUT-STRATEGIEN**
- **4.1 EINFLUSSGRÖSSEN FÜR DIE WAHL
EINER ROLLOUT-STRATEGIE**
- 4.2 ZEITLICHER VERLAUF
DES ROLLOUTS – MÖGLICHE
STRATEGIEN
- 4.3 FAZIT ZUR WAHL EINER
ROLLOUT-STRATEGIE
- 5 MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN
INFRASTRUKTUR
- 6 ZUSAMMENFASSUNG
UND AUSBLICK
- 7 ANHANG

Die Zertifizierung erfolgt nach sogenannten Common Criteria, kurz CC, welche Sicherheitseigenschaften des Schutzprofils (Protection Profiles) nachweisen. Dies involviert u. a. Sicherheitsanforderungen über den gesamten Lebenszyklus von Logistikprozessen hinweg, welche Herstellern eine Zertifizierung erschweren.

4.1 EINFLUSSGRÖßEN FÜR DIE WAHL EINER ROLLOUT-STRATEGIE

Die Wahl einer Rollout-Strategie kann – insbesondere beim optionalen Rollout – durch vielfältige Faktoren beeinflusst werden. Unterschiede gibt es beispielsweise zwischen ländlichen, halbstädtischen und städtischen Netzbetreibern, da die Anzahl der mME je Gebäude variiert und sich damit ggf. Synergien bei der notwendigen Kommunikationsinfrastruktur ergeben. Einen ersten allgemeinen Überblick über mögliche Einflussgrößen gibt Abbildung 4-1. Demnach spielen Gesichtspunkte der Wirtschaftlichkeit, Unternehmensimage, Technik, Personal sowie strategische Kriterien eine Rolle. Auf Grundlage dieser Faktoren werden im Folgenden einzelne Strategien genauer diskutiert.

ABBILDUNG 4-1 — EINFLUSSGRÖßEN BEI DER WAHL EINER ROLLOUT-STRATEGIE



- 1 DIGITALISIERUNG
IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
- 2 RECHTLICHE UND
REGULATORISCHE
GRUNDLAGEN
- 3 TECHNISCHE GRUNDLAGEN
- **4 ROLLOUT-STRATEGIEN**
- 4.1 EINFLUSSGRÖSSEN FÜR DIE WAHL
EINER ROLLOUT-STRATEGIE
- **4.2 ZEITLICHER VERLAUF
DES ROLLOUTS - MÖGLICHE
STRATEGIEN**
- 4.3 FAZIT ZUR WAHL EINER
ROLLOUT-STRATEGIE
- 5 MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN
INFRASTRUKTUR
- 6 ZUSAMMENFASSUNG
UND AUSBLICK
- 7 ANHANG

4.2 ZEITLICHER VERLAUF DES ROLLOUTS - MÖGLICHE STRATEGIEN

Seit Anfang 2017 bauen bereits einige Netzbetreiber insbesondere zu Testzwecken einzelne mME ein **[58]**. Die Ausbaupflicht besteht jedoch erst nach dem offiziellen Beginn des Rollouts. Es ist dann unter Beachtung der vorgegebenen Randbedingungen (z. B. Durchführung von mindestens 10 % der Pflichteinbautfälle innerhalb von drei Jahren nach §45 MsbG) jedem Unternehmen selbst überlassen, welche Rollout-Strategie gewählt wird **[7]**. Dabei spielen verschiedene Strategien eine Rolle, welche im Falle eines Rollouts berücksichtigt werden sollten. Der offensichtlichste Unterschied zwischen den einzelnen Strategien besteht in der Geschwindigkeit, in der die Infrastruktur ausgerollt wird (linear, verzögert, vorgezogen): der sogenannten Zeitoptimierung. Da in Deutschland etwa 4,5 Mio. Letztverbraucher vom verpflichtenden Einbau betroffen sind (optionaler Einbau etwa 34 Mio.) **[58]**, spielen angemessene Rollout-Strategien eine wichtige Rolle.

Bei der linearen Rollout-Strategie werden von Beginn an konstant viele Komponenten im Versorgungsgebiet installiert. Vorteil dieser Strategie sind insbesondere der konstante Personalbedarf, die Streuung des Risikos durch die verschieden ausgereiften Komponenten, welche in den kommenden Jahren zu erwarten sind, sowie in der Regel eine gute Finanzierbarkeit (vgl. Abschreibungsoptimierung). Auch die anschließend anstehende Erneuerung der Infrastruktur kann stückweise erfolgen, sodass personelle und sonstige Ressourcen dauerhaft ausgelastet werden können.

- 1 DIGITALISIERUNG
IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
- 2 RECHTLICHE UND
REGULATORISCHE
GRUNDLAGEN
- 3 TECHNISCHE GRUNDLAGEN
- **4 ROLLOUT-STRATEGIEN**
- 4.1 EINFLUSSGRÖSSEN FÜR DIE WAHL
EINER ROLLOUT-STRATEGIE
- **4.2 ZEITLICHER VERLAUF
DES ROLLOUTS - MÖGLICHE
STRATEGIEN**
- 4.3 FAZIT ZUR WAHL EINER
ROLLOUT-STRATEGIE
- 5 MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN
INFRASTRUKTUR
- 6 ZUSAMMENFASSUNG
UND AUSBLICK
- 7 ANHANG

Bei der vorgezogenen Rollout-Strategie kann ggf. aggressiv vorgegangen werden, womit auch in fremden Versorgungsgebieten Marktanteile gewonnen werden können (Stichwort wMSB). Zusätzlich kann unter Umständen das Image als innovativer Marktakteur gesteigert werden. Nachteile bestehen in der hohen Unsicherheit durch die bisher geringe Erfahrung mit der Technologie sowie die langfristig schlechte Auslastung des Personals. Zusätzlich muss beachtet werden, dass mit hoher Wahrscheinlichkeit bisher verbaute Ferrarizähler noch nicht vollständig abgeschrieben sind.

Bei der verzögerten Rollout-Strategie kann der zuständige MSB auf reduzierte Investitionskosten der bis dahin etablierten Technologie hoffen. Zusätzlich kann er ggf. aus Problemen bei anderen MSB lernen. Zu beachten ist, dass er dennoch die Mindestziele erfüllen muss. Zusätzlich kann diese Strategie analog zur vorgezogenen Rollout-Strategie zu einem zyklischen Ressourcenbedarf im Unternehmen führen. Außerdem wird die kritische Anzahl an iMSys zur Erreichung der Wirtschaftlichkeit erst verhältnismäßig spät erreicht.

Weitere Möglichkeiten sind der abschreibungsorientierte Rollout, wobei bisherige Zähler zum Zeitpunkt einer anstehenden Erneuerung durch die neue Technologie ersetzt werden. Eine Möglichkeit besteht auch darin, Kunden für neue Produkte zu werben, die ein iMSys voraussetzen, und dabei gleichzeitig das System zu tauschen. **[59]**



WEITERFÜHRENDE LITERATUR

Doleski, Oliver D.:

Herausforderung Utility 4.0 – Wie sich die Energiewirtschaft im Zeitalter der Digitalisierung verändert.
Wiesbaden: Springer Vieweg, 2017.

Gesetz zur Digitalisierung der Energiewende.

Berlin: Bundesregierung, 2016

Einführung von Smart Meter in Deutschland – Analyse von Rolloutszenarien und ihrer regulatorischen Implikationen.

Berlin: Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), 2014

Estermann, Thomas et al.:

Mehrwert des Smart Meter-Rollouts für die Implementierung von Netzoptimierenden Maßnahmen.
Mannheim: VDE Kongress Internet of Things, 2016

Aichele, Christian et al.:

Smart Meter Rollout – Praxisleitfaden zur Ausbringung intelligenter Zähler.
Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2013

4.3 FAZIT ZUR WAHL EINER ROLLOUT-STRATEGIE

Die Wahl der Rollout-Strategie wird nach dem Entschluss, die Funktion des grundzuständigen Messstellenbetriebs zu übernehmen, durch die gesetzlichen Anforderungen zum Pflichtrollout nach unten begrenzt. Die Beschleunigung des Prozesses hängt von vielfältigen wirtschaftlichen, technischen, strategischen und personellen Faktoren ab und muss für jedes Unternehmen individuell bewertet werden. Ein frühzeitig aufgebautes Marktwissen kann eine gute Ausgangslage für die Aufnahme des wettbewerblichen Messstellenbetriebs darstellen.

Grundsätzlich gestaltet sich eine Planung des Rollouts aufgrund der sich verzögernden Zertifizierung schwierig. Trotz der Verzögerungen im Rollout durch die fehlende Zertifizierung sind die rechtlichen Rahmenbedingungen einzuhalten. Es empfiehlt sich daher für Unternehmen, auf Basis der Rahmenbedingungen eine Risikoanalyse durchzuführen und die Rollout-Strategie dementsprechend zu wählen.

- 1 DIGITALISIERUNG IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
- 2 RECHTLICHE UND REGULATORISCHE GRUNDLAGEN
- 3 TECHNISCHE GRUNDLAGEN
- 4 **ROLLOUT-STRATEGIEN**
- 4.1 EINFLUSSGRÖSSEN FÜR DIE WAHL EINER ROLLOUT-STRATEGIE
- 4.2 ZEITLICHER VERLAUF DES ROLLOUTS – MÖGLICHE STRATEGIEN
- 4.3 **FAZIT ZUR WAHL EINER ROLLOUT-STRATEGIE**
- 5 MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR
- 6 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK
- 7 ANHANG

- 1 DIGITALISIERUNG
IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
- 2 RECHTLICHE UND
REGULATORISCHE
GRUNDLAGEN
- 3 TECHNISCHE GRUNDLAGEN
- 4 ROLLOUT-STRATEGIEN
- **5 MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN
INFRASTRUKTUR**
- 5.1 ERFASSUNG UND ÜBERTRAGUNG
VON MESSDATEN MITTELS iMSys
- 5.2 ÜBERTRAGUNG VON STEUERBE-
FEHLEN MITTELS STEUERBOX/
CLS-SCHNITTSTELLE
- 5.3 NUTZUNG DES SICHEREN
DATENKANALS ÜBER DAS
SMART METER GATEWAY
- 5.4 FAZIT ZUM MEHRWERT DER
DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR
- 6 ZUSAMMENFASSUNG
UND AUSBLICK
- 7 ANHANG

5

MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR

1	DIGITALISIERUNG IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
2	RECHTLICHE UND REGULATORISCHE GRUNDLAGEN
3	TECHNISCHE GRUNDLAGEN
4	ROLLOUT-STRATEGIEN
● 5	MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR
● 5.1	ERFASSUNG UND ÜBERTRAGUNG VON MESSDATEN MITTELS IMSYS
5.2	ÜBERTRAGUNG VON STEUERBE- FEHLEN MITTELS STEUERBOX/ CLS-SCHNITTSTELLE
5.3	NUTZUNG DES SICHEREN DATENKANALS ÜBER DAS SMART METER GATEWAY
5.4	FAZIT ZUM MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR
6	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK
7	ANHANG

Der Aufbau einer Smart-Meter-Infrastruktur erlaubt neue Funktionen, die potenziell für Mehrwertdienstleistungen und neue Geschäftsmodelle genutzt werden können [60]. Eine Unterteilung ist in folgende Kategorien möglich:

- Erfassung und Übertragung von Messdaten mittels iMSys,
- Nutzung von Steuerbefehlen mittels Steuerbox/CLS-Schnittstelle,
- Nutzung des sicheren Datenkanals über das SMGW.

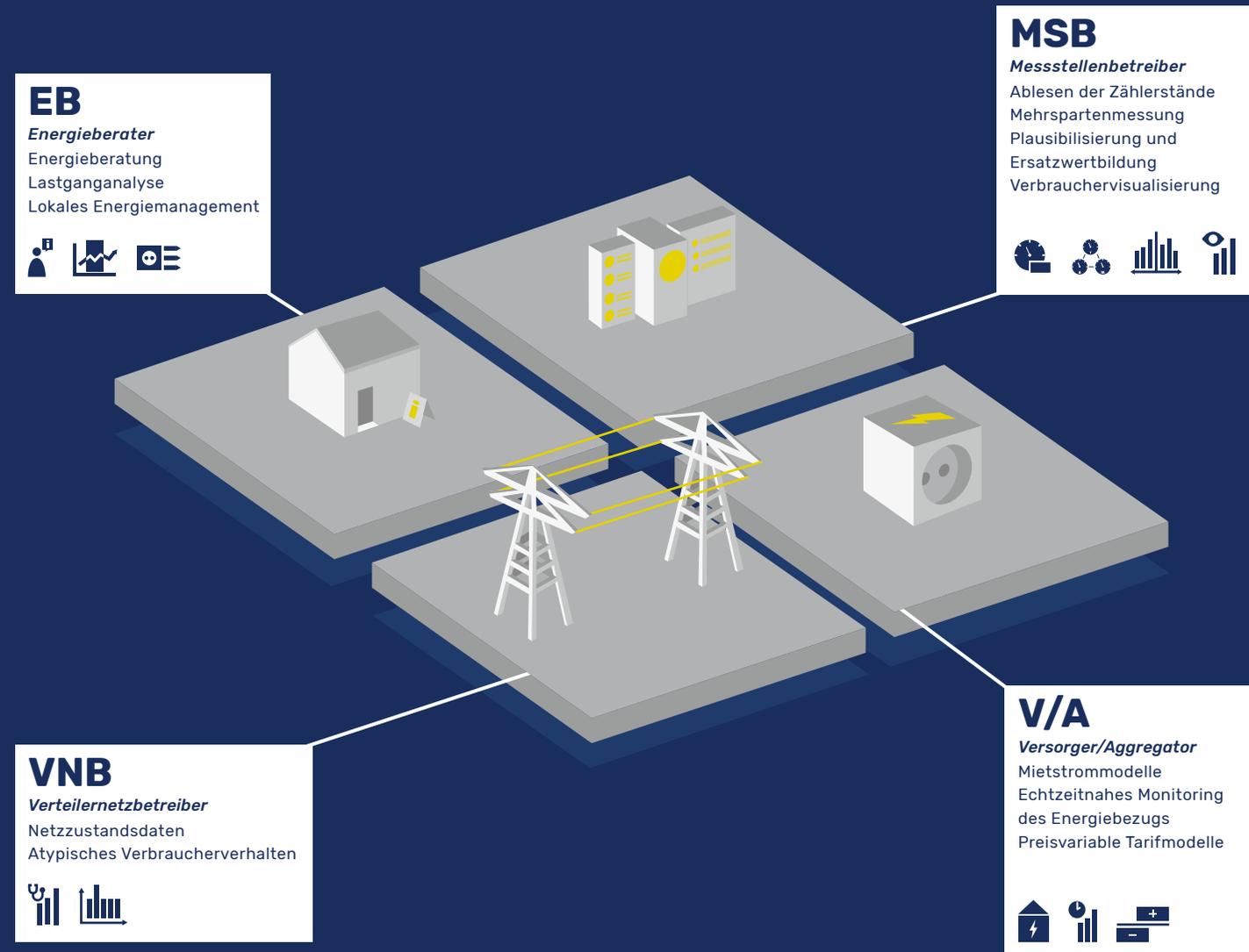
Diese Kategorien werden in den nachfolgenden Unterkapiteln näher erläutert.

5.1 ERFASSUNG UND ÜBERTRAGUNG VON MESSDATEN MITTELS IMSys

Hierbei handelt es sich um alle Anwendungsfälle, welche die Möglichkeit der Aufzeichnung der Messdaten durch mME und der anschließenden Übertragung mittels SMGW nutzen. Im Gegensatz zur Aufnahme der kumulierten Energiemenge bei klassischen Ferrariszählern ermöglichen digital gespeicherte Messdaten eine deutlich höhere zeitliche Auflösung. Abbildung 5-1 zeigt eine Auswahl an möglichen Anwendungsfeldern und die dabei beteiligten Akteure.

- 1 DIGITALISIERUNG IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
- 2 RECHTLICHE UND REGULATORISCHE GRUNDLAGEN
- 3 TECHNISCHE GRUNDLAGEN
- 4 ROLLOUT-STRATEGIEN
- 5 **MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR**
- 5.1 **ERFASSUNG UND ÜBERTRAGUNG VON MESSDATEN MITTELS IMSYS**
- 5.2 ÜBERTRAGUNG VON STEUERBEFEHLEN MITTELS STEUERBOX/CLS-SCHNITTSTELLE
- 5.3 NUTZUNG DES SICHEREN DATENKANALS ÜBER DAS SMART METER GATEWAY
- 5.4 FAZIT ZUM MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR
- 6 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK
- 7 ANHANG

ABBILDUNG 5.1 — ANWENDUNGSFELDER UND BETEILIGTE AKTEURE BEI DER NUTZUNG UND ÜBERTRAGUNG VON MESSDATEN MITTELS IMSys



- 1 DIGITALISIERUNG
IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
- 2 RECHTLICHE UND
REGULATORISCHE
GRUNDLAGEN
- 3 TECHNISCHE GRUNDLAGEN
- 4 ROLLOUT-STRATEGIEN
- **5 MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN
INFRASTRUKTUR**
- **5.1 ERFASSUNG UND ÜBERTRAGUNG
VON MESSDATEN MITTELS IMSYS**
- 5.2 ÜBERTRAGUNG VON STEUERBE-
FEHLEN MITTELS STEUERBOX/
CLS-SCHNITTSTELLE
- 5.3 NUTZUNG DES SICHEREN
DATENKANALS ÜBER DAS
SMART METER GATEWAY
- 5.4 FAZIT ZUM MEHRWERT DER
DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR
- 6 ZUSAMMENFASSUNG
UND AUSBLICK
- 7 ANHANG

Messstellenbetreiber

Die Erfassung und Übertragung von Messdaten stellen die Grundfunktion eines iMSys dar. Neue Funktionen wie die höhere zeitliche Auflösung und der direkte Abruf erlauben zusätzliche Anwendungen. Das Ablesen der Zählerstände kann somit durch die digitale Datenverbindung automatisiert durchgeführt werden und erfordert keine personalintensiven Tätigkeiten. Zuständig für die Messdatenerfassung ist der jeweilige MSB.

Die verfügbaren Daten erlauben eine detaillierte Visualisierung des Verbrauchs in 15-Minuten-Auflösung (§ 35 MsbG). Dies ermöglicht die Transparenz des Energieverbrauchs und ein damit verbundenes Aufzeigen von Einsparpotenzialen. **[61]**

Des Weiteren kann die aufgebaute Smart-Meter-Infrastruktur für eine Mehrspartenmessung verwendet werden. Dadurch können nicht nur Daten des Stromverbrauchs, sondern auch von Gas-, Wärme-, Kälte- und Wasserzählern übertragen werden **[7]**, **[23]**. Schließlich ist durch das iMSys die verpflichtende Plausibilisierung und Ersatzwertbildung der Messungen im SMGW möglich (§ 60 MsbG) **[7]**. Die hochaufgelöste Datenerfassung erlaubt die Erkennung und Korrektur von potenziellen Messfehlern.

Versorger/Aggregator

Neben den MSB ergeben sich auch für Versorger und Aggregatoren neue Anwendungsfälle. Die Smart-Meter-Infrastruktur erlaubt durch die digitale Messung der Energiedaten eine echtzeitnahe Überwachung des Energiebezuges. Daneben können Versorger durch die hochaufgelösten Messwerte neue und preisvariable Tarife entwickeln **[62]**, anbieten und entsprechend abrechnen **[63]**. Eine komplexere Gestaltung ist durch Last- oder Zeitabhängigkeiten möglich und trägt somit potenziell zu Energiekosteneinsparungen bei **[64]**. Im Falle von Mieterstrommodellen kann der Energiebezug durch iMSys genauer abgebildet werden, da Verbrauchsgänge der teilnehmenden Parteien mit hoher Auflösung bestimmt werden können **[65]**. Die Wirtschaftlichkeit kann dabei neben der Anzahl an teilnehmenden Mietern auch vom verwendeten Messkonzept abhängig sein.

1	DIGITALISIERUNG IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
2	RECHTLICHE UND REGULATORISCHE GRUNDLAGEN
3	TECHNISCHE GRUNDLAGEN
4	ROLLOUT-STRATEGIEN
● 5	MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR
● 5.1	ERFASSUNG UND ÜBERTRAGUNG VON MESSDATEN MITTELS IMSYS
5.2	ÜBERTRAGUNG VON STEUERBE- FEHLEN MITTELS STEUERBOX/ CLS-SCHNITTSTELLE
5.3	NUTZUNG DES SICHEREN DATENKANALS ÜBER DAS SMART METER GATEWAY
5.4	FAZIT ZUM MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR
6	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK
7	ANHANG

Mieterstrom – Vergleich der Messkonzepte

Folgende Messkonzepte stehen zur Abbildung von Mieterstrommodellen zur Verfügung:

- Abrechnung über einen Summenzähler,
- Summenzähler mit registrierender Lastgangmessung (RLM),
- Sammelschienenmodell,
- iMSys.

Im **Summenzählermodell** wird ein Mieterstromzähler für das gesamte Haus verwendet. Von diesem Summenwert werden nachträglich die einzelnen Jahresmesswerte der Mietparteien abgezogen, die nicht am Mieterstrommodell teilnehmen (**vgl. Abbildung 5-2**). Da dies jeweils kumuliert über den Abrechnungszeitraum geschieht und nicht teilnehmende Mietparteien trotzdem den erzeugten PV-Strom beziehen, ergibt sich insbesondere bei geringeren Anschlussquoten ein höherer Direktverbrauch der Mieterstromkunden. Die Folge ist ein positiver Effekt auf die Wirtschaftlichkeit des Mieterstrommodells.

Bei **Summenzählern mit RLM** wird der Verbrauch des gesamten Hauses alle 15 Minuten erfasst und übertragen. Der Direktverbrauch wird anhand von skalierten Standardlastprofilen verrechnet, die folglich aber nicht dem realen Haushaltsenergiebezug entsprechen und somit vor allem bei geringer Teilnehmerquote nicht realitätsnah sind.



MIETERSTROM

Mit dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG 2017) wurde ein Förderanspruch für direkt gelieferten Strom aus Solaranlagen auf Wohngebäuden gesetzlich festgelegt, solange der Strom direkt im Gebäude verbraucht wird. Dieser Mieterstromzuschlag erhöht die Attraktivität von Mieterstrommodellen und hat zum Ziel, vorhandene Potenziale zu heben. Ausgehend von den günstigsten wirtschaftlichen Bedingungen könnten dem Maximalpotenzial nach 1,5 Mio. Mieter in Mehrfamilienhäusern vom Mieterstrommodell profitieren [66]. Insgesamt könnten somit ca. 10,3 TWh PV-Strom jährlich zusätzlich erzeugt werden [66].

1	DIGITALISIERUNG IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
2	RECHTLICHE UND REGULATORISCHE GRUNDLAGEN
3	TECHNISCHE GRUNDLAGEN
4	ROLLOUT-STRATEGIEN
●	5 MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR
●	5.1 ERFASSUNG UND ÜBERTRAGUNG VON MESSDATEN MITTELS IMSYS
5.2	ÜBERTRAGUNG VON STEUERBE- FEHLEN MITTELS STEUERBOX/ CLS-SCHNITTSTELLE
5.3	NUTZUNG DES SICHEREN DATENKANALS ÜBER DAS SMART METER GATEWAY
5.4	FAZIT ZUM MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR
6	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK
7	ANHANG

Beim sog. **Sammelschienenmodell** wird die Summenmessung von Teilnehmern am Mieterstrommodell von der Messung der nicht teilnehmenden Haushalte physisch getrennt (vgl. **Abbildung 5-2**). Dies ist somit am genauesten, erfordert aber technischen Aufwand, da bei Kündigung oder Beitritt zum Mieterstrommodell die Zähler der betroffenen Parteien umgeklemmt werden müssen.

Beim Einsatz von **iMSys** und der damit verbundenen 15-minütigen haushaltsgenauen Zuordnung des verbrauchten Stroms ergeben sich folglich einige Änderungen im Abrechnungssystem. Dies bietet sowohl Vorteile hinsichtlich der realitätsnahen Abrechnung als auch ggf. Nachteile bezüglich der Wirtschaftlichkeit des Mieterstrommodells. Vorteile liegen insbesondere bei der automatisierten Ablesung und der genaueren Abrechnung der Netzentgelte. **[68], [69]**

Berechnungen in **[70]** verdeutlichen die Unterschiede des gemessenen Direktverbrauchs von PV-Kunden je Abrechnungsmethode. Demnach kommt es beim Einsatz von einfachen Summenzählern zur Überschätzung vom Direktverbrauch, was sich wiederum vorteilhaft auf Mieterstrommodelle auswirkt, während ein Summenzähler mit registrierender Leistungsmessung zur Unterschätzung führt. Eine genaue Messung wird nur mit iMSys erzielt.

Energieberater

Hochaufgelöste Verbraucherdaten können von Energieberatern zur Erstellung detaillierter Lastgänge eingesetzt und gemäß §70 MsbG Abs.1 durch Einwilligung des Anschlussnutzers zur Verfügung gestellt werden. Mithilfe von Analysesoftware werden ineffiziente sowie stromintensive Verbraucher automatisiert identifiziert. Dies erlaubt Energieeinsparungen und Kostensenkungen beim Verbraucher **[61]**. Die Daten ermöglichen weiterhin die belastbare wirtschaftliche Bewertung eines Hausspeichersystems oder gegebenenfalls weiterer flexibler Anlagen für den Verbraucher in Abhängigkeit von seinem individuellen Verbrauchsverhalten **[71]**. Zudem kann beim Kunden lokales Energiemanagement betrieben werden, um Verbraucher, Erzeuger und



GRÖSSTE ENERGIEVERBRAUCHER IM HAUSHALT

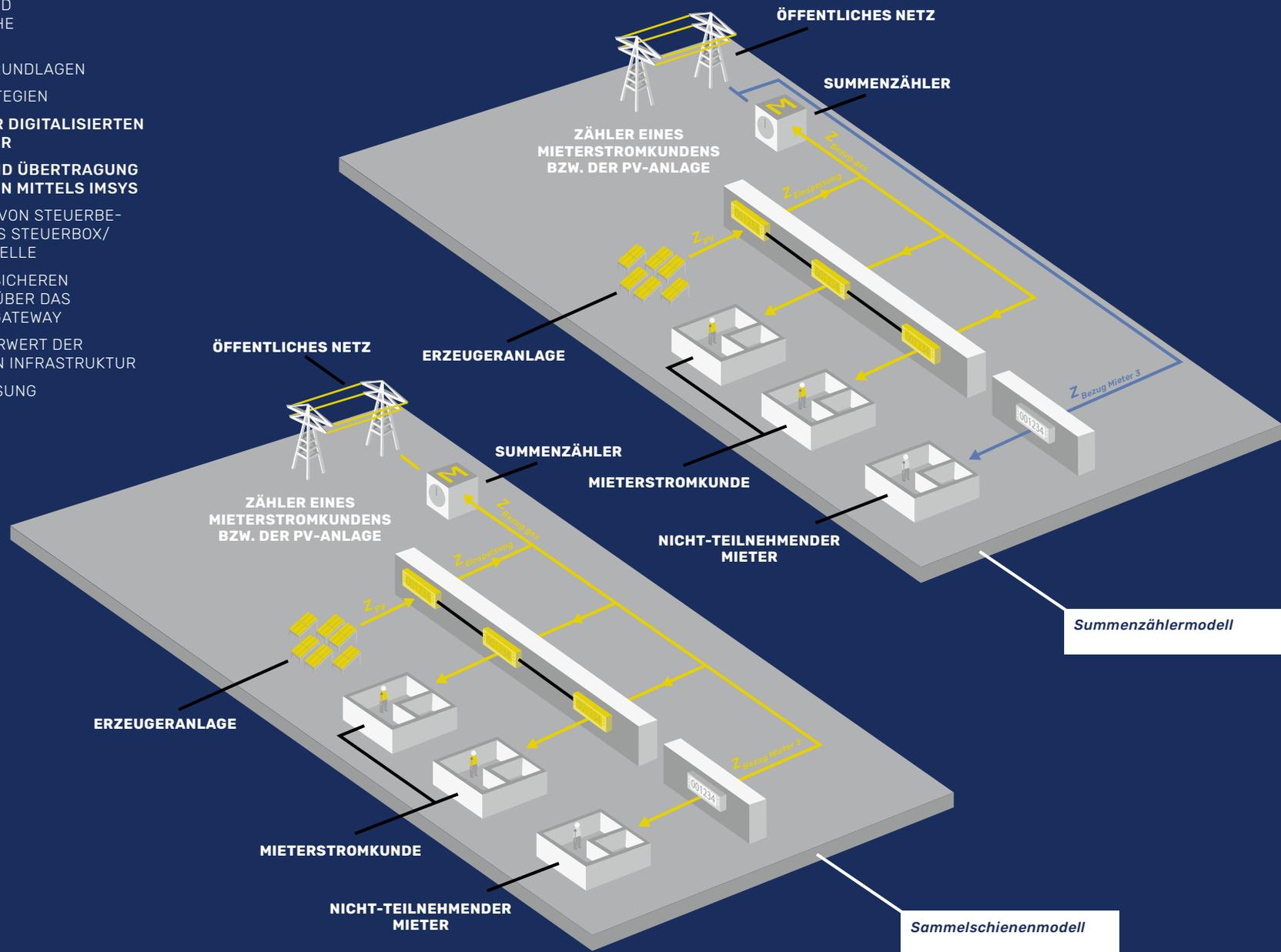
Die Deutsche Energie-Agentur dena veröffentlichte eine Anleitung zum Stromsparen für Privatverbraucher im Zuge der „Initiative EnergieEffizienz“ als Komponente des Klimaschutzprogramms der Bundesregierung. Es wird auf die größten Stromverbraucher im Haushalt hingewiesen und es werden Maßnahmen für eine effizientere Energienutzung vorgeschlagen. Beispiele zum Strom- und Geldsparen sind:

- **Ersatz alter durch neue, effizientere Haushaltsgeräte (z. B. Gefriergerät A+++ statt A+ ergibt eine Einsparung von 39 € pro Jahr).**
- **Durchlauferhitzer statt elektrischer Warmwasserspeicher (ein kleiner Durchlauferhitzer spart bis zu 60 % an Strom gegenüber einem Kleinspeicher).**
- **Trennung der Geräte vom Stromnetz anstatt Stand-by (beispielsweise mithilfe einer abschaltbaren Mehrfachsteckdose).**
- **Umrüstung der Beleuchtung auf LED- oder Energiesparlampen (A++ Beleuchtung verbraucht fast 90 % weniger Energie als Effizienzklasse D).**

Weitere Tipps befinden sich auf der Homepage der EnergieEffizienz-Initiative: <https://stromeffizienz.de/initiative/>

- 1 DIGITALISIERUNG IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
- 2 RECHTLICHE UND REGULATORISCHE GRUNDLAGEN
- 3 TECHNISCHE GRUNDLAGEN
- 4 ROLLOUT-STRATEGIEN
- 5 MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR
- 5.1 ERFASSUNG UND ÜBERTRAGUNG VON MESSDATEN MITTELS IMSYS
- 5.2 ÜBERTRAGUNG VON STEUERBEFEHLEN MITTELS STEUERBOX/CLS-SCHNITTSTELLE
- 5.3 NUTZUNG DES SICHEREN DATENKANALS ÜBER DAS SMART METER GATEWAY
- 5.4 FAZIT ZUM MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR
- 6 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK
- 7 ANHANG

ABBILDUNG 5-2 — DARSTELLUNG DER BEIDEN MIETERSTROM-MESSKONZEPTE SAMMELSCHIENEN- UND SUMMENZÄHLERMODELL NACH [67]



- 1 DIGITALISIERUNG
IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
- 2 RECHTLICHE UND
REGULATORISCHE
GRUNDLAGEN
- 3 TECHNISCHE GRUNDLAGEN
- 4 ROLLOUT-STRATEGIEN
- **5 MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN
INFRASTRUKTUR**
- **5.1 ERFASSUNG UND ÜBERTRAGUNG
VON MESSDATEN MITTELS IMSYS**
- 5.2 ÜBERTRAGUNG VON STEUERBE-
FEHLEN MITTELS STEUERBOX/
CLS-SCHNITTSTELLE
- 5.3 NUTZUNG DES SICHEREN
DATENKANALS ÜBER DAS
SMART METER GATEWAY
- 5.4 FAZIT ZUM MEHRWERT DER
DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR
- 6 ZUSAMMENFASSUNG
UND AUSBLICK
- 7 ANHANG

Speicher in der Anlage für die Eigenverbrauchsoptimierung sowie die Glättung von Lastspitzen zu verwenden **[72]**. Des Weiteren wird durch die echtzeitnahen Messungen atypisches Verbrauchsverhalten schnell erkannt, um daraufhin Maßnahmen zu ergreifen (vgl. § 19 StromNEV). **[73]**

Verteilnetzbetreiber

Die Ermittlung der Messwerte an Verbraucher- und Erzeugerknoten durch die iMSys ermöglicht prinzipiell eine bessere Nachbildung des Netzzustands bis in die Niederspannungsebene, z. B. über die Nutzung geeigneter Tarifenwendungsfälle (vgl. **Tabelle 3-1**). Die Übertragung von Schwellwertüberschreitungen (TAF 10) erlaubt eine frühzeitige Erkennung von kritischen Netzzuständen. Darüber hinaus sind die erhobenen Daten auch für eine Neuberechnung definierter Standardlastprofile des VNB verwendbar. Verschiedene Studien stellen dadurch eine deutliche Reduktion der Abweichungen vom Profil fest **[74]**, welche sich durch zusätzliche Berücksichtigung kurzfristiger Daten weiter verbessern lässt **[75]**. Dies reduziert den Aufwand bei der Beschaffung der Differenzenergie und bei der Mehr- bzw. Mindermengenabrechnung (§§ 12, 13 StromNZV).

Die Messdatenerfassung erlaubt es zudem, Prognosemodelle zu verbessern und auf niedrigere Spannungsebenen zu erweitern. Dies ermöglicht eine exaktere und individuelle Prognose u. a. von Netzengpässen, sodass diese bereits vor dem Eintreten identifiziert und ggf. Gegenmaßnahmen eingeleitet werden können. Netzengpässe können mittels besserer Datengrundlage auch durch flexibel steuerbare Anlagen ausgeregelt werden (vgl. Kapitel 3.2 und 5.2).

- 1 DIGITALISIERUNG IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
- 2 RECHTLICHE UND REGULATORISCHE GRUNDLAGEN
- 3 TECHNISCHE GRUNDLAGEN
- 4 ROLLOUT-STRATEGIEN
- **5 MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR**
- 5.1 ERFASSUNG UND ÜBERTRAGUNG VON MESSDATEN MITTELS IMSYS
- **5.2 ÜBERTRAGUNG VON STEUERBEFEHLEN MITTELS STEUERBOX/CLS-SCHNITTSTELLE**
- 5.3 NUTZUNG DES SICHEREN DATENKANALS ÜBER DAS SMART METER GATEWAY
- 5.4 FAZIT ZUM MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR
- 6 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK
- 7 ANHANG

5.2 ÜBERTRAGUNG VON STEUERBEFEHLEN MITTELS STEUERBOX/CLS-SCHNITTSTELLE

Die Smart-Meter-Infrastruktur erlaubt eine bidirektionale Kommunikation, wodurch zusätzlich zum Empfang der Messdaten das Senden von Steuerbefehlen möglich ist. Diese Signale führen bei den elektrischen Anlagen direkt oder über eine Steuerbox zur Beeinflussung des Verbrauchs bzw. der Erzeugung. Mögliche Anwendungsfälle betreffen dabei insbesondere Versorger oder Aggregatoren bzw. den Netzbetreiber (vgl. **Abbildung 5-3**).

Aggregator/Direktvermarkter

Für die Direktvermarktung von erneuerbarer Energie ist die Möglichkeit einer ferngesteuerten Reduktion der Einspeiseleistung verpflichtend (siehe §20 EEG [76]). Dies kann mittels Smart-Meter-Infrastruktur und gegebenenfalls durch einen zusätzlichen Einbau einer Steuerbox erfolgen. Durch die Nutzung der Smart-Meter-Infrastruktur können zukünftig auch kleine, dezentrale Flexibilitäts-Optionen, wie beispielsweise Wärmepumpen oder Elektrofahrzeuge, erschlossen werden, da die Investition in zusätzliche Kommunikationsinfrastruktur überflüssig wird. Somit können Direktvermarkter und Aggregatoren ihre Anlagen beispielsweise gezielt zu Zeiten mit günstigen Preisen zuschalten [77]. Durch eine standardisierte und für alle berechtigten Akteure nutzbare Infrastruktur kann zukünftig die Notwendigkeit mehrerer Fernsteuersysteme für einzelne Anlagen vermieden werden, was heute in der Direktvermarktung nicht unüblich ist.

Verteilnetzbetreiber

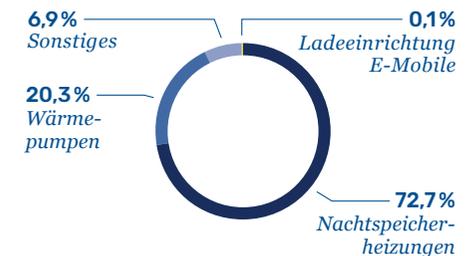
Im Gegensatz zu den eben beschriebenen Steuerungsmöglichkeiten, welche das Ziel der Kostenoptimierung der Einzelanlage haben, profitieren auch Netzbetreiber von der Steuerbarkeit einzelner Anlagen. Diese ermöglicht es prinzipiell, Netzengpässe effizienter zu lösen und die bisherigen Einspeisemanagement-Prozesse zu optimieren. Ebenso könnte der VNB über geeignete Mechanismen zukünftig potenziell flexible Lasten wie z. B. Elektrofahrzeuge oder Wärmepumpen abschalten, um kritische Netzbelastungen zu verhindern. Dieser Anwendungsfall ist



NUTZUNG VON § 14A ENWG IN DEUTSCHLAND

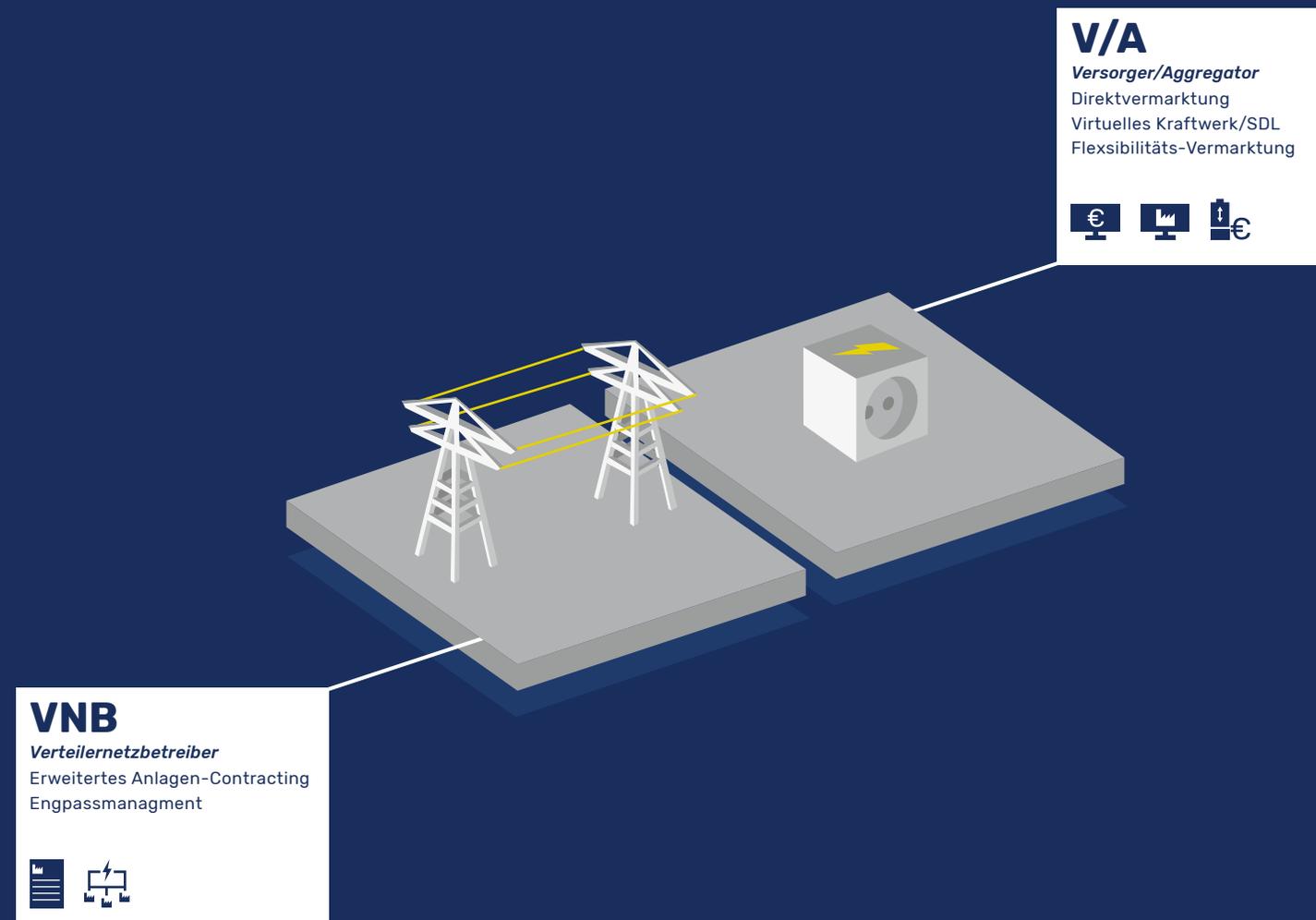
Nach Angaben der Bundesnetzagentur nehmen in Deutschland ca. 1,4 Mio. steuerbare Verbrauchseinrichtungen in der Niederspannung die Möglichkeiten zur Netzentgeltreduktion nach § 14a EnWG wahr. Dabei handelt es sich größtenteils um Nachtspeicherheizungen und Wärmepumpen. Die Netzentgelte für steuerbare Verbrauchseinrichtungen betragen je nach Netzbetreiber im Mittel ca. 3,3 ct/kWh. Dies entspricht einer Reduktion von ca. 55% [78]. Die so entstehenden Mindereinnahmen von ca. 400 Mio. Euro werden auf die übrigen Netznutzer aufgeteilt.

Anteil steuerbarer Verbrauchseinrichtungen



- 1 DIGITALISIERUNG IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
- 2 RECHTLICHE UND REGULATORISCHE GRUNDLAGEN
- 3 TECHNISCHE GRUNDLAGEN
- 4 ROLLOUT-STRATEGIEN
- **5 MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR**
 - 5.1 ERFASSUNG UND ÜBERTRAGUNG VON MESSDATEN MITTELS IMSYS
 - **5.2 ÜBERTRAGUNG VON STEUERBEFEHLEN MITTELS STEUERBOX/CLS-SCHNITTSTELLE**
 - 5.3 NUTZUNG DES SICHEREN DATENKANALS ÜBER DAS SMART METER GATEWAY
 - 5.4 FAZIT ZUM MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR
- 6 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK
- 7 ANHANG

ABBILDUNG 5-3 — ANWENDUNGSFELDER UND BETEILIGTE AKTEURE BEI DER ÜBERTRAGUNG VON STEUERBEFEHLEN MITTELS STEUERBOX BZW. CLS



1	DIGITALISIERUNG IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
2	RECHTLICHE UND REGULATORISCHE GRUNDLAGEN
3	TECHNISCHE GRUNDLAGEN
4	ROLLOUT-STRATEGIEN
● 5	MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR
5.1	ERFASSUNG UND ÜBERTRAGUNG VON MESSDATEN MITTELS IMSYS
● 5.2	ÜBERTRAGUNG VON STEUERBE- FEHLEN MITTELS STEUERBOX/ CLS-SCHNITTSTELLE
5.3	NUTZUNG DES SICHEREN DATENKANALS ÜBER DAS SMART METER GATEWAY
5.4	FAZIT ZUM MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR
6	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK
7	ANHANG

allerdings unter den heute gültigen Rahmenbedingungen noch nicht umsetzbar. Eine mögliche Umsetzung wird im Rahmen von C/sells über Flex-Plattformen für marktbasierendes Engpassmanagement erprobt. Abbildung 5-4 zeigt die dafür entwickelte Systemlandschaft, welche die Bestandteile einer solchen Flexibilitätsplattform sowie Prozesszusammenhänge der Komponenten darlegt.

In den aktuellen Regularien ist der VNB allerdings verpflichtet, steuerbare Verbrauchseinheiten in der Niederspannung, das heißt vom VNB abschaltbar, reduzierte Netzentgelte zu gewähren, und kann somit kritische Netzbelastungen verhindern (§ 14a EnWG).

Der Mehrwert der Smart-Meter-Infrastruktur im Anlagen-Contracting (insb. bei KWK-Anlagen) bezieht sich in erster Linie auf eine vereinfachte direkte Vermarktung des erzeugten Stroms innerhalb eines Objekts bzw. einer Immobilie nach § 4 Abs. 3 KWKG (vgl. Infobox Mieterstrommodell).

Nach § 5 Abs. 1 MsbG kann der Messstellenbetrieb vom Anschlussnutzer (z. B. Mieter) auf einen Dritten übertragen werden. Dieses Recht kann allerdings nach § 6 Abs. 1 MsbG durch den Anschlussnehmer (z. B. Vermieter) eingeschränkt werden. Diese Regelung bietet dem Contractor die Möglichkeit, einen Anbieter zu wählen und somit mit einem zentralen Ansprechpartner eine einheitliche Ausstattung der gesamten Immobilie mit iMSys zu realisieren. Dies reduziert zum einen den Verwaltungsaufwand für den Contractor, zum anderen profitiert der Immobilienbesitzer von den günstigeren Konditionen über den Contractor. [79]



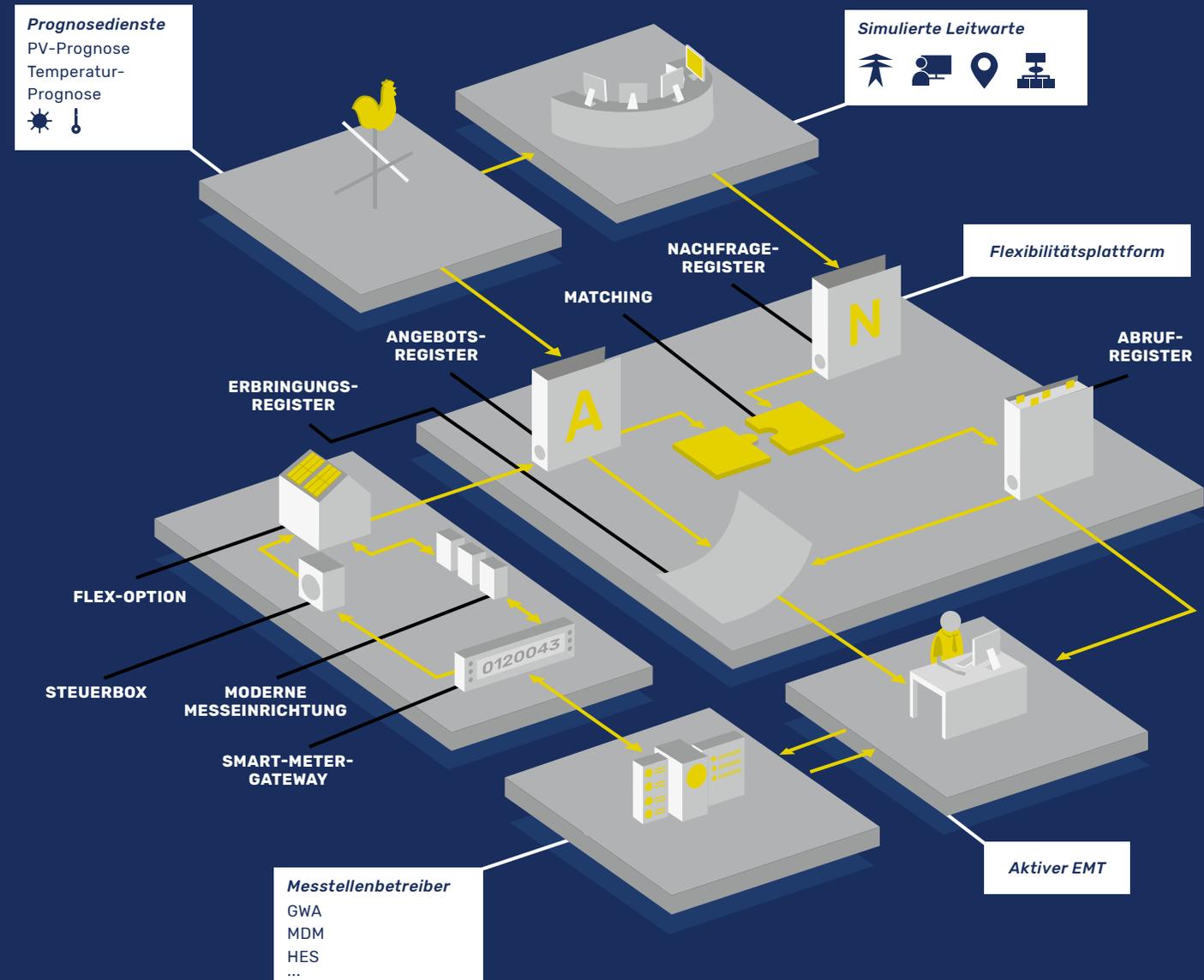
MEHRWERT FÜR EINSPEISEMANAGEMENT DURCH DIE STEUERBOX

Durch die Umstellung auf eine bidirektionale Kommunikation mithilfe der Steuerbox bieten sich grundlegende Vorteile für das Einspeisemanagement:

- **Höhere Erfolgsquote über das Versenden des Signals:** Laut Feldtest wurden 99 % der Schaltbefehle bei funktionierenden Gateways korrekt umgesetzt [24]. Zusätzlich ist ein Fehlerfall aufgrund der bidirektionalen Kommunikation einfacher detektierbar.
- **Kürzere Signallaufzeit:** Ebenso zeigte der Feldtest eine Signallaufzeit unter 90 Sekunden im Median der Testfälle, bei denen im Vorhinein kein Kommunikationskanal aufgebaut wurde. Dies liegt deutlich unter der in [80] geforderten Zeit für die Umsetzung der Kaskade (zwölf Minuten).
- **Verbesserte Abrechnung und Vergütung:** Bei Anlagen ohne registrierende Leistungsmessung kann es aktuell vorkommen, dass eine Anlage ein Reduktionssignal aufgrund von Kommunikationsfehlern nicht empfangen hat, aber trotzdem eine Ausgleichszahlung für die angeforderte Abregelung erhält. Solch unzulässige Doppelvergütungen können zukünftig vermieden werden.

- 1 DIGITALISIERUNG IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
- 2 RECHTLICHE UND REGULATORISCHE GRUNDLAGEN
- 3 TECHNISCHE GRUNDLAGEN
- 4 ROLLOUT-STRATEGIEN
- 5 **MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR**
 - 5.1 ERFASSUNG UND ÜBERTRAGUNG VON MESSDATEN MITTELS IMSYS
 - 5.2 **ÜBERTRAGUNG VON STEUERBEFEHLEN MITTELS STEUERBOX/CLS-SCHNITTSTELLE**
 - 5.3 NUTZUNG DES SICHEREN DATENKANALS ÜBER DAS SMART METER GATEWAY
 - 5.4 FAZIT ZUM MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR
- 6 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK
- 7 ANHANG

ABBILDUNG 5-4 — IM RAHMEN VON C/SELLS DEFINIERTE SYSTEMLANDSCHAFT DER FLEXIBILITÄTSPLATTFORM



- 1 DIGITALISIERUNG
IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
- 2 RECHTLICHE UND
REGULATORISCHE
GRUNDLAGEN
- 3 TECHNISCHE GRUNDLAGEN
- 4 ROLLOUT-STRATEGIEN
- **5 MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN
INFRASTRUKTUR**
- 5.1 ERFASSUNG UND ÜBERTRAGUNG
VON MESSDATEN MITTELS IMSYS
- 5.2 ÜBERTRAGUNG VON STEUERBE-
FEHLEN MITTELS STEUERBOX/
CLS-SCHNITTSTELLE
- **5.3 NUTZUNG DES SICHEREN
DATENKANALS ÜBER DAS
SMART METER GATEWAY**
- 5.4 FAZIT ZUM MEHRWERT DER
DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR
- 6 ZUSAMMENFASSUNG
UND AUSBLICK
- 7 ANHANG

5.3 NUTZUNG DES SICHEREN DATENKANALS ÜBER DAS SMART METER GATEWAY

Die Übertragung von Energiedaten stellt besondere Anforderungen an die Übertragungssicherheit. Aus diesem Grund besitzt eine Smart-Meter-Infrastruktur hohe Sicherheitsstandards für den Datenkanal. Laut §21 Nr. 4a MsbG muss der SMGW ebenfalls für Anwendungen offen sein, welche nicht zwangsweise energietechnische Relevanz besitzen [81], [82]. Dadurch besteht die Verwendungsmöglichkeit für andere sicherheitsrelevante Dienstleistungen (vgl. **Abbildung 5-5**).

Hardware-Hersteller

Die Verfügbarkeit eines zuverlässigen Datenkanals ermöglicht Herstellern von elektrischen Betriebsmitteln eine Anlagenüberwachung. Dadurch ist es Herstellern und Installateuren von Heizungs-, Klima- und Lüftungsanlagen, PV-Anlagen und Stromspeichern möglich, Anlagendaten auszuwerten und frühzeitig Wartungsmaßnahmen einzuleiten. Dies ermöglicht einen zuverlässigen und sicheren Betrieb.

Immobilienwirtschaft

Im Immobiliensektor bietet die Kommunikationsmöglichkeit mit den Liegenschaften vor allem Vorteile in der Immobilienverwaltung. Mit der entsprechenden Peripherie, wie Sensoren und Kameras, besteht die Möglichkeit einer Abwesenheits- und Leerstandsüberwachung. Einerseits ist die Zustandsüberwachung von Anlagen (z. B. Heizungen) möglich, um unnötiges Heizen zu vermeiden. Andererseits können durch Messungen Leckagen in Versorgungssystemen festgestellt werden. Somit können personalintensive Vor-Ort-Kontrollen ersetzt und durch die Erkennung von Leckagen sowie die gezielte Abschaltung von nicht benötigten Anlagen Energieeinsparungen erreicht werden. Ein weiterer denkbarer Anwendungsfall ist die Anbindung von Rauch- und Warnmeldern über den sicheren Datenkanal mit Einsatzorganisationen. Hierdurch können potenzielle Brände und Einbrüche zuverlässig und frühzeitig erkannt werden.

- 1 DIGITALISIERUNG IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
- 2 RECHTLICHE UND REGULATORISCHE GRUNDLAGEN
- 3 TECHNISCHE GRUNDLAGEN
- 4 ROLLOUT-STRATEGIEN
- **5 MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR**
 - 5.1 ERFASSUNG UND ÜBERTRAGUNG VON MESSDATEN MITTELS IMSYS
 - 5.2 ÜBERTRAGUNG VON STEUERBEFEHLEN MITTELS STEUERBOX/CLS-SCHNITTSTELLE
 - **5.3 NUTZUNG DES SICHEREN DATENKANALS ÜBER DAS SMART METER GATEWAY**
 - 5.4 FAZIT ZUM MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR
- 6 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK
- 7 ANHANG

ABBILDUNG 5.5 — ANWENDUNGSFELDER UND BETEILIGTE AKTEURE BEI DER NUTZUNG UND ÜBERTRAGUNG VON MESSDATEN MITTELS iMSys



- 1 DIGITALISIERUNG
IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
- 2 RECHTLICHE UND
REGULATORISCHE
GRUNDLAGEN
- 3 TECHNISCHE GRUNDLAGEN
- 4 ROLLOUT-STRATEGIEN
- **5 MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN
INFRASTRUKTUR**
- 5.1 ERFASSUNG UND ÜBERTRAGUNG
VON MESSDATEN MITTELS IMSYS
- 5.2 ÜBERTRAGUNG VON STEUERBE-
FEHLEN MITTELS STEUERBOX/
CLS-SCHNITTSTELLE
- 5.3 NUTZUNG DES SICHEREN
DATENKANALS ÜBER DAS
SMART METER GATEWAY
- **5.4 FAZIT ZUM MEHRWERT DER
DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR**
- 6 ZUSAMMENFASSUNG
UND AUSBLICK
- 7 ANHANG

5.4 FAZIT ZUM MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR

Grundsätzlich offeriert die neue Infrastruktur die Basis für vielfältige Anwendungsfälle. Der Mehrwert reicht hier von der Erfassung und Übertragung von Messdaten und Steuerbefehlen bis hin zur Nutzung des sicheren Datenkanals. Davon können prinzipiell alle Akteure wie Netzbetreiber, Aggregatoren, Versorger, Energieberater und auch Komponentenhersteller profitieren.

Die neue Infrastruktur ist in ihrer Ausführung für alle Akteure nutzbar. Dies ist jedoch an die Einhaltung von Datenschutz und IT-Sicherheitsvorgaben geknüpft. Als externer Marktteilnehmer kann demnach zwar jeder auftreten, der lange Prozess z. B. der ISO 27.001-Zertifizierung kann jedoch vor allem für neue Akteure ein Hemmnis darstellen, wenn diese als aktive EMT auftreten wollen. Auch das notwendige Sicherheitskonzept für passive EMT ist zeitaufwendig und kostenintensiv. Akteuren, welche eine Nutzung der Infrastruktur für eigene Prozesse oder Geschäftsmodelle planen, wird daher der frühzeitige Planungsbeginn empfohlen. Auch die dadurch entstehenden Kosten und ggf. Zeitverzögerungen sollten in der Geschäftsmodellentwicklung mitberücksichtigt werden.

Für Energieversorgungsunternehmen bedeutet die Digitalisierung zudem eine Beschleunigung der Innovationszyklen. Das Beispiel „Blockchain-Technologie“ zeigt, dass neue digitale Themen die Branche schnell beeinflussen können. Während im Falle der Blockchain-Technologie neben technischen Restriktionen und rechtlichen Hürden bzgl. gewisser Anwendungsfälle die digitale Infrastruktur noch fehlt, können neue Geschäftsmodelle und Technologien nach dem Smart Meter Rollout großen disruptiven Charakter aufweisen [85]. Es gilt für Akteure der Energiewirtschaft daher noch mehr, innovative Technologien im Blick zu behalten, um deren disruptive Potenziale, Chancen und Risiken frühzeitig zu erkennen.

- 1 DIGITALISIERUNG
IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
- 2 RECHTLICHE UND
REGULATORISCHE
GRUNDLAGEN
- 3 TECHNISCHE GRUNDLAGEN
- 4 ROLLOUT-STRATEGIEN
- **5 MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN
INFRASTRUKTUR**
- 5.1 ERFASSUNG UND ÜBERTRAGUNG
VON MESSDATEN MITTELS IMSYS
- 5.2 ÜBERTRAGUNG VON STEUERBE-
FEHLEN MITTELS STEUERBOX/
CLS-SCHNITTSTELLE
- 5.3 NUTZUNG DES SICHEREN
DATENKANALS ÜBER DAS
SMART METER GATEWAY
- **5.4 FAZIT ZUM MEHRWERT DER
DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR**
- 6 ZUSAMMENFASSUNG
UND AUSBLICK
- 7 ANHANG

IT-Dienstleister

IT-Dienstleister können durch die Möglichkeiten des sicheren und zuverlässigen Übertragungskanals mit einer Schnittstelle zur Gebäude-Elektronik-Mehrwertdienstleistungen ermöglichen. So können Dienstleistungen zur Verbesserung des Alltags von älteren und benachteiligten Person angeboten werden. Beispiele hierfür sind ein Hausnotruf zum Rettungsdienst, Abschaltung von elektrischen Haushaltsgeräten und Sicherheitssysteme gegen Einbruch [83]. Außerdem können prinzipiell Smart-Home-Anwendungen mit hohen Sicherheitsanforderungen die Funktion des SMGW nutzen, um einen sicheren Datenkanal zur Fernsteuerung und Überwachung zu ermöglichen. [84]



WEITERFÜHRENDE LITERATUR

Zayer, Peter:

Auf dem Weg zum Smart Grid: Steuern über das intelligente Messsystem.
Maxdorf: Voltaris GmbH, 2017

Jaekel, Michael:

Die Anatomie digitaler Geschäftsmodelle.
Wiesbaden: Springer Vieweg, 2015

Andreas v. Eichborn et al.:

Weiterentwicklung von Vertriebs-Produkten – Mehrwertdienste, Digitalisierung und Co. München: Advisory House, 2017

Alexander Bogensperger, Andreas Zeiselmaier et al.:

Die Blockchain-Technologie – Chance zur Transformation der Energieversorgung? Berichtsteil Technologiebeschreibung. München, Forschungsstelle für Energiewirtschaft, 2018

Bogensperger, Alexander; Zeiselmaier et al.:

Die Blockchain-Technologie - Chance zur Transformation der Energiewirtschaft? - Berichtsteil: Anwendungsfälle. München: Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V., 2018.

Löbbe, Sabine et al.:

Geschäftsmodelle in der Energiewirtschaft: Ein Kompendium von der Methodik bis zur Anwendung. Reutlingen: Hochschule Reutlingen, 2017

Haller Stephan:

Vom Versorger zum Umsorger – Smarte Geschäftsmodelle über das Thema Energie hinaus. Düsseldorf: Horváth & Partners, 2015

- 1 DIGITALISIERUNG
IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
- 2 RECHTLICHE UND
REGULATORISCHE
GRUNDLAGEN
- 3 TECHNISCHE GRUNDLAGEN
- 4 ROLLOUT-STRATEGIEN
- 5 MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN
INFRASTRUKTUR
- **6 ZUSAMMENFASSUNG
UND AUSBLICK**
- 7 ANHANG

6

ZUSAMMEN- FASSUNG UND AUSBLICK

1	DIGITALISIERUNG IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
2	RECHTLICHE UND REGULATORISCHE GRUNDLAGEN
3	TECHNISCHE GRUNDLAGEN
4	ROLLOUT-STRATEGIEN
5	MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR
● 6	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK
7	ANHANG

Der vorliegende Leitfaden zeigt die verschiedenen Facetten des von der EU im Jahr 2009 angestoßenen Smart Meter Rollouts. Dabei erhalten perspektivisch alle Letztverbraucher mME, welche den bisher verbauten Ferrariszähler ersetzen. Diese Zähler sind jedoch erst mittels eines SMGW in der Lage, nach außen zu kommunizieren und somit Teil der vernetzten Infrastruktur zu werden. Der verpflichtende Einbau von iMSys betrifft vor allem Letztverbraucher mit einem Jahresstromverbrauch von über 6.000 kWh, Letztverbraucher, die § 14a EnWG nutzen, und Erzeugungs-Anlagenbetreiber (EEG oder KWK) mit einer installierten Leistung über 7 kW. Insgesamt gaben 892 Netzbetreiber an, voraussichtlich 6,5 Millionen Pflichteinbaufälle ausstatten zu wollen. Die iMSys können über drei mögliche Schnittstellen kommunizieren:

- Das Local Metrological Network (LMN) dient der Kommunikation zwischen dem SMGW und den angebundenen modernen Messeinrichtungen.
- Das Wide Area Network (WAN) ist über Kommunikationswege wie Mobilfunknetze (vgl. LTE, GPRS), Breitband-Powerline oder Ethernet in der Lage, an berechnete Akteure ausgewählte und nach BSI-Schutzprofil verschlüsselte Daten zu schicken oder Steuerbefehle an CLS-fähige Geräte zu übertragen.
- Über das Home Area Network (HAN) können Endgeräte von Letztverbrauchern lokal angebunden werden und so beispielsweise Verbrauchsdaten visualisiert werden.

Da die von den modernen Messeinrichtungen erhobenen Daten größtenteils personenbezogen sind, wurden hohe Sicherheitsstandards durch das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik entwickelt, welche eine PKI zur verschlüsselten Übermittlung der Daten zwischen autorisierten Parteien bereitstellt. Eine Fernabschaltung der Zähler ist nicht möglich, da die dafür notwendige Hardware nicht verbaut ist. Aufgrund der hohen Anforderungen an eine sichere Verschlüsselung ist ein Auslesen der Daten über das WAN nur für befugte Dritte möglich.

1	DIGITALISIERUNG IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
2	RECHTLICHE UND REGULATORISCHE GRUNDLAGEN
3	TECHNISCHE GRUNDLAGEN
4	ROLLOUT-STRATEGIEN
5	MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR
● 6	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK
7	ANHANG

Während das Messwesen bisher über die VNB und deren Erlösobergrenze im Kontext der Anreizregulierung abgewickelt und auf die Netzentgelte umgelegt wurde, entsteht im Rahmen des Smart Meter Rollouts die neue Rolle des gMSB. Dieser ist analog zu bisherigen Entflechtungsrichtlinien von anderen Teilen der Wertschöpfungskette zu trennen und wird mittels POG reguliert. Fast alle VNB in Deutschland haben fristgerecht eine Übernahme des grundzuständigen Messstellenbetriebs angezeigt. Lediglich sieben entschieden sich dagegen.

Um den Rollout durchzuführen, sind unternehmensindividuelle Strategien erforderlich. Diese berücksichtigen eine Reihe von Randbedingungen, um diesen möglichst kosten- und ressourcenoptimal durchführen zu können. Diese umfassen wirtschaftliche, strategische und technische Einflussgrößen, wie in Kapitel 4.1 erläutert.

Die auszurollende Infrastruktur bietet Potenziale für neue Geschäftsmodelle, Mehrwertdienstleistungen oder Informationsgewinne für alle Akteure entlang der Wertschöpfungskette, wie sie in Kapitel 5.1 dargestellt sind.

Die Mehrwerte dieser Infrastruktur und ihrer Erfassung von Messwerten bestehen aus:

- Detaillierter Visualisierung des Verbrauchs,
- Mehrspartenmessungen,
- Plausibilisierung und Ersatzwertbildung der Messungen,
- individuelle und preisvariable Tarife,
- Energie- und Energiekosteneinsparungen durch (freiwillige) Energieberatung,
- Nachbildung des Netzzustands auch in der Niederspannung.

Durch das Schalten einzelner Anlagen kann zudem ein Netzengpass gezielter gelöst werden.

1	DIGITALISIERUNG IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
2	RECHTLICHE UND REGULATORISCHE GRUNDLAGEN
3	TECHNISCHE GRUNDLAGEN
4	ROLLOUT-STRATEGIEN
5	MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR
● 6	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK
7	ANHANG

Laut §21 Nr. 4a MsbG muss der SMGW ebenfalls für Anwendungen offen sein, welche nicht notwendigerweise energietechnische Relevanz besitzen **[81]**, **[82]**. Dadurch besteht die Verwendungsmöglichkeit für andere sicherheitsrelevante Dienstleistungen wie beispielsweise die Fernüberwachung und -wartung, Immobilienverwaltung oder Smart-Home-Pakete.

Abschließend lässt sich konstatieren, dass die neue Infrastruktur aufgrund ihrer hohen Sicherheit und teils fehlender Prozesse bzgl. des Rollouts einige Verzögerungen hinzunehmen hat. So wird die Zertifizierung dreier unabhängiger Produkte deutlich später abgeschlossen sein als von vielen ursprünglich erwartet.

Nichtsdestotrotz ist der Rollout – wenngleich verspätet – nicht mehr aufzuhalten, da dessen Ziele klar in europäischem und nationalem Recht verankert sind. Ob und in welcher Form der aus der Infrastruktur entstehende Mehrwert praxisnahe und häufig genutzte Anwendungen nach sich ziehen wird, entscheidet sich in den nächsten Jahren. Das Projekt C/sells hat dahingehend die Aufgabe, sich mit praxisnahen Lösungen für die digitale Infrastruktur zu beschäftigen. Diese umfassen unter anderem neue Geschäftsmodelle, die Überarbeitung von Regularien und Energierecht, die Erschließung und Steuerung von Flexibilität zur Lösung von Netzengpässen sowie die Kommunikation und Abstimmung zwischen Stakeholdern in Markt und Netz. Dies erfolgt mit dem Ziel, Blaupausen zu entwickeln, welche eine partizipative, zelluläre und vielfältige Mitgestaltung an der Energiewende ermöglichen.

- 1 DIGITALISIERUNG
IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
- 2 RECHTLICHE UND
REGULATORISCHE
GRUNDLAGEN
- 3 TECHNISCHE GRUNDLAGEN
- 4 ROLLOUT-STRATEGIEN
- 5 MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN
INFRASTRUKTUR
- 6 ZUSAMMENFASSUNG
UND AUSBLICK
- **7 ANHANG**
- 7.1 GLOSSAR
- 7.2 LITERATURVERZEICHNIS
- 7.3 IMPRESSUM

7

ANHANG

- 1 DIGITALISIERUNG
IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
- 2 RECHTLICHE UND
REGULATORISCHE
GRUNDLAGEN
- 3 TECHNISCHE GRUNDLAGEN
- 4 ROLLOUT-STRATEGIEN
- 5 MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN
INFRASTRUKTUR
- 6 ZUSAMMENFASSUNG
UND AUSBLICK
- **7 ANHANG**
- **7.1 GLOSSAR**
- 7.2 LITERATURVERZEICHNIS
- 7.3 IMPRESSUM

7.1 GLOSSAR

BSI	Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik
CLS	Controllable Local System
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EMT	Externer Marktteilnehmer
EnWG	Energiewirtschaftsgesetz
GDEW	Gesetz zur Digitalisierung der Energiewende
GWA	Gateway Administrator
HAN	Home Area Network
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologie
iMSys	intelligentes Messsystem
ISO	International Organization for Standardization
KWKG	Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz
LMN	Local Metrological Network
LTE	Long-Term-Evolution
mME	moderne Messeinrichtung

1	DIGITALISIERUNG IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
2	RECHTLICHE UND REGULATORISCHE GRUNDLAGEN
3	TECHNISCHE GRUNDLAGEN
4	ROLLOUT-STRATEGIEN
5	MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR
6	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK
● 7	ANHANG
● 7.1	GLOSSAR
7.2	LITERATURVERZEICHNIS
7.3	IMPRESSUM

MSB	Messstellenbetreiber
gMSB	grundzuständiger Messstellenbetreiber
wMSB	wettbewerblicher Messstellenbetreiber
MsbG	Messstellenbetriebsgesetz
MSM	Messen-Schalten-Messen
PKI	Public-Key-Infrastruktur
PLC	Powerline (Programmable logic controller)
BB-PLC	Breitband-Powerline
NB-PLC	Schmalband-Powerline
POG	Preisobergrenze
SMGW	Smart Meter Gateway
StromNEV	Stromnetzentgeltverordnung
TAF	Tarifanwendungsfall
TLS	Transport Layer Security
VNB	Verteilnetzbetreiber
ÜNB	Übertragungsnetzbetreiber
WAN	Wide Area Network

1	DIGITALISIERUNG IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
2	RECHTLICHE UND REGULATORISCHE GRUNDLAGEN
3	TECHNISCHE GRUNDLAGEN
4	ROLLOUT-STRATEGIEN
5	MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR
6	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK
● 7	ANHANG
7.1	GLOSSAR
● 7.2	LITERATURVERZEICHNIS
7.3	IMPRESSUM

7.2 LITERATURVERZEICHNIS

- [1]** Monitoring-Report Wirtschaft DIGITAL 2017. Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), 2017.

- [2]** Deutsche pro Woche fünf Stunden länger im Netz als im Büro. In: https://www.postbank.de/postbank/pr_presseinformation_2018_06_18_deutsche_pro_woche_fuenf_stunden_laenger_im_netz_als_im_buero.html (Abruf am 2018-11-07); Bonn: Postbank, 2018.

- [3]** Weissenberger-Eibl, Marion et al.: Innovations Indikator. Berlin: acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e. V., 2017.

- [4]** Köppl, Simon; Estermann, Thomas; Zeiselmaier, Andreas: Laufendes Projekt: C/sells – Großflächiges Schaufenster im Solarbogen Süddeutschlands in: www.ffe.de/csells. München: Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V. (FFE), 2017.

- [5]** RICHTLINIE 2009/72/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES – über gemeinsame Vorschriften für den Elektrizitätsbinnenmarkt und zur Aufhebung der Richtlinie 2003/54/EG. Brüssel: Europäische Union, 2009.

- [6]** Kosten-Nutzen-Analyse für einen flächendeckenden Einsatz intelligenter Zähler – Endbericht zur Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie. Stuttgart: Ernst & Young GmbH, 2013.

- [7]** Gesetz zur Digitalisierung der Energiewende. Berlin: Bundesregierung, 2016.

- 1 DIGITALISIERUNG
IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
- 2 RECHTLICHE UND
REGULATORISCHE
GRUNDLAGEN
- 3 TECHNISCHE GRUNDLAGEN
- 4 ROLLOUT-STRATEGIEN
- 5 MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN
INFRASTRUKTUR
- 6 ZUSAMMENFASSUNG
UND AUSBLICK
- **7 ANHANG**
- 7.1 GLOSSAR
- **7.2 LITERATURVERZEICHNIS**
- 7.3 IMPRESSUM

- [8]** Bundesamt für Sicherheit und Informationstechnik: Zertifizierte Produkte – Intelligente Messsysteme . In: https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/DigitaleGesellschaft/SmartMeter/SmartMeterGateway/Zertifikate24Msbg/zertifikate24MsbG_node.html (Abruf am 2018-02-06); (Archived by Web-Cite® at <http://www.webcitation.org/6x1gZRSSB>); Bonn: Bundesamt für Sicherheit und Informationstechnik, 2018.
- [9]** Energate GmbH: Smart Meter Rollout – BDEW rechnet erst 2019 mit Markterklärung. In: <https://www.energate-messenger.de/news/184480/bdew-rechnet-erst-2019-mit-markterklaerung> (Abruf am 2018-11-11); Berlin: Energate GmbH, 2018.
- [10]** Deutscher Bundestag: Beschlussempfehlung zu dem Gesetzentwurf zur Digitalisierung der Energiewende. Berlin: Bundesregierung, 2016.
- [11]** Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena): Energiespartipps für Haushaltsgeräte. In: https://stromeffizienz.de/fileadmin/user_upload/leePH/02_Dateien/_Initiative_EnergieEffizienz/20151203-IEE-energiespartipps-fuer-haushaltsgeraete.pdf (Abruf am 2018-10-08); Berlin: Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), 2017.
- [12]** Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena): Energiespartipps für TV, PC & Co. In: https://stromeffizienz.de/fileadmin/user_upload/leePH/02_Dateien/_Initiative_EnergieEffizienz/20151203-IEE-energiespartipps-fuer-tv-pc-co.pdf (Abruf am 2018-11-08); Berlin: Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), 2017.
- [13]** Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung (Energiewirtschaftsgesetz – EnWG) (EnWG). Ausgefertigt am 2005-07-07, Version vom 2017-08-31; Berlin: Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz, 2017.

1	DIGITALISIERUNG IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
2	RECHTLICHE UND REGULATORISCHE GRUNDLAGEN
3	TECHNISCHE GRUNDLAGEN
4	ROLLOUT-STRATEGIEN
5	MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR
6	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK
● 7	ANHANG
7.1	GLOSSAR
● 7.2	LITERATURVERZEICHNIS
7.3	IMPRESSUM

- [14]** Entflechtung und Regulierung in der deutschen Energiewirtschaft – Praxishandbuch zum Energiewirtschaftsgesetz. München: Pricewaterhouse Coopers, 2008.
- [15]** Evaluierungsbericht nach §33 Anreizregulierungsverordnung – Bericht der Bundesnetzagentur für das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie zur Evaluierung der Anreizregulierung, insbesondere zum Investitionsverhalten der Netzbetreiber, mit Vorschlägen zur weiteren Ausgestaltung. Bonn: Bundesnetzagentur, 2015.
- [16]** Gemeinsame Auslegungsgrundsätze der Regulierungsbehörden des Bundes und der Länder zu entflechtungsrechtlichen Fragen im Zusammenhang mit dem Messstellenbetrieb. Bonn: Bundesnetzagentur (BNetzA), 2017.
- [17]** Bundesnetzagentur: Anzeige der Wahrnehmung des Messstellenbetriebs. In: <https://www.bundesnetzagentur.de/> (Abruf am 2018-05-01); (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/6z8CGYDKC>); Bonn: Bundesnetzagentur (BNetzA), 2017.
- [18]** Gesetz über den Messstellenbetrieb und die Datenkommunikation in intelligenten Energienetzen (Messstellenbetriebsgesetz – MsbG) – ausgefertigt am 29.08.2016, zuletzt geändert am 22.12.2016. Berlin: Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz, 2016.
- [19]** Wolf, Steven: Messstellenbetrieb im Wandel. In: <http://www.meterpan.de/blog/messstellenbetrieb-im-wandel/> (Abruf am 2018-04-27); (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/6zlo7Sobm>); Norderstedt: MeterPan GmbH, 2017.
- [20]** Einführung von Smart Meter in Deutschland – Analyse von Rolloutszenarien und ihrer regulatorischen Implikationen. Berlin: Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), 2014.

1	DIGITALISIERUNG IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
2	RECHTLICHE UND REGULATORISCHE GRUNDLAGEN
3	TECHNISCHE GRUNDLAGEN
4	ROLLOUT-STRATEGIEN
5	MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR
6	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK
● 7	ANHANG
7.1	GLOSSAR
● 7.2	LITERATURVERZEICHNIS
7.3	IMPRESSUM

- [21]** LD DIDACTIC: Demonstration der Funktionsweise eines Wechselstromzählers. In: Handblätter Physik P3.4.4.2. Hürth: LD DIDACTIC GmbH, 2012.
- [22]** Ajenikoko, Ganiyu A. et al.: Hardware Design of a Smart Meter. Ogbomoso: Ladoke Akintola University of Technology, 2014.
- [23]** Technische Richtlinie BSI TR-03109-1 – Anforderungen an die Interoperabilität der Kommunikationseinheit eines intelligenten Messsystems. Bonn: Bundesamt für Sicherheit und Informationstechnik, 2013.
- [24]** Estermann, Thomas et al.: Steuerbox im Feldversuch – Umsetzung von Schalthandlungen mit der zukünftigen Smart-Grid-Infrastruktur bestehend aus intelligentem Messsystem und Steuerbox. München: Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V., 2018.
- [25]** FNN-Hinweis: Lastenheft Logmeldungen zur Einbindung von SMGw-G1-Geräten. Berlin: Forum Netztechnik/Netzbetrieb im VDE (FNN), 2016.
- [26]** TR-03109-6 – Smart Meter Gateway Administration. Bonn: BSI, 2014.
- [27]** Richter, Thomas: Entwicklung einer Bewertungsmethodik für Rollout-Strategien von intelligenten Messsystemen in der digitalisierten Energiewirtschaft. Masterarbeit. Herausgegeben durch Hochschule Ansbach, betreut durch Forschungsstelle für Energiewirtschaft: Ansbach, 2017.
- [28]** TÜV Rheinland: Aktuelle Breitbandverfügbarkeit in Deutschland (Stand Mitte 2018). Berlin: Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), 2018.
- [29]** Statista GmbH: Buffering: Die Deutschen laden länger. In: https://de.statista.com/infografik/10725/buffering_-die-deutschen-laden-laenger/ (Abruf am 2018-11-07); Hamburg: Statista GmbH, Statista GmbH, 2017.

1	DIGITALISIERUNG IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
2	RECHTLICHE UND REGULATORISCHE GRUNDLAGEN
3	TECHNISCHE GRUNDLAGEN
4	ROLLOUT-STRATEGIEN
5	MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR
6	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK
● 7	ANHANG
7.1	GLOSSAR
● 7.2	LITERATURVERZEICHNIS
7.3	IMPRESSUM

- [30]** Technische Richtlinie BSI TR-03109. Bonn: Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI), 2015.
- [31]** Technische Richtlinie BSI TR-03109-2 – Anhang B: Smart Meter Mini-HSM – Anforderungen an die Funktionalität und Interoperabilität des Sicherheitsmoduls. Bonn: Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI), 2017.
- [32]** BSI – Technische Richtlinie – Kryptografische Verfahren: Empfehlungen und Schlüssellängen (BSI TR-02102-1). Bonn: Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI), 2018.
- [33]** Das Smart Meter Gateway – Cyber-Sicherheit für die Digitalisierung der Energiewende (BSI-Bro18/332). Bonn: Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI), 2018.
- [34]** Kallert, Jeannine: Smart Meter Gatewayadministration für große Energieversorger. In: ew – Das Magazin für die Energie Wirtschaft 09/2017. Offenbach am Main: EW Medien und Kongresse GmbH, 2017.
- [35]** Greis, Friedhelm: Bundestag verordnet allen Haushalten moderne Stromzähler. In: <https://www.golem.de/news/smart-meter-bundestag-verordnet-allen-haushalten-moderne-stromzaehler-1606-121718.html> (Abruf am 2018-04-27); (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/6zIsmDxj>); Berlin: Golem Media GmbH, 2016.
- [36]** Managing Cyber Risks – The road to resilience. London, UK: World Energy Council, 2016.
- [37]** Styczynski, Jake: When the Lights Went Out – A Comprehensive Review of the 2015 Attacks on Ukrainian Critical Infrastructure. McLean, Virginia: Booz Allen Hamilton, 2016.

1	DIGITALISIERUNG IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
2	RECHTLICHE UND REGULATORISCHE GRUNDLAGEN
3	TECHNISCHE GRUNDLAGEN
4	ROLLOUT-STRATEGIEN
5	MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR
6	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK
● 7	ANHANG
7.1	GLOSSAR
● 7.2	LITERATURVERZEICHNIS
7.3	IMPRESSUM

- [38]** Thiel, Florian: Smart Meter: Vergleichende Studie zu Verbrauchsabrechnungsverfahren. Berlin: Physikalisch Technische Bundesanstalt, 2011.
- [39]** BSI-Standard 100-2 – IT-Grundschutz-Vorgehensweise. Bonn: Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI), 2008.
- [40]** Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI): Zertifizierung nach ISO 27001 auf der Basis von IT-Grundschutz – Zertifizierungsschema, Version 1. 2. Bonn: Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI), 2014.
- [41]** Walter, Klaus-Dieter: Smart-Meter-Kommunikation: sicher, aber funktionsüberladen. Hannover: SSV Software Systems GmbH, 2012.
- [42]** FNN-Hinweis – FNN-Basiszähler Moderne Messeinrichtung. Berlin: Forum Netztechnik/Netzbetrieb im VDE (FNN), 2017.
- [43]** Bundesdatenschutzgesetz (BDSG). Ausgefertigt am 1990-12-20, Version vom 2017-10-31; Berlin: Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz, 2017.
- [44]** FNN-Hinweis – FNN Lastenheft Basiszähler Funktionen. Berlin: Forum Netztechnik/Netzbetrieb im VDE (FNN), 2017.
- [45]** Statista GmbH: Vergleich der Marktanteile von Android und iOS am Absatz von Smartphones in Deutschland von Januar 2012 bis September 2018. In: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/256790/umfrage/marktanteile-von-android-und-ios-am-smartphone-absatz-in-deutschland/> (Abruf am 2018-11-05); Hamburg: Statista GmbH, 2018.

1	DIGITALISIERUNG IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
2	RECHTLICHE UND REGULATORISCHE GRUNDLAGEN
3	TECHNISCHE GRUNDLAGEN
4	ROLLOUT-STRATEGIEN
5	MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR
6	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK
● 7	ANHANG
7.1	GLOSSAR
● 7.2	LITERATURVERZEICHNIS
7.3	IMPRESSUM

- [46]** Proschofsky, Andreas: Google sammelte im Geheimen Ortsdaten von Android-Nutzern. In: <https://derstandard.at/2000068262595/Google-sammelte-im-Geheimen-Ortsdaten-von-Android-Nutzern> (Abruf am 2018-11-12); Wien: STANDARD Verlagsgesellschaft m.b.H., 2017.
- [47]** Cambridge-Analytica-Datenskandal: Britische Datenschützer verhängen Höchststrafe gegen Facebook. In: <https://www.zeit.de/digital/datenschutz/2018-10/cambridge-analytica-datenskandal-facebook-geldstrafe>. (Abruf am 2018-11-07); (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/73rxxO6Hw>); Hamburg: ZEIT ONLINE GmbH, 2018.
- [48]** Verordnung zur Bestimmung Kritischer Infrastrukturen nach dem BSI-Gesetz (BSI-Kritisverordnung – BSI-KritisV). Bonn: Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI), 2016.
- [49]** Stobbe, Lutz et al.: Entwicklung des IKT-bedingten Strombedarfs in Deutschland. Berlin: Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration (IZM), 2015.
- [50]** Dutch Smart Meter Requirements (DSMR V 4.0.7). Ausgefertigt am 2014-03-14, Version vom 2014-03-14; Den Haag: Netbeheer Nederland – WG DSMR, 2014.
- [51]** Dönhoff, Benedikt: Bewertung der Auswirkungen einer digitalisierten Stromnetzinfrastruktur auf die Nachhaltigkeit des Energiesystems mit Fokus auf Verteilnetzebene und Haushalte – Impact assessment of a digitalized electrical grid infrastructure in regard to the sustainability of the energy system focusing on distributing system level and households. Masterarbeit. Herausgegeben durch die Technische Universität München – Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Anwendungstechnik, betreut durch die Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V.: München, 2017.

1	DIGITALISIERUNG IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
2	RECHTLICHE UND REGULATORISCHE GRUNDLAGEN
3	TECHNISCHE GRUNDLAGEN
4	ROLLOUT-STRATEGIEN
5	MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR
6	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK
● 7	ANHANG
7.1	GLOSSAR
● 7.2	LITERATURVERZEICHNIS
7.3	IMPRESSUM

- [52]** Energiesparen im Haushalt. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt, 2013.
- [53]** Preisel, Michael et al.: SMART METERING consumption – Eigenverbrauch von Stromzählern. In: Berichte aus Energie- und Umweltforschung 44/2012. Wien: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVT), 2012.
- [54]** Santarius, Tilman: Der Rebound-Effekt – Ökonomische, psychische und soziale Herausforderungen für die Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Energieverbrauch. Marburg: Metropolis-Verlag für Ökonomie, Gesellschaft und Politik GmbH, 2015.
- [55]** Horner, Nathaniel C. et al.: Known unknowns: indirect energy effects of information and communication technology. Philadelphia: IOP Publishing Ltd, 2016.
- [56]** EHA Energie-Handels-Gesellschaft mbH & Co. KG: Smart Meter Pflicht – Rollout für den 31. Januar 2019 erwartet. In: <https://www.eha.net/blog/details/smart-meter-rollout-aktueller-stand.html> (Abruf am 2018-11-09); Hamburg: EHA Energie-Handels-Gesellschaft mbH & Co. KG, 2018.
- [57]** Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik – BSI: Das Smart Meter Gateway: Cyber-Sicherheit für die Digitalisierung der Energiewende. Bonn: Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik – BSI, 2018.
- [58]** Monitoringbericht 2017 – Monitoringbericht gemäß § 63 Abs. 3 i. V. m. § 35 EnWG und § 48 Abs. 3 i. V. m. § 53 Abs. 3 GWB. Bonn: Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (BNetzA), 2017.
- [59]** Doleski, Oliver D.: Herausforderung Utility 4.0 – Wie sich die Energiewirtschaft im Zeitalter der Digitalisierung verändert. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2017.

1	DIGITALISIERUNG IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
2	RECHTLICHE UND REGULATORISCHE GRUNDLAGEN
3	TECHNISCHE GRUNDLAGEN
4	ROLLOUT-STRATEGIEN
5	MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR
6	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK
● 7	ANHANG
7.1	GLOSSAR
● 7.2	LITERATURVERZEICHNIS
7.3	IMPRESSUM

- [60]** Zeller, Michael: Analyse und Simulation von Geschäftsmodellen für Elektrizitätsvertriebsunternehmen – Untersuchungen für die Implementierung von Smart Metern. Berlin: Universitätsverlag der TU Berlin, 2014
- [61]** Hinterstocker, Michael; von Roon, Serafin: Bewertung des langfristigen Einsparpotenzials durch Smart Meter und begleitende Energieberatung in Haushalten. In: EnInnov 2016. Graz, 2016
- [62]** Hinterstocker, Michael et al.: Evaluation of the effects of time-of-use pricing for private households based on measured load data. In: 14th International Conference on the European Energy Market; Dresden: Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft mbH, 2017.
- [63]** Hinterstocker, Michael et al.: Implementation of variable retail electricity rates in the german system of taxes, fees and levies. In: 15th IAEE European Conference 2017; Vienna: FfE GmbH, 2017.
- [64]** Hinterstocker, Michael: Dynamic Pricing Approaches for Electricity Rate Design. In: 17th Revenue Management and Pricing Conference; Amsterdam: Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft mbH, 2017.
- [65]** Müller, Lothar: Mehrwert-Dienstleistungen mit intelligenten Messsystemen. In: <http://www.themen-magazin.de/artikel/mehrwert-dienstleistungen-mit-intelligenten-messsystemen/> (Abruf am 2018-01-16); (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/6whtfb9Mq>); Leipzig: DynamiK2000 Wirtschaftsmedien, 2017.
- [66]** Koepp, Marcus et al.: Mieterstrom – Rechtliche Einordnung, Organisationsformen, Potenziale und Wirtschaftlichkeit von Mieterstrommodellen (MSM). Berlin: Prognos AG, 2017.

1	DIGITALISIERUNG IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
2	RECHTLICHE UND REGULATORISCHE GRUNDLAGEN
3	TECHNISCHE GRUNDLAGEN
4	ROLLOUT-STRATEGIEN
5	MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR
6	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK
● 7	ANHANG
7.1	GLOSSAR
● 7.2	LITERATURVERZEICHNIS
7.3	IMPRESSUM

- [67]** Schnelte, André et al.: Einführender Vortrag ins das Thema Mieterstrom. In: InnovationCity roll out – Zweites Netzwerktreffen; Ruhr: PricewaterhouseCoopers (PwC), 2017.
- [68]** Tschamber, Carsten et al.: Leitfaden Mieterstrom. Stuttgart: Solar Cluster Baden-Württemberg e. V., 2017.
- [69]** Sasch, Christina: Mieterstrom – Häufig gestellte Fragen zum Mieterstrom. In: <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/FAQ/Mieterstrom/faq-mieterstrom.html> (Abruf am 2018-03-08); (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/6xIBazGEo>); Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2017.
- [70]** Bergner, Joseph et al.: Summenzähler schlägt Smart Meter – Mieterstrom. In: pv magazin Juni 2017. Berlin: pv magazine group GmbH & Co. KG, 2017.
- [71]** Hinterstocker, Michael M; von Roon, Serafin; Berner, David; Bruce-Boye, Cecil: Influences of time resolution and recording period of energy consumption on the assessment of photovoltaic battery systems. München/Lübeck: Wissenschaftszentrum für intelligente Energienutzung, 2015
- [72]** Smart Meter Rollout – Branchenleitfaden für Stadtwerke und Netzbetreiber. Oktober 2016. Köln: 50,2-Verlag, 2016. ISSN: 2199-4102.
- [73]** Verordnung über die Entgelte für den Zugang zu Elektrizitätsversorgungsnetzen (Stromnetzentgeltverordnung – StromNEV). Ausgefertigt am 2005-07-25, Version vom 2017-07-17; Bonn: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2017.

1	DIGITALISIERUNG IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
2	RECHTLICHE UND REGULATORISCHE GRUNDLAGEN
3	TECHNISCHE GRUNDLAGEN
4	ROLLOUT-STRATEGIEN
5	MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR
6	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK
● 7	ANHANG
7.1	GLOSSAR
● 7.2	LITERATURVERZEICHNIS
7.3	IMPRESSUM

- [74]** Hinterstocker, Michael et al.: Bewertung der aktuellen Standardlastprofile Österreichs und Analyse zukünftiger Anpassungsmöglichkeiten im Strommarkt. In: 13. Symposium Energieinnovation; Graz: Technische Universität Graz, 2014.
- [75]** Hinterstocker, Michael; Salvamoser, Simon; von Roon, Serafin; Berner, David; Staats, Joachim; Bruce-Boye, Cecil: Dynamische Korrektur der Lastprognose von Haushaltskunden mittels kurzzyklischer Smart-Meter-Daten in: IEWT 2015 – 9 . Internationale Energiewirtschaftstagung Wien. Wien: TU Wien, 2015
- [76]** Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energiengesetz – EEG 2017). Berlin: Bundesregierung Deutschland, 2017
- [77]** FNN-Konzept zum koordinierten Steuerzugriff in der Niederspannung über das intelligente Messsystem. Ausgefertigt am 2018-05-17; Berlin: VDE FNN, 2018.
- [78]** Monitoringbericht 2017. Bonn: Bundesnetzagentur, 2017.
- [79]** Ahrens, Karsten: Contracting wird „smart“. In: Vfw Jahrbuch Energielieferung 2013/2014. Han: Vfw Verband für Wärmelieferung e. V., 2014.
- [80]** VDE: Kaskadierung von Maßnahmen für die Systemsicherheit von elektrischen Energieversorgungsnetzen – VDE-AR-N 4140. Berlin: VDE VERLAG GMBH, 2017
- [81]** Schönberg, Ingo: Das CLS-Ökosystem – Mehrwerte des Smart Meter Gateways. In: <https://www.ppc-ag.de/intelligentes-messsystem/cls-oekosystem/> (Abruf am 2018-03-08); (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/6xlQ4eJCe>); Mannheim: Power Plus Communications AG, 2018.

1	DIGITALISIERUNG IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
2	RECHTLICHE UND REGULATORISCHE GRUNDLAGEN
3	TECHNISCHE GRUNDLAGEN
4	ROLLOUT-STRATEGIEN
5	MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN INFRASTRUKTUR
6	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK
● 7	ANHANG
7.1	GLOSSAR
● 7.2	LITERATURVERZEICHNIS
7.3	IMPRESSUM

[82] BWK (Ausgabe 07/08 2017) – Das Energie-Fachmagazin. Düsseldorf: Verein Deutscher Ingenieure (VDI), 2017. ISSN 1618-193X

[83] Kreutzer: Mehrwert-Dienstleistungen auf Basis intelligenter Messsysteme In: <http://www.kreutzer-consulting.com/energy-services/energy-news/energy-blog/energy-blog-beitrag/mehrwertdienstleistungen-auf-basis-intelligenter-messsysteme.html> (Abruf am 2018-01-23); München: Kreutzer Consulting GmbH, 2017.

[84] EEG-Anlagenstammdaten 03/2018 – (außer PV-Gebäudeanlagen): https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen_Institutionen/ErneuerbareEnergien/Zahlen-DatenInformationen/VOeFF_Registerdaten/2018_03_Veroeff_RegDaten.xlsx?jsessionid=EBC51214CA890FC8837536371D26B8CD?__blob=publicationFile&v=4; Berlin: Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (BNetzA), 2018 (überarbeitet: 2018).

[84] Wulff, Fiete: Moderne Messeinrichtungen und intelligente Messsysteme. In: https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Verbraucher/NetzanschlussUndMessung/SmartMetering/SmartMeter_node.html (Abruf am 2018-03-09); (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/6xmh07MAV>); Bonn: Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen, 2018.

[85] Bogensperger, Alexander; Zeiselmaier, Andreas, Hinterstocker, Michael: Die Blockchain-Technologie – Chance zur Transformation der Energieversorgung? – Berichtsteil Technologiebeschreibung. München: Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V. (FfE), 2018.

- 1 DIGITALISIERUNG
IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT
- 2 RECHTLICHE UND
REGULATORISCHE
GRUNDLAGEN
- 3 TECHNISCHE GRUNDLAGEN
- 4 ROLLOUT-STRATEGIEN
- 5 MEHRWERT DER DIGITALISIERTEN
INFRASTRUKTUR
- 6 ZUSAMMENFASSUNG
UND AUSBLICK
- **7 ANHANG**
- 7.1 GLOSSAR
- 7.2 LITERATURVERZEICHNIS
- **7.3 IMPRESSUM**

7.3 IMPRESSUM

Auftraggeber: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)

FfE-Auftragsnummer: BMWI-39-6

Bearbeiter/in: Alexander Bogensperger, Thomas Estermann, Florian Samweber,
Simon Köppl, Mathias Müller, Andreas Zeiselmaier, Daniela Wohlschlager

Fertigstellung: 10. Dezember 2018

Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V. (FfE)

zum Projekt: C/sells

Das Projekt C/sells schafft in der Modellregion Süddeutschlands die Blaupause für das Energiesystem von morgen. In den drei Bundesländer Bayern, Baden-Württemberg und Hessen setzt C/sells mit über 50 Partnern aus Wirtschaft und Forschung eine intelligente, dezentrale Versorgung basierend auf erneuerbaren Energien um. C/sells demonstriert vielfältige Lösungsalternativen – konkret, vor Ort, unfassbar und massenfähig.

Kontakt:

Am Blütenanger 71
80995 München
Tel.: +49 (0) 89 158121-0
Fax: +49 (0) 89 158121-10
E-Mail: info@ffe.de
Internet: www.ffe.de

Wissenschaftlicher Leiter:

Prof. Dr.-Ing. U. Wagner

Geschäftsführer:

Prof. Dr.-Ing. W. Mauch

Projekt-Manager:

Dr.-Ing. Dipl.-Phys. R. Corradini

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

Förderkennzeichen: 03SIN121

Bericht © FfE, Dezember 2018

