

White Paper

Digitaler Steuerbarkeitscheck

Steuerbarkeitscheck nach §12 Abs. 2b EnWG mit der intelligenten Messinfrastruktur

SiSSy

SMGW als Sicherheitsanker für das Steuern im Systemverbund

Juni 2026



Inhalt

1	Abstract.....	1
2	Einleitung.....	2
3	Hintergrund	3
3.1	Regulatorischer Rahmen.....	3
3.2	Meldeprozess.....	4
4	Herausforderung und Problemstellung.....	5
5	Lösungsansatz	6
5.1	Nutzung der intelligenten Messsysteme zur Steuerung.....	6
5.2	Umsetzung von Steuerbarkeitschecks	7
5.2.1	Physischer Steuerbarkeitscheck bei Inbetriebnahme	8
5.2.2	Jährlicher Steuerbarkeitscheck	9
5.2.3	Prozessablauf des digitalen Steuerbarkeitschecks.....	13
6	Vergleich physischer vs. digitaler Steuerbarkeitscheck.....	17
7	Ausblick.....	19
7.1	Notwendige Anpassungen und offene Fragestellungen	19
7.2	Roadmap zur Umsetzung des digitalen Steuerbarkeitschecks	20
	Projekt und Konsortium.....	22
	Literaturverzeichnis	23
	Abbildungs- und Tabellenverzeichnis.....	23

1 Abstract

Mit der EnWG-Novellierung im Februar 2025 ist ein jährlicher Steuerbarkeitscheck für Erzeugungsanlagen verpflichtend eingeführt worden, dessen praktische Umsetzung insbesondere bei dezentralen Anlagen hohe Anforderungen an Netz- und Marktakteure stellt.

Dieses Whitepaper präsentiert einen digitalen Ansatz zur Überprüfung der Steuerbarkeit auf Basis intelligenter Messsysteme und richtet sich daher an alle Beteiligten des Meldeprozesses. Durch die Nutzung des EEBUS-Protokolls mit einem der WAN-Protokolle CLS.EEDI oder DIN VDE V 0418-63-8 (COSEM-XML) können relevante Steuerungsfunktionen von Erzeugungsanlagen automatisiert aus dem Backend des Messstellenbetreibers ausgelesen werden. Der Ansatz ermöglicht einen effizienten und netzdienlichen Nachweis der grundsätzlichen Steuerbarkeit, ohne einen physischen Steuerungseingriff durchführen zu müssen und ohne dabei erhebliche Strommengen aus erneuerbaren Erzeugungsanlagen testweise abzuregeln. Insbesondere bei wiederkehrenden Prüfungen und großen Anlagenbeständen wird somit eine erhebliche Vereinfachung und Skalierung des Steuerbarkeitschecks erzielt. Eine Ausweitung auf steuerbare Verbrauchseinrichtungen gemäß § 14a EnWG ist sinnvoll, technisch möglich und wird vom Konsortium empfohlen. Aktuell ist dieser aufgrund fehlender gesetzlicher Grundlage nicht mit einem physischen Steuerbarkeitscheck, wie er für Erzeugungsanlagen vorgesehen ist, möglich. Das vorgeschlagene Verfahren kann zum Nachweis der Steuerbarkeit für Anlagen nach §14a EnWG genutzt werden, da es zu keinem physischen Steuerungseingriff kommt. Damit ermöglicht es Netzbetreibern und Messstellenbetreibern eingebaute Steuertechnik für Anlagen nach §14a EnWG auf Funktionalität zu überprüfen.

Vorteile des digitalen Steuerbarkeitschecks:

1. Nachweis Steuerbarkeit §12 Abs. 2b EnWG für steuerbare Erzeugungsanlagen (StEA)
2. Funktionale Überprüfung der eingebauten Steuerungstechnik und -infrastruktur für steuerbare Verbrauchseinrichtungen (SteuVE) nach § 14a EnWG
3. Nutzung vorhandener Schnittstellen (EEBUS, CLS.EEDI, DIN VDE V 0418-63-8) – keine neue Infrastruktur nötig
4. Keine Einspeiseverluste durch testweise Abregelungen erneuerbarer Erzeugungsanlagen
5. Deutlich weniger Aufwand bei jährlichem Steuerbarkeitscheck
6. Sinnvolle Ergänzung zu den bisherigen physischen Prüfmethode

2 Einleitung

Mit dem zunehmenden Ausbau erneuerbarer Energien und steuerbarer Verbrauchseinrichtungen steigt die Anzahl dezentraler Anlagen im Stromsystem kontinuierlich. Für den sicheren und stabilen Netzbetrieb gewinnt daher die Fähigkeit, diese Anlagen bei Bedarf netzdienlich steuern zu können, zunehmend an Bedeutung.

Mit der Novellierung des Energiewirtschaftsgesetzes (EnWG) im Februar 2025 wurde in §12 Abs. 2b der sogenannte Steuerbarkeitscheck eingeführt. Ziel ist es, die tatsächliche Steuerbarkeit von Erzeugungsanlagen nachzuweisen und damit sicherzustellen, dass netzbetriebliche Maßnahmen im Bedarfsfall zuverlässig umgesetzt werden können. Die Übertragungsnetzbetreiber haben hierzu Leitlinien veröffentlicht, die grundlegende Anforderungen definieren (Netztransparenz.de, 2026). Gemäß den Leitlinien ist ein Steuerbarkeitscheck mit Wirkleistungsreduzierung auf Basis eines messtechnischen Nachweises zu erbringen. Dies wird im Folgenden als physischer Steuerbarkeitscheck definiert. Steuerbare Verbrauchseinrichtung nach §14a EnWG sind in der aktuellen Fassung für den Steuerbarkeitscheck nicht vorgesehen.

Die praktische Umsetzung eines physischen Steuerbarkeitschecks stellt jedoch bei einer großen Anzahl dezentraler Anlagen erhebliche organisatorische, prozessuale und technische Herausforderungen dar. Insbesondere im Kontext eines erwarteten starken Zubaus von Photovoltaikanlagen, Batteriespeichern, Wärmepumpen und Ladeeinrichtungen sind skalierbare und möglichst automatisierbare Verfahren erforderlich.

Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, inwieweit die grundsätzliche Steuerbarkeit einer Anlage auch über einen digitalen Nachweis der zugrunde liegenden Kommunikationsinfrastruktur überprüft werden kann. Mit der zunehmenden Verbreitung intelligenter Messsysteme steht hierfür eine standardisierte und sichere Kommunikationsplattform zur Verfügung. Dadurch kann die grundsätzliche Steuerbarkeit einer Anlage effizient überprüft werden, ohne einen physischen Steuerungseingriff durchführen zu müssen. Zusätzlich entfällt die testweise Abschaltung und die damit verbundene Unterbrechung der Einspeisung, wodurch der Verlust einer erheblichen Strommenge aus den erneuerbaren Anlagen vermieden wird.

Neben dem Steuerbarkeitscheck nach §12 Abs. 2b EnWG, kann das vorgeschlagene Vorgehen dafür genutzt werden, zusätzlich die Infrastruktur sowie die eingebaute Steuerungstechnik für steuerbare Verbrauchseinrichtungen nach §14a EnWG auf Funktionalität zu überprüfen. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieses Whitepapers fehlt hierfür jedoch noch die gesetzliche Grundlage – obwohl die

wachsende Anzahl steuerbarer Verbrauchseinrichtungen ein ebenso erhebliches Risiko für die Netzstabilität darstellt.

Dieses Whitepaper stellt einen Ansatz für einen digitalen Steuerbarkeitscheck vor, der auf der Infrastruktur intelligenter Messsysteme basiert. Ziel ist es, die digitale Kommunikationskette zwischen Backend-Systemen und steuerbaren Anlagen nachzuweisen und damit eine skalierbare und automatisierbare Alternative zu rein physischen Steuerungstests zu skizzieren. Dabei beschreibt das Whitepaper die technische Architektur des Verfahrens, den Ablauf eines digitalen Steuerbarkeitschecks sowie dessen Vorteile gegenüber konventionellen elektrischen Testverfahren. Darauf aufbauend werden mögliche Implementierungswege und Handlungsempfehlungen in Form von technischen und prozessualen Anpassungen für Marktakteure und Regulatoren diskutiert. Abschließend wird die Roadmap innerhalb des SISSY-Projekts zur Umsetzung und Erprobung vorgestellt.

3 Hintergrund

3.1 Regulatorischer Rahmen

Zur Konkretisierung der gesetzlichen Anforderungen wurden die Übertragungsnetzbetreiber dazu angehalten, einheitliche Leitlinien für die Betreiber von Verteilernetzbetreibern und grundzuständigen Messstellenbetreibern (gMSB) zu veröffentlichen. Diese Leitlinien definieren grundlegende Anforderungen an die

Fristen und Anlagen

Von der Testpflicht sind betroffen:

- **Ab 2026: steuerbare Anlagen < 100kW**
- Ab 2025 eine Nennleistung > 100kW
- Voraussetzung ist die technische Steuerbarkeit der Anlage

Durchführung und Bewertung entsprechender Tests durch Verteilernetz- und Messstellenbetreiber. Der Steuerbarkeitscheck dient dabei insbesondere dem Nachweis, dass eine steuerbare Erzeugungsanlage auf Anforderung durch den Netzbetreiber innerhalb eines definierten Zeitfensters mit einer entsprechenden Änderung ihrer Wirkleistung reagiert. Gemäß den Leitlinien kann der Erfolg eines Einzelanlagentests beispielsweise durch die Analyse des Lastgangs der Anlage anhand von echtzeitnahen Zeitreihen der Wirkleistung bewertet werden. Zusätzlich sind bei Inbetriebnahme Parameter wie Reaktionszeit, Latenzzeit und der Gradient der Leistungsänderung zu überprüfen. Unter bestimmten Voraussetzungen können auch fernmündliche Aktivierungen als zulässiger Steuerungsprozess gelten.

3.2 Meldeprozess

Der Meldeprozess der Leitlinien zum Steuerbarkeitscheck ist in Abbildung 3.1 dargestellt. gMSBs melden den Ausstattungsstand von Messstellen mit iMSys an den jeweiligen VNB. Die VNBs führen jährlich Steuerbarkeitschecks für steuerbare Erzeugungsanlagen durch und melden diese zur Plausibilisierung an nachgelagerte VNBs.

„Bis zum 31. Oktober eines jeden Jahres müssen die plausibilisierten Ergebnisse des Steuerbarkeitschecks inklusive der Angaben zur Ausstattung von Messstellen den ÜNB vorliegen. Die ÜNB müssen auf Basis der Ergebnisse des Steuerbarkeitschecks einen Gesamtbericht verfassen und bis zum 30. November eines jeden Jahres an die Bundesnetzagentur (BNetzA) und das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWE) übermitteln.“ (Netztransparenz.de, 2026)

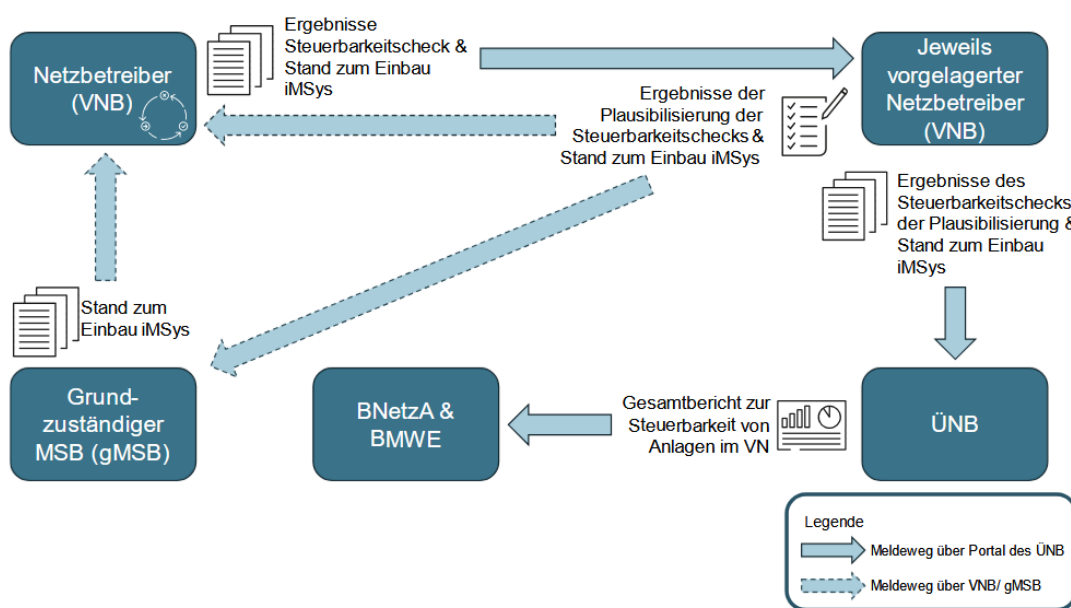


Abbildung 3.1: Meldeprozess gemäß § 12 Abs. 2b EnWG (Quelle: (Netztransparenz.de, 2026))

4 Herausforderung und Problemstellung

Vor dem Hintergrund einer zunehmenden Anzahl dezentraler Anlagen stellt sich die Frage, wie entsprechende Steuerbarkeitschecks nach beschriebenen regulatorischen Anforderungen künftig effizient und skalierbar erbracht werden können, insbesondere bei Anlagen im Niederspannungsnetz die zunehmend mit der intelligenten Messinfrastruktur ausgestattet werden.

Die in den Leitlinien beschriebenen Verfahren basieren im Kern auf einem physischen Steuerbarkeitscheck der jeweiligen Anlage, bei dem eine Steuerung erfolgt und die resultierende Änderung der Wirkleistung analysiert wird. Während dieses Vorgehen bei einzelnen Anlagen oder kleineren Anlagenbeständen praktikabel ist, kann die Durchführung individueller Checks bei einer großen Anzahl von Anlagen einen erheblichen organisatorischen und technischen Aufwand verursachen. Dazu gehört beispielsweise die Auswahl eines geeigneten Zeitfensters, in dem die Anlage tatsächlich Einspeiseleistung erbringt, sodass eine durch die Steuerung verursachte Änderung der Wirkleistung überhaupt messbar ist.

Neben der Skalierbarkeit stellt auch der potenzielle Eingriff in den Anlagenbetrieb einen relevanten Aspekt dar. Physische Steuerbarkeitschecks können mit einer temporären Reduzierung der Einspeiseleistung verbunden sein, um die Reaktion der Anlage nachzuweisen. Bei einer großen Anzahl getesteter Anlagen kann dies dazu führen, dass im Rahmen von Testprozessen relevante Energiemengen aus erneuerbaren Anlagen nicht erzeugt werden. Bereits heute sind ca. 98,3 Gigawatt (GW) Photovoltaikanlagen installiert (Statistisches Bundesamt, 2025). Perspektivisch muss diese gesamte Leistung für einen Steuerbarkeitscheck zeitweise bis zu einer Stunde abgeregelt werden, was zu einem Verlust von bis zu maximal 98,3 GWh führen würde.¹ Bis 2045 könnte diese Zahl auf 400 GW ansteigen (Bundesnetzagentur, 2025).

Vor diesem Hintergrund möchte das vorliegende Whitepaper anregen, die grundsätzliche Steuerbarkeit nach einer umfassenden Inbetriebnahme hauptsächlich über einen digitalen Nachweis der zugrunde liegenden intelligenten Kommunikations- und Steuerungsinfrastruktur zu überprüfen.

¹ Ausgehend von idealen Bedingungen für die Erzeugung

5 Lösungsansatz

5.1 Nutzung der intelligenten Messsysteme zur Steuerung

Mit der Infrastruktur intelligenter Messsysteme steht bereits eine standardisierte und sichere Kommunikationsplattform zur Verfügung, über die Steuerungs- und Kommunikationsfunktionen digital überprüft werden können. Die Nutzung dieser bestehenden Infrastruktur eröffnet die Möglichkeit, Nachweisverfahren zu entwickeln, die sowohl skalierbar als auch ohne operative Eingriffe in den Anlagenbetrieb durchgeführt werden können.

Im Zusammenspiel mit intelligenten Messsystemen ergeben sich verschiedene Möglichkeiten zur Steuerung von Anlagen beim Endkunden aus dem Backend eines Messstellenbetreibers. Das können sowohl steuerbare Erzeugungsanlagen (StEA) wie z.B. Photovoltaikanlagen, als auch steuerbare Verbrauchseinrichtungen (SteuVE) wie z.B. Wärmepumpen oder Wallboxen sein. Die Abbildung 5.1-5.3 zeigen die heutigen unterschiedlichen Umsetzungsvarianten, die sich sowohl hinsichtlich der eingesetzten Hardware als auch der verwendeten Übertragungsprotokolle unterscheiden. Gemeinsam ist diesen Ansätzen, dass die Kommunikation aus dem MSB-Backend nicht direkt in der Endkundenanlage terminiert, sondern zunächst in einer Steuerungseinrichtung innerhalb der Zuständigkeit des Messstellenbetreibers, beispielsweise einer Steuerbox, einer CLS-Steuerungseinrichtung oder dem Smart Meter Gateway. Die anschließende Kommunikation innerhalb der Kundenanlage erfolgt dabei stets über das standardisierte Kommunikationsprofil EEBUS (Bundeseinheitliche Empfehlung von VDE FNN nach dem Stand der Technik zu Tenorziffer 2a gemäß der Festlegung BK6-22-300 der Bundesnetzagentur).

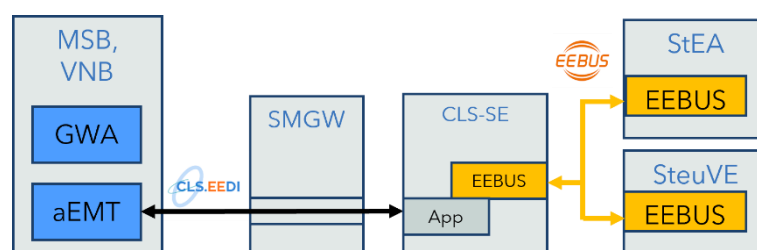


Abbildung 5.1: Smart Meter Gateway mit CLS-Steuerungseinrichtung (eigene Darstellung)

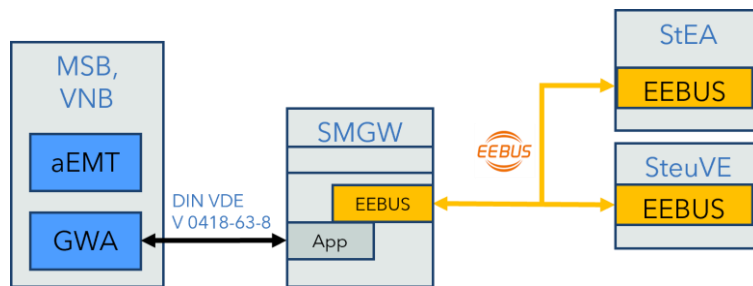


Abbildung 5.2: Steuern aus dem Smart Meter Gateway (eigene Darstellung)

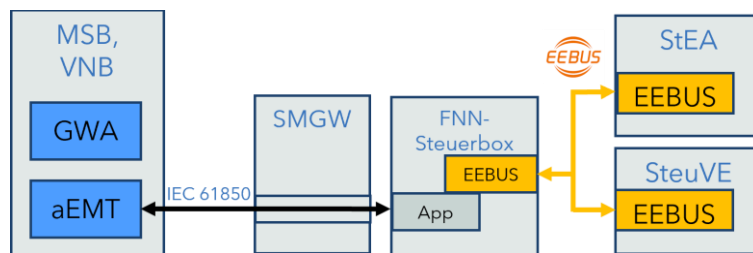


Abbildung 5.3: Smart Meter Gateway mit FNN-Steuerbox (eigene Darstellung)

5.2 Umsetzung von Steuerbarkeitschecks

Auch wenn die regulatorischen Zielvorgaben des Messstellenbetriebs primär auf eine Abdeckung eines Großteils der installierten Anlagenleistung abzielen (bis 2028 50%, bis 2032 90%), werden in der Praxis vermehrt auch kleinere Erzeugungsanlagen mit intelligenten Messsystemen und Steuerungseinrichtungen ausgestattet. Grund hierfür ist die gesetzlich geregelte Einbaugrenze nach §9 EEG für neue PV-Anlagen ab 7 kW. Diese Anlagen werden dann für den Netzbetreiber steuerbar und unterliegen damit den Pflichten des §12 Abs. 2b EnWG. Damit müssten diese Anlagen aus dem Netzleitsystem in der Niederspannung (sog. Netzcockpit) testweise in ihrer Erzeugungsleistung reduziert werden und der Erfolg in einer Änderung der Wirkleistungseinspeisung gemessen werden.

Aufbauend auf der Smart Meter Gateway Architektur schlägt das SISSY-Konsortium alternative Ansätze für den Steuerbarkeitsnachweis vor, bei dem die digitale Kommunikationskette der Steuerung vollständig überprüft wird und als Nachweis für die grundsätzliche Steuerbarkeit einer Anlage genutzt wird.

Nachfolgend werden verschiedene Ansätze zum Nachweis der Steuerbarkeit vorgestellt. Zunächst werden physische Steuerbarkeitsnachweise beschrieben, sowohl in einer optimierten Umsetzung mit dem SMGWplus als auch im Rahmen der Inbetriebnahme mithilfe des EEBUS-Handwerkertools. Anschließend werden

Varianten eines digitalen jährlichen Steuerbarkeitschecks nach Inbetriebnahme des intelligenten Messsystems und der Steuerungseinrichtung vorgestellt und deren Ablauf erläutert.

5.2.1 Physischer Steuerbarkeitscheck bei Inbetriebnahme

Das Sequenzdiagramm in Abbildung 5.4 zeigt den Prozess des Einbaus einer steuerbaren Einrichtung, der Durchführung eines einmaligen physischen Steuerbarkeitschecks bei Inbetriebnahme der steuerbaren Erzeugungsanlage oder Verbrauchseinrichtung sowie die Nachrüstung eines Smart Meter Gateways mit Steuerungseinrichtung. Diese Teilprozesse werden im Folgenden näher erläutert.

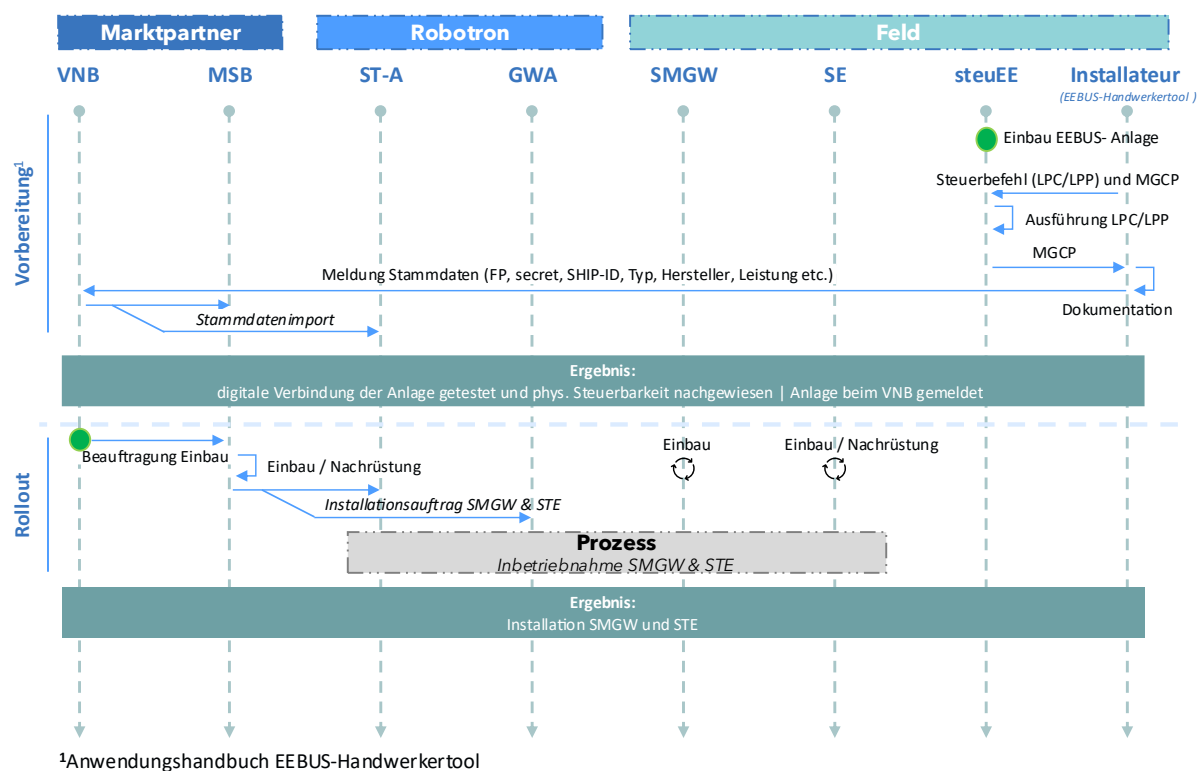


Abbildung 5.4: Prozessschaubild – Phys. Steuerbarkeitscheck bei Inbetriebnahme (eigene Darstellung)

Bereits bei der Installation einer steuerbaren Einrichtung wird die kommunikative Erreichbarkeit der Kundenanlage überprüft. Das **EEBUS-Handwerkertool für den Inbetriebnahme-Prozess** der EEBUS Initiative e.V. hilft Elektrobetrieben dabei, die erfolgreiche Inbetriebnahme nachvollziehbar zu dokumentieren und sich gegenüber dem VNB und dem Kunden abzusichern. Mit dem Tool können unter anderem Funktionen wie die Leistungsreduzierung oder das Fail-Safe-Verhalten unmittelbar vor Ort getestet werden. Damit kann erstmalig die physische Steuerbarkeit mit Use-Cases wie LPC/LPP zur Leistungsreduzierung durchgeführt werden. Sofern keine weiteren Erzeuger oder Verbraucher in der

Zwischenzeit zugeschaltet wurden, kann die Wirksamkeit des Steuersignals über MGCP überprüft werden. (siehe Abbildung 5.4).

Bei der Beauftragung/Anmeldung der Anlage werden bereits Daten wie Leistung der Anlage, Steuerungsart (EMS oder direkt), Schnittstelle (Relais oder digital), Anlagentyp, Hersteller usw. geliefert. Nach Anmeldung, spätestens aber nach der Inbetriebnahme der steuerbaren Anlage, ist der Elektroinstallateur dazu angehalten, die Geräte-Credentials der Anlage dem Netzbetreiber bereitzustellen. Diese bestehen aus Zertifikatsschlüssel (Fingerprint, Secret usw.) und einer Geräte-ID (SHIP-ID). Diese Daten werden im VNB/MSB-Backend hinterlegt (Abbildung 5.4 – Meldung Stammdaten, Stammdatenimport).

Sobald die Anlage in den Rollout des MSBs fällt, wird diese mit einem Smart Meter Gateway und einer Steuerungseinrichtung ausgestattet oder entsprechend nachgerüstet. Der Messstellenbetreiber stellt dabei sicher, dass die Mess- und Steuerungstechnik ordnungsgemäß installiert und parametrier ist. Bei der Parametrierung wird einer Steuerungseinrichtung eine sogenannte Steuerbare Ressourcen-ID (SR-ID) zugeordnet. Im Stammdatenmodell der VNB/MSBs können der SR-ID mehrere Geräte-IDs (SHIP-IDs) zugeordnet werden. Eine Geräte-ID entspricht einer digital angebundenen steuerbaren Anlage (siehe vorheriger Absatz).

5.2.2 Jährlicher Steuerbarkeitscheck

Für den jährlichen, verpflichtenden Steuerbarkeitscheck kann das in diesem Paper vorgestellte Konzept zum digitalen Steuerbarkeitscheck als Nachweis für die vollständige Steuerungskette genutzt werden. Anstelle der Überprüfung mittels physischer Steuerung schlägt das Konsortium vor, den aktuellen Status angebundener EEBUS-Geräte regelmäßig aus dem Backend des Messstellenbetreibers abzufragen. Dadurch kann die digitale Kommunikationsfähigkeit der Steuerungskette kontinuierlich überprüft werden, ohne physisch in den Anlagenbetrieb einzugreifen. Die Statusabfrage ist jederzeit ohne Kundenkontakt möglich, da es zu keiner physischen Beeinflussung des Verhaltens der Kundenanlage kommt und keine Annahme über aktuelle Einspeisung bzw. Verbrauch getroffen werden muss. Je nach Umsetzungsvariante der Steuerung (Abbildung 5.1-5.3) bestehen für die Durchführung des digitalen Steuerbarkeitschecks die folgenden Möglichkeiten:

SMGW mit CLS-Steuerungseinrichtung:

Eine entsprechende Funktionalität ist bereits im Übertragungsprotokoll **CLS.EEDI** vorhanden. Über das Protokoll können sowohl der aktuelle Verbindungsstatus als auch die aktiven **EEBUS-Use-Cases** der an der Steuerungseinrichtung angebotenen Anlagen ermittelt werden. Änderungen im Zustand der Anlage, beispielsweise durch Anpassungen der verfügbaren Funktionen oder durch Änderungen der Kommunikationsverbindung, führen im Rahmen der EEBUS-Kommunikation zu einer Aktualisierung der sogenannten **Detailed Discovery**. Diese Änderungen spiegeln sich entsprechend im Statusobjekt `\clseedi.state` wider.

Die Detailed Discovery-Nachricht dient dazu, die vollständigen Fähigkeiten der steuerbaren Anlage strukturiert offenzulegen. Diese Nachricht wird zu Beginn und bei allen Änderungen neu ausgetauscht und in der Steuerungseinrichtung im `\clseedi.state` für jede Geräte-ID (SHIP-ID) entsprechend hinterlegt.

CLS.EEDI ermöglicht dabei sowohl eine automatische Übermittlung dieser Informationen bei Start oder Zustandsänderung an das Backend des Messstellenbetreibers als auch eine aktive Abfrage aus dem Backend des Messstellenbetreibers. Eine solche Abfrage kann über `\clseedi.read`-Befehle ausgelöst werden. In diesem Fall wird der aktuelle Gerätezustand über die Nachricht `\clseedi.state` an das Backend zurückgemeldet.

Da die CLS.EEDI-Kommunikation auf Basis von MQTT erfolgt, werden Nachrichten über sogenannte *Topics* adressiert. Ein Topic definiert dabei den logischen Kommunikationskanal und ermöglicht – abhängig von der Broker-Konfiguration – eine Strukturierung nach Kommunikationsrichtung, Teilnehmern oder Anwendungsfällen. Aus dem Backend wird über eine spezifische SHIP-ID mittels der Nachricht `\clseedi.read` eine Anfrage gestellt. Daraufhin wird die entsprechende `\clseedi.state`-Nachricht zurückgegeben, welche die Informationen aus der Detailed Discovery enthält.

Konkret sieht eine solche Abfrage mit vorher definierten Topics im Broker und einer beispielhaften SHIP-ID (i:12345_u:123abc456def) wie folgt aus:

1. Eine \clseedi.read-Nachricht wird über das Topic an eine spezifische SHIP-ID versendet.

```
/clseedi/to-localdevice/PPC123456/ship/i:12345_u:123abc456def
{ "type": "de.keo-connectivity.clseedi.read",
  "source": "either end of the connection",
  "id": "b21e4dc3-be6d-4287-8d89-77742c82cb29",
  "specversion": "1.0",
  "data": { "protocol": "1.0.0" }
}
```

2. Der MQTT-Broker routet die Nachricht an die entsprechende Zieladresse.
3. Die Steuerungseinrichtung erhält die Nachricht und bereitet die Antwort vor.
4. Antwort wird gesendet. Die Antwort lautet:

```
/clseedi/from-localdevice/PPC123456/ship/i:12345_u:123abc456def
{ "type": "de.keo-connectivity.clseedi.state",
  "source": "some premises",
  "id": "5cb3fe0f-4494-4e84-9487-c61edd8b7026",
  "specversion": "1.0",
  "data": {
    "protocol": "1.0.0",
    "trust": [{"ski": "607d3342a4eeb06f33094386644991cd4b80125b"}],
    "limits": {"power": {"active": {"consumption": "...", "production": "...}}},
    "failsafes": {"power": {"active": {"consumption": "...", "production": "...}}},
    "measurements": [ { "id": "1KEO1234567890", "idType": "DIN-43863-5", "source": "gcp",
      "frequency": {"value": "...},
      "energy": {"consumed": "... , "produced": "... },
      "voltage": {"a-n": "... , "b-n": "... , "c-n": "...},
      "current": {"a": "... , "b": "... , "c": "...},
      "power": {"total": "... }},
    { "id": "7010cca85af66efaa50ab22529b0700e",
      "source": "controllable",
      "frequency": {"value": "...},
      "energy": {"consumed": "... , produced": "...},
      "power": {"total": "... , "phases": {"a": "... , "b": "... , "c": "...}}
    ]
  },
  "supportedEebusUseCases": ["lpc", "lpp"],
  "timestamp": 1685368046
}
```

Steuern aus dem SMGW

Die Möglichkeit, Verbindungsstatus und aktive EEBUS-Use Cases der an die Steuerungseinrichtung angebundenen Anlagen aus dem Backend auszulesen, ist auch in der **DIN VDE V 0418-63-8 (COSEM-XML)** enthalten, damit der Steuerbarkeitscheck auch bei der Steuerung aus dem SMGW analog durchgeführt werden kann. Dafür wurde eine Interface-Klasse **CLD Operating Status** neu definiert. Diese enthält verschiedene Informationen zum Betriebszustand der an die Steuerungseinrichtung angebundenen Anlage. Dazu gehören auch alle unterstützten EEBUS-Use Cases der Anlage.

Bereits heute bietet die Steuerung mit Nachweisführung im SMGW dem MSB die Möglichkeit die Steuersignale über die sicheren Logbücher des SMGW nachzuvollziehen. Diese Funktion kann zukünftig dahingehend erweitert werden, dass das Ergebnis eines automatisierten Steuerbarkeitschecks in regelmäßigen Abständen im Logbuch dokumentiert wird und so dem MSB zur Verfügung steht.

SMGW mit FNN-Steuerbox

In **IEC 61850** ist die Funktion einer solchen Statusabfrage zum Anzeigen des Anlagenstatus und der aktiven EEBUS Use Cases bisher nicht vorhanden und könnte für eine breitere Umsetzung der Lösung für die Steuerung über eine FNN-Steuerbox (Abbildung 5.3) erweitert werden.

Erkenntnis

Die Voraussetzung für das vorgeschlagene Konzept des digitalen Steuerbarkeitschecks ist demnach die Nutzung des EEBUS- Protokolls mit einem der WAN-Protokolle CLS.EEDI oder DIN VDE V 0418-63-8 (COSEM-XML) entsprechend der dargestellten Umsetzungsvarianten der Steuerung über eine CLS-Steuerungseinrichtung (Abbildung 5.1) oder der Steuerung direkt aus dem SMGW (Abbildung 5.2).

Übergangsmöglichkeit des digitalen Steuerbarkeitschecks

Da Statusanfragen noch nicht auf allen Steuerungseinrichtungen und Anlagen umgesetzt sind, besteht die alternative Möglichkeit einer „nichtlimitierenden Steuerungsanforderung“ zu übermitteln. Diese beinhaltet ein Limit, das der maximalen Leistung der Anlage, bzw. aller Anlagen an einem EMS entspricht. Durch die Übermittlung einer entsprechenden Leistungsvorgabe entsteht keine Einschränkung an der Anlage durch Limitierung der Einspeise- oder Verbrauchleistung und der MSB erhält eine Rückmeldung, ob das

Steuersignal positiv von der Anlage quittiert wurde. Diese Möglichkeit besteht für die Steuerung über eine CLS-Steuerungseinrichtung und für die Steuerung aus dem SMGW.

Insbesondere bietet sich hier die Nutzung von Steuerungsfunktionalitäten an, welche bereits im SMGWplus integriert sind. Da im SMGWplus sowohl Steuersignale vom MSB als auch die Messwerte des geeichten Zählers eingehen, besteht die Möglichkeit den Steuerbarkeitscheck im SMGWplus automatisiert durchzuführen. Ähnlich wie zum vorgeschlagenen Konzept dieses Whitepapers übermittelt der MSB dem SMGWplus statt eines „echten“ Steuersignals eine Aufforderung zur Durchführung des Steuerbarkeitscheck. Daraufhin werden minimale, kaum wahrnehmbare Änderungen an der Anlage vorgenommen, welche Aufschluss über einen erfolgreichen Steuerbarkeitscheck liefern. Die Überprüfung erfolgt anhand der im SMGW erfassten Leistungsmesswerte. Das Ergebnis wird vom SMGWplus dokumentiert und an den MSB bzw. VNB versendet.

Lösungen für relaisbasierte Erzeugungs- und Verbrauchsanlagen

Steuerbare Anlagen, welche ausschließlich über eine Relaissteuerung verfügen geben keine digitale Rückmeldung für ein umgesetztes Steuersignal und lassen sich daher nicht in das Zielbild integrieren.

In diesem Fall lässt sich die Möglichkeit der dynamischen Übermittlung einer Steuerungsvorgabe und die unmittelbare Prüfung der Umsetzung im SMGW auch mit einem EEBUS Relais Converter (ERC) kombinieren und so auch auf Anlagen mit Relais übertragen. Der ERC wandelt das EEBUS Signal in ein Relaisignal um und weitet damit die digitale Steuerung auf Anlagen mit Relaissteuerung aus. Diese Möglichkeit schließt somit eine Lücke zum vorgeschlagenen Konzept (vgl. Tabelle 1 „Anlagentyp“).

Der Vorteil dieser Kombination aus SMGWplus und ERC gegenüber eines konventionellen physischen Steuerungseingriff bei Relaisanlagen ist der organisationsarme Prozess für den MSB und VNB.

5.2.3 Prozessablauf des digitalen Steuerbarkeitschecks

Für das beschriebene Konzept der digitalen Überwachung der Steuerungskette vom Backend des MSB bis zur Steuerungseinrichtung wird ein einheitlich definierter Ablauf der Kommunikation zwischen Messstellenbetreiber (MSB) und Verteilnetzbetreiber (VNB) vorgeschlagen. Hierfür hinterlegen MSB und VNB die relevanten technischen Eigenschaften der Anlage in ihren stammdatenführenden Systemen als SOLL-Informationen. Diese umfassen beispielsweise Gerätetyp, Hersteller, Geräteart, verwendete Schnittstellen und Zertifikatsinformationen. Entscheidend für die eindeutige Zuordnung und Ansprache der

Anlage ist dabei die eindeutige SHIP-ID des zu steuernden Geräts. Im Detail ist der Ablauf in den Abbildung 5.4-5.7 dargestellt und umfasst folgende Teilschritte:

1. Anfrage durch den VNB

Der VNB erstellt eine Liste der zu prüfenden steuerbaren Anlagen und stellt sie dem MSB zur Verfügung. Hierfür gibt es keinen standardisierten Prozess abgesehen von ausgesendeten Steuersignalen über die BDEW Web API, welche jedoch in einer tatsächlich physischen Steuerung resultieren.

2. Statusabfrage der Anlagen

Option 1 – CLS.EEDI:

Der MSB sendet über das CLS.EEDI-Protokoll \clseedi.read-Nachrichten an die angebundenen CLS-Geräte. Diese übermitteln daraufhin ihren aktuellen Status über \clseedi.state-Nachrichten.

Option 2 - DIN VDE V 0418-63-8 (COSEM-XML):

Der MSB sendet eine GET-Abfrage an das SMGW, woraufhin das SMGW die Use Cases über die Interface Klasse “CLD Operating Status” an den GWA zurückmeldet.

Option 3 - Nichtlimitierende Steuerungsanweisung:

Der MSB übermittelt dem SMGW eine Steuerungsanweisung mit einem Limit das größer oder gleich groß ist, wie die maximale Leistung der Anlage(n).

3. Abgleich von SOLL- und IST-Informationen

Auf Basis der Anfrage mit der zu überprüfenden SHIP-ID erhält der MSB eine \clseedi.state-Nachricht oder eine Rückmeldung des CLD Operating Status über DIN VDE V 0418-63-8. Auf dieser Basis vergleicht der MSB die SHIP-IDs der erhaltenen Nachricht mit den gespeicherten SOLL-Information (siehe Beispielabfrage oben).

4. Bewertung der Ergebnisse

Positives Ergebnis:

- Für Option 1 und 2: Übereinstimmung von SOLL und IST oder
- Für Option 3: Steuerungsanweisung wurde von der Steuerungseinrichtung bzw. dem SMGW akzeptiert:

Die digitale Kommunikationskette gilt als funktionsfähig und der Steuerbarkeitscheck als erbracht.

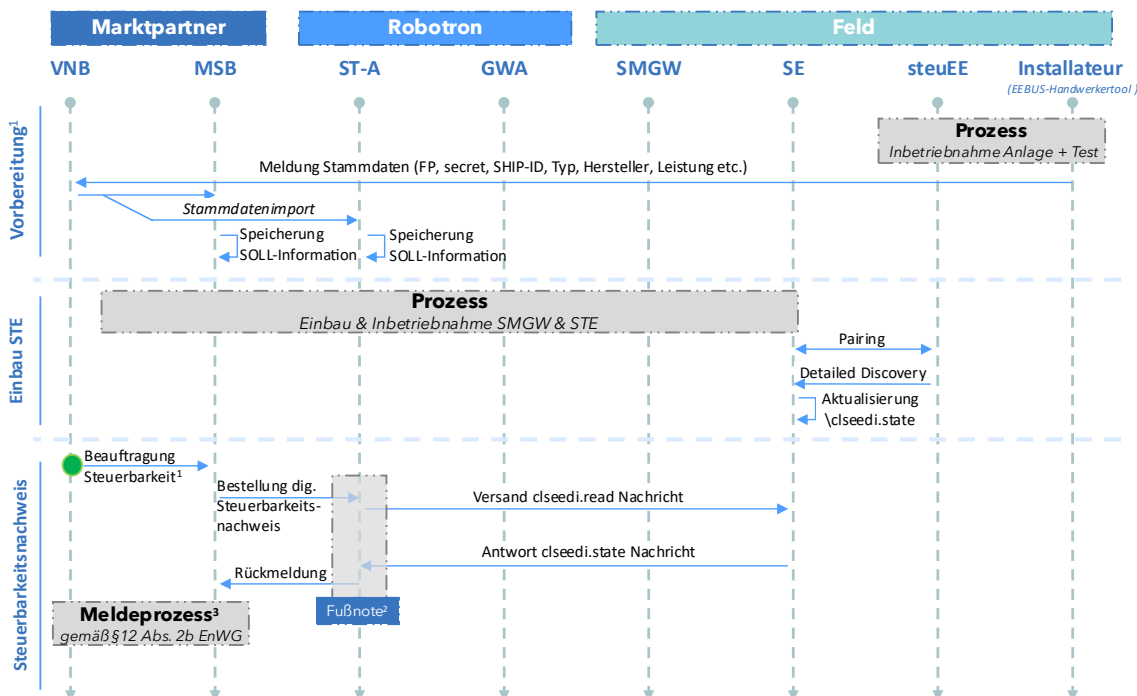
Negatives Ergebnis:

- Für Option 1 und 2: Abweichung zwischen SOLL und IST oder
- Für Option 3: Steuerungsanweisung wurde von der Steuerungseinrichtung bzw. dem SMGW nicht akzeptiert:

In diesem Fall erfolgt eine weitergehende Analyse, beispielsweise im Hinblick auf mögliche physikalische Ursachen wie Stromausfall oder Inaktivität der Anlage. Gegebenenfalls kann der Vorgang wiederholt oder ein gezielter physischer Steuerbarkeitscheck durchgeführt werden. In Einzelfällen kann auch eine weitergehende technische (Vor-Ort) -Prüfung erforderlich sein.

5. Dokumentation und Meldung

Die Ergebnisse des anlagenscharfen Steuerbarkeitschecks werden dokumentiert und entsprechend der regulatorischen Meldeprozesse an den zuständigen Netzbetreiber übermittelt. Für die drei Optionen (CLS.EEDI, DIN VDE V 0418-63-8 und Übermittlung einer nichtlimitierenden Steueranweisung) ergeben sich die folgenden Prozessschaubilder:



¹ Schnittstelle zwischen VNB und gMSB bzw. VNB und wMSB abzustimmen. Denkbar ist zukünftig die Nutzung der BDEW Web-API

² Service auszuprägen im aEMT-System

³ Meldeprozess nach den Leitlinien zum Steuerbarkeitscheck gemäß §12 Abs. 2b EnWG v. 2.0 der Übertragungsnetzbetreiber

Abbildung 5.5: Prozessschaubild digitaler Steuerbarkeitscheck mit CLS-Steuerungseinrichtung (über CLS.EEDI)
(eigene Darstellung)

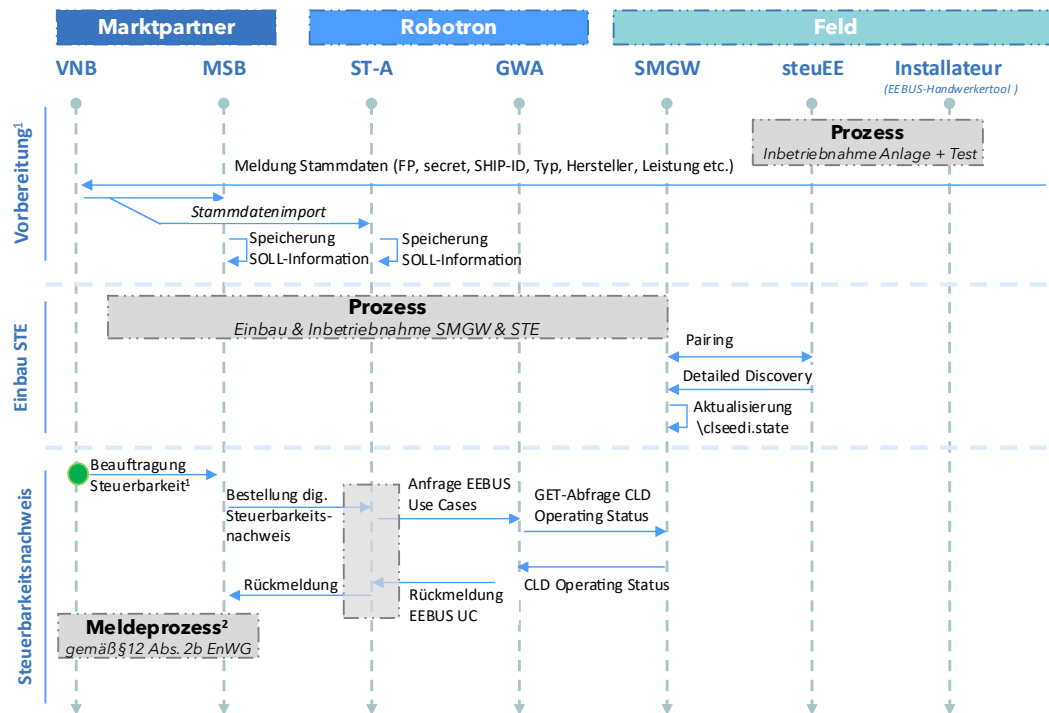
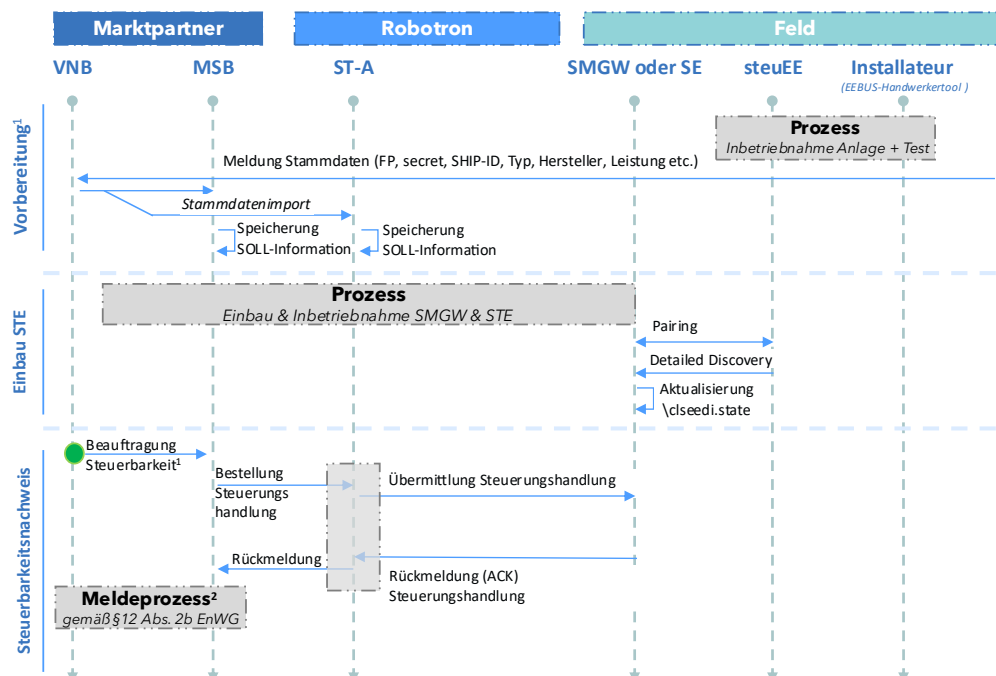


Abbildung 5.6: Prozess dig. Steuerbarkeitscheck für Steuern aus dem SMGW (über DIN VDE V 0418-63-8) (eigene Darstellung)



¹ Schnittstelle zwischen VNB und gMSB bzw. VNB und wMSB abzustimmen. Denkbar ist zukünftig die Nutzung der BDEW Web-API

² Meldeprozess nach den Leitlinien zum Steuerbarkeitscheck gemäß §12 Abs. 2b EnWG v. 2.0 der Übertragungsnetzbetreiber

Abbildung 5.7: Prozess dig. Steuerbarkeitscheck durch nichtlimitierende Steuerungsvorgabe und Rückmeldung (eigene Darstellung)

6 Vergleich physischer vs. digitaler Steuerbarkeitscheck

Im Folgenden wird der konventionelle physische Steuerbarkeitscheck mit dem vorgeschlagenen digitalen Steuerbarkeitscheck gegenübergestellt. Hier werden insbesondere Prozessaufwand, Eingriffe in den Anlagenbetrieb sowie mögliche wirtschaftliche Auswirkungen betrachtet. Der digitale Steuerbarkeitscheck stellt eine alternative Form des Nachweises der grundsätzlichen Steuerbarkeit dar und kann den physischen Steuerbarkeitscheck in geeigneten Anwendungsfällen ersetzen. Insbesondere bei wiederkehrenden Prüfungen und großen Anlagenbeständen ermöglicht er eine erhebliche Vereinfachung und Skalierung des Verfahrens. Dazu gehört beispielsweise, dass keine Vermutung über ein geeignetes Zeitfenster getroffen werden muss, in dem die Anlage tatsächlich Leistung erbringt, sodass eine durch die Steuerung verursachte Änderung der Wirkleistung überhaupt messbar ist. Physische Steuerungstests können weiterhin insbesondere bei Erstinbetriebnahmen, Fehleranalysen oder speziellen Einzelfällen sinnvoll sein (vgl. Kapitel 5.2.2 und Kapitel 5.2.3).

Aspekt	Physischer Steuerbarkeitscheck	Digitaler Steuerbarkeitscheck
Vorbereitung	Bestellung bzw. Bereitstellung von Netzzustands- oder Messwertdaten für die jeweilige Anlage	Keine zusätzliche Datenbestellung erforderlich
Zuverlässigkeit	Auswahl eines geeigneten Zeitfensters mit Einspeiseleistung, um eine Änderung der Wirkleistung messbar zu machen	Jederzeit durchführbar, unabhängig von Jahres- und/oder Tageszeit
Anlagentyp	Alle Anlagentypen, wobei nur eine regulatorische Grundlage für Erzeugungsanlagen existiert	Einschränkung auf digitale EEBUS-fähige Geräte Ausweitung auf §14a steuerbare Verbrauchseinrichtung wie Wallboxen, Wärmepumpen und Speicher bei fehlender regulatorischer Grundlage
Aktivierung	Versand eines Steuerbefehls durch den Netzbetreiber (z. B. LPC/LPP)	Versand eines <code>\cseedi.read</code> -Befehls, einer GET-Abfrage oder einer nichtlimitierenden Steuerungsanweisung durch den MSB, vorherige Absprache mit VNBs
Nachweisführung	Indirekte Analyse der Steuerbarkeit über die Messwerte Analyse der Leistungsänderung über Messwerte (z. B. TAF 9/10) mit gewisser Unschärfe	Direkte Analyse der Steuerbarkeit Abfrage und Auswertung des Gerätestatus und der aktiven EEBUS-Use-Cases oder die Rückmeldung über den Erhalt der nichtlimitierenden Steuerungsanweisung
Eingriff in Anlagenbetrieb	Physischer Eingriff durch temporäre Leistungsreduzierung der Anlage	Kein Eingriff in den Anlagenbetrieb
Dauer des Tests	Steuerung über eine definierte Eingriffszeit (z.B. bis zu 1 h)	Abfrage innerhalb weniger Sekunden möglich
Auswirkungen für Anlagenbetreiber	Möglicher Ertragsausfall durch temporäre Abregelung ohne Aufwandsentschädigung	Keine Auswirkungen auf Einspeisung oder Anlagenbetrieb
Dokumentation	Auswertung und Dokumentation der Messwerte durch den Netzbetreiber	Dokumentation der Anlageninformationen durch den MSB und Weitergabe an den Netzbetreiber

Tabelle 1: Vergleich physischer und digitaler Steuerbarkeitscheck

Sollte die Bewertung der Ergebnisse (Schritt 4 in Kapitel 5.2.4) zu einem negativen Ergebnis führen und der Verdacht bestehen, dass die digitale Kommunikation nicht ordnungsgemäß funktioniert, kann auf Anforderung des Netzbetreibers ergänzend die vollständige Steuerungskette einschließlich der elektrischen Wirkleistungsreduzierung (LPC/LPP) der Steuerung getestet werden.

Die erfolgreiche Umsetzung der Leistungsreduzierung kann anschließend anhand geeigneter Messwerte nachgewiesen werden. Hierfür eignen sich insbesondere hochfrequente Messwertaufnahmen und -übermittlungen, wie sie im Rahmen bestimmter Tarifierungsfälle (TAF) der Smart Meter Gateways vorgesehen sind.

7 Ausblick

7.1 Notwendige Anpassungen und offene Fragestellungen

Der vorgeschlagene digitale Steuerbarkeitsnachweis nutzt bestehende Kommunikationsmechanismen innerhalb der Infrastruktur intelligenter Messsysteme. Für eine praktische Umsetzung sind jedoch verschiedene technische und prozessuale Anpassungen erforderlich.

1. Bestellung digitaler Steuerbarkeitscheck

Ein zentraler Aspekt betrifft die Integration des digitalen Steuerbarkeitschecks in bestehende Marktprozesse. Hierzu muss insbesondere die Bestellung und Durchführung eines digitalen Steuerbarkeitschecks in die bestehenden Prozesse zwischen Netzbetreibern und Messstellenbetreibern integriert werden. Denkbar ist hierfür die Erweiterung der BDEW Web API.

2. Erweiterung MSB-Backend

Darüber hinaus ist eine Erweiterung der technischen Systeme erforderlich. Insbesondere muss die Statusabfrage der Anlagen über entsprechende Befehle in die eingesetzten aEMT-Systeme integriert werden, sodass die relevanten Anlageninformationen automatisiert aus dem MSB-Backend abgefragt und verarbeitet werden können. Im Rahmen von ersten Tests wird diese Funktionalität aus dem aEMT-Backend bereits verprobt (siehe Kapitel 7.2).

3. Erweiterung der unterschiedlichen Übertragungsprotokolle

Eine weitere Voraussetzung betrifft die Standardisierung der Gerätekommunikation. Im vorgestellten Ansatz wird EEBUS als Mindeststandard für die digitale Kommunikation innerhalb der Kundenanlage angenommen. Derzeit ist eine entsprechende Statusabfrage jedoch ausschließlich über die Protokolle CLS.EEDI und DIN VDE-V 0418-63-8 realisiert. Für eine breitere Umsetzung sind perspektivisch auch Anpassungen in den relevanten Datenmodellen, beispielsweise innerhalb IEC 61850, erforderlich, wenn die Steuerungseinrichtung eine FNN-Steuerbox ist. Solche Anpassungen werden bereits für das Lastenheft Steuerbox 1.7 des VDE FNN diskutiert.

4. Steuerbarkeitsnachweis durch HEMS als zentraler Kontrollpunkt

Bei Anlagenkonfigurationen hinter einem Home Energy Management System (HEMS) übernimmt dieses selbst die zentrale Steuerungsrolle. Dem Messstellenbetreiber stehen möglicherweise keine detaillierten Informationen über einzelne steuerbare Einrichtungen zur Verfügung. Das HEMS fungiert in diesem Szenario als einheitlicher Garant der Steuerbarkeit für alle angebundenen Einrichtungen. Statt einzelner Steuerbarkeitschecks je Anlage genügt der Nachweis auf HEMS-Ebene. Dies führt zu einer Vereinfachung der Nachweisführung und wird als Ziellösung betrachtet.

7.2 Roadmap zur Umsetzung des digitalen Steuerbarkeitschecks

Der digitale Steuerbarkeitscheck stellt einen vielversprechenden Ansatz dar, die Überprüfung der Steuerbarkeit von Anlagen künftig effizienter und skalierbarer zu gestalten, da entsprechende Nachweise parallelisiert eingeholt werden können. Im Rahmen des Forschungsprojekts wird dieser Ansatz schrittweise technisch umgesetzt, erprobt und bewertet, wobei die identifizierten Anpassungsbedarfe und offenen Fragestellungen systematisch adressiert werden:

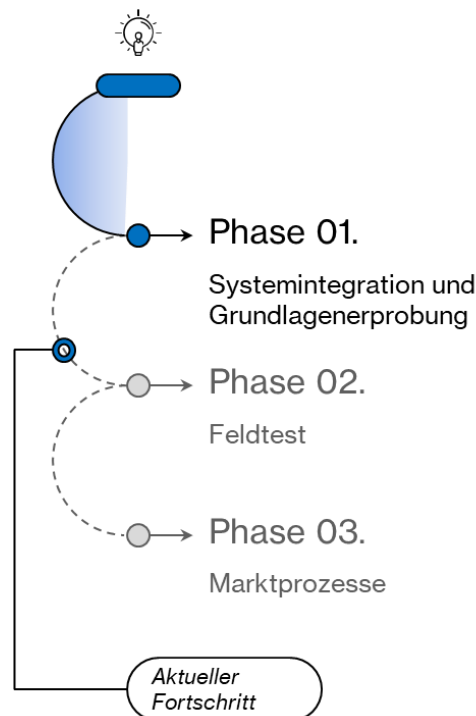


Abbildung 7.1: Projekt-Roadmap zum digitalen Steuerbarkeitscheck

Phase 1 – Systemintegration und Grundlagenerprobung

Im SiSSy-Projekt steht eine vorhandene Steuerungsinfrastruktur im TMZ-Labor zur Verfügung, die grundlegende Kommunikations- und Steuerungsmechanismen abbildet. Diese wurde um CLS-Adapter der PPC erweitert, um das von der KEO entwickelte Übertragungsprotokoll CLS.EEDI zu nutzen und Statusabfragen EEBUS-fähiger Kundenanlagen durchführen zu können. Darüber hinaus steht in den Laboren der TMZ und der EGS bereits die SMGWplus-Lösung von PPC zur Verfügung. Der Ansatz des digitalen Steuerbarkeitschecks wird ebenfalls mit dem SMGWplus über die oben beschriebenen Maßnahmen erprobt. Voraussetzung für die Erprobung ist die Integration des Steuerbarkeitschecks in bestehende Systemlandschaften, die durch Robotron vorgenommen wird.

Phase 2 – Feldtest

Basierend auf den Laborergebnissen erfolgt die Erprobung unter realistischen Betriebsbedingungen. In weiteren Projektphasen sind Tests mit realen Anlagen, beispielsweise produktiven Photovoltaikanlagen der TMZ, vorgesehen.

Phase 3 – Marktprozesse

Für das erprobte Konzept des digitalen Steuerbarkeitschecks werden relevante Marktprozesse sowie tragfähige Geschäftsmodelle für Messstellenbetreiber erarbeitet.

Projekt und Konsortium

Dieses Whitepaper entstand im Rahmen des Förderprojekts „SiSSy“, dass durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWE) gefördert wird. Das Forschungsprojekt adressiert die Herausforderung, eine stetig wachsende und zunehmend kleinteilige Erzeugungs- und Verbraucherlandschaft sicher und effizient in das Stromsystem zu integrieren. Ziel ist die Entwicklung und Erprobung massentauglicher Lösungen zur netzdienlichen Steuerung von Anlagen auf Basis der Infrastruktur int. Messsysteme und des Smart-Meter-Gateways (SMGW).

Im Fokus stehen zentrale Themen wie marktdienliche Steuerung, netzdienliche Steuerung, Systemdienstleistungen und Großanlagensteuerung. Das Projekt wird von einem interdisziplinären Konsortium aus sieben Partnern aus der Wirtschaft umgesetzt. Die Zusammenarbeit vereint Expertise entlang der Steuerungskette.

Partner im Überblick:



Für mehr Informationen besuchen Sie die Projektwebseite unter folgendem Link: [SiSSY - Website](#)

Für Rückfragen zum Projekt, zu den Ergebnissen dieses Whitepapers oder zu möglichen Anknüpfungspunkten für eine Zusammenarbeit stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung.

Hans Ruland

Projektleiter SiSSY

Power Plus Communications (PPC)

E-Mail: h.ruland@ppc-ag.de

Literaturverzeichnis

Bundesnetzagentur. (April 2025). Abgerufen am 19. 05 2026 von

Genehmigung des Szenariorahmens für den Netzentwicklungsplan Strom 2025-2038/2045:

https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/NEP/DL_Szenariorahmen/Genehm_SR_2025Strom.pdf?__blob=publicationFile&v=2

Netztransparenz.de. (30. 01 2026). *Netztransparenz.de.* Abgerufen am 10. 04 2026 von

Leitlinien zum Steuerbarkeitscheck gemäß § 12 Abs. 2b EnWG:

https://www.netztransparenz.de/xspproxy/api/staticfiles/ntp-relaunch/dokumente/systemdienstleistungen/betriebsf%C3%BChrung/leitlinien%20steuerbarkeitscheck/leitlinien_steuerbarkeitscheck_2026.pdf

Statistisches Bundesamt. (04. Juli 2025). *Pressemitteilung Nr. N034.* Abgerufen am 22. Mai 2026 von

4,2 Millionen Photovoltaikanlagen in Deutschland installiert:

https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2025/07/PD25_N034_43.html

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 3.1: Meldeprozess gemäß § 12 Abs. 2b EnWG (Quelle: (Netztransparenz.de, 2026)).....	4
Abbildung 5.1: Smart Meter Gateway mit CLS-Steuerungseinrichtung (eigene Darstellung)	6
Abbildung 5.2: Steuern aus dem Smart Meter Gateway (eigene Darstellung)	7
Abbildung 5.3: Smart Meter Gateway mit FNN-Steuerbox (eigene Darstellung)	7
Abbildung 5.4: Prozessschaubild – Phys. Steuerbarkeitscheck bei Inbetriebnahme (eigene Darstellung)	8
Abbildung 5.5: Prozessschaubild digitaler Steuerbarkeitscheck mit CLS-Steuerungseinrichtung (über CLS.EEDI)	15
Abbildung 5.6: Prozess dig. Steuerbarkeitscheck für Steuern aus dem SMGW (über DIN VDE V 0418-63-8) (eigene Darstellung)	16
Abbildung 5.7: Prozess dig. Steuerbarkeitscheck durch nichtlimitierende Steuerungsvorgabe und Rückmeldung (eigene Darstellung)	16
Abbildung 7.1: Projekt-Roadmap zum digitalen Steuerbarkeitscheck	20