

TECHNISCHE HOCHSCHULE INGOLSTADT  
FAKULTÄT MASCHINENBAU  
ENERGIETECHNIK UND ERNEUERBARE ENERGIEN

**BACHELORARBEIT**

„Der digitalisierte Bauernhof im  
Energieversorgungssystem der Zukunft – Technische  
Herausforderungen und Lösungsansätze für den Ein-  
und Umbau von intelligenten Messsystemen auf  
landwirtschaftlichen Betrieben“

**Vor- und Zuname:** Alexander Thomas Dieter Richard Dürr

**ausgegeben am:** 12.01.2021

**abgegeben am:** 25.01.2021

**Erstprüfer:** Prof. Dr.-Ing. Wilfried Zörner

**Zweitprüfer:** Prof. Dr. Markus Goldbrunner

## **Eidesstattliche Erklärung**

Ich, Alexander Thomas Dieter Richard Dürr, bestätige hiermit, dass die vorliegende Arbeit selbständig verfasst und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Ingolstadt, am 25.01.2021

---

Alexander Thomas Dieter Richard Dürr

## Tabellenverzeichnis

TABELLE 1: DIE VOM SMGW ABZUBILDENDEN TARIFANWENDUNGSFÄLLE.....	14
TABELLE 2: EINSARPOTENTIALE UNTERSCHIEDLICHER VERBRAUCHSKLASSEN.....	24
TABELLE 3: STAFFELUNG DER POG NACH VERBRAUCHERGRUPPEN .....	27
TABELLE 4: STAFFELUNG DER POG NACH ANLAGENBETREIBERGRUPPEN.....	28
TABELLE 5: STAFFELUNG DER POG NACH VERBRAUCHERGRUPPE OPTIONALE EINBAUFÄLLE.....	28
TABELLE 6: ANWENDUNGSFÄLLE DES SMGW IM LMN .....	30
TABELLE 7: ANWENDUNGSFÄLLE DES SMGW IM WAN.....	32
TABELLE 8: ANWENDUNGSFÄLLE DES SMGW IM HAN.....	37
TABELLE 9: ÜBERGREIFENDE FUNKTIONEN DES SMGW .....	38
TABELLE 10: EINSCHÄTZUNG DER MOBILFUNKSITUATION UND EMPFEHLUNG DES ANTENNENTYPS .....	44
TABELLE 11: EINGESETZTE ANTENNENTECHNIK.....	45

# Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1: AUFTEILUNG DER ERNEUERBAREN ENERGIEN IN DER GESELLSCHAFT .....	2
ABBILDUNG 2: PILOTREGIONEN DES FORSCHUNGSPROJEKTS DER MR DEUTSCHLAND .....	4
ABBILDUNG 3: BESTANDTEILE IMSYS.....	5
ABBILDUNG 4: SYSTEMARCHITEKTUR EINES SMGW .....	9
ABBILDUNG 5: KOMMUNIKATIONSSCHNITTSTELLEN CONEXA 3.0 .....	11
ABBILDUNG 6: LMN-VERBINDUNG ZWEIER ZÄHLER ÜBER EIN DATENÜBERTRAGUNGSKABEL .....	11
ABBILDUNG 7: 4G-NETZABDECKUNG VON TELEFÓNICA, TELEKOM UND VODAFONE IN DEUTSCHLAND .....	17
ABBILDUNG 8: DATENÜBERTRAGUNGSRATEN DER MOBILFUNKGENERATIONEN .....	18
ABBILDUNG 9: DIE TRANSFORMATION DES ENERGIESEKTORS IN DEUTSCHLAND .....	20
ABBILDUNG 10: ROLLOUTSZENARIO INTELLIGENTE MESSTECHNIK IN DEUTSCHLAND .....	22
ABBILDUNG 11: PRAXISBEISPIEL LASTVERSCHIEBUNG.....	25
ABBILDUNG 12: KOMMUNIKATIONSMUSTER "BIDIREKTIONAL" DES SMGW IM LMN .....	31
ABBILDUNG 13: KOMMUNIKATIONSMUSTER "UNIDIREKTIONAL" DES SMGW IM LMN .....	31
ABBILDUNG 14: KOMMUNIKATIONSSZENARIO "MANAGEMENT" .....	33
ABBILDUNG 15: KOMMUNIKATIONSSZENARIO "ADMIN-SERVICE" .....	34
ABBILDUNG 16: KOMMUNIKATIONSSZENARIO "INFO-REPORT" .....	34
ABBILDUNG 17: SEQUENZDIAGRAMM "WAKE-UP SERVICE" .....	35
ABBILDUNG 18: TLS-GESICHERTE VERBINDUNG ZWISCHEN CLS UND EMT IM WAN .....	37
ABBILDUNG 19: DIE SICHERE LIEFERKETTE .....	40
ABBILDUNG 20: LEBENSZYKLUS-MODELL SMGW .....	42
ABBILDUNG 21: EINORDNUNG DER ZÄHLER NACH STANDORT AUF DEN LANDWIRTSCHAFTLICHEN BETRIEBEN.....	43
ABBILDUNG 22: MOBILFUNKEMPFANG AM ZÄHLERKASTEN.....	45
ABBILDUNG 23: ZÄHLERARTEN.....	48
ABBILDUNG 24: UMBAU-QUOTE DER ZÄHLERKÄSTEN.....	50
ABBILDUNG 25: ZÄHLERPLATZ DER ZUKUNFT .....	52
ABBILDUNG 26: BETRIEBSFORMEN MR DEUTSCHLAND.....	53
ABBILDUNG 27: LASTGANG EINES MILCHVIEHBETRIEBS .....	55
ABBILDUNG 28: EINBAU EINES IMSYS IN EINE BESTEHENDE MESSLOKATION.....	56

## Abkürzungen und Definitionen

<b>Abkürzung</b>	<b>Bedeutung</b>
BMWi	: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BNetzA	: Bundesnetzagentur
BSI	: Bundesamt für Sicherheit und Informationstechnik
CC	: Common Criteria
CDMA	: Code Division Multiple Access
CLS	: Controllable Local System
dBm	: Dezibel Milliwatt
DSL	: Digital Subscriber Line
EEA	: Erneuerbare-Energien-Anlage
EEG	: Erneuerbare-Energien-Gesetz
EMT	: Externer Marktteilnehmer
EnWG	: Energiewirtschaftsgesetz
EU	: Europäische Union
GDEW	: Gesetz zur Digitalisierung der Energiewende
GSM	: Global System for Communications
HAN	: Home Area Network
HTTPS	: Hypertext Transfer Protocol Secure
iMSys	: Intelligentes Messsystem
kW	: Kilowatt
kWh	: Kilowattstunden
kWp	: Kilowatt Peak
KWKG	: Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz
LMN	: Lokal metrologisches Netzwerk
LTE	: Long Term Evolution

## Abkürzungen und Definitionen

---

MaKo2020	:	Marktkommunikation 2020
Mbit	:	Megabit
MHz	:	Megahertz
mME	:	moderne Messeinrichtung
MR Deutschland	:	Maschinenringe Deutschland GmbH
MSB	:	Messstellenbetreiber
MsbG	:	Messstellenbetriebsgesetz
NTP	:	Network Time Protocol
NVP	:	Netzverknüpfungspunkt
POG	:	Preisobergrenze
PTB	:	Physikalisch-Technische Bundesanstalt
RSE	:	Rundsteuerempfänger
RSSI	:	Received Signal Strength Indicator
s	:	Sekunde
SiLKe	:	Sichere Lieferkette
SiMon	:	Sicherer Monteur
SLP	:	Standardlastprofil
SMGW	:	Smart-Meter-Gateway
SMGWA	:	Smart-Meter-Gateway-Administrator
TAF	:	Tarifanwendungsfall
TLS	:	Transport Layer Security
TR	:	Technische Richtlinie
UMTS	:	Universal Mobile Telecommunications System
VDE	:	Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik
WAN	:	Wide Area Network
wMSB	:	wettbewerblicher Messstellenbetreiber
WiM	:	Wechselprozess im Messwesen Strom

## **Danksagung**

Mein Dank gilt meinen Arbeitskollegen Christoph Homa und Raphael Haug aus dem Produktmanagement der Abteilung LandEnergie der Maschinenringe Deutschland GmbH (MR Deutschland). Die Zusammenarbeit und die fachlichen geführten Gespräche mit hohem Expertise-Gehalt waren stets zielführend und erkenntnisreich.

Die Einordnung meiner Ergebnisse in den fachlichen Debatten mit meinen Kollegen und die damit zusammenhängenden, wertvollen Anregungen wusste ich jederzeit zu schätzen und einzuordnen.

Die praxisnahen Erfahrungen auf den landwirtschaftlichen Betrieben im Zusammenhang mit meiner Bachelorarbeit haben mir sehr viel Spaß gemacht und diese haben die Praxiserfahrungen sehr viel einfacher gestalten lassen. Vielen Dank, dass diese durch euch möglich gemacht worden sind.

Mein Dank möchte ich ebenfalls Herrn Saidi aussprechen, der mir in der schwierigen Zeit während der Corona-Krise stets über E-Mail oder Telefon mit seiner Expertise zur Seite stand. Ich habe mich in der Zeit der Betreuungsphase meiner Bachelorarbeit immer in guten Händen gefühlt. Trotz der Einschränkungen des öffentlichen Lebens in Bayern aufgrund der Pandemiesituation gab es keinerlei Kommunikationsprobleme.

## Zusammenfassung

Die Energiewende in Deutschland schreitet ungehindert voran. Die Digitalisierung der Energieerzeugung und -verteilung ist Bestandteil der Energiewende und wird in den kommenden Jahren vorangetrieben. Es wird darauf ankommen, dass das fluktuierende Stromangebot volatiler Erneuerbaren-Energien-Anlagen (EEA) mit der Nachfrage des Stromverbrauchers ins Gleichgewicht gebracht wird. Dies soll durch intelligente Steuerung der EEA und Vernetzung der dezentralen Energieerzeuger geschehen.

Die volatile Stromproduktion aus EEA bringt für eine Bilanzierung der Stromgebiete große Herausforderungen mit sich. Durch den immer weiter anwachsenden Anteil überständiger Energieerzeuger in Deutschland entsteht zunehmend ein größer werdendes tageszeitlich abhängiges Ungleichgewicht zwischen Stromangebot und -nachfrage. Das Stromversorgungsmanagement im Verteilnetz wird zunehmend komplexer.

Der Ausgleich dieser Schwankungen durch Regelenergie aus konventionellen Kraftwerken im Hochspannungsnetz wird es in der jetzigen Form in Zukunft nicht mehr geben. Der Ausgleich wird vielmehr durch Flexibilitäten im Verteilnetz erfolgen. Hier bietet sich der immer größer werdende Anteil von Prosumern in der landwirtschaftlichen Branche an, um die Regelenergiefähigkeit des Stromnetzes in Zukunft zu gewährleisten. Gegebenenfalls müssen diese lokalen Flexibilitäten weiter durch Batteriespeichersysteme oder kontinuierlich laufende Erzeuger, wie zum Beispiel Biomassekraftwerke ergänzt werden. Diese dezentralen EEA müssen intelligent vernetzt, gesteuert und tageszeitlich an den aktuellen Stromverbrauch angepasst werden.

Die dafür benötigten granularen Messdaten werden über ein intelligentes Messsystem (iMSys) erhoben und ermittelt. Diese ersetzen die konventionellen Ferraris-Stromzähler bei den Prosumern und Anschlussnutzern.

Damit die stufenweise Umstellung der Messwerterhebung und Kommunikation im deutschen Stromnetz funktioniert, hat die Bundesregierung im Jahr 2016 das Gesetz zur Digitalisierung der Energiewende (GDEW), mit dem Messstellenbetriebsgesetz (MsbG) als Kernstück, ins Leben gerufen und den gesetzlichen Rahmen des stufenweisen Rollouts intelligenter Messtechnik geschaffen.

[BDEW Bundesverband der Energie und Wasserwirtschaft e. V. 2019a]

Mit der vom Bundesamt für Sicherheit und Informationstechnik (BSI) veröffentlichten Markterklärung im Januar 2020 ist der Startschuss des flächendeckenden Rollouts der intelligenten Stromzähler für Stromverbraucher bis 100.000 Kilowattstunden (kWh) Jahresstromverbrauch gefallen. Landwirtschaftliche Betriebe fallen in die umzubauende Verbrauchsgruppe. Der Rollout im landwirtschaftlichen Sektor wird durch Schaffung von

## Zusammenfassung

---

Akzeptanz gegenüber der neuen Art der Messwerterhebung und durch Lösungsansätze technischer Herausforderungen beim Umbau der intelligenten Messtechnik gelingen.

## Inhaltsverzeichnis

<b>EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG</b>	<b>I</b>
<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS</b>	<b>III</b>
<b>ABKÜRZUNGEN UND DEFINITIONEN</b>	<b>IV</b>
<b>DANKSAGUNG</b>	<b>VI</b>
<b>ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>VII</b>
<b>1. EINLEITUNG</b>	<b>1</b>
1.1.    MOTIVATION	1
1.2.    ZIELSETZUNG	2
1.3.    PROJEKTUMFELD	3
<b>2. STAND DER TECHNIK UND GRUNDLAGEN</b>	<b>4</b>
2.1.    WAS IST EIN INTELLIGENTES MESSSYSTEM?	5
2.1.1. <i>Mindestanforderungen an intelligente Messsysteme</i>	6
2.1.2. <i>Die physikalischen Schnittstellen eines SMGW</i>	8
2.1.3. <i>Die Tarifierungsfälle des Smart-Meter-Gateways</i>	12
2.2.    GRUNDLAGEN DES MOBILFUNKNETZES	15
2.3.    TOPOGRAFIE DES MOBILFUNKNETZES IN DEN PILOTREGIONEN	17
<b>3. INTELLIGENTE MESSTECHNIK IM STROMNETZ DER ZUKUNFT</b>	<b>19</b>
3.1.    AUSGANGSSITUATION	19
3.2.    HISTORISCHE ENTWICKLUNG DER IDEE DES SMART METERINGS	21
3.3.    GESETZLICHE GRUNDLAGE DES ROLLOUTS	21
3.4.    STATUS QUO	22
3.5.    POTENTIALE INTELLIGENTER MESSSYSTEME	23
3.6.    DER ROLLOUT AUS DER PERSPEKTIVE DES LANDWIRTS	25
<b>4. FUNKTIONALITÄTEN INTELLIGENTER MESSSYSTEME</b>	<b>29</b>
4.1.    TECHNISCHE ANFORDERUNGEN AN DAS SMGW	29
4.2.    FUNKTIONALITÄTEN IM LOKAL METROLOGISCHEN NETZ	29
4.3.    FUNKTIONALITÄTEN IM WIDE AREA NETWORK	32
4.4.    FUNKTIONALITÄTEN IM HOME AREA NETWORK	36
4.5.    WEITERE FUNKTIONALITÄTEN DES SMGW	38
<b>5. DAS INTELLIGENTE MESSSYSTEM IM PRAXISCHECK</b>	<b>39</b>
5.1.    „SILKE“ - DIE SICHERE LIEFERKETTE	39
5.2.    „SIMON“ - DER SICHERE MONTEUR	40

<b>6.</b>	<b>TECHNISCHE HERAUSFORDERUNGEN BEIM EINBAU INTELLIGENTER MESSSYSTEME</b>	<b>41</b>
6.1.	DATENFLUSS IM WAN ÜBER DAS MOBILFUNKNETZ	41
6.2.	DRAHTGEBUNDENE DATENÜBERTRAGUNG IM WAN VIA ETHERNET	46
6.3.	MESSKONZEPTE AUF DEN LANDWIRTSCHAFTLICHEN BETRIEBEN	47
6.4.	TECHNISCHE ANFORDERUNGEN AN DEN ZÄHLERSCHRANK	49
<b>7.</b>	<b>TECHNISCHE UND LOGISTISCHE LÖSUNGSANSÄTZE ZUR OPTIMIERUNG DES EINBAUPROZESSES</b>	<b>52</b>
7.1.	LOGISTISCHE LÖSUNGSANSÄTZE	52
7.2.	TECHNISCHE LÖSUNGSANSÄTZE	57
<b>8.</b>	<b>FAZIT</b>	<b>58</b>
	<b>ANHANG</b>	<b>VIII</b>
	<b>LITERATURVERZEICHNIS</b>	<b>X</b>

# 1. Einleitung

Das erste Kapitel der vorliegenden wissenschaftlichen Arbeit verschafft einen Einblick in die Motivation der Arbeit und die Relevanz der Fragestellung der Bachelorarbeit. Darüber hinaus werden der Aufbau und die Zielsetzung der Arbeit skizziert. Abschließend erfolgt eine Vorstellung des Pilotprojekts der MR Deutschland als Untersuchungsrahmen der vorliegenden Arbeit.

## 1.1. Motivation

Mit der Dekarbonisierung, dezentrale Energiebereitstellung, Automatisierung und Elektrifizierung bilden vier dominierende Trends die Grundlage für die Motivation und Relevanz der vorliegenden Abschlussarbeit. Diese Megatrends sind in allen gesellschaftlichen Lebensbereichen der deutschen Bevölkerung präsent und haben großen Einfluss auf diese.

Die Bereitstellung des Stroms in Deutschland befindet sich seit den letzten zwei Jahrzehnten im Umbruch. Der Trend hin zu dezentralen EEA und weg von zentralen Kraftwerken erfordert einen strukturellen Wandel des Energieversorgungsnetzes. Volatile Energiebereitstellung birgt das Risiko Energieerzeuger unterschiedlich auslasten zu müssen, sodass die Verarbeitung der bereitgestellten Energie komplex wird. Gleichzeitig sind kleine Energieerzeugungsanlagen nicht in der zentralen Netzleittechnik der Netzbetreiber sichtbar. Das erschwert die Anpassung der Stromerzeugung an den aktuellen Verbrauch. Die Installation iMSys beim Stromkonsumenten soll Transparenz über deren aktuelle Verbrauchs- und Lastsituation verschaffen. Mit dem Wissen der exakten Stromverbrauchs- und Erzeugungswerte können EEA zukünftig intelligent über die Schnittstelle des iMSys gesteuert und flexibel je nach aktueller Verbrauchs- bzw. Lastsituation zu oder -abgeschaltet werden. Die Schaffung von Flexibilitäten in der Bereitstellung der Energie ist ein elementarer Bestandteil der Energiewende, da das Ungleichgewicht aus erneuerbarer und konventioneller Energiebereitstellung politisch gewollt immer größer wird.

Die Bundesregierung gibt die Förder- und Rahmenbedingungen der Ausbauziele im Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) aus. Die Einführung des EEG im Jahr 2000 war der Startschuss für die Installation vieler EEA, da staatliche Förder- und Rahmenbedingungen festgelegt worden sind. Ziel der Regierung ist es, dass der Anteil Erneuerbarer Energien im Jahr 2030 auf 65 Prozent steigt. [Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 2021]

Großes Potential der Energiewende steckt in der Landwirtschaft, denn diese hält im Jahr 2017 gemeinsam mit den Privatpersonen den Großteil der EEA in Deutschland, wie es in der folgenden Abbildung 1 verdeutlicht wird. Das bisher ungenutzte Potential in der

Landwirtschaft soll durch die Installation intelligenter Messtechnik erschlossen werden. Die Transparenz des Stromverbrauchs und Erzeugung des Stroms aus den EEA der Landwirte wird zukünftig ein elementarer Bestandteil werden, damit die Energiewende weiter vorangebracht werden kann und die Ausbauziele der Bundesregierung bis 2030 erreicht werden können. Auch Biomasseanlagen der Landwirte werden für das Erreichen des Ziels der Bundesregierung im Jahr 2030 eine bedeutende Rolle spielen. Diese sind im Gegensatz zu PV-Anlagen grundlastfähig, was bedeutet, dass diese eine dauerhaft stabile und gleichbleibende Stromerzeugung gewährleisten können. Die Grundlastfähigkeit konventioneller Stromerzeugungsanlagen wird im Stromnetz der Zukunft durch Biomasseanlagen sichergestellt.

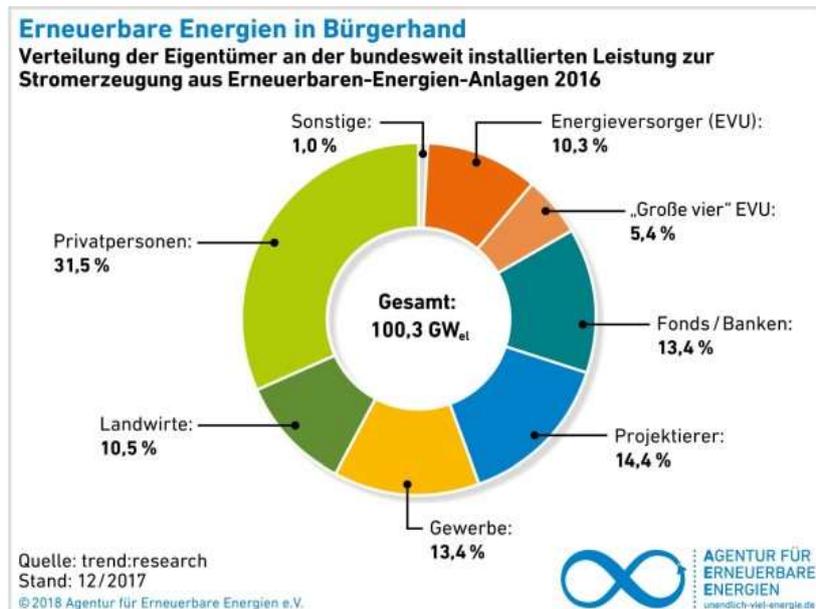


Abbildung 1: Aufteilung der Erneuerbaren Energien in der Gesellschaft

[Agentur für Erneuerbare Energien 2020]

Damit die Implementierung der intelligenten Messtechnik gelingt, wurde im Jahr 2016 das GDEW ins Leben gerufen. Kernstück des GDEW ist das MsbG, in welchem der Einbau der mME und iMSys beim Letztverbraucher gesetzlich geregelt werden.

Der Fakt, dass die landwirtschaftliche Branche elementarer Bestandteil für eine erfolgreiche Umsetzung der Energiewende in Deutschland ist und in den zuvor beschriebenen Megatrends fundieren die Fragestellung der wissenschaftlichen Arbeit. Es wird darauf ankommen, dass Synergien der beschriebenen Ansätze gefunden werden, damit die Energiewende in der Landwirtschaft und die hohen Optimierungspotentiale durch die Installation von iMSys im ländlichen Raum gelingt.

### 1.2. Zielsetzung

In der Bachelorarbeit sollen mögliche Lösungsansätze, für die beim Umbau entstehenden technischen und logistischen Herausforderungen entwickelt werden. Die Kundengruppe der

Landwirte spielt bei der dezentralen Energieeinspeisung, aufgrund der hohen Einspeisekapazität in dem Sektor, eine übergeordnete Rolle und muss von Firmen, welche in der Energiebranche angesiedelt sind, wahrgenommen werden.

Zudem ist die Akzeptanz gegenüber intelligenter Messtechnik in der landwirtschaftlichen Branche sicherzustellen. Ohne die Akzeptanz innerhalb dieser Branche gegenüber der neuartigen Messtechnik wird der Rollout nachhaltig verlangsamt und gestört.

Da es sich beim iMSys um eine neuartige Messtechnik handelt, an welcher viele technische, logistische und gesellschaftliche Komplexe gekoppelt sind, ist es für einen Ottonormalverbraucher schwer, den Gesamtüberblick in der benötigten fachlichen Tiefe zu wahren.

In der wissenschaftlichen Arbeit soll ein Bereich der Energiewende untersucht werden, der weitere Synergien des Ausbauplans der Bundesregierung, der Akzeptanz der intelligenten Messtechnik in der landwirtschaftlichen Branche und der technischen Herausforderungen beim Einbau der iMSys schaffen soll. Die Ausstattung von Zählerplätzen mit iMSys betrifft die Verbrauchsgruppen mit mehr als 6000 kWh oder PV-Anlagen mit sieben Kilowatt Peak (kWp). Eine wirtschaftliche Vertretbarkeit wurde dieser Verbrauchsgruppe in einer Kosten- und Nutzenanalyse des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) zugeschrieben.

### 1.3. Projektumfeld

Die Bachelorarbeit begleitet ein Pilotprojekt der MR Deutschland. In diesem Projekt werden in verschiedenen Regionen Deutschlands iMSys auf landwirtschaftlichen Betrieben verbaut. Die Pilotregionen sind in Abbildung 2 dargestellt. Diese befinden sich in insgesamt fünf Bundesländern. Zusammen mit der Firma Heinz Lackmann GmbH & CO.KG, dem Montagedienstleister, wird der Rollout der iMSys in der landwirtschaftlichen Branche durchgeführt. Die ausgewählten Pilotregionen bilden dabei die örtlichen Ringgebiete der MR Deutschland ab. In den Ringgebieten sind Kunden aus verschiedenen Bereichen der Landwirtschaft, wie beispielsweise Schweinemast- oder Milchviehbetrieben zu finden. Ein Großteil der Betriebe erzeugt den benötigten Strom selbst und hat gleichzeitig Bezug aus dem Stromnetz. Genau diese Kundengruppe der Prosumer ist interessant für eine erfolgreiche Implementierung der intelligenten Messtechnik in der Landwirtschaft.

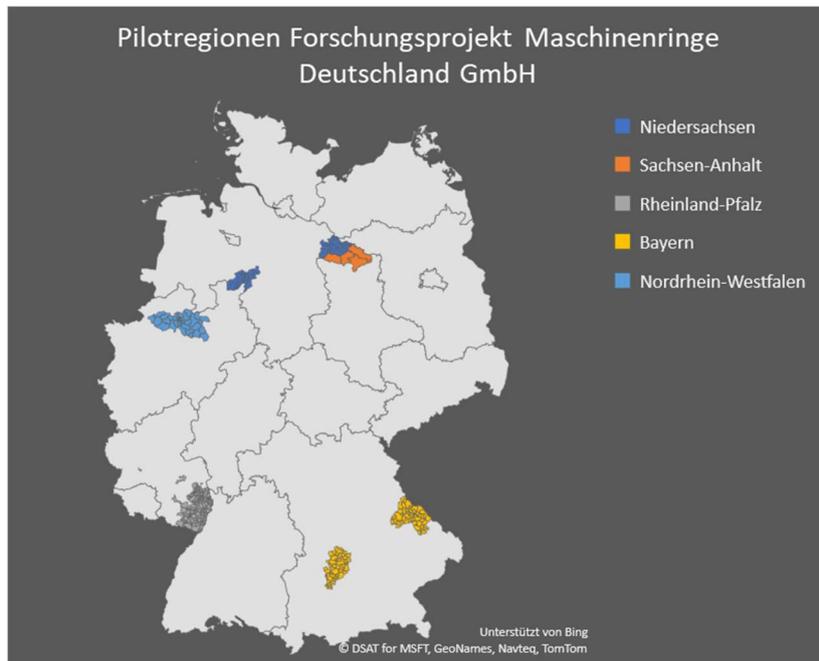


Abbildung 2: Pilotregionen des Forschungsprojekts der MR Deutschland

[Eigene Darstellung]

Es soll nachhaltig gelingen, iMSys im landwirtschaftlichen Bereich zu etablieren und diese erfolgreich zu verbauen. Eine enge Zusammenarbeit aller Projektteilnehmer ist jederzeit erforderlich, um die technischen Herausforderungen beim Einbau zu bewältigen und Lösungsansätze zu generieren. Hinzu kommt, dass der Einbau der neuen Stromzähler in der Landwirtschaft des Öfteren auf Skepsis stößt. Auch dieser Blickwinkel auf den Rollout ist Gegenstand des Projekts. Eine erfolgreiche Etablierung der neuen Technik kann nur durch Akzeptanz in der Gesellschaft erreicht werden.

Die MR Deutschland ist im Jahr 1958 gegründet worden. Heute erstrecken sich im gesamtem Bundesgebiet Deutschlands rund 240 örtliche Maschinenringe. Diese betreuen rund 192.000 landwirtschaftliche Betriebe. 40 Jahre später tritt die MR Deutschland in den Stromsektor ein und versorgt heute 45.000 Kunden mit Strom. Mit dem vorgestellten Forschungsprojekt stößt der MR Deutschland in das Geschäftsfeld der Digitalisierung in der Energiewirtschaft vor. Ziel dieses Projekts ist es, dass 500 landwirtschaftliche Betriebe mit iMSys ausgestattet werden.

## 2. Stand der Technik und Grundlagen

Dieser Abschnitt der Bachelorarbeit soll Aufschluss darüber geben, aus welchen Bestandteilen ein iMSys aufgebaut ist und aus welchen Bestandteilen es zusammengesetzt ist. In Kapitel 2.1.1 werden Mindestanforderungen an das iMSys ausführlich behandelt und beschrieben. Weiterführend werden die vom iMSys unterstützten Kommunikationswege beleuchtet. Als Voraussetzung für eine erfolgreiche Kommunikation des iMSys mit den nach

dem Messstellenbetriebsgesetz zugelassenen Marktteilnehmern gelten die physikalischen Schnittstellen an der Kommunikationseinheit, dem Smart-Meter-Gateway (SMGW), als unentbehrlich. Diese werden in Kapitel 2.1.2 untersucht und beschrieben. Abgerundet wird das zweite Kapitel mit einem Überblick über den Zustand des Mobilfunknetzes in den Pilotregionen des Projekts der MR Deutschland.

## 2.1. Was ist ein intelligentes Messsystem?

In § 2 Nr. 7 des MsbG definiert das BMWi das iMSys als

*„[...] eine über ein Smart-Meter-Gateway in ein Kommunikationsnetz eingebundene moderne Messeinrichtung zur Erfassung elektrischer Energie [...].“*  
[Messstellenbetriebsgesetz 2016, § 2]

Nach der Begriffsdefinition aus § 2 Nr. 7 MsbG stellt ein iMSys die Kombination aus einer modernen Messeinrichtung (mME) und der dazugehörigen Kommunikationseinheit – dem SMGW – dar (Abbildung 3).



Abbildung 3: Bestandteile iMSys

[BMW 2020]

In der Definition des iMSys aus § 2 MsbG Nr. 7 ist der Begriff der mME enthalten. Damit ein iMSys vollständig definiert werden kann, muss der Fachbegriff der mME ebenfalls erläutert werden. Eine mME ist nach § 2 MsbG Nr. 15

*„[...] eine Messeinrichtung, die den tatsächlichen Elektrizitätsverbrauch und die tatsächliche Nutzungszeit widerspiegelt und über ein Smart-Meter-Gateway sicher in ein Kommunikationsnetz eingebunden werden kann.“*

[Messstellenbetriebsgesetz 2016, § 2]

Digitale Stromzähler – wie mME im alltäglichen Sprachgebrauch auch genannt werden – sind in der Lage, den tatsächlichen Energieverbrauch und die tatsächliche Nutzungszeit des Letztverbrauchers zu dokumentieren.

Das SMGW des iMSys hingegen übermittelt die gemessenen Messwerte der Verbrauchs- und Erzeugungssituation eines Letztverbrauchers automatisch. Für die Übermittlung der

erhobenen Daten stehen verschiedene Übertragungstechniken zur Verfügung. So können die Daten beispielsweise über Breitband-Powerline oder das öffentliche Mobilfunknetz übertragen werden.

### 2.1.1. Mindestanforderungen an intelligente Messsysteme

iMSys sind ein wichtiger Baustein, um die Vision von Smart Grids umzusetzen. Sie ermöglichen es, eine bidirektionale Kommunikation zwischen Erzeuger und Verbraucher zu generieren. Eine sichere, zentrale und standardisierte Kommunikation in Zukunft über iMSys sollen Anforderungen und Vorgaben ermöglichen.

Das iMSys ist der Ausgangspunkt der standardisierten Kommunikation im Stromnetz der Zukunft. Über iMSys soll zudem die Steuerbarkeit dezentraler Erzeugungsarbeit gelingen. Damit soll die Stromerzeugung der Anlagen in Zukunft intelligent an den tagesaktuellen Stromverbrauch der Letztverbraucher angepasst und eine Zu- oder Abschaltung einzelner Anlagen möglich gemacht werden.

Allgemeine, zentrale Anforderungen an Messsysteme sind in § 19 des MsbG festgehalten. Die Vorgaben, welche an iMSys gestellt und erfüllt werden müssen, werden innerhalb eines Zertifizierungsverfahrens nach Common Criteria (CC) festgestellt. Die Zertifikate können befristet, beschränkt oder mit Auflagen von der berechtigten Stelle ausgestellt werden. Nach § 19 haben Messsysteme „zur Gewährleistung von Datenschutz, Datensicherheit und Interoperabilität [...]“ den in §§ 21 und 22 des MsbG formulierten Gesetzesnormen zu entsprechen. [Messstellenbetriebsgesetz 2016, § 19]

§ 19 richtet sich an technische Systeme und deren Bestandteile, die zur Datenerhebung, -verarbeitung und -nutzung eingesetzt werden. Diese haben nach § 19 Abs. 2 MsbG insbesondere die für das iMSys insgesamt geltenden Mindestanforderungen in § 21 MsbG zu erfüllen. Die für das SMGW geltenden Vorgaben beinhaltet § 22 des MsbG.

In § 48 wird die Übergangsvorschrift für Messsysteme, die ausschließlich der Erfassung der Beladung und/oder Einspeisung von batterieelektrischen Fahrzeugen dienen, geregelt. [Messstellenbetriebsgesetz 2016, § 18]

Nach § 49 haben berechtigten Stellen durch Maßnahmen nach dem aktuellen Stand der Technik jederzeit dafür Sorge zu tragen, dass die Daten die Daten im Hinblick auf Vertraulichkeit und Integrität sicher und geschützt sind. Wenn für die Übermittlung der Daten Kommunikationsnetze als Infrastruktur dienen, dann müssen die Daten verschlüsselt übermittelt werden. [vom Wege und Weise 2019, S. 183]

Messstellen, welche den gesetzlichen Anforderungen nicht entsprechen, dürfen unter bestimmten Bedingungen, wie beispielsweise Forschungsprojekte, weiter eingebaut werden. So muss erst durch das Bundesministerium für Sicherheit und Informationstechnik

die technische Möglichkeit zum Einbau iMSys festgestellt werden. Dies ist der Fall, wenn drei voneinander unabhängige Unternehmen iMSys am Markt anbieten. [Messstellenbetriebsgesetz 2016, § 30]

In den §§ 21 und 22 des MsbG werden weitreichende Vorgaben für das iMSys und SMGW getroffen und gesetzlich vorgeschrieben.

In § 21 Abs. 1 Nr. 1 bis 6 MsbG sind die wesentlichen Mindestanforderungen an iMSys festgelegt. Im Folgenden werden die Nr. 1 bis 6 des § 21 MsbG aus dessen Abs. erläutert:

- § 21 Absatz 1 Nummer 1 MsbG enthält die wichtigsten und zentralen Aufgaben, die an iMSys gestellt werden. Dazu gehören die zuverlässige Erhebung, Übermittlung, Protokollierung, Speicherung und Löschung der Messwerte. Diese werden beispielsweise zu Abrechnungszwecken verwendet und verarbeitet. Neu hierbei ist nun, dass eine Zählerstandsgangmessung beim Letztverbraucher durchgeführt werden kann. Die viertelstündige Messwerterhebung der Zählerstandsgangmessung gilt als Alternative zum Standardlastprofil (SLP). Hinzu kommt, dass die Erzeugungsanlagen nach dem EEG und Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz (KWKG) aus der Ferne steuerbar sein sollen und die Ist-Einspeisung der Anlagen abrufbar ist. Abschließend sollen die zentralen Aufgaben zulassen, dass Netzzustandsdaten gemessen werden können, das heißt, dass Protokolle über etwaige Spannungsausfälle mit dem dazugehörigen Zeitstempel erstellt werden können. [vgl. Messstellenbetriebsgesetz 2016, § 21; vom Wege und Weise 2019]
- § 21 Absatz 1 Nummer 2 MsbG zielt auf die Transparenz der Stromverbrauchs- und Erzeugungswerte für den Letztverbraucher ab. So muss es möglich sein, dass das Verbrauchsverhalten des Anschlussnutzers für ihn visualisiert dargestellt werden kann. Er soll einen Einblick über seine tatsächliche Nutzungszeit bekommen. Damit der Letztverbraucher seine Abrechnungen selbstständig überprüfen kann, werden ihm abrechnungsrelevante Tarifinformationen und die dazugehörigen abrechnungsrelevanten Messwerte übermittelt. Transparenz bedeutet auch, vergleichen zu können. Dies wird mit der Bereitstellung historischer Energieverbrauchswerte entsprechend den Zeiträumen der Abrechnung und Verbraucherinformationen nach § 40 Absatz 3 Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) der letzten drei Jahre gewährleistet. Zudem sollen die historischen tages-, wochen-, monats- und jahresbezogenen Energieverbrauchswerte sowie die Zählerstandsgänge für die letzten 24 Monate zur Verfügung gestellt werden können. [vgl. Messstellenbetriebsgesetz 2016, § 21; vom Wege und Weise 2019]
- § 21 Absatz 1 Nr. 3 MsbG sieht vor, dass ein iMSys eine sichere Verbindung in Kommunikationsnetze durchsetzen kann. Nur über eine sichere und leistungsstarke Fernkommunikationstechnik kann eine sichere Administration und Übermittlung der

Daten unter Beachtung der mess-, eich- und datenschutzrechtlichen Vorgaben gewährleistet werden. Das SMGW muss neben der verwendeten auch für eine weitere, zusätzlich überwachte, zuverlässige und leistungsfähige Art der Fernkommunikation vom Smart-Meter-Gateway-Administrator (SMGWA) offen sein. So muss es möglich sein, dass neben der Kommunikation der Daten über Mobilfunk die Daten beispielsweise über eine Ethernet-Verbindung übermittelt werden. Es muss außerdem eine interne und externe Tarifierung sowie Parametrierung der Tarifierung im SMGW durch den Administrator und der Einhaltung der eich- und datenschutzrechtlichen Vorgaben ermöglicht werden. Zudem muss ein gesicherter Empfang der Messwerte aus Strom-, Gas-, Wasser- und Wärmezähler sowie von Heizwärmemessgeräten ermöglicht werden. iMSys sollen außerdem durch die sichere Verbindung in ein Kommunikationsnetz eine gesicherte Anbindung von Erzeugungsanlagen, Anzeigeeinheiten und weiteren lokalen Systemen ermöglichen. [vgl. Messstellenbetriebsgesetz 2016, § 21; vom Wege und Weise 2019]

- Während § 21 Abs. 1 Nr. 4 und 5 MsbG sich auf das SMGW selbst beziehen, sollen nach § 21 Abs. 1 Nr. 6 MsbG Stammdaten angeschlossener Anlagen nach § 14a EnWG sowie nach dem EEG und KWKG übermittelt werden können. [vom Wege und Weise 2019, S. 183]

Wichtig für die Einordnung der beschriebenen technischen Mindestanforderungen ist, dass die Erfüllung nur bei der Einbaupflicht der neuen Messtechnik zu 100 Prozent erfüllt sein müssen. Für optionale Einbauten gibt es keine Einbaupflicht weshalb § 21 Nr. 1 Buchstabe b, c und d sowie Nummer 6 in diesem Fall nicht vom iMSys zu erfüllen sind. Ein ebenfalls nicht zu vernachlässigender Aspekt ist, dass falls ein Netzanschlusspunkt beim Letztverbraucher mehrere Zählpunkte hat, diese in einem System, welches den Anforderungen aus § 21 MsbG entspricht, mit nur einem SMGW realisiert werden.

### 2.1.2. Die physikalischen Schnittstellen eines SMGW

Wie in Kapitel 2.1.1 beschrieben müssen iMSys eine sichere Verbindung in einem öffentlichen Kommunikationsnetz gewährleisten. Ein SMGW hat Zugriff auf drei Netzwerkbereiche, in welchem die Kommunikation mit verschiedenen zugelassenen Marktteilnehmern erfolgt. Für jeden dieser gibt es definierte Kommunikationsvorgaben.

Im Pilotprojekt der MR Deutschland wird das SMGW CONEXA 3.0 der Firma Theben verwendet und folgende Zähler der Firma Iskra durch die Firma Heinz Lackmann GmbH & CO.KG verbaut:

- Stromzähler MT631 der Firma ISKRA mit dem SMGW CONEXA 3.0
- Stromzähler MT176 der Firma ISKRA

Ein SMWG verfügt über drei Schnittstellen in verschiedene Netzwerkbereiche. Die dabei übermittelten personenbezogenen Daten sind zur Bearbeitung und Verarbeitung für folgende Instanzen nach § 49 MsbG gewährt:

- Messstellenbetreiber (MSB),
- Netzbetreiber,
- Bilanzkoordinaten,
- Bilanzkreisverantwortliche,
- Direktvermarktungsunternehmer nach dem EEG,
- Energielieferanten sowie
- jede Stelle, die über eine Einwilligung des Anschlussnutzers verfügt.

[Messstellenbetriebsgesetz 2016, § 49]

Die Schnittstellen zu den verschiedenen Netzwerken sind physikalisch voneinander getrennt und können jeweils in unterschiedlichen physikalischen Ausprägungen vorhanden sein. [Theben 2020a]

Die drei Netzwerkbereiche, mit denen ein SMGW in Verbindung steht, werden in Abbildung 4 dargestellt.

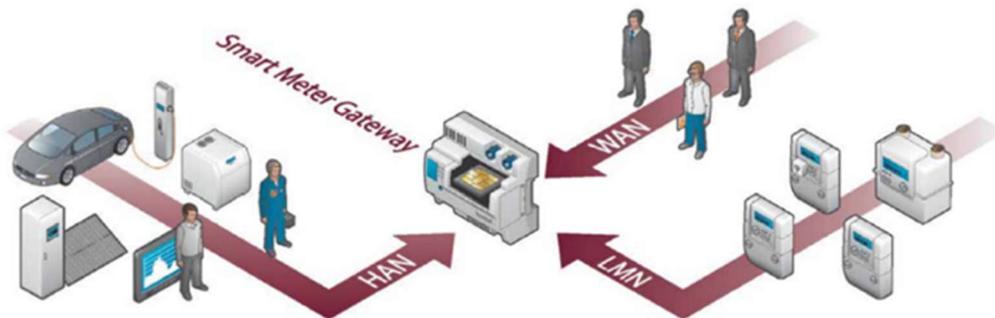


Abbildung 4: Systemarchitektur eines SMGW

[BSI 2020]

Über den Netzwerkbereich des lokal metrologischen Netzwerks (LMN) kommuniziert das SMGW mit den angeschlossenen Stromzählern. Neben den Stromzählern können auch Zähler für Gas und Wasser im LMN angeschlossen werden und die erhobenen Messwerte an das SMGW übermitteln. Die Zähler können dabei entweder von einem oder mehreren Letztverbrauchern stammen. Sie geben ihre gemessenen Verbrauchs- und Einspeisewerte sowie die erhobenen Netzzustandsdaten (z.B. aktuelle Spannung und Frequenz) über das LMN an das SMGW weiter. Das CONEXA 3.0 hat die beiden folgenden LMN-Schnittstellen:

- LMN-1
- LMN-A

Die LMN-1 Schnittstelle nutzt eine RS485-Schnittstelle – auch als EIA-485 bezeichnet – mit einer RJ-12-Steckerverbindung, um erhobene Daten seriell über symmetrische Leitungen zu übertragen. Der symmetrische Leitungsaufbau macht es möglich, dass das Datenkabel weniger stark empfindlich gegenüber elektromagnetischer Einstrahlung ist, wodurch äußerliche Störgrößen wie zum Beispiel große induktive Stromverbraucher umgangen werden. [WIKIPEDIA 2020b]

Die LMN-A Schnittstelle hingegen bindet dahingegen Sensoren über das wMBus-Protokoll an. Für diesen Kommunikationsweg benötigt jeder angeschlossene Zähler eine eindeutige Adresse. Die Übertragung der Messwerte erfolgt seriell auf einer verpolungssicheren Zweidrahtleitung von den angeschlossenen Zählern aus. [WIKIPEDIA 2020c]

Das SMGW kommuniziert an der Schnittstelle des Netzwerkbereich Wide Area Network (WAN) mit dem SMGWA und zugelassenen externen Marktteilnehmern (EMT). Im WAN gibt es zwei Schnittstellen:

- WAN-1
- WAN-A

Die Daten des Letztverbrauchers können über das SMGW über die WAN-A Schnittstelle mittels Mobilfunk an die in diesem Netzbereich berechtigten Teilnehmer übermittelt werden. [Theben 2020a]

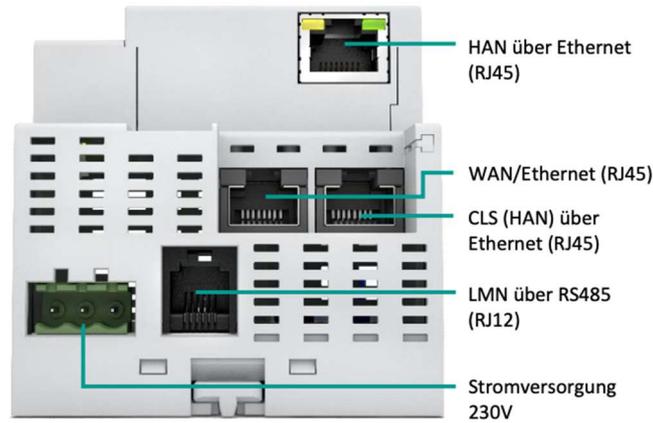
Die dritte Schnittstelle des SMGW ist die Schnittstelle in den Netzwerkbereich Home Area Network (HAN). An dieser Schnittstelle ist es möglich, ein Controllable Local Systems (CLS), wie beispielsweise Photovoltaikanlagen oder unterbrechbare steuerbare Verbrauchseinrichtungen anzuschließen.

Die HAN Schnittstelle des CONEXA 3.0 ermöglicht die Dateneinsicht für den Letztverbraucher oder Service-Techniker vor Ort. Der Netzwerkbereich ermöglicht es Smart Home Lösungen zu implementieren und weitere Geräte an das SMGW über das HAN anzuschließen. Das CONEXA 3.0 stellt drei Möglichkeiten für die Kommunikation zur Verfügung:

- IF\_GW\_SRV für den Service-Techniker
- IF\_GW\_CON für den Letztverbraucher
- IF\_GW\_CLS als transparenter Kommunikationskanal zwischen CLS und den EMT

[Theben 2020a]

Das CONEXA 3.0 verfügt über die beschriebene Kommunikationsplattform in die drei beschriebenen Netzwerkbereiche HAN, WAN und LMN (Abbildung 5).



**Abbildung 5:** Kommunikationsschnittstellen CONEXA 3.0

[Heinz Lackmann GmbH & CO.KG 2019]

Die Kommunikationsschnittstellen HAN, LMN und WAN eines SMGW wurden geschaffen, um die vom BSI in den Technischen Richtlinien (TR) 03109-1 bis 6 definierten Auflagen für die Kommunikationswege zu erfüllen. Die Komponenten des SMGW müssen hierbei die Vorgaben für Interoperabilität, Datenschutz und Datensicherheit jederzeit vollständig erfüllen.

Die digitalen Stromzähler innerhalb eines Messsystem sind an der LMN Schnittstelle des SMGW drahtgebunden mit einem roten Datenkabel angeschlossen. Sobald ein Anschlussnutzer mehr als eine Messstelle seines Messkonzepts mit einem iMSys nach MsbG umrüsten muss, kommt der MT176 Zähler der Firma ISKRA zum Einsatz. Die Zähler untereinander sind in diesem Anwendungsfall mit dem Hauptzähler drahtgebunden mit einer RJ45-Steckverbindung miteinander im LMN mit einem roten Datenkabel verbunden. In [Abbildung 6](#) ist ein Messkonzept zweier umzurüstender Zähler dargestellt.



**Abbildung 6:** LMN-Verbindung zweier Zähler über ein Datenübertragungskabel

[Eigene Darstellung]

Die Kommunikation innerhalb des Strommarktes soll zukünftig über das SMGW abgebildet werden. Über das SMGW - als zentrale Kommunikationsplattform - werden Informationen elektronisch sternförmig an alle Marktteilnehmer kommuniziert. SMGW der ersten Generation beherrschen die sternförmige Kommunikation zu den Marktpartnern nicht. Deshalb hat die Beschlusskammer 6 der Bundesnetzagentur (BNetzA) eine übergangsweise bis zum 31.12.2019 geltende Kommunikationsstruktur - dem Interimsmodell - ins Leben gerufen. [Bundesnetzagentur 2018]

### 2.1.3. Die Tarifierungsfälle des Smart-Meter-Gateways

Damit ein SMGW die Anforderungen an die Messwertverarbeitung und -übermittlung nach der TR 03109-1 erfüllt, sind Tarifierungsfälle (TAF) definiert worden. Diese sind die Grundlage zur Abbildung von dynamischen Regulierungen und Anpassungen an die aktuelle Verbrauchssituation am Strommarkt. Zudem sind diese ein Bestandteil für eine erfolgreiche Zertifizierung eines SMGW. Damit ein SMGW für den Markt zugelassen wird müssen die TAF1, 2, 6 und 7 abgebildet werden können. Insgesamt gibt es vierzehn verschiedene TAF. [Carsten Eckert 2020; Bundesamt für Sicherheit und Informationstechnik 2019a]

Verschiedene TAF haben das Ziel eine Verschlankeung der Messwerteübermittlung zu erzielen. Es soll gelingen, die Tarifierung des Messwesens in Zukunft maximal zu flexibilisieren, sodass eine möglichst feine Einteilung der Letztverbraucher in Kundengruppen gelingt. In der Landwirtschaft erschließt sich das Potential für unterschiedliche Tarifierungen nach der Betriebsform des landwirtschaftlichen Betriebs. Es ist denkbar, unterschiedliche Tarifierungen für Milchvieh- oder Schweinehaltungsbetriebe umzusetzen.

TAF1 „Datensparsame Tarife (nach Paragraph 40 (5) EnWG)“ wird bei denjenigen Letztverbrauchern eingesetzt, bei denen eine möglichst geringe Datenmenge übermittelt werden soll. Die übermittelten Datenmengen werden für Abrechnungszwecke herangezogen. Dieser Anwendungsfall wird nur bei Letztverbrauchern mit einer Tarifstufe eingesetzt. Die installierten Zähler beim Letztverbraucher erfassen die Zählerstände einzelner Messstellen in einem Messkonzept und übermitteln diese an das SMGW. Anschließend werden diese vom SMGW entweder addiert oder subtrahiert, sodass eine Gesamtsumme des Stromverbrauchs an der Marktllokationsstelle des Letztverbrauchers ermittelt und für Abrechnungszwecke verwendet werden kann. Die ermittelten Summenwerte des Messkonzepts werden maximal in einem monatlichen Rhythmus übertragen. [Bundesamt für Sicherheit und Informationstechnik 2019b, 80 f.]

Das SMGW muss für den Letztverbraucher folgende Daten an der HAN-Schnittstelle bereitstellen:

- Alle Parameter des Regelwerks
- Die aktuellen Zählerstände und deren Summe, sowie Differenzbeträge zum Ende des letzten Abrechnungszeitraums (mindestens 15-minutengenau für Strom und 60-minutengenau für Gas)
- Die bereits versendeten Zählerstände und deren Summe zum Ende eines jeden Abrechnungszeitraumes innerhalb des letzten Jahres
- Die bereits versendeten Zählerstände und deren Summe des jeweils letzten Abrechnungszeitraumes in den vergangenen drei Jahren (Jahreswerte)

Der TAF2 „Zeitvariable Tarife (nach Paragraph 40 (5) EnWG)“ sieht vor, dass der Strom- bzw. Gaslieferant dem Letztverbraucher tageszeitabhängige Preise für die Energiemenge anbieten kann. Um tageszeitabhängige Strompreise anbieten zu können werden Zeitslots gebildet und separat bepreist. Während einer Phase werden die erhobenen Messwerte einer Messlokation eines Messkonzept vom SMGW kumuliert. Ergebnis ist eine Gesamtenergiemenge für die Zeitphasen eines Abrechnungszeitraums. Diese werden übermittelt und abgerechnet.

[Bundesamt für Sicherheit und Informationstechnik 2019b, 82 ff.]

Oftmals sind Verbrauchszähler in Zählerkästen von Mietwohnungen installiert. Mieter können unabhängig vom Stromabrechnungszeitraum Wohnungen wechseln und diese verlassen. Das Ablesen nach Verlassen der Wohnung und das Übermitteln des Zählerstands soll zukünftig nichtmehr der Mieter übernehmen müssen, sondern vom SMGW durch den TAF6 „Abrufen von Messwerten im Bedarfsfall“ abgebildet werden können. Dieser gestattet es, in nicht planbaren Situationen wie beispielsweise einen Auszug aus einer Mietwohnung, einem Lieferantenwechsel oder dem Wechsel in den Grundversorgungstarif, Messwerte abzurufen, um so rückwirkend Ablesungen zu einem konkreten Stichtag zu ermöglichen. Ein Stichtag kann ein Wohnungsauszug oder -einzug sein.

Dieser TAF ist nur in genehmigten und begründeten Ausnahmefällen zugelassen. Hierfür muss das SMGW tagesgenaue Zählerstände zur Verfügung stellen können. Rückwirkend werden die tagesgenauen Messwerte maximal sechs Wochen gespeichert. Falls der SMGWA von einem Marktteilnehmer beauftragt wurde, kann dieser die Messwerte in gesonderten Bedarfsfällen abrufen. Die Daten müssen zum Stichtag an den Marktteilnehmer übermittelt werden.

[Bundesamt für Sicherheit und Informationstechnik 2019b, 93 f.]

Der Letztverbraucher ist dazu berechtigt, an der HAN-Schnittstelle folgende Daten auszulesen:

- Alle Parameter des Regelwerks
- Die tagesgenauen Zählerstände seiner eigenen Zähler in den letzten sechs Wochen
- Die tagesgenauen Stände der ihm zugeordneten abgeleiteten Register in den letzten sechs Wochen
- Die Zeitpunkte, zu denen der SMGWA Messwerte abgerufen hat

Die Erhebung der Messwerte bei TAF7 „Zählerstandsgangmessung“ erfolgt nach dem Zählerstandgangprinzip. In diesem Fall ist eine zentrale Tarifierung auch außerhalb des SMGW möglich. [Bundesamt für Sicherheit und Informationstechnik 2019b, 94 ff.]

Bei der Zählerstandsgangmessung wird vom Zähler jede Viertelstunde ein Messwert erfasst, sodass das Lastgangprofil des Letztverbrauchers viertelstundenscharf ausgelesen werden kann. Für eine individuelle Tarifierung eines Letztverbrauchers ist die Kenntnis dessen Verbrauchsverhaltens von Nöten.

Neben den vorgestellten vier Anwendungsfällen der ersten Generation gibt es zehn weitere. Diese werden sukzessive in den kommenden Jahren vom BSI freigeschalten und für den Massenmarkt zugelassen.

Die Tarifierungsfälle wurden ins Leben gerufen, damit man auf eine Vielzahl an Verbrauchs- und Einspeiseszenarien des Letztverbrauchers flexibel reagieren kann. Diese sollen zum einen ermöglichen, Strommengen in einem Bilanzkreis präziser bilanzieren zu können, zum anderen wird so eine zentrale Kommunikationsplattform und somit eine standardisierte Kommunikation in der Energielandschaft zwischen allen beteiligten Stellen über das SMGW erreicht. In Tabelle 1 werden alle, insgesamt 14 TAF, aufgeführt und beschrieben.

Tabelle 1: Die vom SMGW abzubildenden Tarifierungsfälle

TAF	Name	Beschreibung
TAF 1	Datensparsame Tarife	Zählerstände können als Summe mehrerer Verbrauchs- und Einspeisezähler in einem mindestens monatlichen Abstand versendet werden.
TAF 2	Zeitvariable Tarife	TAF ist für tageszeitlich unterschiedliche Tarifierungsstufen des Letztverbrauchers gedacht.
TAF 3	Lastvariable Tarife	Istwert-Erhebung der Leistung und leistungsabhängiger Stromtarif.
TAF 4	Verbrauchsvariable Tarife	Verbrauchsmengen werden in Stufen eingeteilt, diese haben festgelegte Mengenkontingente. Das SMGW erfasst den Zählerstand des/der Zähler im Takt einer Registerperiode.

<b>TAF 5</b>	Ereignisvariable Tarife	Modellierung verschiedener Tarife für verschiedene wahrscheinlich eintretende Ereignisse, zwischen welchen gewechselt werden kann. Es kann zu einem Zeitpunkt nur eine Tarifierung erhoben werden. Energiemengen werden für eine Tarifstufe kumuliert.
<b>TAF 6</b>	Abruf von Messwerten im Bedarfsfall	Dieser TAF sieht den Abruf der Messwerte in folgenden planbaren Fällen vor: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ablesung bei Auszug und Einzug eines Letztverbrauchers,</li> <li>▪ Ablesung bei Lieferantenwechsel und</li> <li>▪ Ablesung bei Wechsel des Grundversorgungstarif.</li> </ul>
<b>TAF 7</b>	Zählerstandgangmessung	Verbrauchs- und Erzeugungsmesswerte werden mittels der Zählerstandgangmessung erhoben und versendet.
<b>TAF 8</b>	Erfassung der Extremwerte für Leistung	Es können die Minimal- und Maximalleistungswerte innerhalb eines Abrechnungszeitraums erhoben werden. Es werden die Mittelwerte von zwei aufeinanderfolgenden Messwerten ermittelt.
<b>TAF 9</b>	Ist-Einspeisung einer Erzeugungsanlage	Die Ist-Einspeisewerte dürfen ausgelesen und an dafür vorgesehene Marktteilnehmer weitergeleitet und diesen zur Verfügung gestellt werden.
<b>TAF 10</b>	Abruf von Netzzustandsdaten	Periodischer oder einmaliger bei einem bestimmten Ereignis Abruf der Netzzustandsdaten.
<b>TAF 11</b>	Steuerung von unterbrechbaren Verbrauchseinrichtungen und Erzeugungsanlagen	TAF erlaubt es, bei Verbindungsunterbrechungen die aktuellen Messwerte des/der Zähler für die unterbrochenen Einheiten festzuhalten.
<b>TAF 12</b>	Prepaid-Tarif	Eine bestimmte Energiemenge kann gebucht werden. Ist diese überschritten wird der EMT mittels eines Signals darauf aufmerksam gemacht.
<b>TAF 13</b>	Letztverbraucher-Visualisierung	Darstellung der Verbrauchs- und Erzeugungsmesswerte für Visualisierungszwecke des Letztverbrauchers an der HAN-Schnittstelle möglich.
<b>TAF 14</b>	Hochfrequente Messwertbereitstellung für Mehrwertdienste	Hochfrequente Bereitstellung der Messdaten mit einer Abtastrate von 60 Sekunden.

[Estermann und Köppl 2021]

## 2.2. Grundlagen des Mobilfunknetzes

Damit Daten im Mobilfunknetz in Deutschland übermittelt werden können, werden elektromagnetische Felder als Übertragungsmedium herangezogen.

[Lichtblick Kommunikation 2020b]

Innerhalb der drei für das CONEXA 3.0 abzubildenden Netzstandards im deutschen Mobilfunknetz werden die Daten auf bestimmten vorgegebenen Frequenzbereichen der elektromagnetischen Felder übertragen.

Die Standards sind:

- **Global System for Communications (GSM)**  
In diesem Mobilfunkstandard werden Sprache und Daten auf Frequenzen um 900 und 1.800 Megahertz (MHz) übertragen
- **Universal Mobile Telecommunications System (UMTS)**  
Dieser Standard nutzt die Frequenzbereiche um 1.900 und 2.100 MHz
- **Long Term Evolution (LTE)**  
LTE nutzt die Bereiche um 800, teilweise 900, 1.800 und 2.600 MHz

[Lichtblick Kommunikation 2020a]

Das deutsche Mobilfunknetz ist zellular aufgebaut. In jeder Zelle, welche hexagonal aufgebaut ist, hat ein Netzbetreiber eine oder mehrere Basisstationen aufgebaut. Die Stationen stellen eine Übertragungseinrichtung der empfangenen Signale eines Mobilfunkgeräts (z.B. Smartphone) dar und versorgen die Zellen des Mobilfunknetzes mit Empfang. [Eike Gutt 2010]

Die genutzten Frequenzen der Standards unterscheiden sich in der Höhe des Frequenzbereiches und in den physikalischen Eigenschaften.

Je höher ein Frequenzbereich liegt, desto schlechter sind die Ausbreitungseigenschaften. Schlussfolgernd haben niedrige Frequenzbereiche den Vorteil der guten Ausbreitungseigenschaften und zudem ist die Gebäudedurchdringung in diesem Frequenzbereich als hervorragend anzusehen.

Eine Basisstation, die diesen Frequenzbereich unterstützt, kann ein größeres Gebiet von bis zu 10 km Radius abdecken. Dies bringt den Vorteil mit sich, dass auch in ländlichen Regionen eine flächendeckende Verfügbarkeit von hohen Datenübertragungsraten und niedrigen Latenzzeiten über den LTE-Standard realisiert werden kann. [Eike Gutt 2010]

Der LTE-Standard wird für die Datenübertragung der erhobenen Messwerte eines SMGW genutzt. Die Klientel der MR Deutschland ist in ländlichen Regionen ansässig. Dort werden von den Netzbetreibern zumeist niederfrequente Bänder unterstützt, damit eine flächendeckende Verfügbarkeit des LTE-Standards gewährleistet werden kann.

Abbildung 7 zeigt die 4G-Netzabdeckung der drei Netzbetreiber in Deutschland. Diese zeigt eine hohe Verfügbarkeit des 4G-Standards in Deutschland und eine gute Verfügbarkeit in ländlichen Gebieten. [Bundesnetzagentur 2020a]

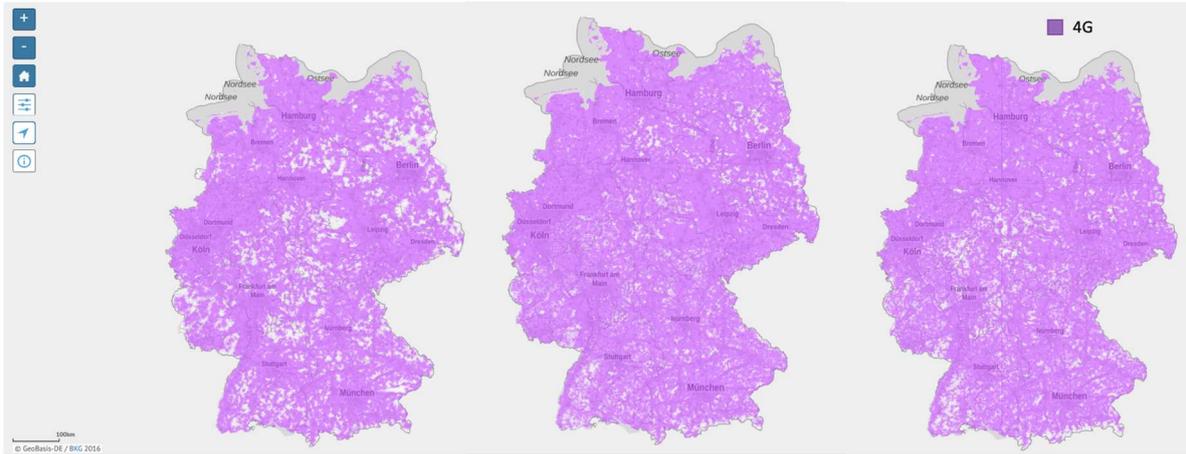


Abbildung 7: 4G-Netzabdeckung von Telefónica, Telekom und Vodafone in Deutschland

(von links nach rechts)

[BNetzA 2020]

### 2.3. Topografie des Mobilfunknetzes in den Pilotregionen

Das SMGW übermittelt die Messwerte an die EMT im WAN im öffentlichen Mobilfunknetz. Damit eine Vollständigkeit der übertragenen Daten jederzeit gewährleistet werden kann, muss die Empfangssituation beim Letztverbraucher vor Ort am Standort des Zählers ermittelt werden.

Zur Untersuchung des Mobilfunknetzes beim Letztverbraucher werden verschiedene Eigenschaften des Netzes wie Netzabdeckung, Signalstärke des einzelnen Netzbetreibers am jeweiligen Standort des Zählerkastens vor Ort ermittelt. Zur Auswertung der Mobilfunksituation wird das hochfrequente Messgerät SYNPER-LTE+ Spectrum der Firma Siretta eingesetzt. Eine Messung des Messgeräts dauert durchschnittlich drei Minuten. Das Messgerät verfügt über insgesamt vier verschiedene Modi. Diese unterscheiden sich darin, dass diese die unterschiedlichen Frequenzbänder der verschiedenen Mobilfunkgenerationen auf die Eigenschaften Netzabdeckung und Signalstärke untersuchen.

Diese sind:

- LTE-Messung
- UMTS Messung
- GSM Messung
- Voll Messung

Die zurzeit beim Großteil der deutschen Haushalte verbauten Ferraris-Stromzähler werden manuell einmal im Jahr abgelesen. Verbrauchsstellen, bei welchen TAF7 angewendet wird, werden die Verbrauchswerte automatisch per Fernübertragung im 15-Minuten-Takt per

Mobilfunk zu übermitteln. Innerhalb von 24 Stunden kommen somit 96 Datensätze zustande, über ein gesamtes Jahr fallen insgesamt 35.040 an. Pro Einzelmessung sind circa 250 Byte Rohdaten zu kommunizieren und zu verarbeiten. [Aichele und Doleski 2013, S. 311]

Diese setzen sich wie folgt zusammen:

- Zählpunkt - 32 Stellen (Land, Netzbetreiber, Postleitzahl, Zählpunkt),
- Zeitstempel - 14 Stellen,
- Zählerstand - 8 Stellen,
- Weitere Informationen (z.B. für Ersatzwerte),
- Signatur (optional)

In einem Jahr kommen pro Stromzähler bei einer Messfrequenz von 15 Minuten circa 8,7 Megabyte an zu verarbeitender Datenmengen zusammen. Dabei noch nicht eingerechnet sind Statusmeldungen des SMGWs und das Datenaufkommen durch Abarbeitung von Auftragslisten. Abbildung 8 zeigt die Übertragungsraten der verschiedenen Mobilfunkgenerationen. Diese steigen von Generation zu Generation an.

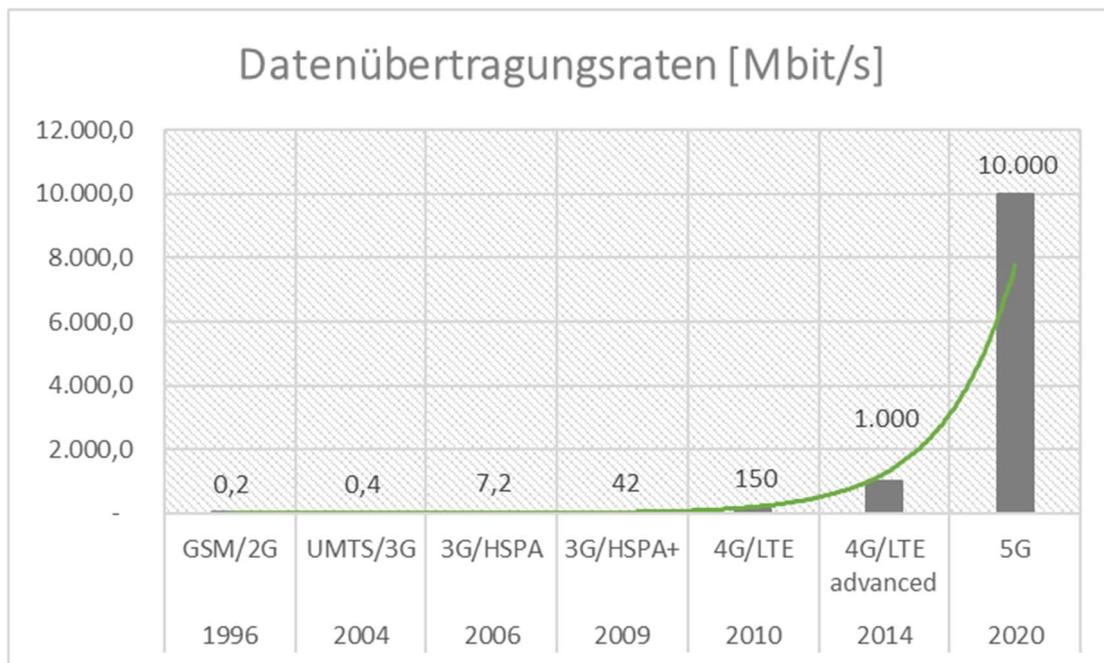


Abbildung 8: Datenübertragungsraten der Mobilfunkgenerationen

[Eigene Darstellung]

Je nach vorliegendem TAF, im Normalbetrieb oder im Initialisierungsprozess des SMGW werden unterschiedliche Anforderungen an die Verbindungsqualität zwischen dem SMGW und dem SMGWA gestellt. Im ländlichen Gebieten sind die Bandbreiten zumeist geringgehalten, um eine hohe Reichweite zwischen den Verbindungspartnern zu ermöglichen. Wenn ein hohes Datenaufkommen nötig ist, muss die Bandbreite möglichst

hoch sein. Im Normalbetrieb oder bei Abrufen von Messwerten ist eine hohe Bandbreite dank der Speicherfunktion eines SMGW nicht notwendig.

### 3. Intelligente Messtechnik im Stromnetz der Zukunft

Das iMSys ist ein elementarer Bestandteil des Smart Grids. In diesem Kapitel soll die Ausgangssituation, weshalb intelligente Messtechnik im Energienetz der Zukunft verwendet und verbaut wird, dargestellt werden. Megatrends wie die Digitalisierung und Energiewende geben bei der Umstrukturierung des Stromnetzes den Takt vor. Neue Technologien, wie die iMSys, fußen auf diesen Megatrends.

Des Weiteren soll die gesetzliche Grundlage des Rollouts der neuen Messtechnik erörtert werden und die Pflichten der jeweiligen an der Marktkommunikation implementierten Marktteilnehmer dargestellt werden. Um zukünftig neue Hardware, wie iMSys, in das vorhandene Stromnetz erfolgreich implementieren zu können, müssen Potentiale in der jetzigen Topografie des Stromnetzes identifiziert und erschlossen werden. Abgerundet wird das Kapitel mit dem Blick auf die wirtschaftliche Vertretbarkeit intelligenter Messtechnik in unterschiedlich nach dem Verbrauch gestaffelten Kundengruppen.

#### 3.1. Ausgangssituation

Die Einspeisung des Stroms aus Energieerzeugungsanlagen befindet sich seit vielen Jahren in einem Wandel und entwickelt sich weg von der zentralen Einspeisung aus Großkraftwerken. Die Bereitstellung des Stroms soll zukünftig aus dezentralen EEA erfolgen. Daraus hat sich ein Ungleichgewicht des Verhältnisses von Stromproduktion und -verbrauch eingestellt. Das neue Energieproduktionsportfolio hat eine deutlich komplexere Struktur des Stromnetzes zur Folge, weshalb eine intelligente Vernetzung der Erzeugungsanlagen auf allen Spannungsebenen und vor allem der Verteilnetzebene des Energienetzes notwendig ist. Die Vernetzung der Erzeugungskomponenten soll das Einspeisemanagement und die Netzstabilität zukünftig garantieren, da anders als bei den konventionellen Kraftwerken die Energieproduktion aus regenerativen Energiequellen fluktuierend erfolgt. Tageszeitliche Schwankungen der Stromproduktion sollen durch intelligente Steuerung der Anlagen, Speicherung von Energie und Lastmanagement (z.B. Peak Shaving) aufgefangen werden (Abbildung 9).

Nahezu alle Arbeitsbereiche des Energiewirtschaftssektors sind von der Umstrukturierung betroffen. Auch die Rolle des Kunden im Kreislauf der Energieproduktion hat sich geändert, so bezieht dieser nicht nur Strom von seinem Lieferanten, sondern produziert beispielsweise über eine eigene PV-Anlage seine Energie oder speist diese direkt in das Stromnetz ein und wird so zu einem „Prosumer“. [vgl. Ernst & Young GmbH 2013, 8 f.]

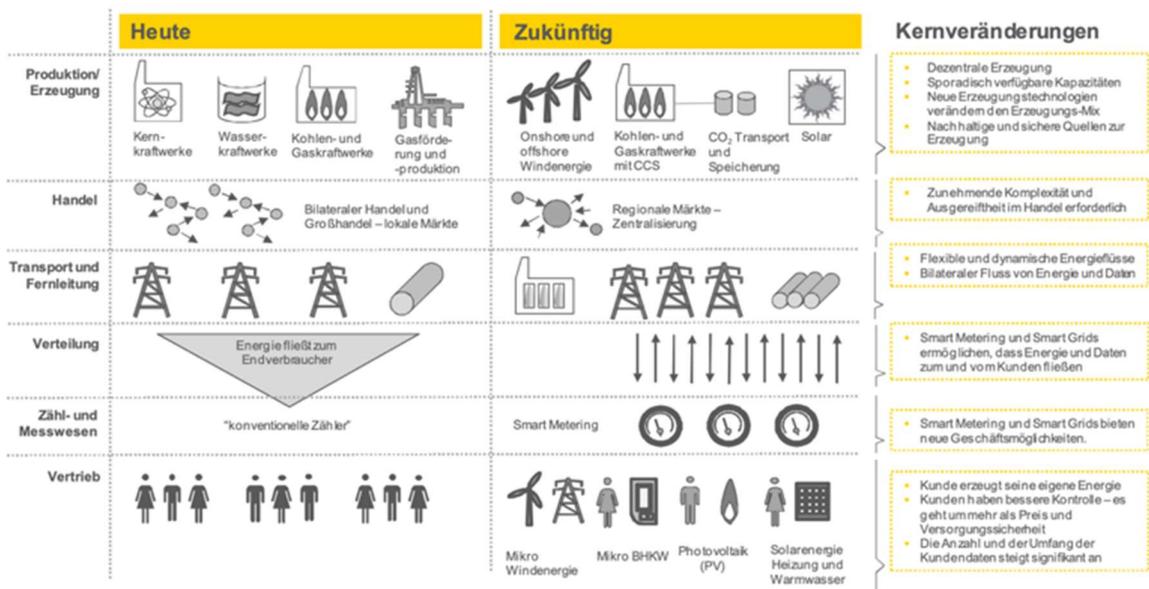


Abbildung 9: Die Transformation des Energiesektors in Deutschland

[Ernst & Young GmbH 2013]

Um die komplexe Struktur der Energieflüsse steuern und regulieren zu können werden die Stromverbrauchs- und Erzeugungsdaten der Kunden benötigt. Die Erhebung dieser Daten benötigt eine neue genauere Messwerterhebung. Vollautomatisch werden die Daten über das SMGW digitalisiert an die dafür in der Marktkommunikation 2020 (MaKo 2020) vorgesehenen Marktteilnehmer übermittelt.

Im Gegensatz zur aktuell noch weit verbreiteten alten Zähltechnik nach dem Ferraris-Prinzip können dem Kunden durch Smart Metering neben der exakten Erhebung der auch andere an das Produkt gekoppelte Dienstleistungen angeboten werden. Um dem Letztverbraucher sein Verbrauchsverhalten aufzuzeigen, werden zumeist Online-Portale zur Hand genommen, in welchen Erzeugungs- und Lastprofile einzusehen sind. Dies verschaffen dem Kunden eine hohe Transparenz seines Verbrauchs und er kann sein Energiemanagement bedarfsgerecht anpassen.

Ähnlich wie der Strommarkt im Jahr 1998 wurde auch das Messstellenwesen im Jahr 2008 vom Gesetzgeber liberalisiert. Seither ist es für den Kunden möglich, seinen Messstellenbetreiber frei zu wählen. [Schmitt und Wissner 2015]

Die Energieversorgungsbranche in Deutschland unterliegt einer großen Umstrukturierung in der kommenden Dekade. Diese bringt neu definierte und veränderte Kommunikationswege und -prozesse innerhalb der Marktteilnehmer mit sich. Auch die Rolle des Kunden verändert sich hin zu einem aktiven Teilnehmer im Stromsegment.

### 3.2. Historische Entwicklung der Idee des Smart Meterings

Die Idee zur Einführung des Smart Meterings stammt nicht aus Deutschland. Die europäischen Vorgaben zur Einführungsstrategie der intelligenten Messtechnik werden hierzulande umgesetzt, der Ursprung dessen liegt jedoch im europäischen Parlament in Brüssel. Festgehalten wurde die Idee des Smart Meterings in der Energieeffizienzrichtlinie. Artikel 13 der Richtlinie fordert die Mitgliedsstaaten der Europäischen Union (EU) dazu auf, sicherzustellen, dass die Zählpunkte für Strom, Erdgas und Fernheizung und/oder -kühlung der Endkunden mit Zählern ausgestattet werden, welche den tatsächlichen Energieverbrauch und die Nutzungsdauer des Letztverbrauchers akkurat widerspiegeln. Durch die Vorgaben der Richtlinie soll die Endenergieeffizienz durch Schaffung von Transparenz auf der Kundenseite signifikant gesteigert werden. Der Endkunde soll durch die bestehende Transparenz der Verbrauchs- und Erzeugungswerte Maßnahmen ergreifen können, um Einsparungs- und Effizienzsteigerungsmöglichkeiten umzusetzen. Zudem soll ein angemessenes Kosten-Nutzen-Verhältnis der neuen Messtechnik gewährleistet werden. So entstehen für die unterschiedlichen Verbrauchsgruppen je nach Energieverbrauch unterschiedliche Preisobergrenzen. [vom Wege und Weise 2019, S. 2]

Deutschland ist angehalten, eine rechtliche Grundlage für die erfolgreiche Einführung der intelligenten Messtechnik zu schaffen, und zwar in Form eines Rollouts, der dazu führt, dass bis 2020 mindestens 80 Prozent aller Messstellen im Stromsektor mit Smart Metern ausgestattet sind oder alternativ hierzu eine volkswirtschaftliche Bewertung durchgeführt wird, welche die Umsetzbarkeit des Rollouts aus kostentechnischer Sicht betrachtet. Jedoch ist auch nach der volkswirtschaftlichen Bewertung des Rollouts eine rechtliche Grundlage zu für die Umsetzung dessen zu entwickeln.

Hierzulande sind die europäischen Vorgaben mit der Novelle des Energiewirtschaftsgesetzes im Jahr 2011 in nationales Recht umgesetzt worden. Dementsprechend gilt die Novelle als Vorreiter für eine Weichenstellung in Richtung der Umsetzung der intelligenten Messtechnik.

Eine wirtschaftliche Bewertung des europäischen Rollout-Ziels erfolgte durch eine vom BMWi in Auftrag gegebene Kosten-Nutzen-Analyse. Deren Erkenntnisse und Ergebnisse sind entscheidend in die Gesetzgebung des GDEW eingeflossen. Herzstück des GDEWs aus dem Jahr 2016 ist das MsbG, in welchem der Einbau, die Realisierbarkeit und die Umsetzung des Rollouts gesetzlich festgelegt sind.

### 3.3. Gesetzliche Grundlage des Rollouts

Der Rollout der intelligenten Messtechnik für Strom-, Gas und Wasserzähler ist ein vom deutschen Gesetzgeber vorangetriebenes Projekt, welches eine breite gesetzliche

Grundlage vorweist. Die historischen Schritte hin zu dieser Grundlage sind im vorherigen Kapitel skizziert worden.

Dabei ist die nationale Strategie des Rollouts klar erkenntlich und wird gestaffelt nach dem jährlichen Verbrauch des Anschlussnehmers durchgeführt (vgl. [Abbildung 10](#)).

Der geplante Rollout der Bundesregierung ist im MsbG geregelt. In diesem sind die technischen und wirtschaftlichen Anforderungen an iMSys und mME festgelegt, sodass ein flächendeckender Rollout der neuen intelligenten Messtechnik realisiert werden kann.



**Abbildung 10:** Rolloutszenario intelligente Messtechnik in Deutschland

[BMWi 2020]

So soll nach dem MsbG dem grundzuständigen Messstellenbetreiber ermöglicht werden, dass dieser die in seinem Netzgebiet liegenden und umzurüstenden Messstellen in einer Übergangszeit von acht Jahren umrüstet. Bis zum Jahr 2032 werden nach dem Plan der Regierung 95 Prozent der Messstellen mit einem iMSys ausgestattet. [Messstellenbetriebsgesetz 2016, § 29]

Für jeden Letztverbraucher besteht die Möglichkeit, die analoge Messtechnik durch ein iMSys ersetzen zu lassen. Es wird zwischen einem Pflichteinbau und einem optionalen Einbau unterschieden. 95 Prozent der Messstellen, die unter die Kategorie Pflichteinbau fallen, sind vom Netzbetreiber umzurüsten. Dies betrifft Kunden mit PV-Anlagen größer sieben kWp und/oder einem Jahresstromverbrauch größer 6.000 kWh. [Messstellenbetriebsgesetz 2016, § 29]

### 3.4. Status quo

Der Startschuss des Rollouts der intelligenten Messtechnik für diese Kundengruppe ist durch die Veröffentlichung der Marktanalyse des Bundesamts für Sicherheit und Informationstechnik am 31.01.2020 gefallen.

[Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 2020]

Voraussetzung des Startschusses war es, dass es mindestens drei voneinander unabhängige Unternehmen auf dem Markt gibt, welche SMGW anbieten dürfen.

[Messstellenbetriebsgesetz 2016, § 30]

Die am Markt angebotenen iMSys müssen dabei den Anforderungen nach § 24 des MsbG genügen.

Damit diese angeboten werden dürfen, müssen im Prozessschritt zuvor sicherheitstechnische Anforderungen an das SMGW im Rahmen eines Zertifizierungsverfahrens nach CC durch das BSI erfüllt werden und mit einer Zertifizierung abschließen. Die veröffentlichte Marktanalyse stellte die technische Realisierung der Umsetzung des Rollouts fest.

Das dahinterliegende Ziel der Regierung ist es, den Rollout möglichst marktwirtschaftlich zu gestalten, sodass der Markt durch Wettbewerb zwischen den Teilnehmern belebt wird.

Am 27.07.2020 kam neben den drei bereits am Markt zertifizierten Teilnehmern mit der Firma Theben ein weiterer Akteur hinzu. Damit ist es auch für die Maschinenringe Deutschland möglich, iMSys in der definierten landwirtschaftlich geprägten Kundengruppe zu installieren. [Theben 2020b]

Fünf weitere Produkte befinden sich im Prozess des Zertifizierungsverfahrens. Die immer weiter ansteigende Zahl an Anbietern im Markt belebt diesen mit einer Dynamik und der Rollout erfährt immer mehr Schwung in der Umsetzung.

[Bundesamt für Sicherheit und Informationstechnik 2020]

Die ständige Weiterentwicklung von bestehenden Schutzprofilen und technischen Richtlinien sowie die Neuentwicklung weiterer technischer Richtlinien werden mit der Festlegungskompetenz der BNetzA vom BSI erarbeitet. Zudem muss ein Einvernehmen der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt mit der BNetzA vorliegen.

[Messstellenbetriebsgesetz 2016, § 27]

### 3.5. Potentiale intelligenter Messsysteme

Intelligente Messtechnik ist das Eintrittstor, um Einsparpotentiale eines Letztverbrauchers aufzudecken. Durch Schaffung von Transparenz des Lastgangs eines Verbrauchers lassen sich Optimierungsmöglichkeiten erschließen.

Das Einsparpotential ist abhängig von der Höhe des Stromverbrauchs. Die Konsumenten werden in verschiedene Verbrauchsgruppen kategorisiert. Diese sind nach Höhe der Stromabnahmemenge gestaffelt (Tabelle 2). Für die unterschiedlichen Verbrauchsklassen werden unterschiedlich hohe Einsparpotentiale prognostiziert. Diese können erzielt werden,

auch wenn es sich um einen optionalen Einbaufall handelt. Bei Pflichteinbaufällen müssen die Einsparpotentiale mindestens in Höhe der wirtschaftlichen Vertretbarkeit für eine Messstelle beim Letztverbraucher gegeben sein.

Tabelle 2: Einsparpotentiale unterschiedlicher Verbrauchsklassen

Verbrauchsklasse	Einsparpotential in Prozent	Kosteneinsparung [€/a] pro Zähler (gerundet)	
		Mittelwert	Maximal
< 2.000 kWh/a	-0,5	2,50	4,50
2.000 - 3.000 kWh/a	-1,0	10	17
3.000 - 4.000 kWh/a	-1,5	20	35
4.000 - 6.000 kWh/a	-2,0	39	66
> 6.000 kWh/a	-2,5	75	130

[Ernst & Young GmbH 2013]

Die Visualisierung der Messwerte erhöht aus Kundensicht die Transparenz der Verbrauchs- und Einspeisesituation an einer Messstelle. Ungenutzte Einsparpotentiale werden so aufgedeckt. Nach der Kenntnis der genauen Verbrauchs- und Einspeisesituation lassen sich im zweiten Schritt Einsparmaßnahmen anhand des Lastgangs klar definieren. Durch die Kenntnis des Lastgangs können Stromfresser mit hohem Verbrauch und hohen Lastspitzen identifiziert werden. [Schmitt und Wissner 2015]

Zudem ist es möglich, durch die definierten Tarifierungsfälle des BSI auf den Kunden zugeschnittene variable Tarife zu ermöglichen. Der Grundstock hierfür ist mit dem TAF2 „Zeitvariable Tarife“ in der 1. Generation der zertifizierten SMGW gelegt.

Neben den Potentialen auf Seiten des Verbrauchers bringt die neue intelligente Messtechnik auch Vorteile im Stromeinkauf auf der Seite der Netzverantwortlichen mit sich. Im speziellen bietet die Messtechnik für Bilanzkreisverantwortliche für das Handelsprodukt Strom neue Wege an. So werden aktuell Kunden nach SLP in einem Bilanzkreis bilanziert. Die SLP haben den typischen Lastgang einer Verbrauchergruppe hinterlegt. Die SLP sind für viele Verbrauchergruppen bereits hinterlegt, beispielsweise gibt es Lastprofile speziell für Haushalte oder für landwirtschaftliche Betriebe verschiedener Ausprägungen (z.B. SLP L0: Landwirtschaftliche Betriebe allgemein und SLP L1: Landwirtschaftsbetriebe mit Milchwirtschaft/Nebenerwerbs-Tierzucht).

Anschließend, nachdem ein Kunde einem SLP zugeordnet wurde, wird anhand der Kundenzahl in einem Bilanzkreis der Gesamtstromverbrauch ermittelt und an der Börse deutlich im Voraus am Terminmarkt eingekauft. Eine feinere Abstimmung der Stromabnahmemengen ist mit der analogen Messtechnik aktuell kaum möglich, weshalb der Strom kurzfristig am Spotmarkt gehandelt und eingekauft wird.

Ein größerer Anteil installierter iMSys in einem Kundenportfolio ermöglicht es einerseits die Strombeschaffungsmengen genauer zu prognostizieren. Andererseits kann durch die Kenntnis des tatsächlichen Verbrauchs eines Letztverbrauchers eine speziell auf den Kunden zugeschnittene Tarifierung angeboten werden. Durch die zusätzliche Erfassung der Einspeisewerte durch iMSys, beispielsweise einer PV-Anlage, kann die Prognosegenauigkeit zusätzlich gesteigert werden. Dadurch ist es möglich, die Eigenversorgung eines Kunden mit zu berücksichtigen und eine bessere Kalkulation der Strommengen zu prognostizieren. [Alexander Dürr 28.09.2020]

### 3.6. Der Rollout aus der Perspektive des Landwirts

Die verbauten iMSys erheben die Verbrauchs- und Erzeugungswerte innerhalb des Messkonzepts im Viertelstundentakt und werden transparent in einem Online-Portal zur Verfügung gestellt.

Durch die alte noch weit verbreitete analoge Zähltechnik nach dem Ferraris-Prinzip ist es dem Kunden aktuell nur möglich, seinen Jahresstromverbrauch zu kennen, nicht aber wie sich dieser über die Monate und Tage verteilt. Das Ferraris-Prinzip bietet dem Landwirt keine Möglichkeit zur Optimierung. Die reine Kenntnis des Stromverbrauchs lässt keine Aussage zu, zu welcher Tageszeit der höchste Verbrauch ist und welcher Verbraucher dahintersteht. Es ermöglicht den Eigenverbrauchsanteil des von PV-Anlagen produzierten Stroms weiter zu erhöhen, indem Lastspitzen außerhalb der Stromproduktionszeiten in Zeiten der PV-Produktion verschoben werden, wie es Abbildung 11 praxisnah verdeutlicht.

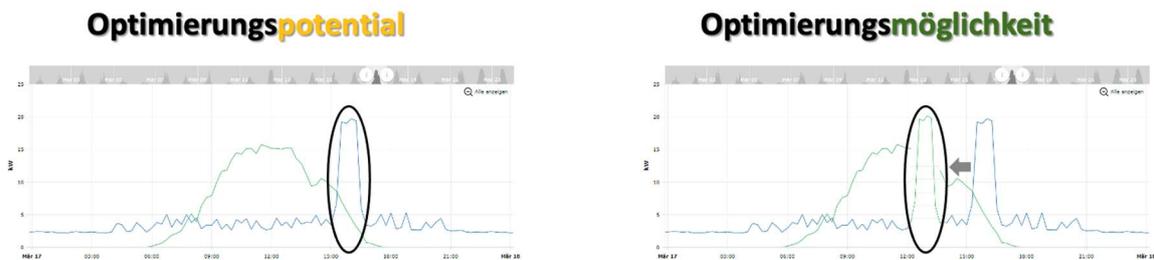


Abbildung 11: Praxisbeispiel Lastverschiebung

[Eigene Darstellung]

Die Kenntnisnahme über individuelle Stromverbrauchszeiten und Höhe sowie Anzahl von Lastspitzen in viertelstündiger Auflösung ermöglicht es Netzentgelte einzusparen. Ein finanzielles Einsparpotential stellt die verringerte Abgabe der Konzession dar. Durch eine verminderte Zahlung der Konzessionsabgabe als Bestandteil des Strompreises, welche für die Nutzung des öffentlichen Raums des Stromnetzes erhoben wird, kann ein großer landwirtschaftlicher Betrieb nach internen Auswertungen bis zu 1.100 Euro jährlich an Ersparnis erzielen.

Die Kundengruppe des Landwirts weist zumeist hohe Stromverbräuche in Kombination mit hohen Lastspitzen auf. Die beiden Netzzustandsgrößen Verbrauch und Leistung sind Bestandteil der Voraussetzung für eine Beantragung der verringerten Konzessionsabgabe. Die Bedingungen, um eine verminderte Konzessionsabgabe in Anspruch zu nehmen sind:

1. Der Kunde muss einen Jahresstromverbrauch von mindestens 30.000 kWh oder mehr vorweisen
2. Der Kunde muss mindestens in zwei unterschiedlichen Monaten eine Lastspitze von mehr als 30 Kilowatt (kW) vorweisen

[e.optimum 2020]

Falls der Kunde diese Vorgaben erfüllt, erhält dieser den Status als Sondervertragskunde abgerechnet zu werden. Diese bezahlen eine verminderte Konzessionsabgabe. Diese ist für die Sondervertragsstromkunden gesetzlich festgehalten und beträgt 0,11 ct/kWh. [Verordnung über Konzessionsabgaben für Strom und Gas 2006]

Durch die Visualisierung der Lastgänge der Kunden im Online-Portal wird diese Ersparnis erst möglich gemacht.

Ein weiterer Vorteil des Rollouts für Landwirte ist es, dass diese die Einspeisewerte und -zeiten ihrer PV-Anlage transparent in einem Portal visualisiert sehen können. Durch die Darstellung der Erzeugungslastkurve der PV-Anlage kann der Anteil des eigengenutzten Stroms bestimmt und erhöht werden. Dies lässt Rückschlüsse auf den Autarkiegrad des Anschlussnutzers zu und zeigt die Rentabilität des Betriebs der EEA auf. Zudem können untypisch niedrige Einspeisemengen schnell identifiziert werden und Rückschlüsse über elektrische oder mechanische Schäden der Module oder Wechselrichter geschlossen werden.

Ein weiterer Vorteil ist es, dass durch die Kenntnis der genauen Einspeisemenge die Höhe der staatlichen Subvention nachvollziehbar gestaltet werden kann. Dadurch besteht die Möglichkeit, die Höhe der Subventionierung selbst zu bestimmen.

Neben der Identifikation der genauen Verbrauchs- und Einspeisedaten der Landwirte, sind die anfallenden Kosten für den Betrieb der Messstelle aus der Sicht des Kunden zu betrachten. Diese fallen im Vergleich zum Entgelt für den Betrieb konventioneller Messstellen höher aus. Daher sind gesetzliche Preisobergrenzen für den Betrieb, je nach Höhe des Stromverbrauchs des Kunden, gesetzlich festgelegt worden. Dies stößt in dieser Kundengruppe im Anfangsstadium des Rollouts zumeist auf Ablehnung.

Vielen Landwirten ist das Einsparpotential durch die Installation der intelligenten Messtechnik nur geringfügig bewusst. Zum aktuellen Zeitpunkt fehlt der Landwirtschaft das Werkzeug zur Stromkostenoptimierung. Die Vergleichbarkeit einzelner Betriebe mit gleicher

Struktur geben einen Impuls in die richtige Richtung. So soll die Einordnung des Stromverbrauchs eingeordnet werden können.

Ein weiterer Ansatzpunkt zur Beschleunigung des Rollouts in der landwirtschaftlichen Branche ist die Schaffung von Akzeptanz gegenüber iMSys.

Zusammenfassend muss festgehalten werden, dass für eine erfolgreiche Implementierung der neuen intelligenten Messwerterhebung wirtschaftliche und gesellschaftliche Aspekte in der Landwirtschaft berücksichtigt werden müssen.

### 3.7. Wirtschaftliche Vertretbarkeit intelligenter Messsysteme

Die wirtschaftliche Vertretbarkeit für den Betrieb einer Messstelle an einem Zählpunkt muss zu Beginn des Rollouts geprüft und sichergestellt sein. Durch eine vom BMWi in Auftrag gegebene Kosten- und Nutzenanalyse für iMSys sind Preisobergrenzen (POG) für den Betrieb von intelligenten Messstellen für verschiedene Verbrauchergruppen entstanden.

Neben den grundzuständigen Netzbetreibern werden nun auch wettbewerblichen Messstellenbetreibern (wMSB) die Möglichkeit gegeben iMSys anzubieten. Der Anschlussnutzer hat das freie Wahlrecht zwischen dem Grundzuständigen und dem wMSB.

Die durch die Kosten- und Nutzenanalyse sind POG entstanden, dies gelten nur für die Grundzuständigen Betreiber der Messstellen. Für wMSB gelten die Preisgrenzen nicht. [Energiewirtschaftsgesetz 2020, § 36]

In Tabelle 3 sind die vom Gesetzgeber eingeteilten Verbrauchergruppen, der Start des Rollouts der Messtechnik in der Verbrauchergruppe, die Frist, bis wann der Rollout in der Gruppe umgesetzt werden muss und die dazugehörige POG aufgelistet.

Tabelle 3: Staffelung der POG nach Verbrauchergruppen

Verbrauchergruppe in kWh	Rollout ab	Umbaufrist in Jahre	Preisobergrenze für den Messstellenbetrieb in Bruttopreisen pro Jahr je Zählpunkt
> 100.000 kWh	2017	16	Angemessen
50.000 - 100.000 kWh	2017	8	200 Euro
20.000 - 50.000 kWh	2017	8	170 Euro
10.000 - 20.000 kWh	2017	8	130 Euro
6.000 - 10.000 kWh	2020	8	100 Euro
Zählpunkte mit unterbrechbarer Verbrauchseinrichtung vor der Teilnahme der unterbrechbaren Verbrauchseinrichtung am Flexibilitätsmechanismus (§ 14a EnWG)	2017	-	100 Euro

[Messstellenbetriebsgesetz 2016, § 31]

Neben den Kunden mit Bezugszählern für Strom, für welche die POG in Tabelle 3 gelten, gibt es gesetzliche Vorgaben für Betreiber von EEA (siehe Tabelle 4). Ebenfalls sind für Anlagenbetreiber POGs nach demselben Prinzip wie für Strombezugszähler festgelegt und in Gruppen nach installierter Leistung der Anlage gestaffelt.

Tabelle 4: Staffelung der POG nach Anlagenbetreibergruppen

Anlagenbetreibergruppe Installierte Leistung von - bis	Rollout ab	Umbaufrist in Jahren	Preisobergrenze für den Messstellenbetrieb in Bruttopreisen pro Jahr je Zählpunkt
7 - 15 kW	2017	8	100 Euro
15 - 30 kW	2017	8	130 Euro
30 - 100 kW	2017	8	200 Euro
> 100 kW	2020	8	angemessen

[Messstellenbetriebsgesetz 2016, § 31]

Die Zählpunkte, welche in die Verbraucher - und Anlagenbetreibergruppen in Tabelle 3 und Tabelle 4 eingeordnet werden können fallen in die Gruppe des Pflichtumbaus der Messstelle auf intelligente Messtechnik.

Für Anschlussnutzer, die nicht in die zuvor aufgeführten Gruppen fallen, gibt es die Option ihre Messstelle mit intelligenter Messtechnik auszustatten. Diese Nutzer fallen in die Gruppe des optionalen Einbaus. Auch für diese definiert der Gesetzgeber POG je nach Jahresstromverbrauch der unterschiedlichen Gruppen. Für diese gibt es keine Umbaufristen (Tabelle 5)

Tabelle 5: Staffelung der POG nach Verbrauchergruppe optionale Einbaufälle

Verbrauchergruppe in kWh	Rollout ab	Preisobergrenze für den Messstellenbetrieb in Bruttopreisen pro Jahr je Zählpunkt
4.000 - 6.000 kWh	2020	60 Euro
3.000 - 4.000 kWh	2020	40 Euro
2.000 - 3.000 kWh	2020	30 Euro
< 2.000 kWh	2020	23 Euro

[Messstellenbetriebsgesetz 2016, § 31]

Damit die Kunden in die richtige Verbrauchergruppe eingeteilt werden, ist der Durchschnittswert des Jahresstromverbrauchs der letzten drei Jahre zu berechnen. [29]

In dem Fall, dass die Ausstattung einer Messstelle nach dem MsbG nicht vorgesehen ist, muss der grundzuständige Messstellenbetreiber mindestens eine mME im Zählerkasten einbauen. Diese Regelung gilt bis zum Jahr 2032 für Neubauten und für Gebäude, welche

einer größeren Renovierung im Sinne der EU-Richtlinie 2010/31/EU über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden unterzogen werden.

[Messstellenbetriebsgesetz 2016, § 29]

Für mME sieht der Gesetzgeber eine POG von 20 Euro brutto jährlich je Zählpunkt vor.

[Messstellenbetriebsgesetz 2016, § 32]

## 4. Funktionalitäten intelligenter Messsysteme

Das iMSys und im speziellen das SMGW unterliegen datenschutzrechtlichen Auflagen. Die Vertraulichkeit der personenbezogenen Daten des Letztverbrauchers sollen jederzeit zu 100 Prozent gewahrt werden, weshalb das BSI hohe Anforderungen an das SMGW, die Monteur und die Lieferkette des iMSys definiert.

### 4.1. Technische Anforderungen an das SMGW

Durch die gesetzliche Verankerung der Einbaupflicht der neuen Messtechnik ist die Datensicherheit grundlegend neu zu auszuloten. Aus diesem Grund hat das BMWi das BSI damit beauftragt, ein Schutzprofil für die Kommunikationseinheit des SMGWs zu definieren.

Die Hauptbestandteile des Schutzprofils:

1. BSI Schutzprofil gemäß CC
2. Technische Richtlinie BSI TR-03109-1 bis 6
3. Anforderung 50.7 der Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB)

Vor dem Markteintritt eines jeden iMSys, muss ein Zertifizierungsverfahren nach CC durchlaufen werden, in dem die gestellten Anforderungen überprüft und die Erfüllung der Richtlinien geprüft werden. Diese sollen die Sicherstellung der richtigen Benutzung der personenbezogenen Daten der Kunden feststellen. [Aichele und Doleski 2013, S. 404]

### 4.2. Funktionalitäten im Lokal metrologischen Netz

Das BSI definiert in der Technischen Richtlinie BSI TR-03109-1 Funktionalitäten, welche das SMGW im Netzbereich LMN erfüllen muss. Im LMN kommuniziert das SMGW ausschließlich mit den angeschlossenen Stromzählern. Dieses ist für den Empfang, die Verarbeitung, Speicherung und Versendung von Messwerten und gegebenenfalls Netzzustandsdaten verantwortlich.

[Bundesamt für Sicherheit und Informationstechnik 2019b, 15 f.]

Auch in diesem Netzbereich ist zu jederzeit eine sichere Kommunikation sicherzustellen, um etwaigen externen Störungen entgegenzuwirken. Deswegen definiert das BSI Anwendungsfälle, welche das SMGW im LMN sicherstellen muss, damit die

Sicherheit erhöht wird. Tabelle 6 beschreibt die mindestens zu erfüllenden Anwendungsfälle und die festgelegten Protokolle, damit eine sichere Kommunikation der Zähler erfolgen kann.

Tabelle 6: Anwendungsfälle des SMGW im LMN

Anwendungsfall	Beschreibung
LMN Zählerverwaltung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Das SMGW muss die Konfiguration der Zähler im LMN unterstützen, z.B.:               <ol style="list-style-type: none"> <li>I. Registrierung/Konfiguration</li> <li>II. Schlüssel-/Zertifikatsmanagement                   <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Generieren von öffentlichen und privaten Schlüsseln für LMN Zähler</li> <li>b) Generieren von selbstsignierten Transport Layer Security (TLS) Zertifikaten durch das SMGW</li> <li>c) Einbringen und Erneuern der TLS Zertifikate für bidirektional angeschlossene Zähler</li> <li>d) Austausch des jeweiligen zählerindividuellen „Master“ Schlüssels für die symmetrische Verschlüsselung bei drahtlos, bidirektional angeschlossenen Zählern</li> </ol> </li> </ol> </li> </ul>
Abruf/Empfang von Messwerten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Das SMGW muss die in den Zählern gebildeten Messwerte abfragen bzw. periodisch zugeliferte Werte empfangen können. Folgende Varianten der Messwerterfassung lassen sich unterscheiden:               <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Einzelabruf von Messwerten</li> <li>2. Zulieferung von Messwerten</li> </ol> </li> </ul>

[vgl. Bundesamt für Sicherheit und Informationstechnik 2019b, 45 ff.]

Damit das SMGW mit den Zählern im LMN kommunizieren kann, muss hinter jedem Zähler ein bestimmtes Zählerprofil hinterlegt sein, um eine eindeutige Identifizierung eines jeden Zählers im LMN sicherzustellen. Die Bekanntmachung der Zählerprofile erfolgt vom zuständigen SMGWA. Die Zählerprofile eines Zählers müssen folgende Parameter beinhalten:

▪ **Geräte-ID**

Eindeutige Beschreibung des Zählers

▪ **Kommunikationsszenario**

Es wird zwischen dem bidirektionalen und unidirektionalen Kommunikationsszenario unterschieden. Eine Unterscheidung der Szenarien kann dahingehend unternommen werden, dass im bidirektionalen Kommunikationsfall das SMGW auf Services des Zählers zugreift. Es werden beispielsweise Messwerte abgefragt oder TLS Zertifikate werden eingebracht. Das Kommunikationsmuster „BIDIREKTIONAL“ wird in Abbildung 12 dargestellt. In diesem werden insgesamt vier Abwicklungsschritte der Reihenfolge nach von 001 bis 004 ausgeführt.

Abbildung 13 zeigt das Kommunikationsszenario „UNIDIREKTIONAL“ und dessen Reihenfolge. Das Szenario besteht dabei ebenso aus vier Abwicklungsschritten, welche in dieser Reihenfolge vom SMGW von 001 bis 004 abgearbeitet werden.

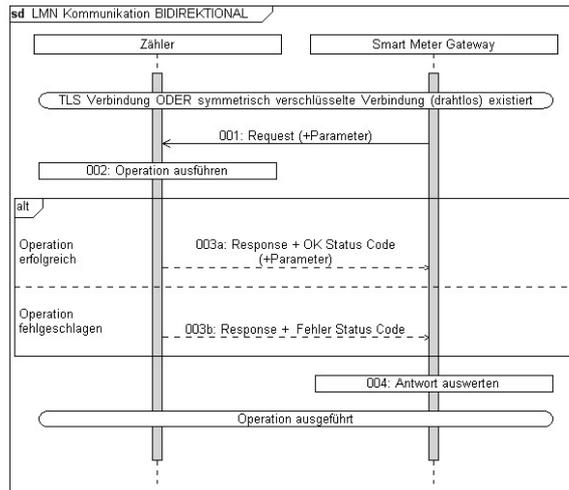


Abbildung 12: Kommunikationsmuster "BIDIREKTIONAL" des SMGW im LMN

[BSI 2019]

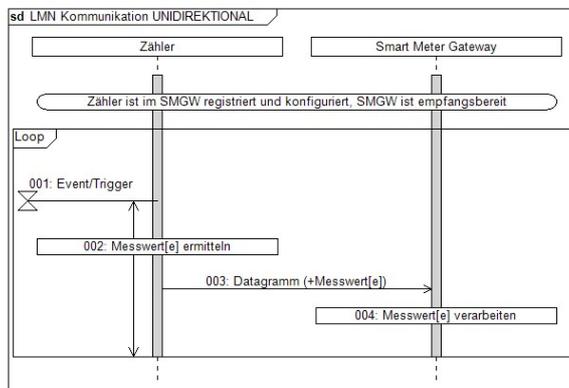


Abbildung 13: Kommunikationsmuster "UNIDIREKTIONAL" des SMGW im LMN

[BSI 2019]

- **Kommunikationstyp**

Gibt an, ob TLS oder das symmetrisch kryptographische Verfahren für die Sicherung der Kommunikation verwendet werden soll.

- **Protokoll**

Das Protokoll für die Kommunikation mit dem Zähler. Hier wird der Protokollbetreiber ausgewählt, der unter anderem dafür sorgt, dass die Messwerte nicht OBIS-fähiger Zähler den relevanten OBIS-Kennzahlen zugeordnet werden.

- **Schlüsselmaterial**

Das Schlüsselmaterial ist die Absicherung für die Kommunikation mit dem Zähler. Im Fall des symmetrischen Verfahrens ist das notwendige Schlüsselmaterial ein symmetrischer Schlüssel. Im Falle einer TLS-Verbindung des SMGW muss der private Schlüssel im Sicherheitsmodul ausgewählt werden, der für die Authentifizierung gegenüber dem Zähler gewählt werden muss, das entsprechende Zertifikat für diesen Schlüssel und das Zertifikat des Zählers.

▪ **Intervall**

Das Intervall, in dem Messwerte vom Zähler empfangen beziehungsweise ausgelesen werden müssen und in dem das SMGW vorgehaltene aktuelle Zählerstände aktualisiert werden muss.

▪ **Saldierend**

Legt fest, ob der Zähler ein saldierender Zähler ist und seine Zählerstände sowohl größer als auch kleiner werden können.

▪ **OBIS-Kennzahlen der Messgrößen**

Die Kennzahlen wählen die Messgrößen des Zählers aus, für die das SMGW die jeweils aktuellen Zählerstände speichern soll.

▪ **Wandlerfaktor**

Beträgt bei direkt anzuschließenden Zählern immer 1. Bei Verwendung von Wandlerzählern kann der Faktor abweichend sein. Der Faktor kommt dann zum Einsatz, wenn Strom- oder Spannung auf eine besser messbare Größe reduziert wurden. Um einen realen Messwert zu erhalten muss der Wandlerfaktor berücksichtigt werden.

4.3. Funktionalitäten im Wide Area Network

Das SMGW kommuniziert mit EMT über die Verbindung im WAN. Auch in diesem Netzwerkbereich soll durch festgelegte Protokolle eine sichere Kommunikation sichergestellt werden. Tabelle 7 beschreibt die Anwendungsfälle, welche eine Kommunikation mit EMT erfordern.

Tabelle 7: Anwendungsfälle des SMGW im WAN

Anwendungsfall	Beispiel
Administration und Konfiguration des SMGW durch den SMGWA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Das SMGW muss ausschließlich vom SMGWA administriert werden</li> <li>• Es muss folgende Dienste bereitstellen:               <ol style="list-style-type: none"> <li>I. Geräteverwaltung</li> <li>II. Mandantenverwaltung</li> <li>III. Profilverwaltung</li> <li>IV. Schlüssel-/Zertifikatsmanagement</li> <li>V. Firmware-Update</li> <li>VI. Wake-Up Konfiguration</li> <li>VII. SMGW Monitoring</li> </ol> </li> </ul>
Zugriff des SMGW auf Dienste beim SMGWA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dienste, auf die das SMGW im Betrieb angewiesen ist, muss das SMGW beim SMGWA aufrufen können, zum Beispiel:               <ol style="list-style-type: none"> <li>I. Zeitsynchronisation</li> <li>II. Firmware Download</li> <li>III. Auslieferung von tarifierten Messwerten oder Netzzustandsdaten</li> </ol> </li> </ul>
Alarmierung und Benachrichtigung des SMGWAs bei Auftreten (unerwarteter) Ereignissen im SMGW	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Während des Betriebs des SMGW können unerwartete Ereignisse oder Fehlersituationen auftreten, die zur Analyse und weiteren</li> </ul>

	Bearbeitung an den SMGWA gemeldet werden müssen.
Übertragung von Daten an den SMGWA	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Übertragung von Daten an den SMGWA muss durch den Aufruf eines Dienstes beim SMGWA erfolgen</li> </ul>
Übertragung der Daten an EMT	<ul style="list-style-type: none"> <li>Es treten folgende Anwendungsfälle auf:             <ol style="list-style-type: none"> <li>Turnusmäßige Auslieferung von tarifierten Messwerten</li> <li>Turnusmäßige Netzzustandsdatenauslieferung</li> <li>Spontane Messwertauslesung</li> </ol> </li> </ul>
Kommunikation EMT mit einem CLS über das SMGW	<ul style="list-style-type: none"> <li>Das SMGW muss Anwendungsfälle zur Kommunikation eines EMT mit einem CLS Gerät unter Nutzung der TLS Proxy Funktionalität des SMGW unterstützen</li> </ul>
Wake-Up Service	<ul style="list-style-type: none"> <li>SMGW muss den Wake-Up-Service implementieren</li> </ul>

[vgl. Bundesamt für Sicherheit und Informationstechnik 2019b, 20 ff.]

Die beschriebenen Anwendungsfälle an der WAN-Schnittstelle beruhen auf insgesamt fünf Kommunikationsszenarien:

▪ **MANAGEMENT**

Das Kommunikationsszenario „Management“ sieht den Zugriff des SMGWA auf Services des SMGW an der WAN-Schnittstelle vor. Abbildung 14 zeigt das Kommunikationsmuster des Protokolls zwischen dem SMGW und dem SMGWA auf, welches die Schritte 001 bis 004 der Reihe nach abarbeitet.

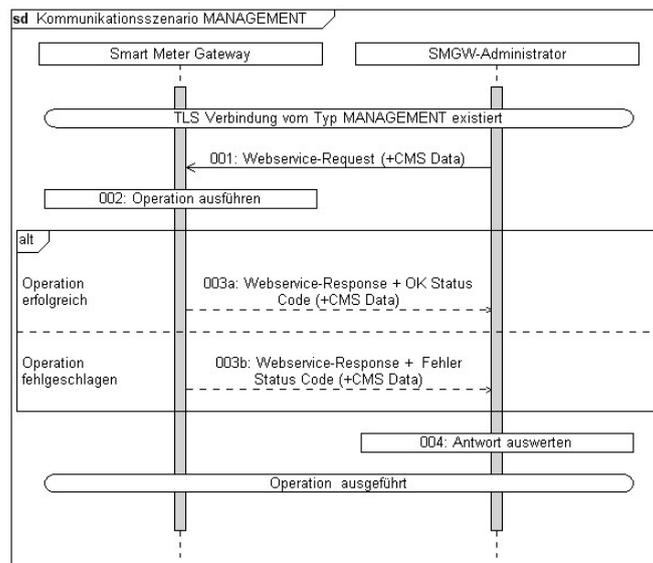


Abbildung 14: Kommunikationsszenario "MANAGEMENT"

[BSI 2019]

▪ **ADMIN-SERVICE**

Ähnlich wie das vorherige Kommunikationsszenario „MANAGEMENT“ ist dieses Szenario in Abbildung 15 auch für Services des SMGW für den SMGWA gedacht.

Die Kommunikation geht hierbei vom SMGW aus. Voraussetzung dieses Szenarios ist es, dass eine TLS-Verbindung zwischen dem SMGW und dem SMGWA besteht.

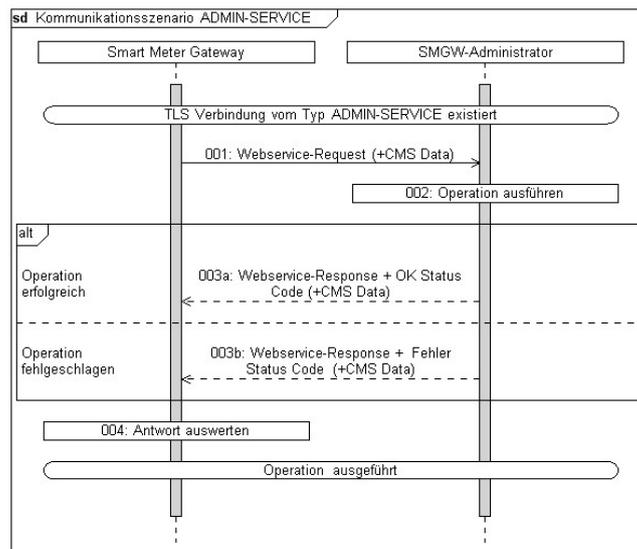


Abbildung 15: Kommunikationsszenario "ADMIN-SERVICE"

[BSI 2019]

▪ **INFO-REPORT**

Das Szenario „INFO-REPORT“ soll dem SMGW ermöglichen, auf Services der EMT zuzugreifen, damit der Versand der Daten sichergestellt ist. Das Sequenzdiagramm in Abbildung 16 beschreibt die Abfolge der Prozessschritte des Protokolls „INFO-REPORT“.

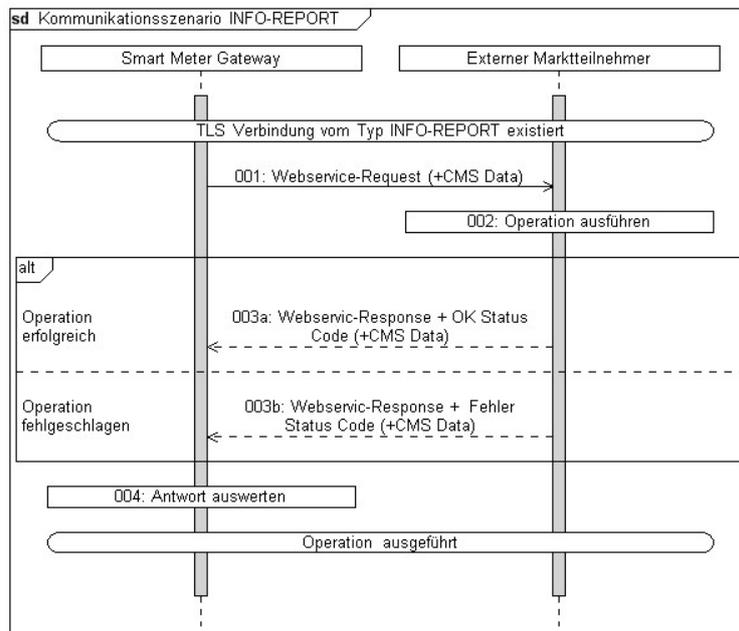


Abbildung 16: Kommunikationsszenario "INFO-REPORT"

[BSI 2019]

- **Network Time Protocol (NTP) - Hypertext Transfer Protocol Secure (HTTPS)**

Dieses Szenario wird für den Zeitabgleich der internen Uhr des SMGWs mit dem der vom SMGWA ausgewählten sicheren externen Instanz genutzt. Die Synchronisation der Zeit erfolgt hierbei über einen vom SMGWA bereitgestellten Web-Service.

- **NTP-TLS**

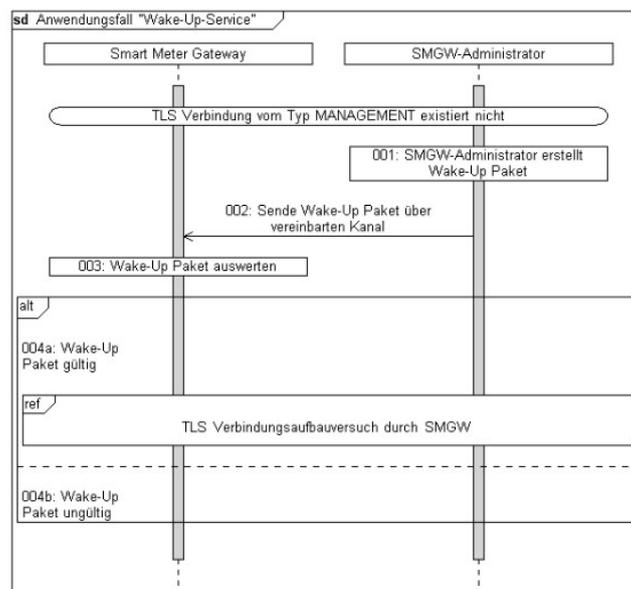
Zeitsynchronisation über eine TLS-Verbindung des SMGW mit dem SMGWA.

Jeder übertragene Messwert des SMGW an EMT und die in der Übertragung mitübermittelten Parametern der Zählerprofile der Stromzähler, wie beispielsweise die Geräte-ID, werden pseudonymisiert. Die aufbereiteten Daten werden vom SMGW an EMT übermittelt. Zum Zeitpunkt des Eintreffens des Datensatzes wird die Authentizität der empfangenen Daten vom SMGWA überprüft, anschließend die Signatur entfernt und an den Empfänger weitergeleitet.

Die bei der Übertragung von Konfigurations- oder Administrationsarbeiten des SMGWA vom SMGW empfangenen Informationen müssen verarbeitet werden können. Zudem muss das SMGW Firmware Updates ausführen können. Dabei muss sichergestellt sein, dass erhobene Messwertdatensätze nicht gelöscht oder beschädigt werden.

Der SMGWA kann das SMGW auf Abruf auffordern, eine feste Kommunikationsverbindung aufzubauen. Bei dieser Funktion, dem Wake-Up Service, empfängt das SMGW ein vom SMGWA speziell signiertes Datenpaket. Über einen Wake-Up Service muss der SMGWA den Aufbau eines TLS-Kanals für das Kommunikationsszenario „MANAGEMENT“ anfordern können. Abbildung 17 skizziert den Ablauf des Events „Wake-Up Service“.

[Bundesamt für Sicherheit und Informationstechnik 2019b, 38 f.]



**Abbildung 17:** Sequenzdiagramm "Wake-Up Service"

[BSI 2019]

Jeden empfangenen Messwert versieht das SMGW mit einem Zeitstempel. Die Uhrzeit des Stempels wird dabei ausschließlich von der Systemuhr des SMGW bereitgestellt. Die Messwerte werden dann in Messwertlisten gespeichert. Das SMGW überprüft in regelmäßigen Abständen die Uhrzeit im Betriebssystem mit einer lokalen Uhrzeit, aus einer vertrauenswürdigen Quelle. Die vertrauenswürdige Vergleichsquelle wird vom SMGWA bereitgestellt. Die Geräteuhr des SMGW muss dahingehend synchronisiert sein, dass die Abweichung gegenüber der gesetzlichen Zeit stets weniger als 3 Prozent der kleinsten Messperiode beträgt. Die kleinste Messperiode eines SMGW muss mindestens eine Auflösung von fünf Minuten unterstützen. Falls die Abweichung von 3 Prozent nicht eingehalten werden kann, werden die Messwerte gekennzeichnet, dem SMGWA gemeldet und es erfolgt ein Eintrag in das Eich-Log des SMGW. Falls eine korrekte Synchronisierung der Messwerte über einen Zeitraum T nicht darstellbar ist, wird der SMGWA alarmiert und es erfolgt ebenfalls ein Eintrag in das Eich-Log.

Die Zeit T berechnet sich dabei folgendermaßen:

$$T = \frac{\text{Warnschwelle} * \text{kleinste Messperiodendauer} * \text{eichrechtlich erlaubte Toleranz}}{\text{Max SMGW Zeitdrift}}$$

### **Beispiel:**

$$\begin{aligned} T &= \frac{80 \% * 15 \text{ Minuten} * 3 \%}{50 \text{ ppm}} & (1) \\ &= \frac{0,80 * 900 \text{ s} * 0,03}{0,00005} \\ &= 432.000 \text{ s} \quad (= 5 \text{ Tage}) \end{aligned}$$

Dieses Beispiel beschreibt eine viertelstündige Messwerterhebung. Bei dieser Art der Erhebung wird der SMGWA nach fünf Tagen alarmiert.

[Bundesamt für Sicherheit und Informationstechnik 2019b, 41 ff.]

## 4.4. Funktionalitäten im Home Area Network

Das HAN ist die Schnittstelle des SMGW zu steuerbaren Geräten, wie beispielsweise intelligente Haushaltsgeräte oder PV-Anlagen, dem Letztverbraucher und zum Service-Techniker.

Über die CLS -Schnittstelle des Letztverbrauchers können steuerbare Geräte im HAN über TLS-gesicherte Verbindungen mit EMT kommunizieren. Die Kommunikation des Gateways mit angeschlossenen steuerbaren Einheiten wird in Abbildung 18 dargestellt.

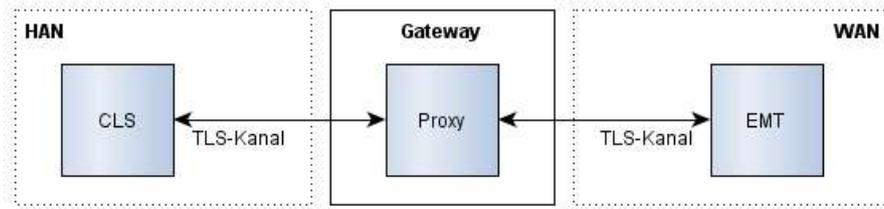


Abbildung 18: TLS-gesicherte Verbindung zwischen CLS und EMT im WAN

[BSI 2019]

Zudem kann der Letztverbraucher über die Schnittstelle ihm zugeordnete und gespeicherte Daten abrufen. Dafür ist eine erfolgreiche und individuelle Authentifizierung des Anschlussnutzers über ein Passwort und Benutzername notwendig. Die für den Anmeldeprozess notwendigen Informationen bekommt dieser beim Einbau des iMSys schriftlich ausgehändigt.

Der Service-Techniker kann ebenfalls die HAN-Schnittstelle zur Bearbeitung seiner Zuständigkeiten nutzen. Er hat Zugriff auf das System-Log des SMGW, welches ihn bei der Diagnose von Fehlern unterstützend begleitet.

Die in Tabelle 8 beschriebenen Anwendungsfälle eines SMGW im HAN sind die mindestens abzubildenden Anwendungsfälle. Diese beschreiben, welche Daten welche Instanzen einsehen dürfen und in welcher Granularität diese bereitgestellt werden.

[Bundesamt für Sicherheit und Informationstechnik 2019b, S. 17]

Tabelle 8: Anwendungsfälle des SMGW im HAN

Anwendungsfall	Beschreibung
Bereitstellung von Daten für den Letztverbraucher	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bereitstellung von abrechnungsrelevanten Daten und von aktuellen Messwerten sowie die zugehörigen Tarifinformationen. Dafür müssen folgende Daten zur Verfügung gestellt werden:               <ol style="list-style-type: none"> <li>I. Datum und Systemzeit des SMGW</li> <li>II. Aktuelle Zählerstände in kWh oder Kubikmeter der am SMGW angeschlossenen und dem Letztverbraucher zugeordneten Zähler</li> <li>III. Aktuelle Tarifstufe je Auswertungsprofil</li> <li>IV. Historische Daten gemäß Energieeffizienzrichtlinie:                   <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Die letzten 7 Tage, Tag für Tag</li> <li>b) Die letzte Woche (aggregiert)</li> <li>c) Das letzte Jahr (aggregiert)</li> <li>d) Mindestens die letzten 15 Monate (Monat für Monat aggregiert)</li> </ol> </li> <li>V. Messwerte der letzten 24 Stunden in einer Granularität, wie sie das SMGW vom Zähler erfasst und zur Aktualisierung der abgeleiteten Register verwendet</li> <li>VI. Alle Daten des Letztverbraucher-Logs</li> </ol> </li> </ul>
Bereitstellung von Daten für den Service-Techniker	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Das SMGW <b>muss</b> mindestens folgende Informationen für Service-Techniker bereitstellen:               <ol style="list-style-type: none"> <li>I. Alle Daten des System-Logs</li> </ol> </li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Folgende Daten <b>können</b> bereitgestellt werden:             <ol style="list-style-type: none"> <li>I. Diagnose Informationen                 <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Konfigurationsparameter der Schnittstellen im WAN, HAN und LMN                     <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Kommunikationsprofil,</li> <li>▪ Zählerprofile,</li> <li>▪ Proxy-Kommunikationsprofile</li> </ul> </li> <li>b) Statusinformationen der Schnittstellen im WAN, HAN UND LMN</li> <li>c) Liste und Statusinformationen der Sensoren</li> <li>d) Liste und Statusinformationen der CLS-Schnittstellen</li> <li>e) Statusinformation des SMGW</li> </ol> </li> </ol> </li> </ul>
Transparenter Kommunikationskanal zwischen CLS und EMT	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Folgende fünf Kommunikationsszenarien müssen vom SMGW unterstützt werden:             <ol style="list-style-type: none"> <li>I. Bidirektionale Kommunikation im HAN bei Authentifizierung mittels HAN-Zertifikaten</li> <li>II. Bidirektionale Kommunikation im HAN bei Authentifizierung mittels eindeutiger Kennung und Passwort</li> <li>III. Transparenter Kanal initiiert durch CLS</li> <li>IV. Transparenter Kanal initiiert durch EMT</li> <li>V. Transparenter Kanal initiiert durch SMGW</li> </ol> </li> </ul>

[vgl. Bundesamt für Sicherheit und Informationstechnik 2019b, 54 ff.]

#### 4.5. Weitere Funktionalitäten des SMGW

Neben den Funktionalitäten des SMGW in den jeweiligen Netzwerkbereichen muss diese spartenübergreifenden Funktionen erfüllen unabhängig von der jeweiligen Schnittstelle. Die zu erfüllenden Funktionen werden in Tabelle 9 beschrieben und aufgeführt.

Tabelle 9: Übergreifende Funktionen des SMGW

Funktion	Beschreibung
Nutzerverhalten/Mandantenfähigkeit	Das SMGW erfasst, speichert und übermittelt die erhobenen Messdaten unabhängig von der Wohnsituation des Letztverbrauchers. Speziell implementierte Mechanismen im SMGW lassen es zu, Messwerte, welche beispielsweise aus Mehrparteienhäusern stammen können, zu erheben und differenziert zu verarbeiten
Zeitsynchronisation	Das SMGW muss über eine Real Time Clock verfügen. Das SMGW muss in regelmäßigen Abständen seine Uhrzeit mit einer vom SMGWA gestellten vertrauenswürdigen Zeit gegenchecken.
Kryptographische Funktionen	Erzeugung und Prüfung von Signaturen und Schlüsselgenerierungen sind kryptografische Funktionen des SMGW. Diese Funktionen erfüllt das SMGW nach einem Common Criteria zertifizierten Sicherheitsmodul.
Protokollierung	Das SMGW speichert alle Aktionen in Logs ab. Diese werden je nach Event in unterschiedlichen Logs zugeordnet und in diesen gespeichert:

	<ol style="list-style-type: none"><li><b>1. System-Log</b><ol style="list-style-type: none"><li>I. Dient zur Statuserkennung des SMGW</li><li>II. Identifizierung von Stör- und Fehlerquellen</li><li>III. Kann nur von SMGWA und Service-Techniker vor Ort eingesehen werden</li></ol></li><li><b>2. Letztverbraucher-Log</b><ol style="list-style-type: none"><li>I. Transaktionen des SMGW (Verschicken von Messdaten) und Aktivitäten des SMGWA werden festgehalten</li><li>II. Nachvollziehung der erhobenen Daten eines authentifizierten und autorisierten Letztverbrauchers</li></ol></li><li><b>3. Eichtechnisches Logbuch</b><ol style="list-style-type: none"><li>I. Aufzeichnung eichtechnisch relevanter Ereignisse, zum Beispiel Messverfälschungen oder falsche Zeitsynchronisierung</li><li>II. Speicherung der Änderung eichtechnisch relevanter Parameter</li><li>III. Autorisierter Zugriff nur von: SMGWA</li></ol></li></ol>
--	---

[Bundesamt für Sicherheit und Informationstechnik 2019b, 17 ff.]

## 5. Das intelligente Messsystem im Praxischeck

Dieses Kapitel beschreibt die hohen Sicherheitsmaßnahmen im Umgang mit der installierten Smart Meter Technik. Oberste Priorität beim gesamten Prozess hat dabei die Datensicherheit der personenbezogenen Daten eines Letztverbrauchers. Klar definierte Lieferketten und die Zuständigkeiten der involvierten Personen (siehe 5.1) und geschultes Fachpersonal (siehe 5.2) sollen dabei unterstützen die Vorgaben des BSI einzuhalten.

### 5.1. „SiLKe“ - die sichere Lieferkette

IMSys müssen für ihre Markteinführung ein Zertifizierungsverfahren nach CC-Standard erfolgreich durchlaufen. Teil des Zertifizierungsverfahrens ist auch die Sicherstellung der sicheren Lieferkette (SiLKe).

Die SiLKe soll sicherstellen, dass keine manipulierten iMSys und mME in den Markt gelangen. Zudem soll verhindert werden, dass durch die manipulierten Geräte personenbezogene Daten der Letztverbraucher abgegriffen und zu Datenmissbrauchszwecken verwendet werden können.

Aufgrund dessen muss eine SiLKe inklusive aller Prozessschritte vom SMGW-Hersteller bis zum Einbau des iMSys beim Kunden definiert sein. Prozessschritte der SiLKe sind die Lagerung, Lieferung und der Transport der SMGW vom SMGW-Hersteller zu dessen Dienstleistern.

Angefangen beim SMGW-Hersteller werden die SMGW in einem gesonderten Produktionsbereich produziert. Diese werden nach der Produktion in genau definierten Stückzahlen in sicheren Transportboxen versandt. Angekommen beim MSB oder anderen berechtigten Personen der SiLKe werden die SMGW in einem vom Hauptlager abgetrennten Lager abgeliefert und zwischengelagert, bevor diese im nächsten Prozessschritt an den Endkunden ausgeliefert werden. Ein Lager beim MSB oder einer berechtigten dritten Person hat Sicherheitskontrollen. Diese sind zum Beispiel alarmgesicherte Eingangstüren oder Transportboxen, welche durch Einmalpasswörter gesichert sind. Die gesonderten Lager haben eine Mengengrenze. An den Schnittstellen der SiLKe, wenn die SMGW anderen Personen übertragen werden, darf nur geschultes Fachpersonal mitwirken.

Nachdem die SMGW die Lager des MSB verlassen haben, werden diese in sicheren Transportboxen dem Kunden überbracht. In Abbildung 19 wird die sichere Lieferkette verbildlicht. Die darin vorkommenden Protagonisten Theben, Lackmann und Kunde sind die Teilnehmer der SiLKe des Pilotprojekts der MR Deutschland. [Alexander Dürr 03.11.2020]



Abbildung 19: Die sichere Lieferkette

[Eigene Darstellung]

### 5.2. „SiMon“ - der sichere Monteur

Der sichere Monteur (SiMon) ist Bestandteil des Prozesses der sicheren Lieferkette. Er ist für den Einbau des iMSys beim Kunden verantwortlich. Auch die Auslieferung und der Transport zum Kunden fallen in sein Aufgabengebiet. Damit der SiMon seine Zuständigkeiten in der SiLKe erfolgreich abwickeln kann, wird dieser im Vorfeld geschult. Nur wenn dieser eine erfolgreich absolvierte Schulung vorweisen kann, kann der SiMon die Inbetriebnahme des iMSys beim Letztverbraucher vollziehen. Das SMGW muss bei seiner

Inbetriebnahme in einer sicheren Umgebung sein, damit sichergestellt werden kann, dass das SMGW seine Funktionen erfüllt.

Die SMGW werden von ihm in sicheren Transportboxen und in einer vorgegebenen Stückzahl zum Kunden gebracht.

Nach dem TAN-Verfahren werden die personalisierten SMGW aus der Transportbox genommen. Jeder Kunde erhält im Vorfeld eine individuelle 8- bis 10-stellige PIN-Code-Nummer zum Öffnen und Schließen der Transportbox. Diese darf maximal nur zehn Minuten geöffnet sein, da sonst Manipulationsverdacht besteht. Dies hat zur Folge, dass alle in der Transportbox befindlichen SMGW vernichtet werden müssen. Die PIN-Codes werden der Reihenfolge der im Vorfeld definierten Liste abgearbeitet. Der PIN wird in den pyKey eingegeben, damit dieser die Transportbox öffnen kann. Es gilt zu verhindern, dass Unbefugte Zugang zu einem SMGW erlangen und so Zugriff auf personenbezogene Daten des Letztverbrauchers erhalten. [Alexander Dürr 03.11.2020]

## 6. Technische Herausforderungen beim Einbau intelligenter Messsysteme

Intelligente Messtechnik ist bisher in der Landwirtschaft nicht flächendeckend etabliert. Zudem ist die neue Art der Messwerterhebung neuartig und bringt daher technische Herausforderungen beim Ein- und Umbau der iMSys mit sich mit. Dieses Kapitel geht auf die vielfältigen technischen Probleme beim Umrüsten der neuen Technik ein.

### 6.1. Datenfluss im WAN über das Mobilfunknetz

Bis das iMSys im Normalbetrieb arbeiten kann, durchläuft dieses im Vorfeld bis zum Erreichen der Phase des Normalbetriebs vier Lebenszyklus-Phasen. Abbildung 20 veranschaulicht das Lebenszyklus-Modell eines SMGW begonnen mit Phase 1 „Herstellungs- und Produktionsprozesse von GW und Sicherheitsmodul“ und endend bei Phase 6 „Außerbetriebnahme SMGW“.

### Lebenszyklus-Modell eines SMGW

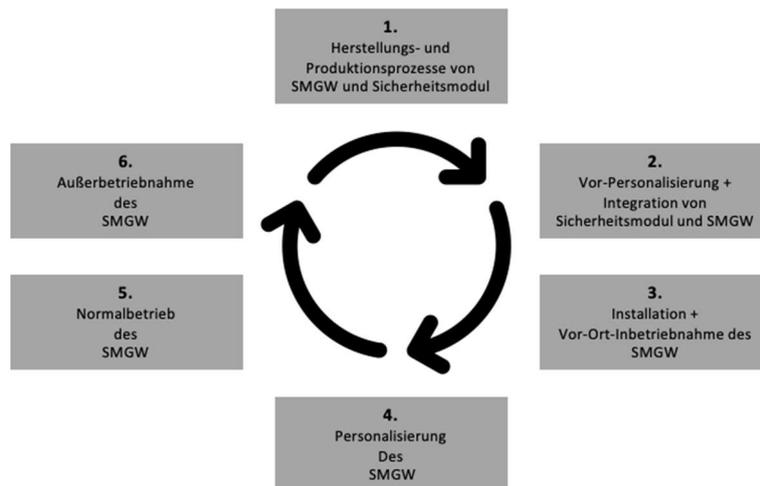


Abbildung 20: Lebenszyklus-Modell SMGW

[Eigene Darstellung]

In der dritten Phase „Installation + Vor-Ort-Inbetriebnahme des SMGW“ wird das iMSys beim Letztverbraucher im Zählerkasten durch den Erst-Konfigurator installiert. Außerdem wird das SMGW konfiguriert. Es werden alle physikalischen Kommunikationsschnittstellen (LMN, WAN und HAN) des SMGW „scharf“ geschaltet, sodass die nächste Phase – die Personalisierung des SMGW – des Lebenszyklus-Modells eines SMGW eingeläutet werden kann.

Die Personalisierung eines SMGW wird vom SMGWA durchgeführt. Das SMGW verbindet sich in dieser Phase im WAN über das öffentliche Mobilfunknetz mit der im SMGW gespeicherten GW-Admin-Adresse. Es wird eine verschlüsselte Kommunikation zwischen den Teilnehmern über einen TLS-Kanal realisiert. Um eine Kommunikation über das öffentliche Mobilfunknetz zu realisieren, ist eine Global SIM-Card in das SMGW implementiert. Diese bucht sich unabhängig von Netzprovider in das am Zählerumbauort verfügbare Netz ein. [Gerhard Großjohann 2018]

Damit die Personalisierung des SMGW beim Anschlussnutzer durchgeführt werden kann, muss am Ort des Umbaus ausreichend Mobilfunkempfang über einen nicht definierten Zeitraum verfügbar sein. Je nach Empfangsqualität am Zählerplatz dauert die Lebenszyklusphase „Personalisierung des SMGW“ mindestens drei Minuten an. Nur wenn die Personalisierung eines SMGW abgeschlossen ist, kann der Wirkbetrieb aufgenommen werden.

Die Mobilfunkempfangsqualität wird am Ort des Zählerplatzes anhand mehrerer Signalindikatoren analysiert und eingestuft. Die Einschätzung der Indikatoren sind Indizien dafür, dass die Durchführung der Personalisierung des SMGW eine hohe

Erfolgswahrscheinlichkeit hat. Der aussagekräftigste und für die Einschätzung wichtigste Indikator ist der Received Signal Strength Indicator (RSSI). Der RSSI-Wert drückt die empfangene breitbandige Leistung in einem Frequenzkanal, einschließlich von thermischem Rauschen und Rauschen, welches im Empfänger selbst erzeugt wird aus. [Wildemann und Schöne 2020]

Das hochfrequente SYNPER-LTE+ Spectrum erfasst bei der Aufnahme der Vorortbedingungen bei einem Kunden den für die Einschätzung des Mobilfunkempfangs wichtigen RSSI-Wert. Der Leistungspegel der empfangenen Leistung auf dem Frequenzband wird auf eine definierte Referenzleistung abgebildet. Dieser wird in Dezibel Milliwatt (dBm) angegeben. Dieser ist von unterschiedlichen Einflussfaktoren wie dem Zählerstandort abhängig. 61 Prozent der verbauten Zähler verteilen sich über die Stockwerke Keller, Erdgeschoss und Obergeschoss im Haus, wie es Abbildung 21 aufgezeigt wird. Der Rest der Zähler ist außerhalb des Hauses in Zählerkästen verbaut, entweder im Freien oder in einem auf dem Hof des Landwirts ansässigen Außengebäude (z.B. Stall).

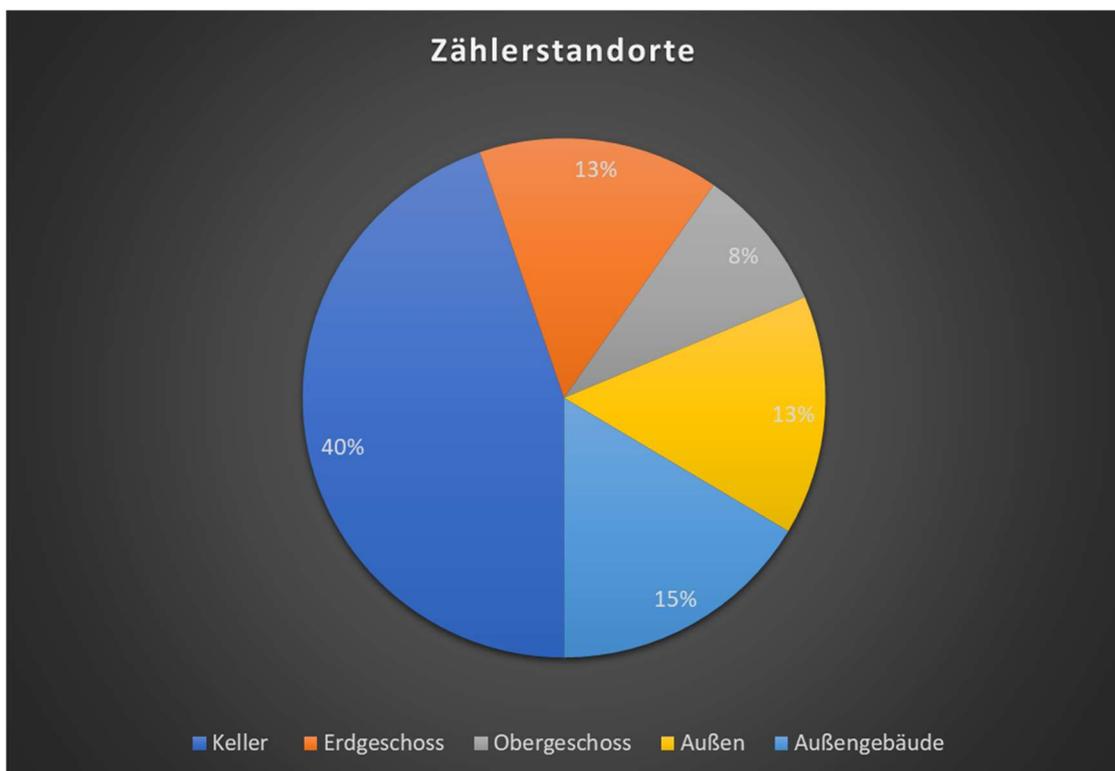


Abbildung 21: Einordnung der Zähler nach Standort auf den landwirtschaftlichen Betrieben

[Eigene Darstellung]

Für die Übertragung der Messwerte werden je nach Empfangssituation am Zählerkasten unterschiedliche Antennentypen verbaut. Je nach gemessenem RSSI-Wert am Zählerstandort werden individuelle Empfehlungen für den einzusetzenden Antennentyp

ausgesprochen. Die Einordnung der Einbaumöglichkeit einer Messtelle wird anhand eines Ampelsystems (vgl. Tabelle 10).

Tabelle 10: Einschätzung der Mobilfunksituation und Empfehlung des Antennentyps

RSSI	dBm	Signalleistung	Empfehlung
0		zu niedrig für eine zuverlässige Verbindung	Kein Einbau möglich
1		zu niedrig für eine zuverlässige Verbindung	
2		zu niedrig für eine zuverlässige Verbindung	
3		zu niedrig für eine zuverlässige Verbindung	
4		zu niedrig für eine zuverlässige Verbindung	
5	-104	zu niedrig für eine zuverlässige Verbindung	
6	-103	zu niedrig für eine zuverlässige Verbindung	
7	-100	zu niedrig für eine zuverlässige Verbindung	
8	-98	zu niedrig für eine zuverlässige Verbindung	Stationsantenne
9	-96	zu niedrig für eine zuverlässige Verbindung	
10	-94	zu niedrig für eine zuverlässige Verbindung	
11	-92	Grenzwertiger Empfang	Stabantenne
12	-90	Grenzwertiger Empfang	
13	-88	Grenzwertiger Empfang	
14	-86	Grenzwertiger Empfang	
15	-84	Grenzwertiger Empfang	
16	-82	Grenzwertiger Empfang	
17	-80	Grenzwertiger Empfang	
18	-78	Mittlerer Empfang	Stabantenne
19	-76	Mittlerer Empfang	
20	-74	Mittlerer Empfang	
21	-72	Mittlerer Empfang	
22	-70	Mittlerer Empfang	
23	-68	Mittlerer Empfang	
24	-66	Guter Empfang	Magnetfußantenne
25	-64	Guter Empfang	
26	-62	Guter Empfang	
27	-60	Guter Empfang	
28	-58	Guter Empfang	
29	-56	Guter Empfang	
30	-54	Optimaler Empfang	Magnetfußantenne
31	-52	Optimaler Empfang	

Die eingesetzten Antennen decken unterschiedliche Frequenzbereiche und Funknetze ab und werden in unterschiedlichen dBm-Bereichen eingesetzt. In Tabelle 11 werden der eingesetzte Antennentyp, der Frequenzbereich und das abgebildete Funknetz der Antennen erläutert.

Tabelle 11: Eingesetzte Antennentechnik

Antennentyp	Frequenzbereich	Funknetz	Bild
Magnetfußantenne	698 bis 960 MHz 1710 bis 1880 MHz 1900 bis 2200 MHz	GSM  UMTS	
Stabantenne	790 - 960 MHz 1710 - 2170 MHz 2500 - 2690 MHz	LTE, GSM LTE, GSM UMTS, LTE	
Stationsantenne	790 - 960 MHz 1710 - 2170 MHz 2500 - 2690 MHz	LTE, GSM LTE, GSM, UMTS LTE	

[Lichtblick Kommunikation 2020a]

Die eingesetzte Antennentechnik hängt von der Empfangsqualität am Zählerstandort ab. Die Auswertung der Messergebnisse in Abbildung 22 der bereits umgebauten Zähler ergab, dass bei 82,93 Prozent der Kunden ein Wirkbetrieb des iMSys über das öffentliche Mobilfunknetz realisierbar ist und eine Personalisierung abgeschlossen werden konnte. Insgesamt wurden dabei 75 Zähler von 41 Kunden der MR Deutschland ausgewertet.

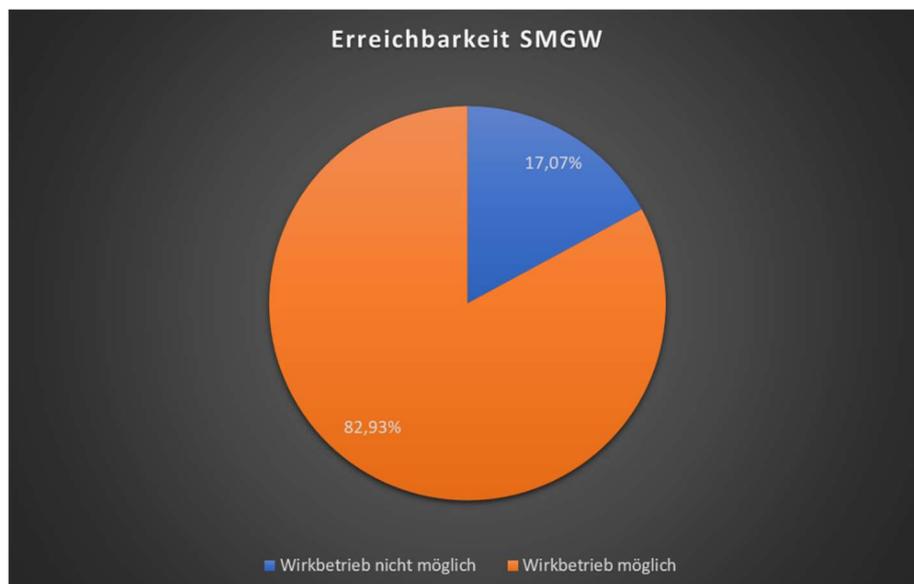


Abbildung 22: Mobilfunkempfang am Zählerkasten

[Eigene Darstellung]

Der Einbau eines iMSys muss im Vorfeld technisch durchdacht geplant werden. Die Hauptaufgabe des iMSys ist es, die Daten fein granular zu erheben und diese vollständig an die EMT zu versenden. Der Mobilfunkempfang ist von verschiedenen Gegebenheiten

abhängig und wird mit dem SYNPER-LTE+ Spectrum ermittelt. Wichtige Indizien zur zukünftigen Einschätzung der Vorortbegebenheiten, ohne den Zählerplatz zuvor gesehen zu haben, werden der Zählerstandort, der Frequenzbereich der verschiedenen Antennentypen und die durchschnittliche Erreichbarkeit eines SMGW sein.

### 6.2. Drahtgebundene Datenübertragung im WAN via Ethernet

Neben der Möglichkeit, die WAN-Verbindung des SMGW zu EMT über das öffentliche Mobilfunknetz zu realisieren, bietet das SMGW zudem eine drahtgebundene Datenübermittlung der Messwerte über Ethernet an.

Die drahtgebundene Variante lässt ebenfalls die WAN-Kommunikation der EMT zu. Die Verbindung wird über den WLAN-Router eines Kunden realisiert. Allgegenwärtig gelten auch in diesem Fall die hohen datenschutzrechtlichen Sicherheitsauflagen. Die Installation eines SMGW über ein handelsübliches LAN-Kabel mit RJ45-Buchse hat für den Kunden einen deutlich höheren Aufwand im Vorfeld. Dieser muss bevor der eigentliche Umbau des Zählers stattfindet des eigentlichen von seinem Router aus eine LAN-Verbindung zum SMGW legen.

Zum einen muss der Kunde über ein Heimnetzwerk verfügen. Im heutigen digitalen Zeitalter ist dies eine oft gegebene Voraussetzung. Die Software des WLAN-Routers muss fortlaufend auf die neueste Version upgedatet werden und ein freier LAN-Port für den Anschluss des LAN-Kabels muss zudem verfügbar sein. Elementarer Bestandteil der Vorbedingungen für die Realisierung einer WAN-Kommunikation via Ethernet ist es, dass der Kunde den Schlüssel für den Netzwerkzugang zur Hand hat. Zudem muss ein Kunde das LAN-Kabel vom Zählerschrank zum LAN-Anschluss des Netzwerks verlegen.

Während des Einbaus des iMSys muss das SMGW im Heimnetzwerk des Kunden registriert werden. Dafür bezieht das SMGW eine interne statische IPv4 im Netzwerk vom WLAN-Router. Damit das SMGW eine feste interne IPv4 beziehen kann, muss der Port, an welchem das LAN-Kabel angeschlossen ist, freigeschalten werden. Dies geschieht über eine manuelle Konfiguration des Kunden. Nachdem die interne IPv4 für das SMGW zugeteilt worden ist, wird die öffentliche IPv4-Adresse des Computers, an welchem die Konfiguration durchgeführt wird, an den GWA übergeben. Zudem erhält dieser die Info über die Portfreigabe. [Alexander Dürr 25.11.2020]

Nachdem die Konfiguration und Zuteilung der IPv4-Adresse des SMGW im Heimnetzwerk des Kunden abgeschlossen ist nimmt der GWA das SMGW in den Betrieb und fordert über einen TLS-Kanal ein initiales Wake-Up über die Management-Verbindung des SMGW für die Übermittlung eines signierten Datenpakets an.

Hinter der drahtgebundenen Anbindung des SMGW steht ein hoher administrativer Konfigurationsaufwand seitens des Kunden. Vorteil dessen für den MSB ist es, dass durch die Unabhängigkeit des Standorts eines Zählers eine dauerhafte und ausreichende Verbindung für eine gesicherte Kommunikation der EMT mit dem SMGW garantiert werden kann. Dies führt zu einem deutlich geringeren administrativen Aufwand für den MSB, da dieser kaum mehr zeitlichen Aufwand für eine Plausibilisierung der Messdaten aufwenden muss.

Falls sich die öffentliche IPv4-Adresse eines Kunden im Nachgang zum Umbautermin ändert, kann der GWA dies über den vom SMGW initiierten Verbindungsaufbau nachvollziehen, sodass eine Änderung der IPv4 keine weiteren administrativen Änderungsarbeiten für alle Beteiligten nach sich zieht. [Alexander Dürr 25.11.2020]

Die größte Hürde ist es, dass die Kunden alle nötigen Vorbedingungen erledigen. Aus versicherungstechnischen Gründen muss der Kunde die LAN-Leitung von iMSys zum Router legen. Hierfür sind in vielen Fällen Wand-Durchbohrungen notwendig. Diese bürgen das Risiko, dass in den Hauswänden verlegte Leitungen oder Rohre so sehr in Mitleidenschaft gezogen werden, dass deren voller Funktionsumfang nicht mehr gegeben ist. Damit soll das Risiko dem Kunden zugesprochen werden. Um in diesen Fällen teure Folgeschäden und damit zusätzliche Versicherungsverträge für den Messstellenbetrieb abschließen zu müssen, soll dieses Risiko durch den Kunden abgedeckt werden.

Die Nutzung der aktuelleren IPv6-Adresse ist naheliegend. Beide Adressvergabearten sind bereits eng miteinander verzahnt. Die Messwerteübermittlung über LAN ist nicht standardmäßig und wird nur im absoluten Ausnahmefall umgesetzt. Die SMGW werden für den Einzelfall speziell konfiguriert und eine spezielle Software wird aufgespielt. Diese ist zum jetzigen Rolloutzeitpunkt nicht komplett ausgereift, sodass diese nur IPv4-Adressen verarbeiten kann. [Alexander Dürr 25.11.2020]

### 6.3. Messkonzepte auf den landwirtschaftlichen Betrieben

Die auf den landwirtschaftlichen Betrieben vorherrschenden Messkonzepte bestehen zumeist nicht nur aus einem Zähler. Wie es in Abbildung 1 dargestellt ist, hat die Landwirtschaft 10,5 Prozent der installierten Leistung im Jahr 2016 in Deutschland inne. Da Solarstromanlagen in Zukunft vom Netzbetreiber flexibel gesteuert und geregelt werden sollen, sind die technischen Vorgaben für eine Steuerungsausrüstung dieser Anlagen besonders wichtig. Die Auseinandersetzung der Thematik zur Steuerungsausrüstung von Solaranlagen erschließt sich automatisch aus dem Portfolio der Zählerarten, welche in Abbildung 23 dargestellt werden. Ein Anteil von 32,7 Prozent der Zähler im Feld der MR Deutschland sind Einspeisezähler von Solarstromanlagen.

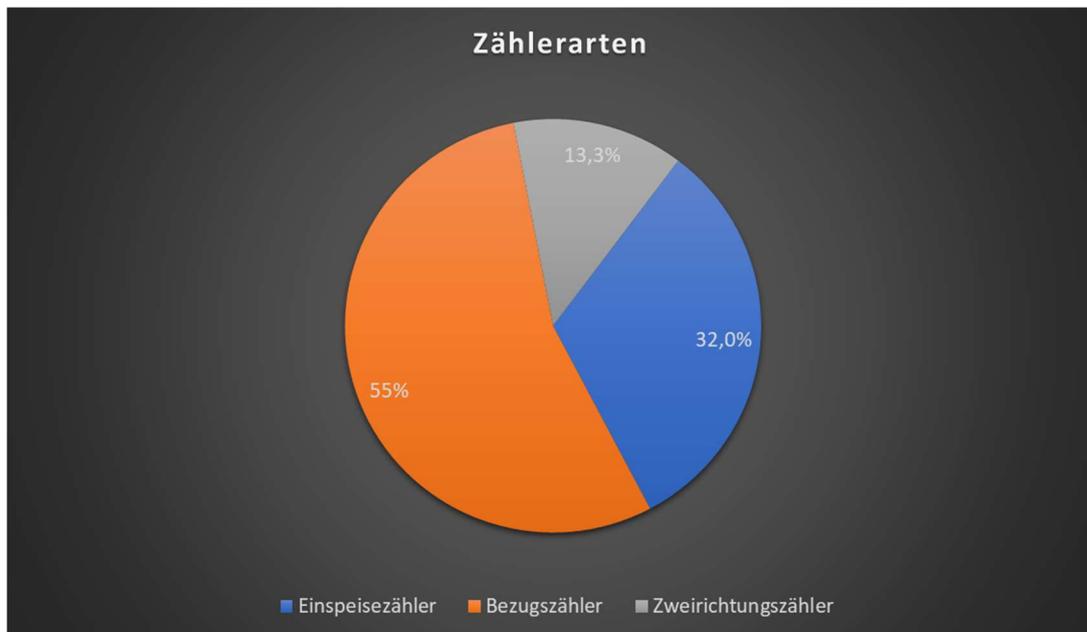


Abbildung 23: Zählerarten

[Eigene Darstellung]

Die technischen Vorgaben des aktuell gültigen EEG 2017 in § 9 schreiben vor:

1. Anlagen mit über 100 kW installierte Leistung müssen jederzeit die aktuelle Ist-Einspeisung abrufen können und die Einspeiseleistung bei Netzüberlastung ferngesteuert reduzieren können. Diese Anlagen müssen regelbar in 4 Stufen sein (auf 100, 60, 30 und 0 Prozent der Wirkleistung)
2. Anlagen, welche eine installierte Leistung im Bereich von 30 bis 100 kW vorweisen, müssen diese Pflichten aus 1. ebenfalls erfüllen.
3. Anlagen mit einer installierten Leistung von höchstens 30 kW können wie in 1. und 2. gesteuert werden oder diese müssen am Netzverknüpfungspunkt (NVP) die Wirkleistungseinspeisung auf 70 Prozent reduzieren können.

[Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG 2021]

Die Anlagenbetreiber im Portfolio der MR Deutschland finden sich in 2. und 3. wieder. Es besteht schlussfolgernd die Pflicht, ihre Anlagen steuerungstechnisch auszustatten. Dies kann über einen Rundsteuerempfänger (RSE) an einer PV-Anlage oder Fernwirktechnik realisiert. RSE werden für die Drosselung von PV-Anlagen zwischen 30 und 100 kWp installierter Leistung am NVP oder einer Tarifschaltung von steuerbaren Verbrauchseinrichtungen (z.B. Nachtspeicherheizungen) eingesetzt. Da das iMSys mit TAF2 „Zeitvariable Tarife“ die Tarifschaltung einer Solarstromanlage übernehmen kann, wird in diesem Anwendungsfall der RSE ausgebaut. RSE bei steuerbaren Verbrauchseinrichtungen müssen sitzen bleiben. Falls eine Drosselung der PV-Anlage über den RSE vorgesehen ist, bleibt dieser sitzen, da dies noch nicht über einen aktuell zertifizierten TAF möglich ist.

Neben RSE können große PV-Anlagen über 100 kWp installierter Leistung über Fernwirktechnik gesteuert werden. In diesen Fällen ist es notwendig, dass der Netzbetreiber die aktuelle Ist-Einspeisung jederzeit abrufen kann und die Anlage ferngesteuert variabel in vier Stufen je nach Netzzustand regeln kann. Der Unterschied in diesen Techniken liegt darin, dass RSE nur Steuersignale empfangen und verarbeiten können. Falls eine Fernwirktechnik verbaut ist, ist durch die Abrufung der Ist-Einspeisung eine Kommunikation von und zum Netzbetreiber notwendig.

Der gesetzliche Rahmen für den Einbau iMSys ist zum heutigen Zeitpunkt gesetzlich nicht vollumfänglich geklärt. Nach § 29 MsbG müssen PV-Anlagen mit einer installierten Leistung von mehr als sieben kWp mit einem iMSys ausgestattet werden. Für Anlagen ab einer installierten Leistung von 30 kW gelten aktuell die Bestimmungen des § 9 EEG 2017. Die Bestrebungen das iMSys als zentrale Kommunikationseinheit für alle 14 TAF einzusetzen, würde bedeuten, dass die Steuerung der PV-Anlagen der Landwirte über das iMSys abzubilden wäre. Benötigt werden hierfür TAF 9 „Ist-Einspeisung einer Erzeugungsanlage“. Eine Re-Zertifizierung des TAF 9 muss von allen SMGW-Herstellern erfolgen, bevor es den Startschuss für den Rollout geben kann.

### 6.4. Technische Anforderungen an den Zählerschrank

Die Individualität der Zählerschränke hat sich in einer Vielzahl von Vorortbesichtigungen bei den Landwirten gezeigt. So sind Zählerkästen aus den verschiedensten Gründen nicht für den Umbau mit intelligenter Messtechnik geeignet.

Die Bedingungen in Landhäusern sind häufig nach den heutzutage gültigen technischen Vorgaben an die Zählerschränke ungenügend. Ein häufig vorkommendes Problem ist es, dass kein Platz für das iMSys vorhanden ist. Somit ist der Anschlussplatz veraltet. Die Anwendungen eines Zählerplatzes und wie ein Hausanschlussraum in Zukunft DIN-gerecht gestaltet wird, ist in der DIN 18012 beschrieben. Im Rahmen des Rollouts sind dementsprechend eine Vielzahl der bestehenden Zählerkästen im Vorfeld umzurüsten und so beschaffen sein, dass in diesen künftig auch iMSys verbaut werden können. Nach der Auswertung der Zählerschrank vor Ort auf den landwirtschaftlichen Betrieben hat sich ergeben, dass jeder zehnte Zählerschrank nicht den technischen Vorgaben entspricht und nicht nach den aktuell anerkannten Regeln der Technik ausgestattet ist. Die Umbau-Quote der Zählerschränke wird in Abbildung 24 dargestellt. Anhand von Kriterien wie die Ausführung der technischen Regeln für die Ausgestaltung eines Zählerschranks kommt die Entscheidung zustande, ob es für den Kasten heißt „Einbau möglich“ oder „Einbau nicht möglich“.



Abbildung 24: Umbau-Quote der Zählerkästen

[Eigene Darstellung]

Die rechtlichen Vorgaben an einen Zählerplatz ergeben sich aus der Niederspannungsanschlussverordnung (N(D)AV). §§ 20, 22 der N(D)VA sehen vor, dass der Anschlussnehmer einen Zählerplatz nach den anerkannten Regeln der Technik zur Verfügung zu stellen hat. Zudem werden von jedem Netzbetreiber technische Anschlussbedingungen an den Zählerkasten auf den Internetseiten öffentlich zugänglich ausgewiesen. [Niederdruckanschlussverordnung 2020]

Der Netzbetreiber verfügt über das Bestimmungsrecht des Anbringungsort. Falls es in einem Haus mehrere mögliche Anbringungsorte für einen Zählerkasten gibt, hat der Anschlussnehmer die Möglichkeit, die Platzierungsoptionen des Kastens zu präferieren und die für ihn passende Variante geltend zu machen. An jedem möglichen Anbringungsort muss berücksichtigt sein, dass Mess- bzw. Steuereinrichtungen fernauslesbar sein müssen. [BDEW Bundesverband der Energie und Wasserwirtschaft e. V. 2019b]

Damit ein Zählerkasten zukunftsgerichtet ausgestattet ist, gibt der Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V. (VDE) dem Anschlussnehmer Anwendungsregeln für die Ausgestaltung des Kastens zur Hand. Im Stromversorgungsbereich ist seit 29.04.2020 die VDE-AR-N 4100:2019-04 „Technische Regeln für den Anschluss von Kundenanlagen an das Niederspannungsnetz und deren Betrieb (TAR Niederspannung)“ verbindlich. Die VDE-Anwendungsregel „TAR Niederspannung“ fasst die technischen Anforderungen zusammen, die bei der Planung, bei der Errichtung, beim Anschluss und beim Betrieb von elektrischen Anlagen an das Niederspannungsnetz des Netzbetreibers zu beachten sind. In dieser werden die technischen Mindestanforderungen für Zählerplätze von elektrischen Wohnanlagen in

Wohngebäuden mit direkter Messung und Betriebsströmen bis maximal 63 Ampere geregelt. [Hager Vertriebsgesellschaft mbH & CO. KG 2019]

Das iMSys gibt dem Kunden die Möglichkeit, über den CLS-Kanal steuerbare Verbrauchseinrichtungen nach § 14a EnWG anzubinden. Dies gewährt dem Kunden, dass er beispielsweise seine Haushaltsgeräte über das SMGW intelligent steuern kann und er auch hier die volle Transparenz der Stromverbrauchssituation eines jeden einzelnen Geräts hat. Neben dem Einsatzgebiet „Smart Home“ werden auch „Smart Grid“-Funktionen in Zukunft von großer Bedeutung werden. Besonders die in der Landwirtschaft häufige Art des Prosumings und die Ausstattung von privaten und öffentlichen Ladevorrichtungen werden in der Zukunft gefragt sein. Dafür sind Schutzeinrichtungen wie FI- oder LS-Schalter so anzubringen, dass bei dem Ausfall einer Kundenanlage eine größtmögliche Verfügbarkeit der elektrischen Anlagen geachtet wird. So soll sichergestellt werden, dass nur ein möglichst kleiner Teil der Anlage eines Kunden von der Stromversorgung getrennt ist.

[Hager Vertriebsgesellschaft mbH & CO. KG 2019]

Schon heutzutage ist ein Großteil der Anschlussnutzer sein eigener Energiemanager. Die durch die Digitalisierung möglich gemachte Transparenz eröffnet viele Möglichkeiten für Optimierungen. Immer mehr Dienstleistungen werden in digitaler Form angeboten. Damit das Optimierungspotential optimal ausgeschöpft werden kann, ist es sinnvoll, dass der Zählerplatz mit Hardware für die Dienstleistungen vorbereitet wird. Zu nennen sind hier leitungsgebundene Anschlussmöglichkeiten und die Implementierung von Stecksystemen. LAN-Anschlüsse und extra vorgesehene Plätze für Router müssen für die Softwarelösungen vorbereitet werden. Insgesamt ist ein Zählerplatz in sieben Bereiche eingeteilt.

[Hager Vertriebsgesellschaft mbH & CO. KG 2019]

Ein Zählerplatz im Zählerschrank ist 250 mm breit und umfasst die Bereiche:

- Zählerfeld (450 mm hoch)
- Unterer Anschlussraum (300 mm hoch) für Sammelschienen und strombegrenzende Überstromschutzeinrichtungen
- Oberer Anschlussraum (150 oder 300 mm hoch) für 3-polige Hauptschalter (4-polig in TT-Systemen) zum Freischalten von Stromkreisverteilern

[Rönspieß 2019]

In Abbildung 25 ist ein Zählerplatz dargestellt, wie er in zukünftigen Neubauten standardmäßig errichtet wird und die Zuweisungen nach den genannten Maßen geschehen sollen.



Abbildung 25: Zählerplatz der Zukunft

[Hager 2020]

Damit im Vorfeld des Einbaus eines iMSys alle technischen Anforderungen an einen Zählerplatz erbracht sind, werden Fotos von den Kunden in die Zentrale der MR Deutschland geschickt. Hier werden die Zählerkästen auf den Fotos geprüft und kategorisiert. Wichtig ist es ebenfalls, dass der Kasten für die digitalen Einsatzgebiete der Zukunft gerüstet ist. Eine IT-Infrastruktur beim Kunden ist unabdingbar für die Implementierung von Optimierungsdienstleistungen über etwaige Portale mit Kundeneinsicht.

## 7. Technische und logistische Lösungsansätze zur Optimierung des Einbauprozesses

Der Rollout intelligenter Messtechnik für Verbraucherklassen bis 100.000 kWh steht aktuell am Beginn. Grundlegende Technische Richtlinien, Verordnungen, Gesetze und Kommunikationsstandards sind vorgegebene Leitplanken seitens der zuständigen Verbände und Behörden für eine erfolgreiche Implementierung der iMSys beim Anschlussnutzer. Dennoch sind Messstellenbetreiber technischen und logistischen Herausforderungen unterlegen, die je nach Einzelfall oder ganzen Verbrauchergruppen unterschiedlich evaluiert werden müssen.

### 7.1. Logistische Lösungsansätze

Der reibungslose Umbau eines Stromzählers beim Kunden ist das vorrangige Ziel. Dafür müssen im Vorfeld eines jeden Umbaus einige Vorkehrungen im Vorfeld getroffen werden. Diese Vorkehrungen sind in jeder Kundengruppe unterschiedlich. Die MR Deutschland verbaut iMSys in der Landwirtschaft. Schlussfolgernd sind für diese Verbrauchergruppe

spezielle Vorkehrungen im Vorfeld eines jeden Einbautermins zu planen und zu entwickeln. Die am häufigsten vertretene Betriebsform der MR Deutschland sind Schweinemastbetriebe und Milchviehbetriebe. Andere Betriebsformen wie Reiterhöfe oder Weinbaubetriebe nehmen 54 Prozent des Kundenanteils ein, wie es Abbildung 26 verdeutlicht.

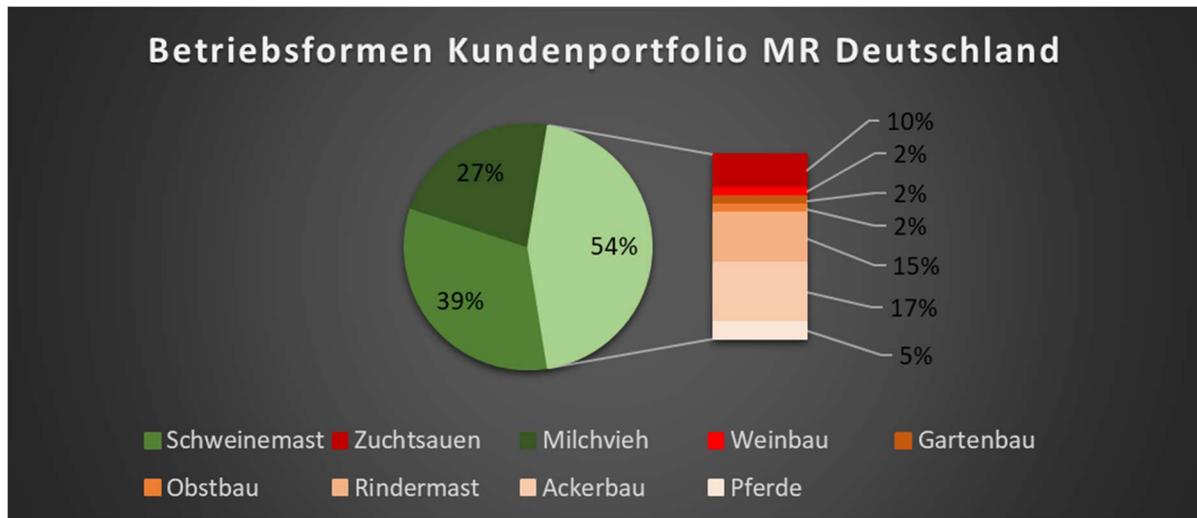


Abbildung 26: Betriebsformen MR Deutschland

[Eigene Darstellung]

Die MR Deutschland hat daher für die am häufigsten vertretenen Betriebsformen unterschiedliche Lösungsansätze entworfen. Ein Lösungsansatz zielt auf die am 10.09.2020 erstmals in Deutschland nachgewiesene Afrikanische Schweinepest (ASP) bei einem Wildschweinkadaver ab. Die ASP ist im Spree-Neiße-Gebiet nahe der deutsch-polnischen Grenze nachgewiesen worden. Der Ausbruch der ASP in Deutschland hat große Auswirkungen auf den EU-Außenhandel mit Schweinefleisch, denn Deutschland gilt seitdem nun nichtmehr als „seuchenfrei“. Somit ist es möglich, dass Schweinefleischexporte in andere Kontinente untersagt werden können. Dies hat unmittelbare Folgen für einen Großteil der Kundschaft der MR Deutschland. [tagesschau.de 2020]

Damit es trotzdem gelingen kann, die iMSys dieser Kundengruppe umbauen zu können sind diese zwei Lösungsansätze denkbar:

1. An jedem Umbau-Tag einer Tour wird maximal ein Kunde mit der Betriebsform Schweinemast umgebaut. Eine Tour dauert maximal vier Werktage, sodass innerhalb einer Tour vier Betriebe mit der Betriebsform Schweinemast umgebaut werden kann. Dies hat den Hintergrund, dass die für Schweine fast immer tödlich verlaufende Seuche zum einen für den Menschen nicht gefährlich ist, aber zum anderen dennoch von Menschen zu Tieren übertragen werden kann. Damit soll es verhindert werden können, dass die Seuche von Betrieb zu Betrieb weitergegeben werden kann oder, falls der Monteur infiziert ist, dieser die Seuche auf ein Minimum an Kunden weitergibt. Zudem kann dem Übertragungsrisiko der ASP damit

entgegengewirkt werden, dass das iMSys der Kunden mit der Betriebsform Schweinemast als erstes am Umbau-Tag verbaut wird. So kann ausgeschlossen werden, dass der SiMon die ASP von anderen Betrieben auf die weiteren am Tag folgenden Höfe der Kundschaft weiterträgt.

2. Eine weitere mögliche Maßnahme zur Verringerung des Übertragungsrisikos ist es, dass der Monteur einen Einmal-Overall auf Höfen dieser Betriebsform während des Umbaus trägt. Hintergrund dieser Maßnahme ist es, dass die Viren der ASP auf der Kleidung mitgetragen werden. Dieses minimale Risiko soll somit ausgeschlossen werden. Zu der Ausrüstung eines Einmal-Overalls gehören auch Überziehschuhe und Handschuhe. Mit diesen kann die Gefahr gebannt werden, dass Viren über die Schuhe in Verkehrswege der Schweineställe geraten.

Neben der Kundengruppe Schweinemast sind mit 33 Prozent der Kunden Milchviehbetriebe weit verbreitet im Portfolio vertreten. Deswegen sind ebenso für diese Kundengruppe Lösungsansätze zu entwickeln. Folgende zwei Ansätze verfolgt die MR Deutschland bei der individuellen Terminplanung für einen erfolgreichen Umbau des Stromzählers:

1. Der Alltag des Kunden soll durch den Umbau des neuen iMSys nicht negativ beeinflusst und gestört werden. Ein elementarer Bestandteil eines jeden Milchviehkunden ist es, die Kühe zu melken. Zumeist werden diese zweimal täglich gemolken. Die Zeitslots des Melkvorgangs zum Wechseln des Stromzählers müssen daher vermieden werden, da in diesen Zeiträumen elektrische Verbraucher wie beispielsweise die Melkanlage oder die Kühlung des Kunden zwingend benötigt werden. Da beim Zählerwechsel der Strom für circa 10 Minuten abgeschaltet wird, ist ein Zählerwechsel während des Melkvorgangs nicht sinnvoll. Falls kein Stromgenerator auf dem Betrieb vorhanden ist, kann einer Zählerumbau nicht realisiert werden, da dies sonst zu Störungen im Betriebsablauf eines Milchviehlandwirts kommt. Deshalb ist es notwendig, für die Milchviehkunden Zeitslots vorzubuchen, in denen die Nutztiere nicht gemolken werden. Zumeist ist der erste Melkvorgang eines Landwirts um 08:00 Uhr vorbei, wie es auch [Abbildung 27](#) zeigt. Hier wird der typische Lastgang eines Milchviehbetriebs dargestellt. Damit nach dem Melkvorgang die Spülung, welche das Melkequipment säubert, laufen kann, ist ein Puffer von einer Stunde nach dem ersten Melkvorgang eingeplant. Die MR Deutschland plant den Zählereinbau nach dem Abschließen des ersten Melkvorgangs inklusive nachgeschalteter Spülung. Dies bedeutet, dass ein Umbau des Stromzählers ab 09:00 Uhr sinnvoll ist. Ab dieser Uhrzeit ist es gewährleistet, dass der Umbau ohne Störungen des Betriebsablaufs erfolgen kann.

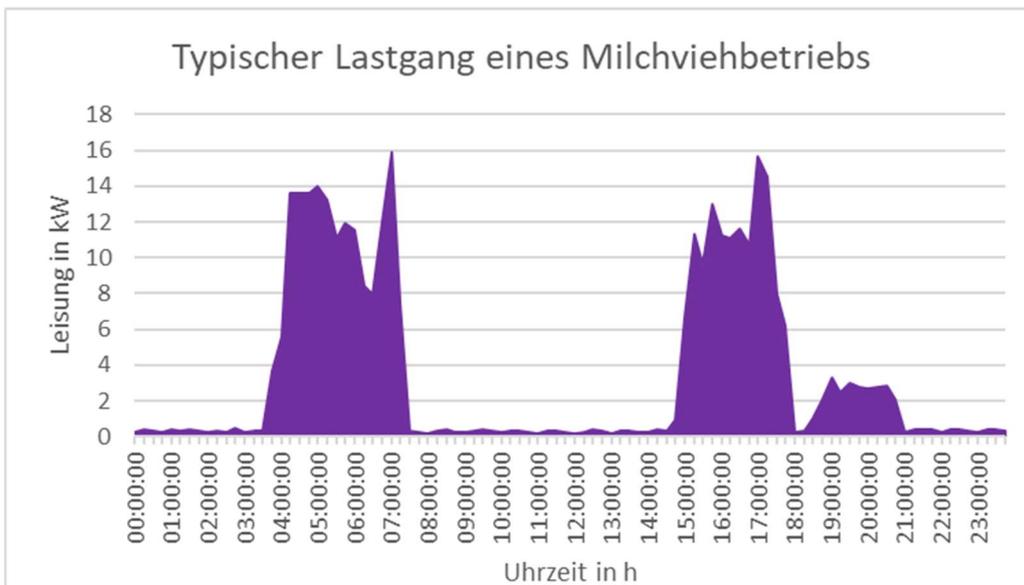


Abbildung 27: Lastgang eines Milchviehbetriebs

[Eigene Darstellung]

2. Falls es bei einem Kunden der Fall ist, dass technische Probleme beim Umbau des Zählers entstehen, muss der im Vorfeld einer Einbautour definierte Zeitplan flexibel angepasst werden können. So kann es vorkommen, dass es technische Probleme gibt und der Monteur diese vor Ort im definierten Zeitrahmen nicht bewerkstelligen kann. Dies birgt die Gefahr des Verzugs des Termins beim darauffolgenden Kunden. Der zweite Melkvorgang eines Milchbauers beginnt ab 15:00 Uhr. Bis dahin müssen alle Kundentermine abgeschlossen sein.

Neben den betriebsformspezifischen Lösungsansätzen müssen auch allgemeine Ansätze unabhängig von der Betriebsform verfolgt werden. Eine enge Zusammenarbeit zwischen dem Netzbetreiber, welcher der Eigentümer des alten Stromzählers ist, ist daher unabdingbar. Aus diesem Grund muss folgende Problemstellung mit eingeplant werden:

1. Der alte Stromzähler wird beim Umbau ausgebaut. Der zuständige Netzbetreiber ist Eigentümer des Zählers. Im Vorfeld eines Umbaus muss der Wechselprozess im Messwesen Strom (WiM) beim Netzbetreiber fristgerecht angemeldet werden. Eine enge Abstimmung mit dem örtlichen Netzbetreiber, dem zuständigen Stromlieferanten und dem MSB ist somit unabdingbar. In Abbildung 28 ist der WiM-Prozess dargestellt, der im Vorfeld ablaufen muss. Es muss mindestens drei Monate und drei Werktage im Voraus ein Gerätewechsel angemeldet werden. [Bundesnetzagentur 2020b]

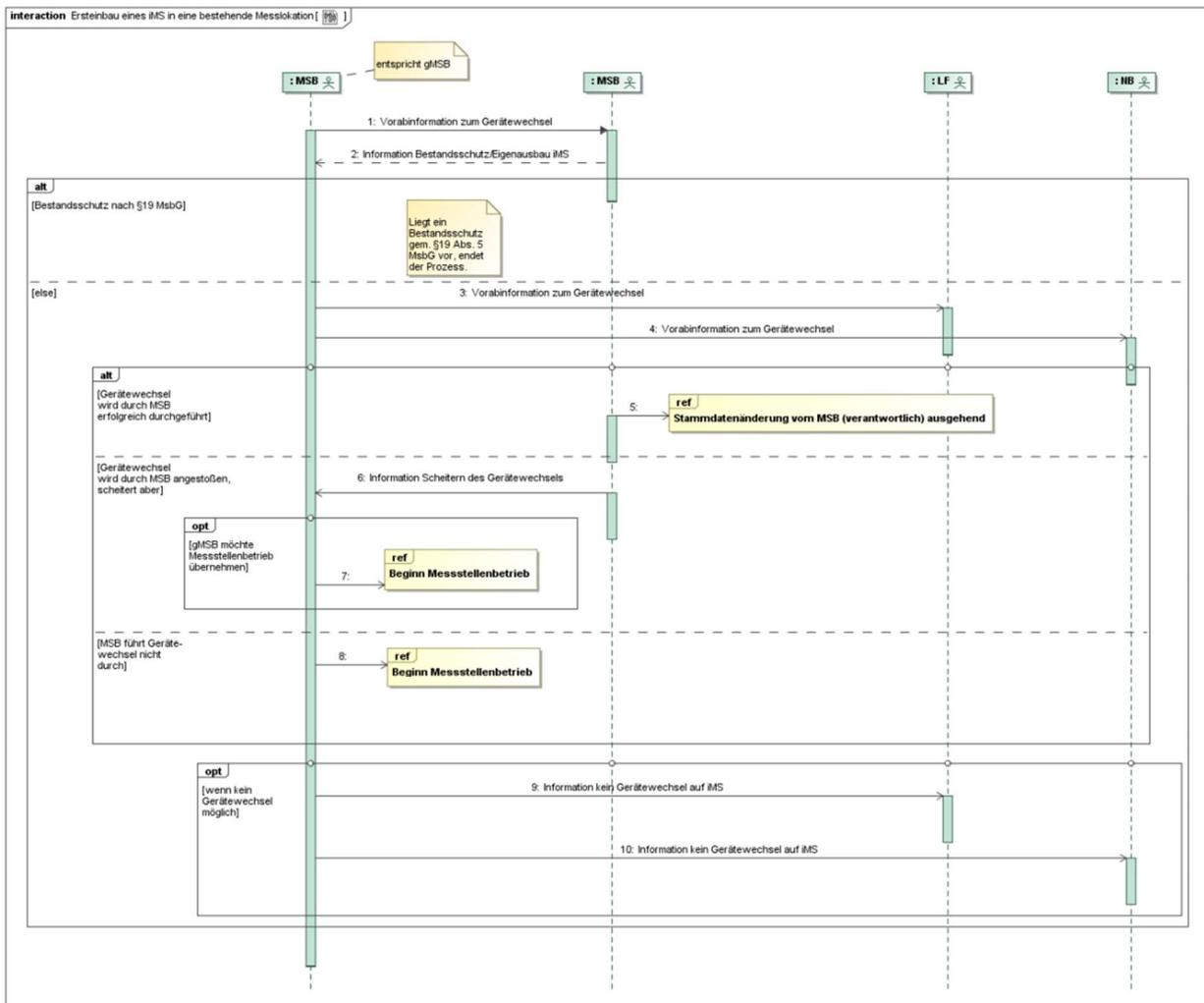


Abbildung 28: Einbau eines iMSys in eine bestehende Messlokation

[BNetzA 2020]

- Ein weiterer Gesichtspunkt für flexibilisierte Zeitpläne sind die teils großen Distanzen zwischen den Kunden. Das Zeitmanagement bei diesen Problemen ist schwer kalkulierbar, weshalb Pufferblöcke für das Beheben von technischen Problemen oder hohem Verkehrsaufkommen kalkuliert werden müssen. Diese erleichtern es den vorgegebenen Zeitplan einzuhalten und lässt es zu, dass die Umbauzeiten entzerrt werden können. Dies sorgt für Entlastung des Monteurs.

Die allgemeingültigen Vorgaben zur Einhaltung der Sicherheitsanforderungen des BSI können von den Marktteilnehmern nicht umgangen werden und würden unverhältnismäßige Strafen nach sich ziehen. Daher sind Optimierungen der SiLKe und SiMon nicht in Betracht zu ziehen. Ziel ist es, dass der Zählerwechsel bei der Kundschaft möglichst reibungslos abläuft. Die standardisierten Kommunikationsvorgaben der MaKo2020 unter den EMT des BSI müssen im Vorfeld aller Zählerwechsel eingehalten werden.

## 7.2. Technische Lösungsansätze

Neue Technologien bringen technische Probleme mit sich mit. Innerhalb des Pilotprojekts hat sich die Übertragungstechnik eines iMSys als größte Hürde für einen erfolgreichen und reibungslosen Wirkbetrieb herauskristallisiert. Die öffentlichen Mobilfunknetze in Deutschland sind vor allem in ländlichen Bereichen nicht ausreichend gut genug für die zu verarbeitenden Datenvolumen eines SMGW ausgebaut. Eine Messstelle beansprucht bei einer Messwerterhebung im Viertelstundentakt ein Datenvolumen von durchschnittlich 30 MB monatlich pro Anschlussnutzer beansprucht.

Abbildung 22 legt die Erreichbarkeit-Quote der bereits installierten iMSys im Feld der MR Deutschland dar. Damit ein SMGW im Wirkbetrieb arbeiten kann, muss dieses in einem Prozessschritt zuvor personalisiert werden. Dafür wird LTE benötigt. Der Wirkbetrieb kann dahingegen im 2G-Standard realisiert werden. Allerdings gilt, ohne Personalisierung des SMGW ist kein Wirkbetrieb möglich. Schlussfolgernd wird für eine Messstelle der LTE-Standard benötigt. Abbildung 7 zeigt die Verfügbarkeit des LTE-Standards in Deutschland, diese ist ein Indiz für eine erfolgreiche Durchführung der Personalisierung. Diese ist im Vorfeld genau zu studieren.

Damit in Zukunft die Erreichbarkeits-Quote gesteigert werden kann, ist es unverzichtbar andere Übertragungstechniken wie beispielsweise Digital Subscriber Line (DSL) zusätzlich zum Mobilfunk einzusetzen.

Die DSL-Technik nutzt bestehende Telefonleitungen für die digitale Datenübertragung. Zudem weist diese Übertragungstechnik deutlich höhere Übertragungsraten von bis zu 1.000 Mbit/s auf. [WIKIPEDIA 2020a]

Infrastrukturelle Veränderungen sind für den Einsatz dieser Technik nicht nötig, sodass der Einsatz dieser Übertragungstechnik nicht von äußeren Störquellen abhängt. Die Ergänzung dieser Übertragungstechnik zu der bereits bestehenden Mobilfunktechnik würde gesetzliche Rahmenbedingungen zu festgelegten Umbau-Quoten erleichtern. Dies hat unmittelbare Folgen auf die Wirtschaftlichkeit des Gesamtrollouts.

Code Division Multiple Access (CDMA) ist ein Mobilfunkstandard, der bereits in vielen Teilen Asiens und den USA zum Einsatz kommt. Es ist theoretisch denkbar, dass der zum Ende des Jahres 2020 abgeschaltete Mobilfunkfrequenzbereich von 450 MHz in Deutschland mit der CDMA-Technik bekleidet wird. Diese Technik weist im Gegensatz zu anderen Funknetzen eine größere Reichweite und eine deutlich bessere Gebäudedurchdringung auf. Somit ist es möglich, dass ländliche Regionen per Funk sicher und zuverlässig zu erreichen sind. [Digicom Gesellschaft für Kommunikationssysteme mbH 2018]

CDMA stellt die dritte Säule für eine garantiert zuverlässige Kommunikation im WAN der EMT dar. Nur durch ein Zusammenspiel aller drei Übertragungstechniken ist es möglich, eine gewünschte Erreichbarkeit der SMGW beim Kunden zu erreichen.

Falls ein Zusammenspiel der Techniken in Zukunft möglich gemacht wird, ist eine Vorselektion der Messstellen nicht mehr notwendig. Aktuell ist eine detaillierte Datenerfassung unumgänglich. Wichtige Einflussgrößen für eine erfolgreiche Datenübertragung wie der Standort des Zählerschranks müssen unbedingt erfasst werden.

Der vorgeschlagene Mix der Übertragungstechniken ist ein Zukunftsszenario. Eine zeitnahe Umsetzung dessen ist nicht zu erwarten, weshalb andere Wege eingeschlagen werden müssen:

1. Neben den eingesetzten Antennen sollen zusätzlich drahtgebundene Klebeantennen verwendet werden. Die Zählerschränke nach den neuesten technischen Anforderungen sind aus Stahl. Metalle sind klassische Schirmmaterialien für elektromagnetische Felder. [Christoph Leitner 2017, S. 12] Diese Hürde soll durch Klebeantennen, welche an Fensterscheiben aus Glas angebracht werden, umgangen werden. Diese kurzfristige Lösung lässt es zu, dass der Rollout in ländlichen Gebieten, wie es die in Abbildung 2 beschriebenen Regionen sind, nicht zum Erliegen kommt und weiter vorangetrieben werden kann.
2. Die Vorortbesichtigungen der Messstellen ermöglichen es, aus Klärungsfällen zu lernen und zukünftige Besichtigungen überflüssig zu machen. Die resultierenden Ergebnisse der Besuche zur Signalstärke am Zählerkasten, dem Zählerstandort und der Betriebsform sind Hauptbestandteil der Kategorisierung der Messstellen. Die Kategorisierung der Messstellen wird nach dem Ampel-Prinzip durchgeführt und sagt aus, ob ein Umbau möglich ist oder nicht. Im genauen bedeuten die Kategorie rot, dass kein Umbau möglich ist. Kategorie gelb schließt auf einen Klärungsfall und Kategorie grün bedeutet grünes Licht für den Umbau des Stromzählers. Dies erleichtert es um ein Vielfaches, die Mobilfunkempfangssituation einschätzen zu können und die Vorselektion der Messstellen detaillierter vornehmen zu können, auch ohne Besichtigung der Messstelle. Dadurch können personelle Ressourcen eingespart werden. Ein weiteres Handwerkszeug hierfür ist die von der BNetzA veröffentlichte Mobilfunknetzkarte mit der Netzabdeckung der drei relevanten Provider in Deutschland (siehe Abbildung 7).

## 8. Fazit

Der stufenweise Rollout in Deutschland ist seit Februar 2020 auch für Messstellen über 6.000 bis 100.000 kWh gestartet. Das Rolloutszenario nach dem BSI sieht eine achtjährige Umbauphase in der Verbrauchsklasse vor. Bisher gibt es auf dem Messstellenmarkt vier

zertifizierte SMGW-Hersteller. Die SMGW der bisher vier zertifizierten SMGW-Hersteller sind standardmäßig in der Lage die Messwertübermittlung an EMT im WAN über das öffentliche Mobilfunknetz zu realisieren. Grundvoraussetzung dafür ist, dass das öffentliche Mobilfunknetz eine ausreichende Infrastruktur aufweist. Eine gute Verfügbarkeit des LTE-Standards muss für die Datenmengen auch in ländlichen Regionen vorliegen. Deutschland liegt im internationalen Vergleich der Mobilfunknetzabdeckung auf Platz 70 und in Europa hinter Irland und Weißrussland. [HANDELSBLATT MEDIA GROUP GmbH 2019]

Die geringe Verfügbarkeit des LTE-Standards im ländlichen Raum zeigt die Vorzeichen des Rollouts in diesen Gebieten auf. Da die MR Deutschland aktuell keine Stromzähler im urbanen städtischen Gebieten umbaut, muss der Fokus in Zukunft vermehrt auf anderen Übertragungstechnologien wie zum Beispiel Ethernet gelegt werden. Bisher wurden in einem Zeitraum von drei Monaten 75 iMSys verbaut mit einer Erreichbarkeit der SMGW über das Mobilfunknetz von 82 Prozent. Für die restlichen 18 Prozent entstehen zusätzliche Kosten beispielsweise für Entstörungsfahrten der SMGW beim Kunden. Dies hat zu einer deutlichen negativen Konsequenz für die Gesamtwirtschaftlichkeit des Rollouts an sich und zum anderen sinkt dadurch die Akzeptanz in der Gesellschaft gegenüber iMSys. Mit dem Erkenntnis sind die Kosten- und Nutzenanalyse aus dem Jahr 2013 und die daraus entstandenen POG für verschiedene Verbrauchergruppen komplett neu zu bewerten und an die jetzigen Gegebenheiten anzupassen. Die Übertragungsmöglichkeit der Messwerte allein über das öffentliche Mobilfunknetz ist nicht zu realisieren. Andere ergänzende Technologien wie Ethernet oder CDMA 450 müssen standardmäßig für die Kommunikation des SMGW diskutiert und freigeschaltet werden. Allenfalls droht der Stopp des Rollouts und gesetzliche Vorgaben wie das 95 Prozent Ausbauziel können von den zuständigen Parteien nur schwer realisiert werden. Schlussfolgernd kann festgehalten werden, dass die vorgegebenen Umbauquoten der iMSys nur dann erreicht werden können, wenn die Wirtschaftlichkeit des Betriebs einer Messstelle neu bewertet wird und weiter zusätzlich technische Übertragungstechniken für die Messwertübermittlung, ergänzend zum Mobilfunk, für den Rollout freigeschaltet werden.

Eine individuelle Terminplanung und das Eingehen auf die persönlichen Bedürfnisse der Kunden soll die Akzeptanz gegenüber iMSys steigern. So hat die MR Deutschland spezifische Lösungsansätze für die am häufigsten vertretenen Betriebsformen (Milchvieh und Schweinemast) entwickelt.

Neben der Bewältigung der technischen Probleme und Herausforderungen beim Umbau intelligenter Messtechnik sind gesellschaftliche Gesichtspunkte wie die Akzeptanz mit zu berücksichtigen. Erfolgsfaktoren in der Zukunft werden sein, dass die technischen Herausforderungen in den Griff gebracht werden. Dies bedingt eine höhere Akzeptanz gegenüber iMSys. Der Rollout steht am Beginn und hat das Potential sich zu einer

## Fazit

---

Erfolgsgeschichte zu entwickeln. Dafür müssen technische Lösungsansätze generiert werden. Dabei spielt die Unabhängigkeit der Örtlichkeit des Zählerplatzes eine übergeordnet wichtige Rolle. Da 40 Prozent der Zähler im Keller verbaut sind und hier durch die örtlichen Gegebenheiten zumeist kaum Mobilfunkempfang vorliegt, sind weitere Übertragungstechniken unabhängig vom Standort des Zählerplatzes, ohne jeden Zweifel anzustreben.

# Anhang

## Abschnitt 1 – Allgemeine Angaben zur Person

1. Wie alt sind Sie?  
 ≤30 Jahre                       ≤ 30 – 45 Jahre                       ≤45–60 Jahre  
 ≥ 60 Jahre
2. Welchem Geschlecht gehören Sie an?  
 männlich                       weiblich

## Abschnitt 2 – „Der intelligente Stromzähler aus dem Blickwinkel des Landwirts“

### I. Akzeptanz

1. Wie wurden Sie über den verpflichtenden Einbau von intelligenten Stromzählern aufmerksam gemacht?  
 Zeitung                       Internet                       Newsletter  
 persönlicher Kontakt    MR-Mitarbeiter  
 Sonstiges:  
Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.
2. Haben Sie Interesse am Themenfeld der Digitalisierung in der Landwirtschaft?  
 kein Interesse  
 kaum Interesse  
 sehr interessiert
3. Ist es für Sie von Nutzen, wenn LandEnergie die Analyse Ihres Stromverbrauchs für Sie übernimmt?  
 Ja  
 nein

### II. Vorteile und Nachteile der Stromzähler

1. In welchen Bereichen sehen Sie die größten Einsparpotentiale des intelligenten Stromzählers?  
Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.
2. Sehen Sie für sich Nachteile durch den Einbau eines intelligenten Stromzählers?  
Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.
3. Haben Sie vor bedingt durch den Einbau des neuen Stromzählers hohe Stromverbraucher durch neue zu ersetzen?  
 Ja  
 nein

4. Haben Sie vor aufgrund ihres transparenten Lastgangs Ihr Verbrauchsverhalten zu verändern?

- Ja
- nein

### III. Nutzen der Stromzähler

1. Welchen Nutzen sehen Sie sich durch den Einbau des intelligenten Stromzählers?

- Kosteneinsparung  
Wenn ja, Einschätzung in welcher Höhe jährlich:  
Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.€
- Energieeffizienzmaßnahmen
- Verbrauchsanalyse und Mehrwertgenerierung durch LandEnergie
- Verbrauchsvisualisierung in einem Online-Portal
- Sonstiges:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

### Abschnitt 3 – „Vom Angebot bis zum Einbau“

1. Wie sind Sie auf die Maschinenringe Deutschland GmbH in Form des wettbewerblichen Messstellenbetreibers aufmerksam geworden?

- Zeitung  Internet  Newsletter
- persönlicher Kontakt  MR-Mitarbeiter
- Sonstiges:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

2. Waren Sie mit der Arbeit des Montagedienstleisters zufrieden?

- Ja
- nein

2.1. Wenn nein, wieso?

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

3. Haben Sie am Einbautag Ihrem normalen Alltag nachgehen können?

- Ja
- nein

3.1. Wenn nein, welche Einschränkungen in Ihrem Alltag hatten Sie?

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

## Literaturverzeichnis

### **Aichele, Christian; Doleski, Oliver D. (2013):**

Smart Meter Rollout. Praxisleitfaden zur Ausbringung intelligenter Zähler. Wiesbaden: Springer.  
Online verfügbar unter <http://site.ebrary.com/lib/alltitles/docDetail.action?docID=10631455>

### **Alexander Dürr (28.09.2020)**

Interview mit Nicolai Heid. Neuburg an der Donau

### **Alexander Dürr (03.11.2020)**

Interview mit Andy Müller. Neuburg an der Donau

### **Alexander Dürr (25.11.2020)**

Interview mit Fabian Bode. Neuburg an der Donau

### **BDEW Bundesverband der Energie und Wasserwirtschaft e. V. (2019a):**

Das Messstellebetriebsgesetz 2016. Anwendungshilfe. 5. Aufl. Berlin. Online verfügbar unter [https://www.bdew.de/media/documents/Awh\\_20191014\\_MsbG-5Auflage-Kapitel-1-7.pdf](https://www.bdew.de/media/documents/Awh_20191014_MsbG-5Auflage-Kapitel-1-7.pdf), zuletzt geprüft am 16.01.2021

### **BDEW Bundesverband der Energie und Wasserwirtschaft e. V. (2019b):**

Technische Anschlussbedingungen. für den Anschluss an das Niederspannungsnetz, zuletzt geprüft am 16.01.2021

### **Bundesamt für Sicherheit und Informationstechnik (2019a):**

Marktanalyse zur Feststellung der technischen Möglichkeit Marktanalyse zur Feststellung der technischn Möglichkeit zum Einbau intelligenter Messsysteme nach § 30 MsbG. Online verfügbar unter [https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/SmartMeter/Marktanalysen/Marktanalyse\\_nach\\_Para\\_30\\_MsbG.pdf;jsessionid=71C18F23EE579BE9977BD0DD70C600BE.1\\_cid500?\\_\\_blob=publicationFile&v=8](https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/SmartMeter/Marktanalysen/Marktanalyse_nach_Para_30_MsbG.pdf;jsessionid=71C18F23EE579BE9977BD0DD70C600BE.1_cid500?__blob=publicationFile&v=8), zuletzt geprüft am 16.01.2021

### **Bundesamt für Sicherheit und Informationstechnik (2019b):**

Technische Richtlinie BSI TR-03109-1. Anforderungen an die Interoperabilität der Kommunikationseinheit eines intelligenten Messsystems. 1.0.1. Aufl. Online verfügbar unter [https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/Publikationen/TechnischeRichtlinien/TR03109/TR03109-1.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=3](https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/Publikationen/TechnischeRichtlinien/TR03109/TR03109-1.pdf?__blob=publicationFile&v=3), zuletzt geprüft am 16.01.2021

### **Bundesamt für Sicherheit und Informationstechnik (2020):**

Zertifizierte Produkte - Intelligente Messsysteme. Online verfügbar unter [https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/DigitaleGesellschaft/SmartMeter/SmartMeterGateway/Zertifikate24MsbG/zertifikate24MsbG\\_node.html](https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/DigitaleGesellschaft/SmartMeter/SmartMeterGateway/Zertifikate24MsbG/zertifikate24MsbG_node.html), zuletzt geprüft am 16.01.2021

### **Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2020):**

Startschuss für den Einbau intelligenter Messsysteme - Rollout beginnt. Online verfügbar unter <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2020/20200131-startschuss-fuer-den-einbau-intelligenter-messsysteme-rollout-beginnt.html>, zuletzt geprüft am 16.01.2021

### **Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2021):**

Erneuerbare Energien. Online verfügbar unter <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/erneuerbare-energien.html>, zuletzt geprüft am 16.01.2021

### **Bundesnetzagentur (2018):**

Festlegung im Verwaltungsverfahren zur weiteren Anpassung der Vorgaben zur elektronischen Marktkommunikation an die Erfordernisse des Gesetzes zur Digitalisierung der Energiewende („Marktkommunikation 2020“ – „MaKo 2020“). Online verfügbar unter [https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Service-Funktionen/Beschlusskammern/BK06/BK6\\_83\\_Zug\\_Mess/8351\\_mako2020/BK6\\_mako2020\\_no.de.html](https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Service-Funktionen/Beschlusskammern/BK06/BK6_83_Zug_Mess/8351_mako2020/BK6_mako2020_no.de.html), zuletzt geprüft am 16.01.2021

### **Bundesnetzagentur (2020a):**

Mobilfunk-Monitoring. Online verfügbar unter <https://www.breitband-monitor.de/mobilfunkmonitoring>, zuletzt geprüft am 16.01.2021

### **Bundesnetzagentur (2020b):**

Wechselprozesse im Messwesen Strom. Bundesgesetzblatt. Online verfügbar unter [https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Service-Funktionen/Beschlusskammern/1\\_GZ/BK6-GZ/2018/BK6-18-032/BK6-18-032\\_anlage\\_2\\_wim.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=3](https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Service-Funktionen/Beschlusskammern/1_GZ/BK6-GZ/2018/BK6-18-032/BK6-18-032_anlage_2_wim.pdf?__blob=publicationFile&v=3), zuletzt geprüft am 16.01.2021

### **Bundestag (2006):**

Verordnung über Konzessionsabgaben für Strom und Gas. KAV. Online verfügbar unter <https://www.gesetze-im-internet.de/kav/KAV.pdf>, zuletzt geprüft am 16.01.2021

### **Bundestag (2016):**

Messstellenbetriebsgesetz. MsbG, vom 21.12.2020. Fundstelle: Bundesgesetzblatt. Online verfügbar unter <https://www.gesetze-im-internet.de/messbg/MsbG.pdf>, zuletzt geprüft am 14.01.2021

### **Bundestag (2020):**

Energiewirtschaftsgesetz. EnWG. Fundstelle: Bundesgesetzblatt. Online verfügbar unter [https://www.gesetze-im-internet.de/enwg\\_2005/BJNR197010005.html](https://www.gesetze-im-internet.de/enwg_2005/BJNR197010005.html), zuletzt geprüft am 16.01.2021

**Bundestag (2020):**

Niederdruckanschlussverordnung. NDAV. Fundstelle: Bundesgesetzblatt. Online verfügbar unter <https://www.gesetze-im-internet.de/ndav/NDAV.pdf>, zuletzt geprüft am 16.01.2021

**Bundestag (2021):**

Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG 2021. EEG 2021. Fundstelle: Bundesgesetzblatt. Online verfügbar unter [https://www.gesetze-im-internet.de/eeg\\_2014/BJNR106610014.html](https://www.gesetze-im-internet.de/eeg_2014/BJNR106610014.html), zuletzt geprüft am 16.01.2021

**Carsten Eckert (2020):**

Tarifanwendungsfälle beim Smart Meter. Weitere Beteiligte: Energiewirtschaft Einfach. Online verfügbar unter <https://www.youtube.com/watch?v=2gPlp4eNV7Q>, zuletzt geprüft am 16.01.2021

**Christoph Leitner (2017):**

Schirmung niederfrequenter magnetischer Felder an Raumöffnungen. Institution für Elektrische Anlagen. Graz. Online verfügbar unter <https://diglib.tugraz.at/download.php?id=5a1df05201810&location=browse>, zuletzt geprüft am 16.01.2021

**Digicomm Gesellschaft für Kommunikationssysteme mbH (2018):**

CDMA 450 Neues Mobilfunknetz für Versorger. Online verfügbar unter <https://www.digicomm.de/de/aktuelles/cdma-450-neues-mobilfunknetz-fuer-versorger/>, zuletzt geprüft am 16.01.2021

**e.optimum (2020):**

So reduzieren Sie Stromsteuer und Konzessionsabgabe. Die Konzessionsabgabe. Online verfügbar unter <https://www.eoptimum.de/kostenoptimierung/steuern-und-abgaben/#:~:text=Reduzierte%20Konzessionsabgabe%20bei%20Strom,H%C3%B6chstleistung%20von%2030%20kW%20erreicht>, zuletzt geprüft am 16.01.2021

**Eike Gutt (2010):**

Neue Dimension mobiler Breitbandnutzung - Eine technische Einführung. Long Term Evolution. 1.1. Aufl. Online verfügbar unter [http://www.litemobile.de/uploads/media/LTE\\_Einfuehrung\\_V1.pdf](http://www.litemobile.de/uploads/media/LTE_Einfuehrung_V1.pdf), zuletzt geprüft am 16.01.2021

**Ernst & Young GmbH (2013):**

Kosten-Nutzen-Analyse für einen flächendeckenden Einsatz intelligenter Zähler. Online verfügbar unter [https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/kosten-nutzen-analyse-fuer-flaechendeckenden-einsatz-intelligenterzaehler.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=5](https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/kosten-nutzen-analyse-fuer-flaechendeckenden-einsatz-intelligenterzaehler.pdf?__blob=publicationFile&v=5), zuletzt geprüft am 16.01.2021

**Estermann, Thomas; Köppl, Simon Dipl. Ing. (2021):**

Messen und Steuern über iMSys - Funktioniert das? Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V. Online verfügbar unter <https://www.ffe.de/themen-und-methoden/digitalisierung/899-messen-und-steuern-ueber-imsys-funktioniert-das>, zuletzt geprüft am 16.01.2021

**Gerhard Großjohann (2018):**

Intelligentes SIM-Kartenmanagement. Einbau und Funktionstest schon beim SMGW-Hersteller. Co.met. Online verfügbar unter [https://www.co-met.info/wp-content/uploads/2018/04/NET\\_SIM\\_Kartenmanagement.pdf](https://www.co-met.info/wp-content/uploads/2018/04/NET_SIM_Kartenmanagement.pdf), zuletzt geprüft am 16.01.2021

**Hager Vertriebsgesellschaft mbH & CO. KG (2019):**

Bereit für die Energiewende. Regeln für neu zu errichtende Zähleranlagen bis 63 A. Online verfügbar unter <https://www.hager.de/zaehlerplatzsysteme/technikzentrale/vde-ar-n-4100/964286.htm#>, zuletzt geprüft am 16.01.2021

**HANDELSBLATT MEDIA GROUP GmbH (Hg.) (2019):**

In diesen Ländern funktioniert Mobilfunk am besten. Online verfügbar unter <https://www.absatzwirtschaft.de/in-diesen-laendern-funktioniert-mobilfunk-am-besten-162305/#:~:text=Deutschland%20ist%20bei%20der%20Netzabdeckung,kommt%20eine%20Untersuchung%20von%20Speedcheck.&text=Gemessen%20an%20der%20Abdeckung%20mit,Irland%20und%20Wei%C3%9Frusland%20hinter%20Deutschland>, zuletzt geprüft am 16.01.2021

**Lichtblick Kommunikation (Hg.) (2020a):**

Welche Frequenzen nutzt der Mobilfunk in Deutschland. Online verfügbar unter <https://www.informationszentrum-mobilfunk.de/technik/funktionsweise/frequenzen>, zuletzt geprüft am 16.01.2021

**Lichtblick Kommunikation (Hg.) (2020b):**

Wie sind Funkzellen und Mobilfunknetze beschaffen? Online verfügbar unter <https://www.informationszentrum-mobilfunk.de/technik/funktionsweise/funkzellen-netze>, zuletzt geprüft am 16.01.2021

**Rönspieß, Wolfgang (2019):**

Zähleranlage. Anforderungen und Anordnung. Baunetz. Online verfügbar unter <https://www.baunetzwissen.de/elektro/fachwissen/grundinstallationen/zaehleranlage-152998>, zuletzt geprüft am 16.01.2021

**Schmitt, Stefan; Wissner, Matthias (2015):**

Die Liberalisierung des Messwesens - Verhindert das Abrechnungsentgelt freien Wettbewerb. Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH. Online verfügbar unter <https://www.springerprofessional.de/die-liberalisierung-des-messwesens-verhindert-das-abrechnungsent/6060222>, zuletzt geprüft am 16.01.2021

**tagesschau.de (2020):**

Landwirtschaftsministerin Klöckner bestätigt Fall von Schweinepest. tagesthemen (Regie). Online verfügbar unter <https://www.tagesschau.de/inland/afrikanische-schweinepest-103.html#:~:text=Landwirtschaftsministerin%20KI%C3%B6ckner%20hat%20einen%20ersten,Sc hweinepest%20ist%20in%20Deutschland%20angekommen>, zuletzt geprüft am 16.01.2021

**Theben (2020a):**

CONEXA 3.0 CONEXA 3.0 Installations- und Inbetriebnahmeanleitung. Handbuch. Online verfügbar unter [https://www.smart-metering-theben.de/wp-content/uploads/2016/07/CONEXA-3.0-Handbuch-Installation\\_und\\_Inbetriebnahme.pdf](https://www.smart-metering-theben.de/wp-content/uploads/2016/07/CONEXA-3.0-Handbuch-Installation_und_Inbetriebnahme.pdf), zuletzt geprüft am 16.01.2021

**Theben (2020b):**

Sicherer Rollout: Theben erhält BSI-Zertifizierung für das Smart Meter Gateway CONEXA 3.0 Performance. Haigerloch. Online verfügbar unter <https://www.theben.de/unternehmen/aktuelles/fachpresse/sicherer-rollout-theben-erhaelt-bsi-zertifizierung-fuer-das-smart-meter-gateway-conexa-3-0-performance/>, zuletzt geprüft am 16.01.2021

**vom Wege, Jan-Hendrik; Weise, Michael (Hg.) (2019):**

Praxishandbuch Messstellenbetriebsgesetz (MsbG). Smart Metering - die Digitalisierung der Energiewende mit intelligenten Messsystemen. Berlin: VDE Verlag

**WIKIPEDIA (2020a):**

Digital Subscriber Line. Online verfügbar unter [https://de.wikipedia.org/wiki/Digital\\_Subscriber\\_Line#:~:text=Digital%20Subscriber%20Line%20\(DSL%2C%20engl,gesendet%20und%20empfangen%20werden%20k%C3%B6nnen](https://de.wikipedia.org/wiki/Digital_Subscriber_Line#:~:text=Digital%20Subscriber%20Line%20(DSL%2C%20engl,gesendet%20und%20empfangen%20werden%20k%C3%B6nnen), zuletzt aktualisiert am 10.12.2020, zuletzt geprüft am 16.01.2021

**WIKIPEDIA (2020b):**

M-Bus (Feldbus). Online verfügbar unter [https://de.wikipedia.org/wiki/M-Bus\\_\(Feldbus\)#Funktionsweise](https://de.wikipedia.org/wiki/M-Bus_(Feldbus)#Funktionsweise), zuletzt aktualisiert am 31.12.2020, zuletzt geprüft am 16.01.2021

**WIKIPEDIA (2020c):**

M-Bus (Feldbus). Online verfügbar unter [https://de.wikipedia.org/wiki/M-Bus\\_\(Feldbus\)#Funktionsweise](https://de.wikipedia.org/wiki/M-Bus_(Feldbus)#Funktionsweise), zuletzt aktualisiert am 31.12.2020, zuletzt geprüft am 16.01.2021

**Wildemann, Maik; Schöne, Sebastian (2020):**

RSSI (Received Signal Strength Indicator). Was sagt der Wert aus und wofür ist dieser wichtig? LTE-Anbieter. Online verfügbar unter <https://www.lte-anbieter.info/technik/rssi.php>, zuletzt geprüft am 16.01.2021

