

Steuerbox im Feldversuch

Umsetzung von Schalthandlungen mit der zukünftigen Smart-Grid-Infrastruktur bestehend aus intelligentem Messsystem und Steuerbox

Thomas Estermann, Mathias Müller, Andreas Weiß

Ingo Würtenberg

TEstermann@ffe.de

ingo.wuertemberg@eon.com

Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V.

E.ON Metering GmbH

Am Blütenanger 71, 80995 München

Carl-von-Linde-Straße 38, 85716 Unterschleißheim

www.ffe.de

www.eon-metering.com

1 Motivation und Einordnung in C/sells

Im Rahmen der Vorgaben des Gesetzes zur Digitalisierung der Energiewende erfolgt schrittweise der Rollout von intelligenten Messsystemen (iMSys) und Steuerboxen. Während das iMSys u. a. als Kommunikationsschnittstelle fungiert, ist die Steuerbox u. a. für die Umsetzung von Schaltanweisungen zuständig. Primär besteht die Aufgabe darin, die bisherige unidirektionale Funkrundsteuerung durch ein zuverlässigeres, bidirektionales Kommunikationssystem abzulösen, wodurch die Steuerbox mit Bestands- und Neuanlagen kompatibel sein muss. Im Rahmen des iMSys-Rollouts werden zunächst alle Erzeugungsanlagen (EE- und KWK-Anlagen) ab einer installierten Leistung von 7 kWp und steuerbare Verbrauchsanlagen, welche an einem Flexibilitätsmechanismus nach § 14a EnWG (bspw. Nachtspeicherheizungen) teilnehmen, mit einem intelligenten Messsystem ausgerüstet. Die Ausrüstung mit einer Steuerbox, neben der Verpflichtung zur Steuerung darüber, ist derzeit nur für Anlagen der Direktvermarktung geregelt, weitere Regelungen werden im Rahmen einer anstehenden Verordnung zum § 14a EnWG erwartet. Vor dem Beginn des offiziellen und großflächigen Rollouts sind daher die Komponente Steuerbox sowie die zugehörigen Abläufe zu testen, um Aussagen über die Zuverlässigkeit, Latenzzeiten etc. zu bekommen. Diese sind für die spätere Integration in die Prozesse von Netzbetreibern ebenso relevant, wie für weitere Akteure, deren Geschäftsmodell auf Basis dieser neuen Infrastruktur umgesetzt werden soll. [1]

Im Verbundprojekt C/sells – Großflächiges Schaufenster im Solarbogen Süddeutschlands – wird während einer Projektlaufzeit von vier Jahren gezeigt, wie die intelligente Energieversorgung funktionieren kann. Hierfür haben sich mehr als 70 Partner aus Forschung, Energieversorgung, Netzbetrieb, Consulting & Technologie zusammengeschlossen, um in der Modellregion Bayern, Baden-Württemberg und Hessen das Energiesystem der Zukunft zu demonstrieren. Dabei steht die Erprobung der entwickelten Methodik sowie die Prüfung deren Umsetzbarkeit mittels Smart-Grid-Komponenten im Fokus. Der „Steuerbox-Feldversuch“ ist dabei in das

Unterarbeitspaket 6.3.1 „Intelligente Flexibilitätsanreize Ostbayern“ unter der Leitung der Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. (FfE) im Netzgebiet der Bayernwerk AG eingegliedert. Die Bereitstellung der Hard- und Softwarekomponenten, der konzeptionelle Aufbau und die Umsetzung erfolgten durch die E.ON Metering GmbH, wohingegen die wissenschaftliche Begleitung und Auswertung von der FfE durchgeführt wurde. [2]

2 Aufbau und Zielsetzung des Feldversuchs

Durch die E.ON Metering GmbH wurden 14 Steuerboxen inkl. iMSys in der Region Altdorf bei Landshut bei Testprobanden mit steuerbaren Photovoltaik(PV)-Anlagen (gemäß § 9 EEG 2017) installiert und die Regelung der Einspeisung sowie die Datenerfassung für verschiedene Testfälle vollzogen. Wie die nachfolgende **Abbildung 2-1** schematisch darstellt, sind dabei zwölf Steuerboxen über Long-Term-Evolution (LTE) Mobilfunk und zwei Steuerboxen zur Referenz über Ethernet angebunden. Der Schaltbefehl wird dabei über den vom Smart-Meter-Gateway (SMGW) aufgebauten Transport-Layer-Security (TLS) Kanal an die Steuerbox übertragen. Hier erfolgt die Signalweiterverarbeitung, wobei dieses anschließend über potenzialfreie Kontakte an den Wechselrichter weitergegeben wird. Abschließend erfolgt die Begrenzung der PV-Einspeiseleistung gemäß Vorgabe auf 0, 30, 60 oder 100 %.

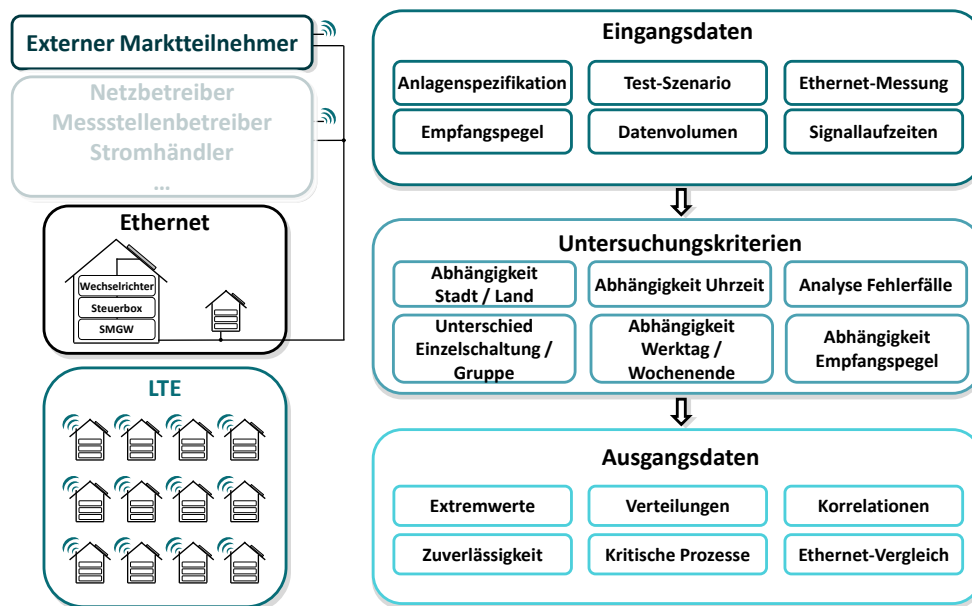


Abbildung 2-1: Struktur und Untersuchungsgegenstand des Steuerbox-Feldversuchs

Neben der Signallaufzeit der einzelnen Prozessschritte fließen der statische Empfangspegel vor dem jeweiligen Gebäude sowie Datenvolumenmessungen für spezifizierte Prozessschrittgruppen in die Analyse mit ein. Die Auswertung der Daten verfolgt dabei primär das Ziel, eine Aussage über die Zuverlässigkeit (erfolgreiche Umsetzung der Schaltanweisung) und die Performance (Dauer für die Umsetzung der Schaltanweisung) des Systems zu erhalten. Ein weiteres Ziel ist die Identifikation bestimmter Korrelationen hinsichtlich Dauer und Zuverlässigkeit der Schaltbefehle unter

Einbeziehung des Anlagenstandortes (Stadt versus Land), der Uhrzeit und des Wochentages.

Die im Rahmen dieses Feldversuchs gewonnenen Erkenntnisse, liefern eine Aussage darüber, inwiefern sich die eingesetzten Hard- und Softwarekomponenten für die Umsetzung von Schaltanweisungen aus Markt- und/oder Netzsicht eignen. Durch die detaillierte Analyse der einzelnen Prozessschritte lassen sich zudem Optimierungspotenziale aufzeigen und zeitkritische Aspekte identifizieren.

3 Beschreibung und Durchführung

Im Vorfeld der Durchführung erfolgte die Erstellung von vier verschiedenen Mess- bzw. Schaltkategorien, welche später im regulären Betriebsprozess auftreten können:

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

Um die Schaltanweisungen an das Smart-Meter-Gateway prozessgetreu zu generieren, erfolgt die Ansprache des SMGW und der Steuerbox exakt nach den Regeln der Technischen Richtlinie BSI-TR-03109-1 im Rahmen der vorgeschriebenen BSI-Schutzprofile (vgl. **Tabelle 3-1**) [3]. Dabei erfolgt eine Unterscheidung der beteiligten Prozessschritte dahingehend, welche der vier eingeführten Mess- bzw. Schaltkategorien untersucht wird. Es ist erkennbar, dass für die Kategorie „MSM ab“ acht Prozessschritte und somit die meisten im Feldversuch durchlaufen werden müssen. Schalten bei bereits aufgebauten Kanal (S auf) hat mit nur einem Schritt den geringsten funktionalen Aufwand.

Der Prozessschritt „ComTaf“ hat auf Grund der konzeptionellen Rahmenbedingungen keinen Einfluss auf die Ergebnisse, da kein anderer als der Tarifierungsfall 9 eingesetzt wird. Die Prozessschritte „TotalScenario“ und „Extern“ dienen zur internen Analyse, haben jedoch keinen funktionalen Beitrag im Sinne der beschriebenen Funktionsanforderung.

Tabelle 3-1: Übersicht der analysierten Prozessschritte nach [3]

Prozessschritt	Beschreibung	MSM ab	MSM auf	S ab	S auf
Wake-Up Sent	Testscenario ist gestartet und Wake-Up Paket ist gesendet	✓	✗	✓	✗
TLS-GWA Conn	Transport Layer Security (TLS)-Verbindung ist zwischen Gateway-Admin und Smart-Meter-Gateway etabliert	✓	✗	✓	✗
ComTaf	Der Tarifenwendungsfall (TAF) 9 zum Abruf der Ist-Einspeisung einer Erzeugungsanlage ist an das SMGW gesendet und der Empfang von dort quittiert	(✓)	(✗)	(✓)	(✗)
ReadMeter1	Erste Messung ist durchgeführt und übertragen	✓	✓	✗	✗
HKS4Conn	HKS4 (Transparenter Kanal initiiert durch EMT) zur Steuerbox ist aufgebaut	✓	✗	✓	✗
IEC61850	Protokoll IEC61850 im TLS-Kanal ist etabliert	✓	✗	✓	✗
Relay-Switch	Schaltung des Relay ist umgesetzt	✓	✓	✓	✓
ReadMeter2	Zweite Messung ist durchgeführt und übertragen	✓	✓	✗	✗
HKS4DisConn	HKS4 (Transparenter Kanal initiiert durch EMT) zur Steuerbox ist abgebaut	✓	✗	✓	✗
TotalScenario	Gesamte Prozesskette (Beginn Wake-Up Sent bis Ende HKS4DisConn)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)
Extern	Differenz der Messung TotalScenario und Summe der Einzelmessungen (Zeitdifferenzen aufgrund Performanceverlusten beim Aufrufen der Prozesse)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)

Im Rahmen des durchgeführten Feldversuchs wurde für jede der über 2.000 Testschaltungen die Signallaufzeit der beteiligten Prozessschritte nach Tabelle 3-1 erfasst. Die verwendete Systemarchitektur ist dabei in **Abbildung 3-1** dargestellt.

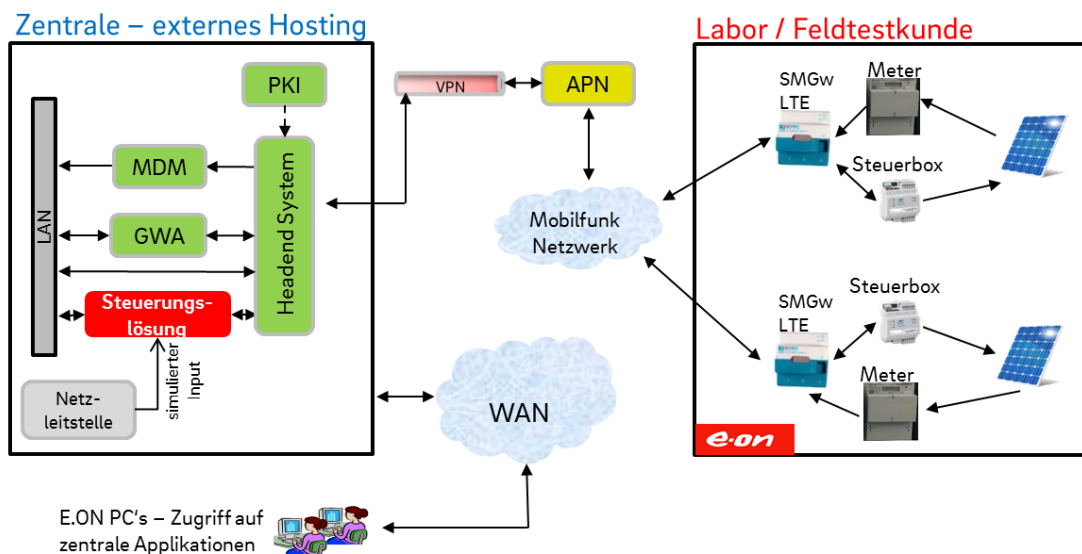


Abbildung 3-1: Übersicht der eingesetzten IT-Architektur im Feldtest

Die im rechten Kasten dargestellten Komponenten stellen die kundenseitig montierten Geräte des Feldversuchs dar (Komponenten des Messsystems sowie die angeschlossene Photovoltaikanlage). Die Steuerbox und das Smart-Meter-Gateway mit Zähler wurden beim Probanden zusätzlich zum Erzeugungszähler installiert, um nicht in die abrechnungsrelevante Messung der Hausanlage einzugreifen. Die Steuerbox wurde mit dem bestehenden Wechselrichter des Probanden verbunden und der vorhandene Rundsteuerempfänger zur konventionellen Steuerung der Anlage über den Netzbetreiber für die Feldtestphase stillgelegt.

Durch das LTE-Modem im SMGW wurde die Verbindung zur Zentrale (linker Kasten in Abbildung 3-1) hergestellt. Die grün dargestellten Systeme beschreiben hierbei die im Rahmen der Messsystem-Architektur verwendeten Komponenten, die durch die Technische Richtlinie BSI TR-03109-1 vorgegeben sind [3]. Das rot dargestellte System wurde für den Feldtest neu konzipiert und enthielt die Funktionalität zur Durchführung der geplanten Testcases.

Über einen VPN-Client wurde der Zugriff auf die Bedienoberfläche der Steuerungslösung für die Testmannschaft über das Wide-Area-Network (WAN) sichergestellt.

4 Statistische Auswertung

In der statistischen Auswertung wurde die große Anzahl an Datensätzen nach verschiedenen Unterscheidungskriterien wie Standort, Uhrzeit oder Wochentag/Wochenende kategorisiert und auf Korrelationen und Anomalien geprüft. Die Auswertung umfasste insbesondere eine detaillierte Untersuchung der Extremwerte/Streuungen von Messwerten sowie eine Analyse der fehlgeschlagenen Testfälle und Abhängigkeiten von bestimmten Spezifikationen.

In **Abbildung 4-1** ist die Signallaufzeit (Medianwerte) aller durchgeführten LTE-Tests unterteilt in die vier Kategorien (vgl. Abschnitt 3) und unter Berücksichtigung der dafür notwendigen Prozessschritte dargestellt. Die gesamte Signallaufzeit ist dabei stark von den notwendigen Prozessschritten abhängig. Die längste Laufzeit benötigt die Kategorie MSM abgebaut (88,47 s), gefolgt von S abgebaut (50,78 s), MSM aufgebaut (24,41 s) und S aufgebaut (3,11 s). Gemäß der Kaskadenzeit in [4] stehen dem ausführenden Netzbetreiber 12 Minuten für die Vorbereitung und Umsetzung von Maßnahmen für die Systemsicherheit (u. a. Einspeisemanagement) zur Verfügung. Da die Vorbereitungszeit auf maximal 6 Minuten beschränkt ist, bleibt für die Umsetzung ein Zeitfenster von 6 bis maximal 12 Minuten. Die aufgenommenen Signallaufzeiten entsprechen somit den geforderten zeitlichen Anforderungen.

Als Benchmark ist zudem die Signallaufzeit von Geräten mit Ethernet-Anschluss eingefügt. Dies soll eine Indikation geben, wo die Grenzen der Signallaufzeit-Optimierung mit LTE-Anbindung liegen.

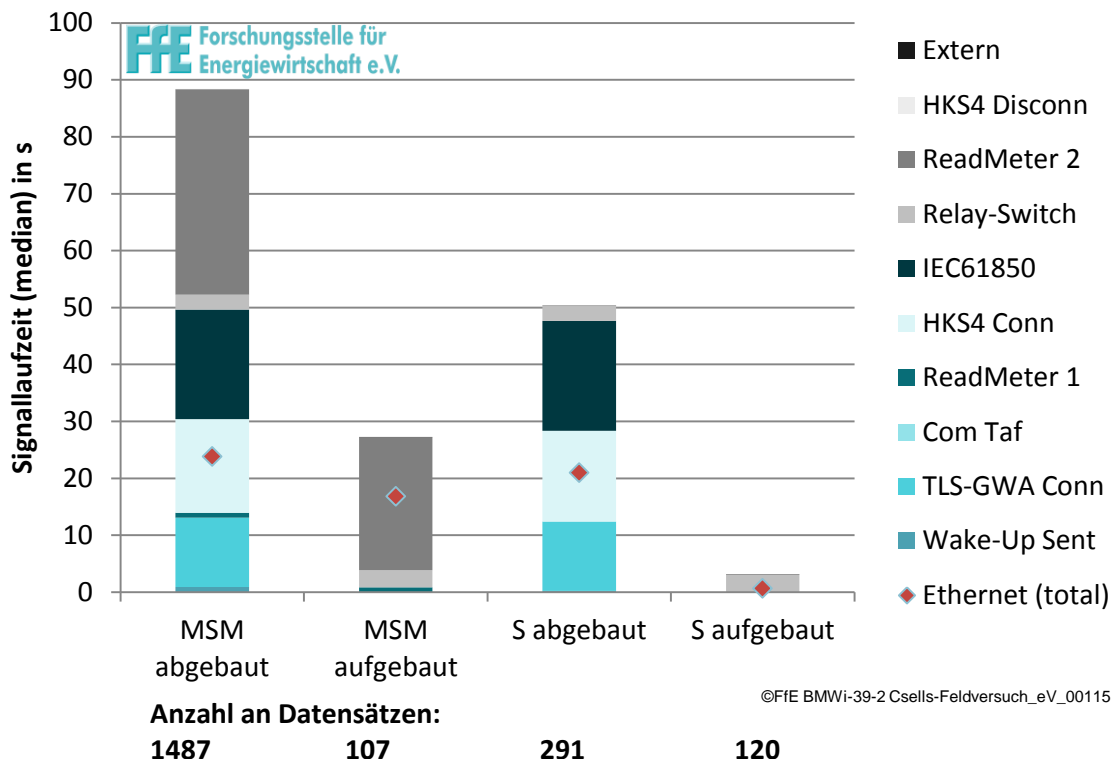


Abbildung 4-1: Vergleich der Signallaufzeit (Median) aller durchgeführten Testfälle

Der Vergleich der vier Kategorien zeigt die Dauer, welche für die beiden Messvorgänge bzw. den Kanalaufbau anfällt. Für die Messung vor und nach dem Schaltvorgang („ReadMeter1“ und „ReadMeter2“) werden im Median ca. 36,7 s benötigt. Der Aufbau des sicheren Kanals („Wake-Up Sent“, „TLS-GWA Conn“, „HKS4 Conn“, „IEC61850“ und „HKS4 Disconn“) weist einen Zeitraum von ca. 48,7 s (Median) auf.

Auffällig ist zudem der deutliche Unterschied zwischen „ReadMeter1“ und „ReadMeter2“. Für die Messung vor dem Schaltvorgang wird im Median eine Zeit von ca. 0,8 s benötigt, wohingegen für die Messung der Ist-Einspeisung nach dem Schaltvorgang ein Zeitaufwand von ca. 36,7 s zu berücksichtigen ist. Diese Besonderheit resultiert daher, durch das verwendete System maximal ein Messwert je Minute in einer Datenbank bereitgestellt wird und somit mindestens eine Minute zwischen den beiden Messungen verstreichen muss. Daher kann es je nach Zeitpunkt der ersten Messung vorkommen, dass sich das System im Wartemodus auf den nächsten Messwert befindet. Die Streuung der einzelnen Messwerte von „ReadMeter2“ und der anderen Prozessschritte ist in **Abbildung 4-2** dargestellt. Durch die Darstellung als Boxplot¹ wird eine detaillierte Betrachtung der Signallaufzeiten ermöglicht. Die Prozesse „TLS-GWA“, „HKS4Conn“, „IEC61850“, „ReadMeter2“ stellen dabei ca. 95,2 % der totalen Laufzeit dar.

¹ Der schwarzen Balken in der Mitte des Boxplots stellt den Medianwert dar, der dunkle Kasten beinhaltet 50 %, der helle Kasten 80 % der Messwerte und die Striche (Whisker) decken die gesamte Bandbreite inklusive Extremwerte ab.

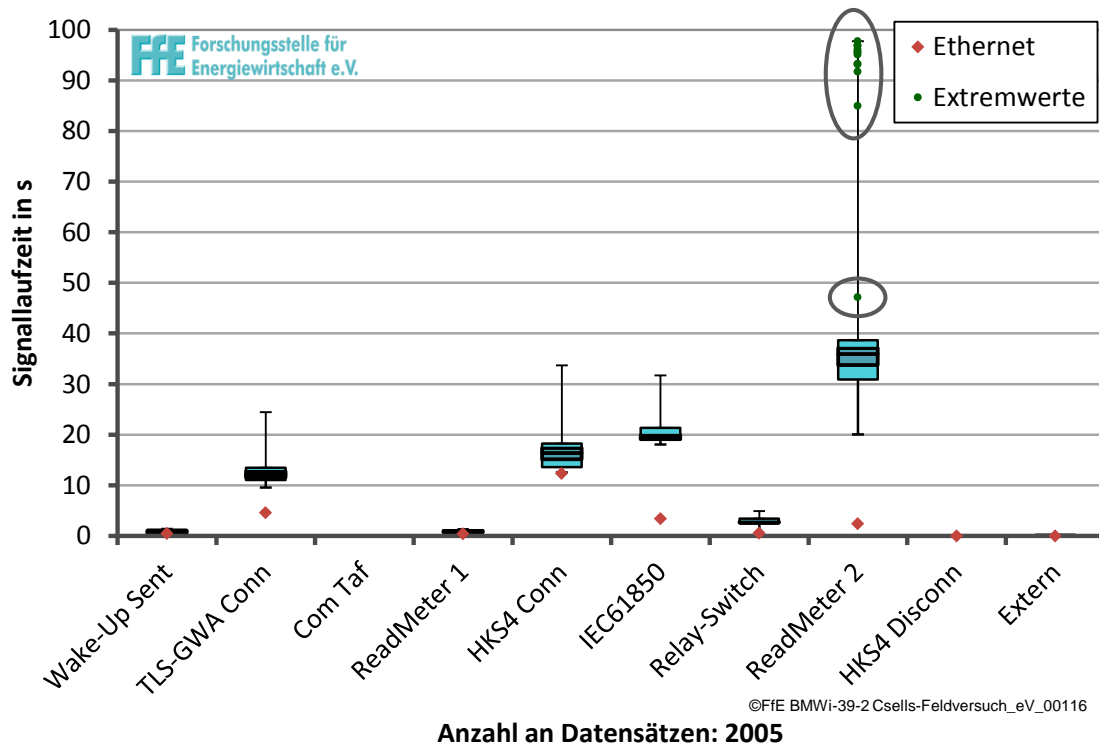


Abbildung 4-2: Signallaufzeiten und Streuung der einzelnen Prozessschritte im Feldversuch

Die Abbildung zeigt zudem, dass es insbesondere bei dem Prozessschritt „ReadMeter2“ zu einer sehr breiten Streuung der Messwerte kommt (ca. 20 bis 98 s). Die Betrachtung der zugehörigen oberen Extremwerte (Punkte entlang der Extremwertlinie) zeigt, dass eine Häufung im Bereich um 95 s und der nächste Wert erst bei ca. 45 s auftreten. Dies legt den Schluss nahe, dass das System in diesen Fällen (11 Messungen) den Messwert verpasst hat und auf einen neuen Messwert (60 Sekunden später) warten muss.

Die Summe der Prozessschritte („TotalScenario“) weist dabei eine Standardabweichung (absolut) in Abhängigkeit von der Mess- bzw. Schaltkategorie zwischen 0,6 und 6,0 s auf. Diese Abweichung stellt für die Anwendung in der Energiewirtschaft ebenso wie die gesamte Signallaufzeit einen praktikablen Wert dar. Zudem wird hierdurch gezeigt, dass in dem Feldversuch die Signallaufzeiten über die 2.100 Testfälle gut reproduzierbar waren.

Zusätzlich zu statistischen Auswertungen aller Prozessschritte wurden diese in die Gruppen *Stadt/Land*, *Werktag/Wochenende* und *Tageszeit* eingeteilt und ausgewertet. Hierdurch besteht die Möglichkeit, die einzelnen Prozessschritte hinsichtlich ihrer Abhängigkeiten von externen Einflussfaktoren zu untersuchen und ggf. Korrelationen zu ermitteln. In **Abbildung 4-3** sind die Mediane der Gesamtlaufzeiten der Gruppen für die vier Kategorien dargestellt. Hierbei zeigt sich, dass keine der Kategorien einen signifikanten Einfluss auf die Signallaufzeit hat, was dadurch sichtbar wird, dass sämtliche Verbindungslinien nahezu parallel zu den Gitternetzlinien verlaufen.

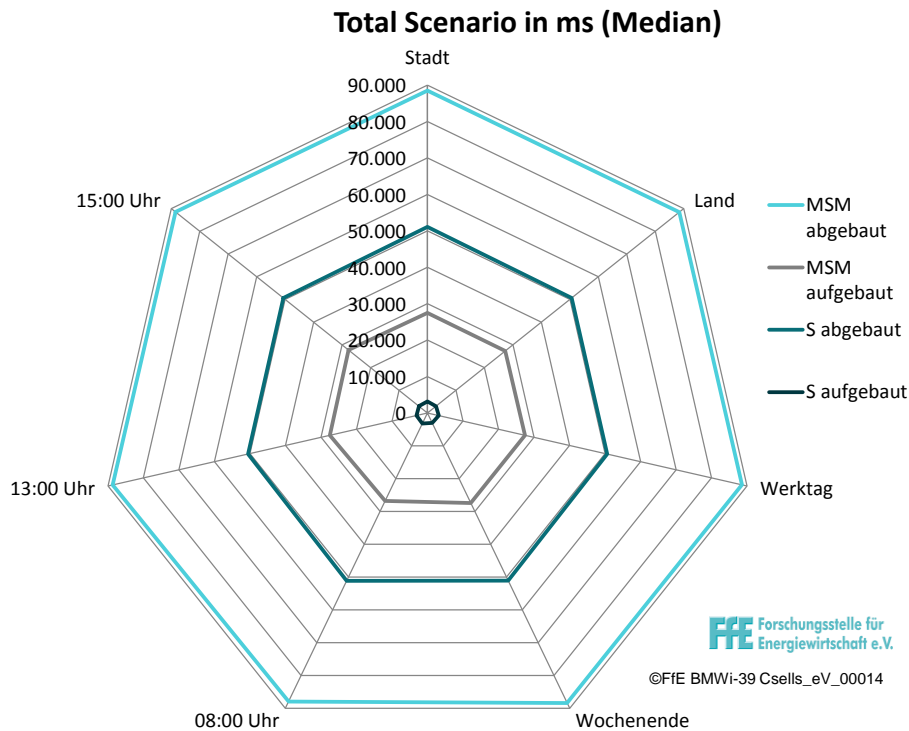


Abbildung 4-3: Vergleich der spezifischen Gesamtsignallaufzeit (Median) aller durchgeführten Testfälle nach der Spezifikation Uhrzeit/Stadt/Land/Werktag/Wochenende

Darüber hinaus bestätigt diese Abbildung das Ergebnis aus Abbildung 4-1, dass ein Großteil der Zeit für den Kanalaufbau benötigt wird und das reine Schalten bei aufgebautem Kanal nur wenige Sekunden benötigt.

Weiterhin wurde eine zusätzliche Analyse zu externen Einflussfaktoren bzgl. Korrelation von Performance und Zuverlässigkeit in Bezug zur gemessenen Signalpegelstärke an der Versuchseinrichtung durchgeführt. Auch hierbei konnte keine signifikante Korrelation anhand der Messergebnisse festgestellt werden. Bei diesem Ergebnis ist jedoch darauf hinzuweisen, dass alle verwendeten Anlagen eine gute Mobilfunkanbindung aufwiesen und Messungen im Grenzbereich einer Mobilfunkversorgung nicht stattfinden konnten.

Neben den Auswertungen der Signallaufzeiten erfolgte ebenso die Betrachtung der Zuverlässigkeit im Hinblick auf die erfolgreiche Umsetzung der Schaltanweisungen. Dies ist vor allem im Kontext des Verbesserungsbedarfes im Vergleich zur aktuell eingesetzten Funkrundsteuerung relevant. In **Tabelle 4-1** sind die Erfolgsquoten der einzelnen Kategorien aufgeführt.

Tabelle 4-1: Erfolgsquote aller Testfälle je Mess- bzw. Schaltkategorie

Kategorie	Schaltvorgänge	Fehlschläge	Erfolgsquote
MSM ab	1.560	73	95,32 %
MSM auf	120	13	89,17 %
S ab	300	9	97,00 %
S auf	120	0	100,00 %
Gesamt	2.100	95	95,48 %

Bei der Interpretation der Erfolgsquote ist allerdings zu berücksichtigen, dass ein Gerät durch einen Blitzschlag beschädigt wurde. Allein auf dieses Gateway entfielen während des Beschädigungszeitraumes ca. 75 der insgesamt 95 Fehlerfälle. Bei Nichtberücksichtigung des technisch defekten Gerätes/Gateways steigt die gesamte Erfolgsquote von 95,5 % auf 99,0 %.

Der Großteil (82,1 %) der Fehlerfälle trat im Prozessschritt „ReadMeter2“ auf. Des Weiteren traten 13,7 % der Fehlerfälle im Prozessschritt „Relay-Switch“ auf. An dieser Stelle sei darauf verwiesen, dass auch hier das beschädigte Gerät mit in die Gesamtbetrachtung aufgenommen wurde. Die Verteilung der Fehlschläge auf die einzelnen Prozessschritte ist in **Abbildung 4-4** dargestellt. Dabei erfolgt die Annahme, dass der erste Prozessschritt, welcher gemäß Tabelle 3-1 in der jeweiligen Mess- bzw. Schaltkategorie zu durchlaufen ist und keine Signallaufzeit liefert, als Ursache für den fehlgeschlagenen Testfall zu werten ist.

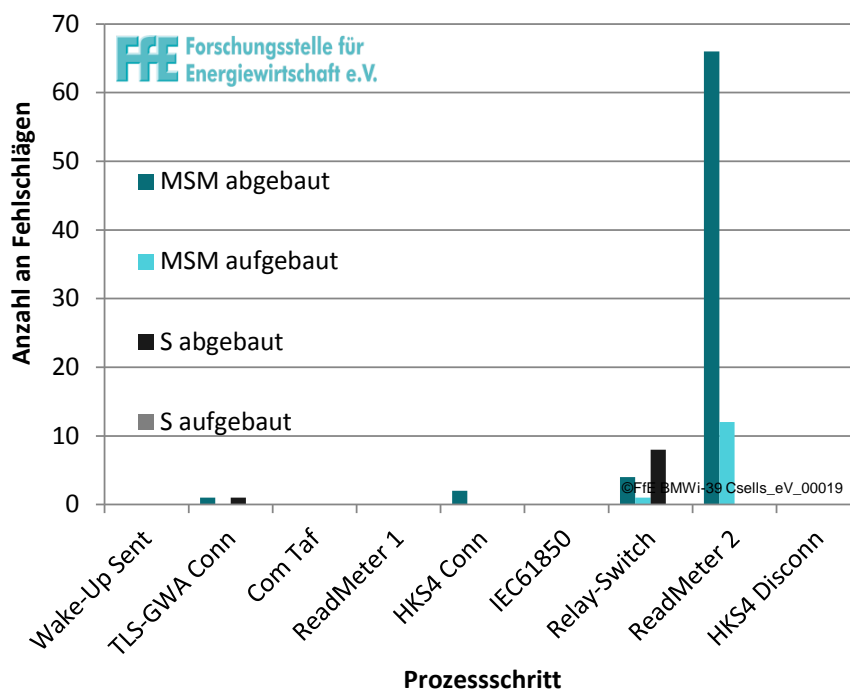


Abbildung 4-4: Auswertung der fehlgeschlagenen Testfälle nach Prozessschritten

Um eine Aussage über die Prozessschritte mit vielen Fehlschlägen treffen zu können, wurden die Datenanalyse zusätzlich ohne Berücksichtigung des defekten Geräts durchgeführt. In diesem Fall war der kritische Prozessschritt „Relay-Switch“ mit 55 % der häufigste Fehler, gefolgt von „Read Meter 2“ mit 30 % der Fehlerfälle. Bei allen weiteren Prozessschritten traten nur vereinzelt Fehlschläge auf.

Neben der Auswertung der Signallaufzeiten und der Zuverlässigkeit ist das jeweils notwendige Datenvolumen von Interesse, da dies insbesondere bei der Anbindung von sehr vielen Geräten einen wirtschaftlichen Faktor darstellen wird. In **Abbildung 4-5** sind die Datenvolumen der einzelnen Prozessschritte² dargestellt.

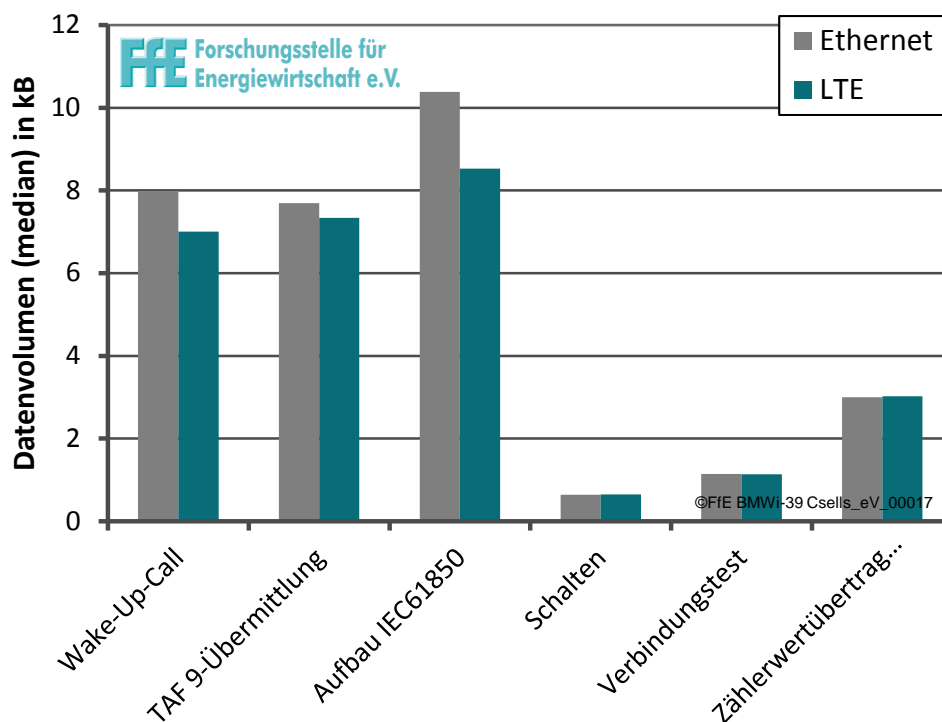


Abbildung 4-5: Auswertung des benötigten Datenvolumens für verschiedene Spezifikationen

Die Auswertung zeigt, dass Handlungen wie Schalten (0,6 kB) oder Zählerwertübertragung (3,0 kB) im Vergleich zu den Prozessschritten wie Wake-Up-Call, Übermittlung des Tarifierungsanwendungsfalls (TAF 9) oder Protokollaufbau deutlich weniger Datenvolumen verursachen. Der Vergleich zwischen LTE und Ethernet zeigt bis auf den Protokollaufbau keine relevanten Unterschiede auf.

² Da das Datenvolumen in einem gesonderten Test, bei dem einzelne Prozessschritte zusammengefasst wurden, erhoben wurde, unterscheiden sich die Bezeichnungen der Prozessschritte.

5 Diskussion und Fazit

Die Ergebnisse des Feldtests zeigen, dass die Umsetzung von Einspeisemanagementmaßnahmen bei PV-Anlagen im Rahmen des Messsystem-Umfeldes mit einer hohen Zuverlässigkeit und Robustheit möglich und somit der netzdienliche Einsatz (auch im Sinne der Abstimmungskaskade) gegeben ist. Im Vergleich zur aktuellen Rundsteuertechnik zeigt die eingesetzte Technik hier wesentliche Verbesserungen (auch aufgrund der Möglichkeit zur Kontrolle über den Rückkanal). Die einzelnen Prozessschritte wiesen dabei keine Abhängigkeit von externen Faktoren (Uhrzeit, Wochentag, Stadt/Land) auf. Dies könnte sich jedoch bei einer größeren Anlagenanzahl je Funkzelle bzw. einer grundsätzlich höheren Auslastung anders darstellen. Aufgrund der Signallaufzeit der Prozessschritte und dem jeweiligen Datenvolumen ist weiterhin zu prüfen, ob in Einzelfällen eine dauerhafte Öffnung des Kanals zu bestimmten Anlagen aus Netz- bzw. Systemsicht sinnvoll ist. Dies würde primär Anlagen an neuralgischen Netzpunkten mit einer relevanten Leistung betreffen. In dem durchgeführten Feldtest erfolgte die Abbildung der Systemarchitektur mit Komponenten von einem Hersteller. In weiteren Untersuchungen ist die Verwendung von verschiedenen Herstellern angedacht, um die Übertragbarkeit der Ergebnisse zu prüfen und zu bewerten. Zudem sind insbesondere für die C/sells-Aktivitäten neben PV-Anlagen weitere Komponenten wie Wärmepumpen anzubinden, um die Infrastruktur für die Umsetzung von Schalthandlungen als Schnittstelle zwischen Flexibilitäts-Plattformen und zu schaltenden Komponenten zu evaluieren.

Literaturverzeichnis

- [1] Gesetz zur Digitalisierung der Energiewende. Berlin: Bundesregierung, 2016
- [2] Köppl, Simon; Estermann, Thomas; Zeiselmair, Andreas: Laufendes Projekt: C/sells – Großflächiges Schaufenster im Solarbogen Süddeutschlands in: www.ffe.de/csells. München: Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. (FfE), 2017
- [3] Technische Richtlinie BSI TR-03109-1 - Anforderungen an die Interoperabilität der Kommunikationseinheit eines intelligenten Messsystems. Bonn: Bundesamt für Sicherheit und Informationstechnik, 2013
- [4] VDE: Kaskadierung von Maßnahmen für die Systemsicherheit von elektrischen Energieversorgungsnetzen - VDE-AR-N 4140. Berlin: VDE VERLAG GMBH, 2017

Förderung und Projektpartner

Die Bearbeitung der hier beschriebenen Inhalte erfolgt im Verbundprojekt C/sells durch die Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. (FfE). Die FfE-Aktivitäten im Verbundprojekt C/sells werden im Rahmen des Förderprogramms „Schaufenster intelligente Energie – Digitale Agenda für die Energiewende“ (SINTEG) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert (Förderkennzeichen: 03SIN121).

Neben dem BMWi wird die FfE durch die bayernwerk AG, Intel Deutschland GmbH, die SWM Services GmbH, die Stadtwerke Augsburg Energie GmbH und Stadtwerke Augsburg Netze GmbH sowohl finanziell als auch mit Daten und individuellen, praxisnahen Erfahrungen unterstützt.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

