



Die Hüllkurve über iMSys als standardisiertes Instrument der Flexibilitätslenkung



Gefördert durch



Abstract

Die zunehmende Integration dezentraler Erzeugungsanlagen, Elektromobilität und Wärmepumpen stellt Niederspannungsnetze vor wachsende Herausforderungen hinsichtlich Netzstabilität und eröffnet gleichzeitig erhebliche wirtschaftliche Potenziale. Um diese Potenziale zu erschließen und Netzengpässen wirksam zu begegnen, bedarf es einer systemdienlichen, intelligenten Steuerung von Erzeugungs- und Verbrauchsanlagen.

Dieses Impulspapier zeigt auf, wie die sich im Aufbau befindende iMSys-Infrastruktur von einer primär kurativen hin zu einer präventiven und marktlich eingebetteten Ausgestaltung weiterentwickelt werden kann. Hierfür wird das Konzept einer Hüllkurve als zentrales Steuerungsinstrument vorgestellt. Neben den technischen und prozessualen Grundlagen werden mögliche Anwendungsfälle für unterschiedliche Marktakteure aufgezeigt.

Das Papier basiert auf konzeptionellen, technischen, prozessualen und wissenschaftlichen Arbeiten sowie praktischen Umsetzungen im WARAN-Projektkonsortium. Die Ergebnisse wurden mit dem SiSSy-Projektkonsortium abgestimmt und harmonisiert. Die beteiligten Unternehmen repräsentieren die relevanten Marktrolle sowie Hardware- und Systemhersteller. Das Impulspapier versteht sich als Beitrag zur fachlichen Diskussion.

Inhaltsverzeichnis

Nutzung von Flexibilität in der Niederspannung.....	1
Was ist eine Hüllkurve?	3
Möglichkeiten zur Nutzung der Hüllkurve	5
Anwendungsfall / Perspektive VNB	6
Anwendungsfall Flexvermarktung / Perspektive Lieferant	9
Anwendungsfall / Perspektive MSB	10
Anwendungsbeispiele für Hüllkurven	12
Beispiel 1: Prävention einer Netzüberlast durch den VNB	13
Beispiel 2: Marktliche Optimierung durch den Lieferanten	13
Beispiel 3: Zusammenspiel von VNB und Lieferant.....	14
Ausblick	16
Fazit.....	16
Literaturverzeichnis	18
Anhang.....	20
EEBUS Grid Use Cases	20
Abbildungsverzeichnis	21
Abkürzungsverzeichnis.....	21

Nutzung von Flexibilität in der Niederspannung

Die voranschreitende Energiewende zeichnet sich unter anderem durch den vermehrten Zubau volatiler dezentraler Erzeugungsanlagen sowie einem höheren Stromverbrauch in Niederspannungsnetzen, beispielsweise durch Wärmepumpen und Elektromobilität, aus.¹ Bereits heute sind ca. 57 GW Aufdach-Photovoltaik (PV)-Anlagen installiert. Bis 2045 könnte diese Zahl auf 400 GW ansteigen (BNetzA I, 2025). Bei Wärmepumpen, Heimspeichern und Elektrofahrzeugen könnte die heute installierte Leistung von rund 50 GW bis 2045 auf knapp 600 GW anwachsen (die heutige Spitzenlast in Deutschland beträgt ca. 80 GW) (BNetzA I, 2025). Diese Entwicklung eröffnet erhebliche Potenziale zur Flexibilitätsbereitstellung. Für Besitzer von flexiblen Anlagen bedeuten die Potenziale die Möglichkeit Stromkosten zu senken und zusätzliche Einnahmen zu generieren; für Lieferanten und Aggregatoren ergeben sich neue Geschäftsmodelle. Eine von Roland Berger durchgeführte Studie beziffert den Gesamtwirtschaftsnutzen dezentraler Energielösungen auf einen Mehrwert von bis zu 255 Milliarden Euro in den kommenden 20 Jahren (Sauthoff & Löber, 2025).

Diese Entwicklung stellt jedoch die Stromnetze vor neue Herausforderungen. Elektroautos und Wärmepumpen fragen Strom mit höheren Leistungen und Gleichzeitigkeit nach als übliche Haushaltsgeräte. Dies kommt zu der ohnehin starken Belastung durch die volatile Einspeisung der PV-Anlagen hinzu. Die Folge ist ein erhöhter Netzausbaubedarf. Nach den aktuellen Netzausbauplänen rechnen die Verteilnetzbetreiber mit Investitionskosten von 227 Mrd. Euro bis 2045 (FfE I, 2025). Dabei ist häufig noch nicht berücksichtigt, dass dieser noch höher ausfallen kann, wenn die Flexibilität von Elektrofahrzeugen, Wärmepumpen und Heimspeichern marktorientiert (anhand von Preissignalen), und dadurch mit hoher Gleichzeitigkeit, optimiert wird. Netzbetreiber benötigen daher Instrumente, um die neuen Verbraucher und die Einspeisung der PV-Anlagen sicher und effizient in ihre Netze zu integrieren.

Auf der Verbrauchsseite hat die Bundesnetzagentur (BNetzA) im November 2023 mit der Festlegung zum § 14a EnWG die Möglichkeit zur netzorientierten Steuerung von flexiblen Verbrauchsanlagen als Notfallmaßnahme durch die Netzbetreiber auf der Niederspannungsebene geschaffen. Daneben wurde mit den zeitvariablen Netzentgelten zum ersten Mal ein anreizbasiertes und freiwilliges Instrument zur netzdienlichen Flexibilitätserbringung eingeführt. Ob dieses die gewünschte Netzentlastung auf Niederspannungsebene erreichen kann, ist jedoch fraglich (FfE II, 2025). Unter Umständen sind sogar negative Netzauswirkungen zu erwarten. Auf

¹ Im Folgenden werden dezentrale Erzeugungsanlagen, steuerbare Verbrauchseinrichtungen wie Wärmepumpen, Elektrofahrzeuge und Heimspeicher sowie Energiemanagementsysteme zusammengefasst als steuerbare Anlagen bezeichnet.

Einspeiseseite hat der Gesetzgeber ebenfalls reagiert und mit der Anpassung von § 9 EEG die Steuerung ab einer Anlagengröße von 2 kW definiert. Um eine verlässliche Steuerung zu gewährleisten, ist mit § 12 EnWG zudem die Pflicht eingeführt, eine jährliche Testung der netzdienlichen Steuerung durchzuführen. Neu installierte Anlagen, bei denen der Nachweis nicht erbracht wurde, dürfen nur mit 60% ihrer maximalen Leistung ins Stromnetz einspeisen.

Die Diskussion rund um eine netzorientierte Einbindung ist damit noch lange nicht abgeschlossen. In der Branche und Wissenschaft werden seit mehreren Jahren eine Vielzahl verschiedener Mechanismen diskutiert (FfE III, 2025). Die für die Umsetzung des § 14a EnWG verfügbaren cybersicheren und standardisierten Steuerungssysteme bieten gerade jetzt die Möglichkeit weitere Mechanismen tatsächlich auch in der Praxis umzusetzen. Dazu gehört die sogenannte Hüllkurve. Eine solche Hüllkurve kann sowohl zur Umsetzung von Maßnahmen zur Netzintegration als auch zur marktorientierten Steuerung der Flexibilität durch Vermarkter genutzt werden. In Abbildung 1 ist konzeptionell dieses Zusammenspiel aufgezeigt.

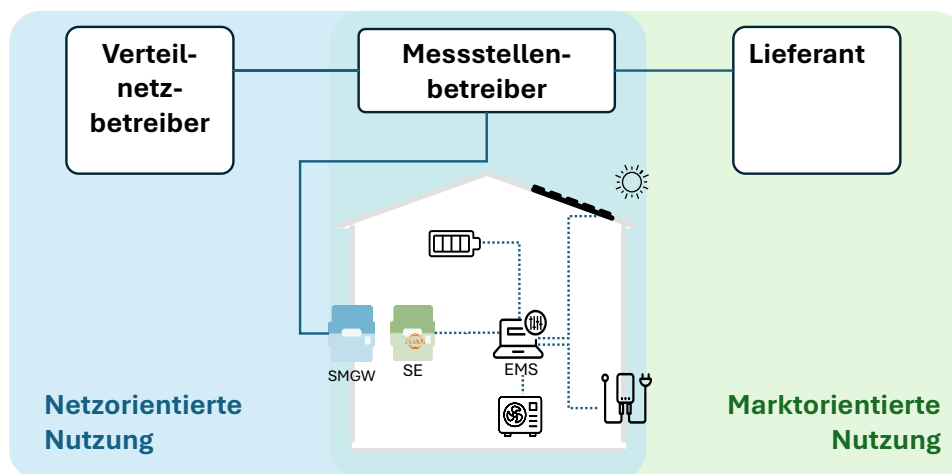


Abbildung 1: Akteure der netz- und marktorientierten Steuerung

Das vorliegende Papier zeigt,

- wie die standardisierte Steuerung über Smart Meter Gateway und Steuerungseinrichtung zur Umsetzung der Hüllkurve erweitert werden kann;
- welche Anwendungsfälle bei Netzbetreibern und Vermarktern durch die Hüllkurve umgesetzt werden können;
- welche Rolle der Messstellenbetreiber (MSB) dabei einnimmt;
- wie die Übermittlung der Hüllkurve prozessual anhand von Beispielen ablaufen kann.

Parallel zu den Arbeiten im Forschungsprojekt WARAN hat sich eine Projektgruppe beim VDE FNN mit den Chancen der Hüllkurvensteuerung auseinandergesetzt. Anfang Februar wurde das Papier „Konzeptbeschreibung zur prognosebasierten Steuerung

zwischen Netz und Markt via iMSys und Flexband“ veröffentlicht (FNN I, 2026). Das vorliegende Papier kann als Unterstützung und Ergänzung zu den Ausführungen des FNN-Impulses verstanden werden.

Was ist eine Hüllkurve?

Eine Leistungshüllkurve (kurz Hüllkurve) ist eine zeitabhängige Vorgabe für die maximale und/oder minimale Energieaufnahme bzw. -abgabe einer oder mehrerer steuerbarer Anlagen. Die Hüllkurve gibt also einen Leistungsbereich vor in dem sich die steuerbaren Anlagen bewegen dürfen. Die Umsetzung der Hüllkurve erfolgt durch ein Energiemanagementsystem (EMS), welches die steuerbaren Anlagen einer Liegenschaft orchestriert. Der EEBUS Use Case Power Envelope (POEN) bildet eine Hüllkurvenvorgabe ab und wird im Folgenden näher betrachtet. EEBUS wurde als Protokoll ausgewählt, da eine Steuerung über das intelligente Messsystem (iMSys) betrachtet wird und EEBUS von der BNetzA in Verbindung mit dem FNN als digitaler Mindeststandard für netzdienliches Steuern über das iMSys festgelegt wurde (BNetzA II, 2025). Über die VDE-AR-E 2829-6-1 ist der Anwendungsfall POEN bereits Teil der Normung und in der Branche bekannt. Auch im Implementierungshinweis „Steuern mit Nachweisführung im SMGW“ des BSI wird dieser aufgegriffen. Daher ist davon auszugehen, dass Protokollerweiterungen bei Herstellern von Steuereinrichtungen und Anlagen bzw. EMS über Softwareupdates möglich sind. Die Steuerung orientiert sich an derselben Logik wie ein § 14a-Befehl. Diese Logik wird in der folgenden Infobox näher erläutert.

Der POEN ist schematisch in Abbildung 2 dargestellt. Die Hüllkurve kann entweder für den Verbrauch, die Einspeisung oder für beide Energierichtungen übergeben werden. Dabei wird zwischen einer äußeren und einer inneren Hüllkurve unterschieden. Die äußere Hüllkurve setzt die Leitplanke für den maximalen Verbrauch bzw. die maximale Einspeisung der steuerbaren Anlagen. Die innere Hüllkurve regt zum Verbrauchen oder Einspeisen an und muss nicht zwingend gesetzt werden. Eine gültige Hüllkurve kann maximal für die nächsten 48 Stunden übergeben und beliebig oft angepasst werden. Die Grenzen werden in Leistung, also W, angegeben.

Envelope

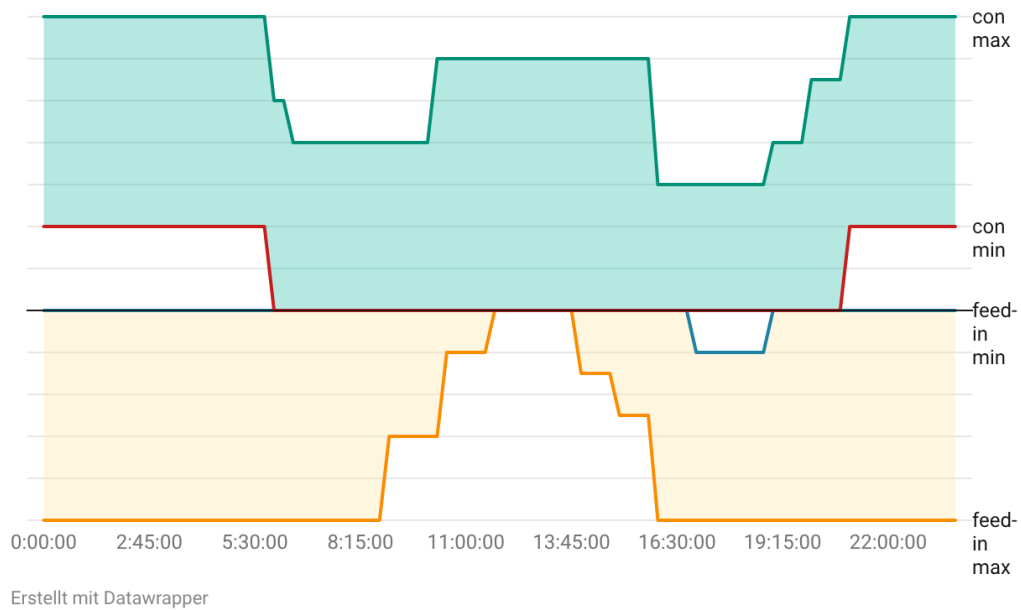


Abbildung 2: Schematische Darstellung einer Hüllkurve

Der übergebene Befehl setzt sich inhaltlich aus einer Startzeit und Slots zusammen. Diese Slots enthalten die äußere (con max / feed-in max) und innere (con min / feed-in min) Grenze sowie die Dauer. Die Slots sollten im 15-Minuten-Intervall gesetzt werden, technisch ist dies jedoch nicht vorgeschrieben. Für den Fall eines Kommunikationsausfalls kann eine Fallbackkurve festgelegt werden.

Infobox zum Stand der Technik § 14a EnWG und § 9 EEG

Der Paragraph 14a EnWG für flexible Verbrauchseinrichtungen und § 9 EEG für flexible Erzeugungsanlagen bilden die Grundlage für die netzorientierte Steuerung in der Niederspannung. Von diesen Paragraphen sind Ladepunkte für Elektrofahrzeuge, Wärmepumpen, Anlagen zur Raumkühlung und Stromspeicher, die eine Leistung von über 4,2 kW haben, sowie Erzeugungsanlagen, die eine Leistung von über 2 kWp haben, betroffen. Diese Anlagen werden entweder direkt oder über ein EMS angesteuert. Dazu wird eine Steuereinrichtung (SE) des MSBs genutzt. Diese ist entweder als Funktion Teil des SMGW oder in Form eines an das SMGW angebundenen CLS-Adapters (Controllable Local System) ausgeprägt. In dem vom BMWI im Jahr 2025 veröffentlichten Digitalisierungsbericht (gemäß § 48 MsbG) geht das BET von über 18 Millionen solcher Steuereinrichtungen bis zum Jahr 2032 aus (BMWI, 2025).

Die technische Ausgestaltung der Schnittstelle zwischen Steuerungseinrichtung (MSB) und steuerbarer Anlage (Betreiber) wird vom VDE FNN beschrieben (FNN II, 2025) und dient als bundeseinheitliche Empfehlung – insbesondere gemäß der Festlegung BK6-22-300 der Bundesnetzagentur in Bezug auf Tenorziffer 2a. Es gibt grundsätzlich zwei Arten der Schnittstellenausprägung, zum einen die digitale Steuerung über EEBUS und zum anderen die Relais-Steuerung in Form potentialfreier Kontakte. Die digitale Steuerung ist dabei das klar empfohlene Zielbild und wird im Weiteren ausschließlich betrachtet. Mit der digitalen Steuerung per EEBUS steht eine erweiterbare und somit zukunftsfähige Lösung bereit, die derzeit branchenübergreifend in die Prozesse und Produkte integriert wird. EEBUS ist ein offenes Protokoll des EEBus-Vereins, an dessen Standardisierung viele Unternehmen aus der Energiebranche aktiv mitwirken. Für einen standardisierten Zugriff der berechtigten Marktteure auf die Steuereinrichtung des zuständigen MSBs, definieren BDEW und Bundesnetzagentur die notwendigen Standards. Erstmals wurde mit dem Beschluss BK6-22-128 eine Grundlage geschaffen (BNetzA III, 2022). Der sogenannte Universalbestellprozess dient dem Berechtigungsmanagement, während über die „API-Webdienste zur prozessualen Abwicklung von Steuerungshandlungen“ (kurz BDEW-API) die standardisierte Übermittlung der Steuerbefehle erfolgt (edi-energy, 2023).

Erkennt ein Verteilnetzbetreiber (VNB) einen Netzengpass, sendet er einen Ad-hoc-Befehl über die standardisierte BDEW-API an den zuständigen MSB. Dieser gibt den Befehl über seine Systeme in die Liegenschaft an die SE weiter. Hier erfolgt der Verantwortungsübergang an den zuständigen Anlagenbetreiber über das EEBUS Protokoll. Zur Limitierung einer Verbrauchsleistung wird der EEBUS Use-Case „LPC“ (Limit of Power Consumption) angewandt. Für die Einspeiselimittierung wird der Use Case „LPP“ (Limit of Power Production) angewandt (EEBUS Grid Use Cases). Beide Use Cases stellen somit eine „Ultima-Ratio“-Option für den Verteilnetzbetreiber dar, um unmittelbar in sein Niederspannungsnetz eingreifen zu können.

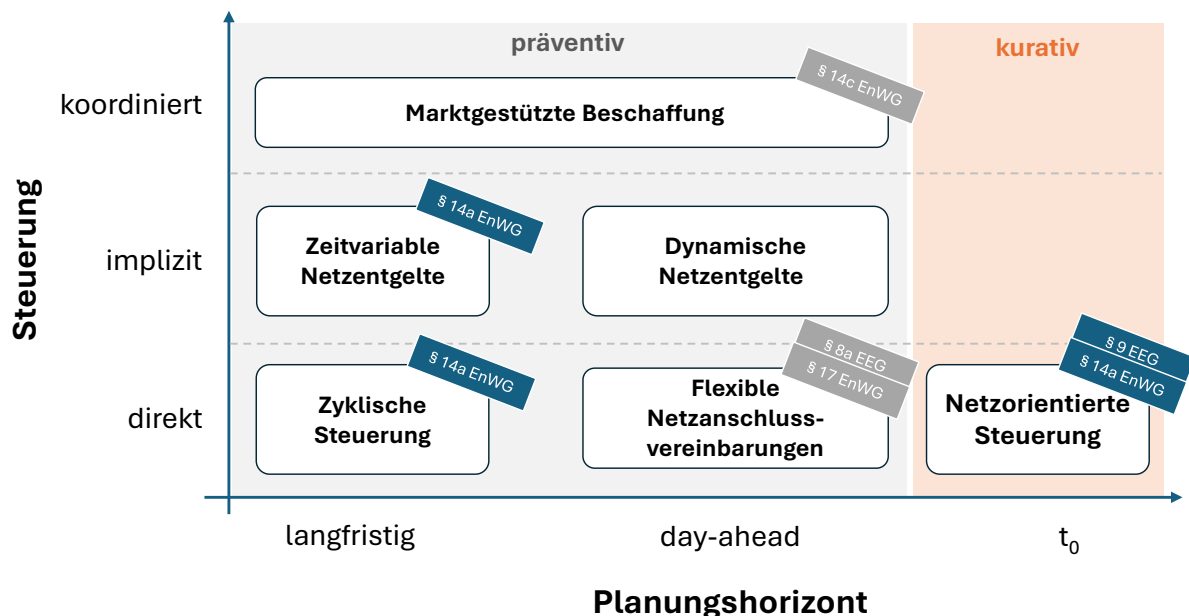
Möglichkeiten zur Nutzung der Hüllkurve

Aufbauend auf dem Stand der Technik und dem laufenden Steuerungsrollout, kann die Hüllkurve eine Möglichkeit bieten, weitere energiewirtschaftliche Anwendungsfälle zu bedienen. In Abgrenzung zur kurativen Ad-hoc Steuerung, bietet die Hüllkurve insbesondere die Chance eine proaktive Wirkung, sowie eine bessere Verzahnung von Markt- und Netzinteressen zu gewährleisten. Als übergeordnetes Ziel steht die effizientere Auslastung der Infrastruktur und die kostengünstige Integration von Energiewendeanlagen in die Niederspannungsnetze. Nachfolgend soll ein kurzer Überblick über die mögliche Nutzung der Hüllkurve durch die beteiligten Markttrollen erfolgen. Die Perspektive des Anlagenbetreibers wird nicht explizit beschrieben, ist aber

ein zentraler Aspekt, der von allen anderen Markttrollen berücksichtigt werden muss. Der Anlagenbetreiber soll durch die Nutzung von Hüllkurven einen Vorteil haben. Mögliche Vorteile sind eine monetäre Vergütung, die Vermeidung von Einschränkungen durch die Anwendung von § 14a EnWG / § 9 EEG und eine bessere Transparenz über die Flexibilitätsverwendung. Konkret ergeben sich diese aus dem Vertragsverhältnis mit dem VNB oder dem Vermarkter.

Anwendungsfall / Perspektive VNB

Die Verteilnetzbetreiber sind bei der Umsetzung der Energiewende besonders gefordert, da ein Großteil der Erzeugungs- und Verbrauchsgeräte in der Niederspannung angeschlossen werden. Die Digitalisierung und proaktive Flexibilitätsnutzung durch die VNB kann entscheidend dazu beitragen, die volkswirtschaftlichen Kosten niedrig und die Geschwindigkeit beim Anschluss weiterer Energiewendeanlagen hochzuhalten. Um eine hohe Effizienz bei den VNB und gleichzeitig eine hohe Akzeptanz auf der Seite des Anlagenbetreibers zu erzielen, soll das kurative Instrument gemäß § 14a EnWG um ein proaktives, bzw. präventives Instrument ergänzt werden. Der erforderliche Planungshorizont liegt im „Day-Ahead“ Bereich, also mehrere Stunden vor einem möglichen Engpass. Die bisherigen präventiven Instrumente nach § 14a sind für die Zielsetzung ungeeignet und haben einen langfristigen Planungshorizont. Die zyklische Steuerung (präventive Steuerung nach § 14a) ermöglicht beispielsweise nur übergangsweise bis Ende 2028 eine statische Leistungsbegrenzung von bis zu zwei Stunden am Tag – ohne vorherige messtechnische Engpassermittlung. Zur besseren Einordnung der verschiedenen Instrumente dient die folgende Abbildung:



Hinweis: Grau hinterlegte Paragraphen bedeuten, dass die Regelungen derzeit noch nicht in der Praxis auf Niederspannungsebene angewendet werden. Die Hüllkurve könnte eine Umsetzung in diesen Fällen ermöglichen.

Abbildung 3: Übersicht der relevantesten Instrumente zur netzorientierten Steuerung auf Niederspannungsebene.

Im Projekt WARAN und im vorliegenden Dokument steht die Nutzung der Hüllkurve für die marktgestützte Beschaffung sowie flexible Netzanschlussvereinbarungen im Fokus. Da zur marktgestützten Beschaffung regulatorisch keine Aktivitäten absehbar sind, ist dieses Instrument zunächst in den Hintergrund gerückt. Vorteile sind die Anschlussfähigkeit an die kurative Steuerung, die hohe Flexibilität sowie die zuverlässige Planbarkeit der Hüllkurve.

Motivation zur Teilnahme / Einhaltung einer Hüllkurve:

Die Hüllkurve soll als freiwillige Option für Betreiber von steuerbaren Anlagen und ergänzend zu bestehenden verpflichtenden Instrumenten eingesetzt werden. Damit das Instrument die erhoffte Wirkung erzielen kann, ist ein Anreiz zur Teilnahme nötig. Es wird im Folgenden zwischen drei Teilnahmevarianten unterschieden:

1. Freiwillige Teilnahme ohne zusätzlichen finanziellen Anreiz:

Bei dieser Variante nehmen die Akteure unentgeltlich an der präventiven netzorientierten Steuerung teil. Aufbauend auf dem Angebot des VNBs die Hüllkurve und damit die voraussichtliche Netzauslastung zu übermitteln, können sich Anlagenbetreiber freiwillig an diese halten und sich netzneutral verhalten. Da die Anlagenbetreiber keine Vergütung erhalten, sind sie jedoch nicht zu Einhaltung der Hüllkurve verpflichtet. Vorteile sind im Wesentlichen erhöhter Komfort durch vorausschauende Optimierung und geringere Ausfallarbeit beim Anlagenbetrieb, da in Folge der Einhaltung der Hüllkurve § 14a EnWG bzw. § 9 EEG nicht eingesetzt werden müssen. Zudem entstehen mit marktlichen Interaktionen weniger Wechselwirkungen, da potenzielle Netzengpasssituationen frühzeitig bekannt sind und in die Fahrpläne und Bilanzierungen der Lieferanten eingeplant werden können. Somit entsteht eine bessere Planbarkeit auf der Seite des Anlagenbetreibers und des zuständigen Vermarkters. Da die freiwillige Teilnahme unverbindlich ist, ergibt sich auf der VNB-Seite noch keine nennenswert bessere Planbarkeit.

2. Flexible Netzanschlussverträge:

Flexible Netzanschlussverträge (Flexible Connection Agreement oder kurz FCA) können gemäß EnWG § 17(2b) und § 8a EEG zwischen VNB und Anlagenbetreiber vereinbart werden. FCA können insbesondere für Anlagenbetreiber mit einem (bidirektionalen) Speicher von Bedeutung sein. Durch die vertragliche Verpflichtung den Speicherbetrieb innerhalb einer vom VNB vorgegebenen Hüllkurve und somit netzneutral umzusetzen, könnte ggf. in Abstimmung mit der BNetzA vereinbart werden, dass die Netzentgelte für den zwischengespeicherten Strom entfallen. Dadurch wird der Business Case für den Betreiber, sowie für die entsprechenden Vermarkter deutlich attraktiver (FfE IV, 2025). Durch die aktuell laufende Konsultation zur Marktintegration von Speichern und Ladepunkten (MiSpeL) wird ohnehin die Abgrenzung und Abrechnung von

zwischen gespeichertem Strom definiert und der bidirektionale Betrieb angereizt (BNetzA IV, 2025). Ein darauf aufbauender und standardisierter FCA könnte daher eine gute Möglichkeit bieten die marktliche Integration gleichzeitig netzneutral auszugestalten.²

3. Flexibilitätsanreiz über Netzentgelte / Dynamische Kapazitätspreise:

In einem Zielbild findet ein Anreiz zum netzneutralen oder netzdienlichen Betrieb durch den Einsatz von geeigneten Netzentgeltmodellen statt. Durch das laufende Festlegungsverfahren der BNetzA (BNetzA V, 2025) wird bereits an einer Reform gearbeitet, daher wird in diesem Papier nicht näher auf eine mögliche Ausgestaltung eingegangen. Es soll jedoch festgehalten werden, dass das Instrument der Hüllkurve grundsätzlich gut geeignet erscheint die finanzielle Anreizwirkung über Netzentgelte mit der erforderlichen und verbindlichen Flexibilitätsaktivierung zu kombinieren. Denkbar wäre bspw. der Einsatz von Hüllkurven in Kombination mit Netzentgeltpauschalen abhängig von der vertragsmäßig vereinbarten Leistungsklasse des Netzanschlusses (unit-e², 2024).

Zusammenfassung VNB-Perspektive:

In Summe ergeben sich verschiedene potenzielle Anreize zur Teilnahme an einem präventiven VNB-Instrument und damit zur netzneutralen Integration von Energiewendeanlagen durch den Einsatz einer Hüllkurve. Der Mehrwert seitens VNB entsteht dabei insbesondere, wenn die Hüllkurve eine verbindliche Einhaltung erzielt und somit auch in der Netzplanung berücksichtigt werden kann. Daher sind insbesondere die vertragsbasierten Varianten 2 und 3 empfehlenswert.

Die vergleichsweise einfache Adaptierbarkeit bestehender Steuerungsprozesse und die Möglichkeit zur iterativen Weiterentwicklung stellen eine große Chance des Hüllkurvenkonzepts dar. Die konkrete Anwendung der Hüllkurve kann flexibel gestaltet werden und ist abhängig von den betroffenen Energiewendeanlagen bzw. dem Energiebedarf der Liegenschaft. Die Ausgestaltung kann dabei statisch oder dynamisch sein. Insbesondere die Einbeziehung von lokalen Prognosen (vgl. EEBUS Grid Use Cases PODF) bzw. einer automatisierten Bedarfsplanung auf dem EMS kann zu einer optimierten Steuerung durch den VNB beitragen.

Mit der Nutzung von FCA's steht bereits im aktuellen Rechtsrahmen eine geeignete Möglichkeit bereit. Die Verwendung von standardisierten Verträgen kann dabei helfen die technische Umsetzung zu vereinfachen und die Akzeptanz zu erhöhen. FCA's sind

² Durch die Gesetzesnovelle zum EnWG (vom 13. November 2025) und die damit verbundene Anpassung des § 118 (6) EnWG entfällt möglicherweise der Anreiz für Betreiber einen FCA mit Rabatt auf Netzentgelte durchzuführen. Es gilt daher den Ansatz rechtlich zu prüfen und ggf. Alternativen zu identifizieren. Denkbar wäre bspw. eine Vereinbarung zum priorisierten § 14a EnWG, bei denen Kunden mit einem Hüllkurven FCA erst nachgelagert von den Notfallsignalen betroffen wären.

besonders für eine frühzeitige Start- und Lernphase geeignet. Diese Lernphase ist sinnvoll und empfehlenswert, um die massenhafte Integration von Energiewendeanlagen effizient und technisch robust zu orchestrieren und somit einen Beitrag zur Senkung der volkswirtschaftlichen Kosten der Energiewende zu leisten.

Anwendungsfall Flexvermarktung / Perspektive Lieferant

Die zunehmende Integration dezentraler, steuerbarer Anlagen (z. B. PV-Anlagen, Speicher, Wärmepumpen und E-Mobilität) eröffnet Energieversorgern und Flexibilitätsvermarktern neue Möglichkeiten, Flexibilität zu bündeln und am Markt zu platzieren. Die technische Umsetzung der Hüllkurve über das iMSys schafft erstmals einen standardisierten, sicheren und skalierbaren Steuerpfad, der eine marktoptimierte Nutzung von Flexibilität über diese Infrastruktur ermöglicht. Neben Netzbetreibern können somit auch Vermarkter den sicheren und standardisierten Weg nutzen, um haushaltsnahe Flexibilität zu optimieren ohne eigene Hardware installieren zu müssen.

Flexibilitätsvermarktung durch Energieversorger / Lieferanten

a) Strommarkt

Fahrplanoptimierung: Durch die Übermittlung von Hüllkurven an das EMS kann der Energieversorger Lastverschiebungen und Einspeisungen gezielt steuern. Es lassen sich Flexibilität bündeln und Fahrpläne für die Vermarktung am Spotmarkt optimieren. Dabei kann die Flexibilität in Reaktion auf Preissignale oder Prognoseabweichungen eingesetzt werden. Das bedeutet für den Endverbraucher, dass die Preise am Strommarkt dazu genutzt werden können, um die Strombezugskosten durch eine intelligente Nutzung der Anlagenflexibilität zu senken.

Darüber hinaus kann die Energieerzeugung, bzw. Einspeisung von PV-Anlagen oder Batteriespeichern in einer Direktvermarktung so optimiert werden, dass diese nur in Zeitfenstern stattfindet, die nach marktlichen Kriterien, wie dem prognostizierten Preis am Spotmarkt, stattfindet. Durch die laufende Konsultation zur „Marktintegration von Speichern und Ladepunkten“ (kurz MiSpeL) ist zu erwarten, dass die Direktvermarktung von Erzeugungsanlagen im Leistungsbereich kleiner 100 kW bzw. kleiner 30 kW deutlich an Attraktivität gewinnt. Dabei spielt neben der Einspeisebegrenzung in Zeitfenstern mit niedrigen oder negativen Preisen auch die gezielte Aktivierung von Einspeisung zu Zeiten mit hohen Marktpreisen eine Rolle. Die Hüllkurve bietet für beide Szenarien ein geeignetes Instrument.

b) Physisches Bilanzkreismanagement

So die Geschwindigkeit der Prozesse dies über die iMSys-Infrastruktur zulässt, lassen sich auch die Flexibilitäten für das Bilanzkreismanagement nutzen. Dabei erfolgt der Abruf von Flexibilität nicht an den Märkten, sondern zu einem Zeitpunkt, an dem diese

Märkte bereits geschlossen sind: In der Erbringungsviertelstunde. In Kenntnis eines Bilanzkreisungleichgewichtes in der akuten Erbringungsviertelstunde kann so die Flexibilität eingesetzt werden, um Ausgleichsenergiekosten zu reduzieren. Der Endverbraucher wird für die Flexibilitätserbringung entlohnt.

c) Systemdienstleistungen

Systemdienstleistung Minutenreserve: Auch wenn die Regelleistung Minutenreserve eine Systemdienstleistung für einen Übertragungsnetzbetreiber ist, so ist es dennoch eine marktliche Nutzung der Flexibilität. Die neuen IT-Mindestvoraussetzungen der ÜNB lassen auch eine Aggregation von Kleinstanlagen über ein iMSys zu, um gebündelt zu maximal 10 MW an der Regelleistung teilzunehmen (regelleistung.net, 2025). Unter Berücksichtigung der derzeitigen Durchlaufzeiten ist eine präqualifizierte Teilnahme am Minutenreserve- sowie Regelarbeitsmarkt vorstellbar, da ein zentralisierter Abruf der vermarkteten Leistung mit einigen Minuten Vorlauf durchzuführen ist.

Vermarktungsmodelle: Energieversorger können verschiedene Vermarktungsmodelle anbieten, z. B. dynamische Tarife, Flexibilitätsprämien oder partizipative Modelle, bei denen Anlagenbetreiber für die Bereitstellung von Flexibilität vergütet werden. Neben pauschalen Abrechnungsmodellen sind hier auch Abruf-/ oder Nutzungsbedingte Vergütungsmodelle (Fixbetrag je genutzter kWh Flexibilität) vorstellbar.

Zusammenfassung Energieversorger-/Lieferanten-Perspektive

Die Integration der Hüllkurve als standardisiertes Steuerungsinstrument ermöglicht es, Flexibilität sowohl netzdienlich als auch marktoptimiert einzusetzen. Energieversorger und Flexibilitätsvermarkter können so neue Geschäftsmodelle entwickeln, die sowohl die Anforderungen des Netzbetriebs als auch die Chancen der Flexibilitätsvermarktung adressieren. Die Kombination aus technischer Standardisierung, regulatorischer Öffnung (Regelleistung) und innovativen Vermarktungsmodellen machen die Hüllkurve zu einer attraktiven Option, welche ergänzend zur etablierten proprietären Ansteuerung existiert.

Anwendungsfall / Perspektive MSB

Der MSB sorgt für den Betrieb der sicheren, digitalen Infrastruktur und ermöglicht es in seiner Rolle als Steuerungs-Administrator, dass ein koordinierter Zugriff auf die Flexibilitäten erfolgen kann. Durch die gesetzlichen Vorgaben ist der MSB verpflichtet neben der kurativen Steuerung auch die marktliche Steuerung zu ermöglichen. Dabei sind insbesondere die Verpflichtungen nach § 34 (2) MsbG und § 10b EEG zu erwähnen, die es ab 2028 erforderlich machen, dass der MSB geeignete Steuerungssignale für Systemdienstleistungen und die Direktvermarktung umsetzen kann. Die Hüllkurve erscheint hierfür ein geeignetes Instrument, um den unterschiedlichen Anforderungen

gerecht zu werden und eine standardisierte Möglichkeit zu bieten, sowohl Leistungslimits vorzugeben als auch gezielt den Bezug oder die Einspeisung zu aktivieren.

Die Kernaufgabe zur Umsetzung der Hüllkurvensteuerung besteht darin, die Befehle über eine standardisierte API entgegenzunehmen, eine Validierung und Berechtigungsprüfung durchzuführen, Konflikte, die durch unterschiedliche Steuerungsinteressen entstehen aufzulösen und die Kommunikation in die Liegenschaft sicherzustellen.

Die standardisierte Umsetzung der Hüllkurvensteuerung erfordert insbesondere eine Erweiterung der API-Webdienste durch den BDEW und eine Beschreibung zur technischen Umsetzung durch den FNN. Im Rahmen des WARAN Projektes werden hierzu Vorschläge erarbeitet und in die Diskussion eingebracht. In der folgenden Abbildung ist eine grundsätzliche Umsetzung der Hüllkurvensteuerung über den MSB skizziert:

- Der Aufruf der „POEN-Control API“ durch den VNB oder Lieferant (LF) erfolgt nur bei konkretem Steuerungsbedarf
- Der MSB prüft die Berechtigung und quittiert die Anfrage entsprechend (Response der Anfrage)
- Sofern VNB und LF zeitgleich eine Steueranfrage senden, bildet der MSB ein geeignetes Residualprofil
- Das resultierende Profil wird an die lokale Steuerungseinrichtung und von dort per EEBUS an die steuerbare Anlage übertragen.
- Nach einer Bestätigung durch die lokale Anlage, sendet der MSB an alle beteiligten Marktpartner die Information zum resultierenden Profil (RES-POEN).

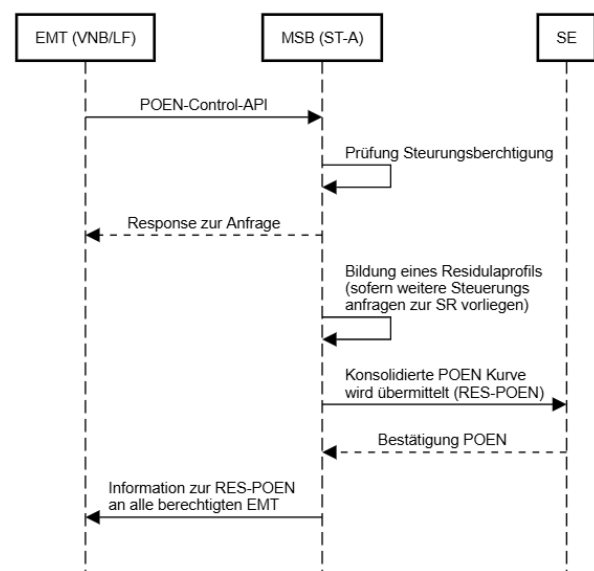


Abbildung 4: Hüllkurvensteuerung über den MSB

Für die koordinierte und konfliktfreie Übertragung der Hüllkurve ist die Bildung eines „Hüllkurven-Residualprofils“ (RES-POEN) durch den MSB sinnvoll. Dafür kann das im FNN-Hinweis Steuerungs-Administrator beschriebene Konzept zum Residualprofil genutzt und erweitert werden (FNN III, 2025). Ein Residualprofil sieht die Konsolidierung verschiedener Steuerungsanfragen im Backend des MSBs vor und ermöglicht es auf Basis von Berechtigungen und Prioritäten ein harmonisiertes Profil zu erzeugen. Das

Hüllkurven-Residualprofil stellt somit eine logische Weiterentwicklung zu den Residualprofilen für die LPC- und LPP-Steuerung dar.

Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick, wie die Verarbeitung der einzelnen Kurvenbestandteile aussehen kann und welcher Marktpartner nach aktueller Einschätzung berechtigt ist.

	Min. Power con min / feed-in min	Max. Power con max / feed-in max	Bemerkung
Leistungshüllkurve Erzeugung (POEN-)	Nur Lieferant, Anpassung bei Konflikt zu Max. Power nötig.	Residualprofil (RES-POEN-)	Immer 15 Minuten Slots. Residualprofil übernimmt betragsmäßig kleinsten Wert
Leistungshüllkurve Verbrauch (POEN+)	Nur Lieferant, Anpassung bei Konflikt zu Max. Power nötig.	Residualprofil (RES-POEN+)	Immer 15 Minuten Slots. Residualprofil übernimmt betragsmäßig kleinsten Wert
Fallbackkurve Einspeisung (FB-)	Nicht definiert	Residualprofil (RES-FB-)	Konfigurationsthema, d.h. keine „echtzeitnahe“ Steuerung
Fallbackkurve Verbrauch (FB+)	Nicht definiert	Residualprofil (RES-FB+)	Konfigurationsthema, d.h. keine „echtzeitnahe“ Steuerung

Weitere Konflikte bspw. zu Ad-hoc Steuerungssignalen sind nicht notwendigerweise durch den MSB aufzulösen, da bereits über die EEBUS-Anwendungsfälle bzw. die VDE-AR-E-2829-6-1 ein definiertes Verhalten der steuerbaren Anlagen beschrieben wird. Die kurativen Notfallbefehle LPC und LPP haben immer eine höhere Priorität und sind entsprechend einzuhalten, sofern diese im Konflikt zur POEN-Steuerung stehen. Die Hüllkurvensteuerung grenzt sich daher gut von der Notfallsteuerung ab und verbessert damit deutlich die Nachvollziehbarkeit und Transparenz auf Betreiberseite.

Anwendungsbeispiele für Hüllkurven

Die Übermittlung und Umsetzung der Hüllkurve wird an drei einfachen Beispielen verdeutlicht. Betrachtet wird die Ansteuerung einer Liegenschaft mit EMS. Die Liegenschaft umfasst eine Wärmepumpe, eine Wallbox, einen Batteriespeicher und eine PV-Anlage. Der Aufbau entspricht damit einem der realen Feldtests im WARAN Projekt.³ Die Hüllkurven werden entweder vom VNB oder Lieferanten gesendet. Der MSB hat zuvor die Steuerbarkeit hergestellt, indem er die technische Infrastruktur bestehend aus SMGW und Steuerungseinrichtung verbaut hat. Darüber hinaus betreibt er die zur Steuerung notwendigen Systeme, wie den Steuerungsadmin und die BDEW API. Der Anlagenbetreiber wird dafür entsprechend seinem Vertrag mit der steuernden Partei vergütet.

³ Die in WARAN untersuchten Use Cases und Systemarchitekturen sind hier veröffentlicht: [WARAN](#)

Beispiel 1: Prävention einer Netzüberlast durch den VNB

Das Beispiel in Abbildung 5 zeigt, wie ein VNB die Hüllkurve nutzen kann, um eine Überlast des Verteilnetzes zu verhindern:

1. Der VNB stellt aufgrund seiner Prognosen fest, dass die PV-Einspeisung am nächsten Tag einen Engpass im Verteilnetz verursachen wird.
2. Um den Netzengpass zu vermeiden, sendet der VNB am Vortag eine einspeiseseitige Hüllkurve an den MSB. Dies geschieht über die BDEW API. Die Hüllkurve erlaubt während des prädictierten PV-Peaks nur eine reduzierte Einspeiseleistung.
3. Diese Hüllkurve wird von den Systemen des MSB verarbeitet und über den Steuerungsadmin (ST-A) an die SE weitergegeben.
4. Von der Steuerungseinrichtung wird die Hüllkurve als EEBUS POEN an das EMS übergeben. War dies erfolgreich, erhält der MSB eine Bestätigung von der SE. Daraufhin informiert er über die API die berechtigten EMT über die aktuelle Hüllkurve.
5. Das EMS berücksichtigt die Hüllkurve in seiner Optimierung: Die steuerbaren Anlagen dürfen während des PV-Peaks nur mit verringerter Leistung ins Netz einspeisen. Damit die zu diesem Zeitpunkt erzeugte Leistung nicht verloren geht, reserviert das EMS ausreichend Kapazität im Batteriespeicher. Dadurch kann der Batteriespeicher, die während des PV-Peaks, produzierte Leistung aufnehmen und das Verteilnetz entlasten.

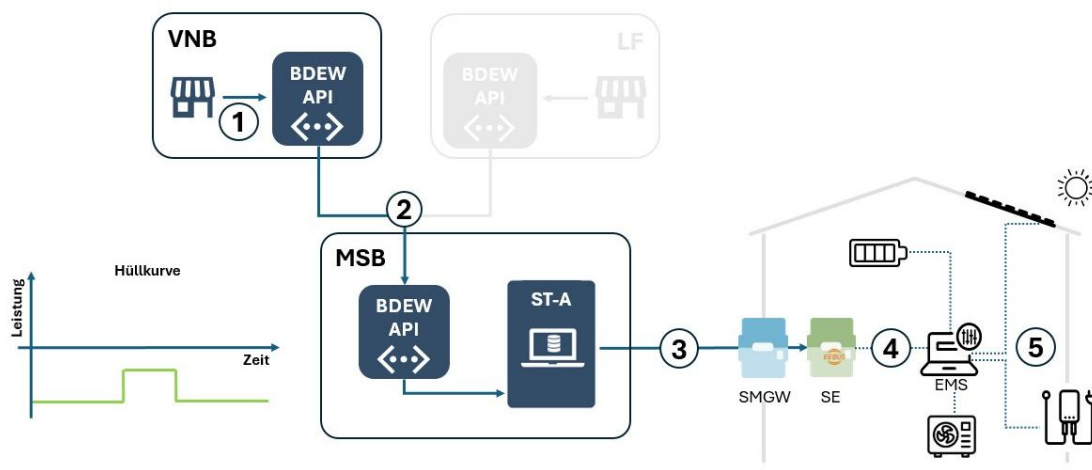


Abbildung 5: Schaubild zu Beispiel 1: Prävention einer Netzüberlast durch den VNB

Beispiel 2: Marktliche Optimierung durch den Lieferanten

Das Beispiel in Abbildung 6 zeigt, wie ein Lieferant die Hüllkurve nutzen kann, um seinen Fahrplan am Strommarkt zu optimieren:

1. Der Lieferant erwartet zwischen 18 und 20 Uhr hohe Preise am Spotmarkt und möchte seinen Fahrplan dementsprechend optimieren.

2. Daraufhin sendet der Lieferant am Vortag eine verbrauchsseitige Hüllkurve an den MSB. Dies geschieht über die BDEW API. Die Hüllkurve schreibt zwischen 18 und 20 Uhr einen reduzierten Verbrauch vor.
3. Diese Hüllkurve wird von den Systemen des MSB verarbeitet und über den Steuerungsadmin an die SE weitergegeben.
4. Von der Steuerungseinrichtung wird die Hüllkurve als EEBUS POEN an das EMS übergeben. War dies erfolgreich, erhält der MSB eine Bestätigung von der SE. Daraufhin informiert er über die API die berechtigten EMT über die aktuelle Hüllkurve.
5. Das EMS berücksichtigt die Hüllkurve in seiner Optimierung: Es erhöht die Leistungssollwerte der Wärmepumpe und der Wallbox, um deren Energiebezug vorzuziehen. Dadurch ist der Komfort während der späteren Reduzierung gesichert und der Lieferant kann seinem optimierten Fahrplan folgen.

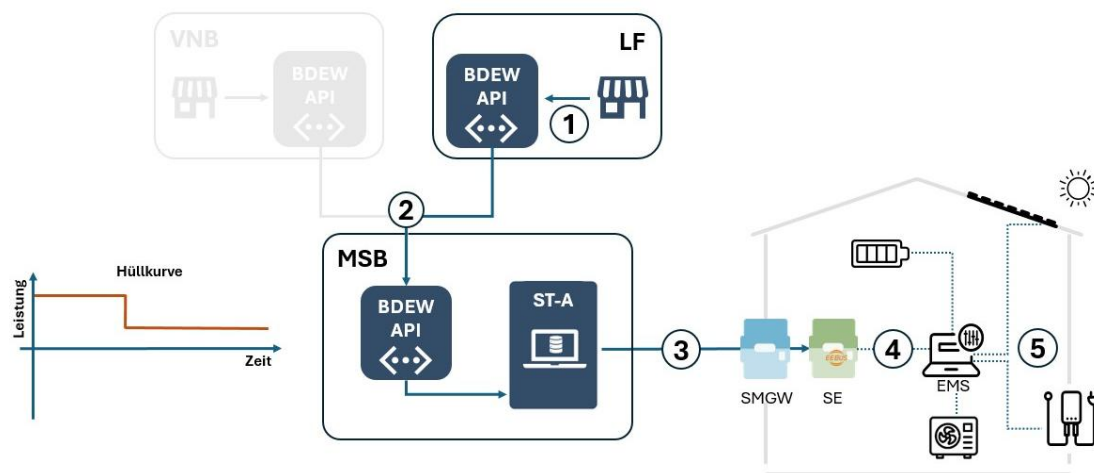


Abbildung 6: Schaubild zu Beispiel 2: Marktliche Optimierung durch den Lieferanten

Beispiel 3: Zusammenspiel von VNB und Lieferant

Das Beispiel in Abbildung 7 zeigt das Zusammenspiel von zwei Hüllkurven, die vom VNB und vom Lieferanten über den MSB an das EMS gesendet werden:

1. Der VNB stellt aufgrund seiner Prognosen fest, dass die PV-Einspeisung am nächsten Tag zwischen 12 und 14 Uhr einen Engpass im Verteilnetz verursachen wird.
2. Um den Netzengpass zu vermeiden, sendet der VNB am Vortag eine einspeiseseitige Hüllkurve an den MSB. Dies geschieht über die BDEW API. Die Hüllkurve erlaubt während des prognostizierten PV-Peaks nur eine reduzierte Einspeiseleistung von 50%.
3. Diese Hüllkurve wird von den Systemen des MSB verarbeitet und über den Steuerungsadmin an die SE weitergegeben.
4. Von der Steuerungseinrichtung wird die Hüllkurve als EEBUS POEN an das EMS übergeben. War dies erfolgreich, erhält der MSB eine Bestätigung von der SE.

Daraufhin informiert er über die API die berechtigten EMT über die aktuelle Hüllkurve. Das ist in diesem Fall der Lieferant.

5. Das EMS berücksichtigt die Hüllkurve in seiner Optimierung: Die steuerbaren Anlagen dürfen während des PV-Peaks nur mit verringerter Leistung ins Netz einspeisen. Damit die zu diesem Zeitpunkt erzeugte Leistung nicht verloren geht, reserviert das EMS ausreichend Kapazität im Batteriespeicher. Dadurch kann der Batteriespeicher, die während des PV-Peaks, produzierte Leistung aufnehmen und das Verteilnetz entlasten.
6. Nun erwartet der Direktvermarkter zwischen 13 und 15 Uhr desselben Tages negative Preise am Spotmarkt. Er möchte, dass die Anlage zu dieser Zeit gar keinen Strom ins öffentliche Netz einspeist.
7. Daraufhin sendet er eine einspeiseseitige Hüllkurve an den MSB. Dies geschieht über die BDEW API. Die Hüllkurve schreibt zwischen 13 und 15 Uhr keine Einspeisung vor.
8. Diese Hüllkurve wird von den Systemen des MSBs verarbeitet. Da für denselben Zeitraum und Netzanschlusspunkt bereits eine Hüllkurve besteht, wird daraus ein Residualprofil gebildet. Dabei werden die beiden Hüllkurven so verschnitten, dass jeweils der minimale Wert übergeben wird: eine Einspeisereduzierung um 50% von 12 bis 13 Uhr sowie eine vollständige Reduzierung der Einspeisung von 13 bis 15 Uhr⁴. Somit ist sichergestellt, dass beide Hüllkurven eingehalten werden. Der MSB übergibt diese daraufhin über den Steuerungsadmin an die SE. Schritt 4 + 5 werden erneut ausgeführt.

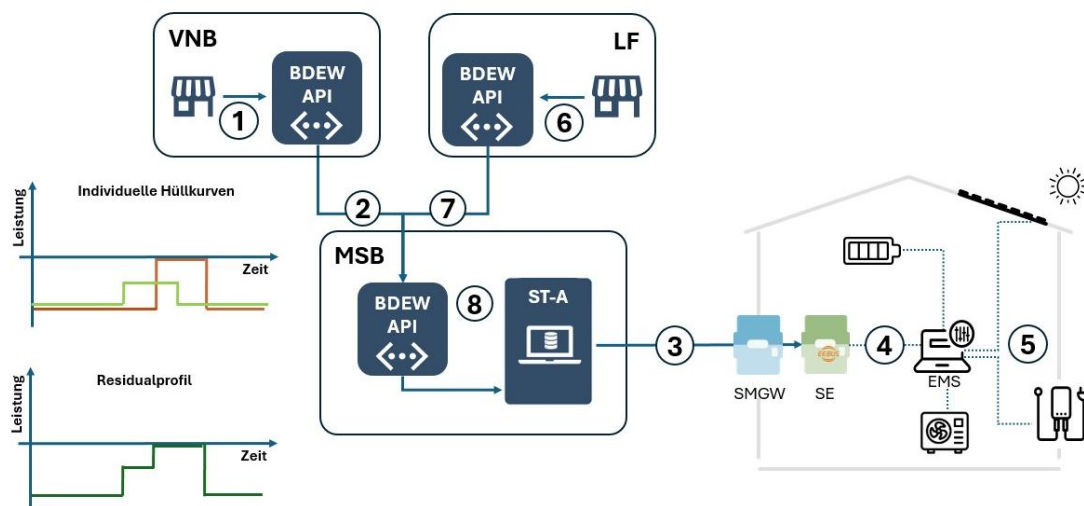


Abbildung 7: Schaubild zu Beispiel 3: Zusammenspiel von VNB und Lieferant

⁴ Wie die Hüllkurven verschnitten werden, wenn der Kunde einen Vertrag mit VNB und Vermarkter hat, muss in weiteren Diskussionen geklärt werden. Dies könnte beispielsweise Teil des Vertragswerks sein.

Ausblick

Für eine umfassendere Einbindung von Marktakteuren in die iMSys-Infrastruktur bedarf es weiterer Aspekte, die über dieses Impulspapier hinaus untersucht und diskutiert werden müssen. Angesprochen wurde in diesem Papier bereits die notwendige weitere Ausgestaltung der „POEN-Control API“, die technisch eindeutig beschrieben werden muss. Ergänzend dazu ist auch die standardisierte Weitergabe von Typ-2 Messwerten (TAF 9 und TAF 10) relevant, um eine gute Datengrundlage bei VNB und Marktpartner für die zielgerichtete Anwendung der Hüllkurve zu schaffen. Um die Qualität der Datengrundlage zu steigern wäre die Übermittlung einer lokalen Prognose aus der Liegenschaft Richtung VNB/Marktpartner über den PODF (EEBUS Grid Use Cases) als Gegenstück zur Hüllkurve sinnvoll. Diese Themen sind sowohl im WARAN als auch im SISSY-Konsortium bereits Gegenstand der weiteren Untersuchung.

Bezugnehmend auf den FNN-Hinweis „Konzeptbeschreibung zur prognosebasierten Steuerung zwischen Netz und Markt via iMSys und Flexband“ vom Anfang Februar ist aus Sicht der Projekte die zeitliche Beschränkung der Vorlaufzeit für das Übermitteln von Hüllkurven noch nicht abschließend untersucht. Die Konsortien stimmen mit der im FNN-Hinweis vertretenen Ansicht überein, dass zunächst von einer Kommunikation der Hüllkurve am Vortag auszugehen ist. Perspektivisch sind jedoch auch kurzfristige untertägige Änderungen relevant und daher in der praktischen Erprobung zu betrachten.

Abschließend ist auch die Option eines Energiefahrplans als marktliches Instrument ergänzend zur Hüllkurve Teil der Projektdiskussionen. Dadurch hätten Akteure die Möglichkeit die am Spotmarkt gehandelten Energiemengen als Energiezielwerte an das EMS zu übermitteln.

Fazit

Mit diesem Impulspapier wird im Verbundprojekt „Waran“ gezeigt, wie die Steuerung über das iMSys gezielt weiterentwickelt wurde, um neben netzorientierten auch marktliche Anwendungsfälle abzudecken. Zugleich leistet es einen Beitrag zur laufenden Branchendiskussion rund um Hüllkurvenkonzepte und marktliche Steuerung über das iMSys und soll diese weiter anregen. Die Hüllkurve ist dabei in der lokalen Priorisierung unterhalb des ad-hoc-Notsignals des VNB angesiedelt. Damit ist sie ein Instrument, das sowohl dem VNB als auch weiteren Marktakteuren die Nutzung der bestehenden iMSys-Infrastruktur für marktbasierte Steuereingriffe ermöglicht. In dem skizzierten Zielbild agiert der VNB marktbasiert, indem er mit Anlagenbetreibern Verträge über die Nutzung von Flexibilität schließt und diese entsprechend vergütet. Weitere Marktakteure können denselben Weg nutzen, indem sie die Steuerbarkeit über den MSB bestellen, Verträge mit Anlagenbetreibern abschließen und die iMSys-Infrastruktur zur Übergabe von

Steuerbefehlen nutzen. Dabei sollten die Interessen des Anlagenbetreibers stets eine zentrale Rolle einnehmen.

Für Lieferanten und Vermarkter ergeben sich daraus wesentliche Vorteile: Sie müssen keine eigene kommunikative Anbindung einzelner Anlagen aufbauen, sondern können auf die skalierbare, cybersichere und standardisierte Infrastruktur des MSBs zurückgreifen. Die rasche Skalierung des Rollouts stellt dafür die geeignete Grundlage dar. Zudem werden die für eine Vermarktung besonders relevanten Anlagen aufgrund der Vorgaben aus § 14a EnWG und § 9 EEG ohnehin verpflichtend über die iMSys-Infrastruktur steuerbar gemacht. Da das Zielbild konsequent digital ist und EEBUS hierfür den Mindeststandard bildet, kann die Umsetzung auf Anlagen-, EMS- und SE-Ebene in der Regel durch Software-Updates erfolgen. Zusätzliche Monteuranfahrten, neue Hardware oder Neuverkabelungen sind in der Regel nicht erforderlich.

Der volkswirtschaftliche Nutzen, der durch die Erschließung haushaltsnaher Flexibilitäten entsteht, ist in der Branche unbestritten. Darüber hinaus adressiert der hier aufgezeigte Ansatz über das intelligente Messsystem zentrale Themen wie Sicherheit und Resilienz, die bei der Gestaltung unseres zukünftigen Energiesystems zwingend mitzudenken sind.

Literaturverzeichnis

BMWE. (2025). Von

https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/DE/Downloads/Energiedaten/digitalisierungsbericht-energiewende.pdf?__blob=publicationFile&v=10 abgerufen

BNetzA I. (2025). *Netzentwicklungsplan*. Von

https://www.netzentwicklungsplan.de/sites/default/files/2025-04/Genehmigung%20Szenariorahmen%202025_0.pdf abgerufen

BNetzA II. (2025). Von

https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Beschlusskammern/1_GZ/BK6-GZ/2022/BK6-22-300/Mitteilung/Mitteilung_05/Mitteilung_Nr_5.html abgerufen

BNetzA III. (2022). *Universalbestellprozess*. Von Festlegung zur prozessualen

Abwicklung von Steuerungshandlungen in Verbindung mit intelligenten Messsystemen (iMS) (Universalbestellprozess):

https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Beschlusskammern/BK06/BK6_83_Zug_Mess/843_universalbestellprozess/BK6_universalbestellprozess_node.html abgerufen

BNetzA IV. (2025). *MiSpeL*. Von Festlegung zur Marktintegration von Speichern und Ladepunkten:

https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/ErneuerbareEnergien/EEG_Aufsicht/MiSpeL/start.html abgerufen

BNetzA V. (2025). *AgNes*. Von Verfahren zur Festlegung der Allgemeinen

Netzentgeltsystematik Strom (AgNes):

https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Beschlusskammern/GBK/Ebene1_Rahmen/AgNes/start.html abgerufen

edi-energy. (2023). Von EDI@Energy API-Webdienste zur prozessualen Abwicklung von

Steuerungshandlungen in Verbindung mit intelligenten Messsystemen (iMS) - Universalbestellprozess: <https://edi-energy.github.io/api-electricity/aktuell-gueltig/#/> abgerufen

FfE I. (2025). *FfE Discussion Paper: Analyse der Regionalszenarien und*

Netzausbaupläne nach § 14d EnWG – Fokus Elektromobilität. Von

<https://www.ffe.de/veroeffentlichungen/ffe-discussion-paper-analyse-der-regionalszenarien-und-netzaus-bauplaene-nach-%C2%A7-14d-enwg-fokus-elektromobilitaet/> abgerufen

- FfE II. (2025). Von https://www.strommarkttreffen.org/wp-content/uploads/2025/12/Strommarkttreffen_FfE_ZeitvariableNetzentgelte_v2.pdf abgerufen
- FfE III. (2025). *Anreizmechanismen zur Stromnetzentlastung*. Von https://www.ffe.de/wp-content/uploads/2025/03/Whitepaper_Anreizsysteme.pdf abgerufen
- FfE IV. (2025). *V2G-Potenziale freisetzen*. Von Von Hürden zu Lösungen: https://www.ffe.de/wp-content/uploads/2025/09/FfE_V2G_Potenziale_Heben_Ergebnisbericht.pdf abgerufen
- FNN I. (2026). *Konzeptbeschreibung zur prognosebasierten Steuerung zwischen Netz und Markt via iMSys und Flexband*. Von <https://www.vde.com/resource/blob/2449790/b5f28bb2b5f687f02ebbd9c4fb9f48d4/vde-fnn-impuls-flexband-data.pdf> abgerufen
- FNN II. (2025). *Hinweis Schnittstellen der SE*. Von Anforderungen an die technische Ausgestaltung der physikalischen und logischen Schnittstellen der Steuerungseinrichtung zum Anschluss und zur Übermittlung des Steuerbefehls an eine steuerbare Verbrauchseinrichtung oder ein Energie-Management_system: <https://www.vde.com/resource/blob/2380710/0220c532a4ecec2b29c25c52858290dc/vde-fnn-hinweis-schnittstellen-steuerungseinrichtung-data.pdf> abgerufen
- FNN III. (2025). *Aus Steuerbox wird Steuerungs-Administrator*. Von <https://www.vde.com/de/fnn/aktuelles/aus-steuerbox-wird-steuerungs-administration> abgerufen
- regelleistung.net. (2025). *Mindestanforderungen an die Informationstechnik des Reserveanbieters zur Erbringung von Regelreserve und Anbietern von abschaltbaren Lasten*. Von https://www.regelleistung.net/xspproxy/api/StaticFiles/Regelleistung/Infos_f%C3%BCr_Anbieter/Wie_werde_ich_Regelenergieanbieter_Pr%C3%A4qualifikation/IT-Anforderungen_FCR_aFRR_mFRR/01_IT_Mindestanforderungen.pdf abgerufen
- Sauthoff, M., & Löber, D. (2025). *Die Rolle der Dezentralen Lösungen im gesamtkosteneffizienten Energiesystem*. Von <https://www.new-energy-alliance.de/>: https://cdn.prod.website-files.com/68b95acfc63166be1c5b8586/68daa0530b851b2e06ef83f5_250929_D

ie%20Rolle%20der%20Dezentralen%20Lo%CC%88sungen%20im%20gesamtk
osteneffizienten%20Energiesystem.pdf abgerufen

unit-e². (2024). *Netzentgeltsystematik in der Niederspannung verursachungsgerecht gestalten*. Von <https://unit-e2.de/news/positionspapier-netzentgeltsystematik-in-der-niederspannung-verursachungsgerecht-gestalten.html> abgerufen

Anhang

EEBUS Grid Use Cases

EEBUS Use Case	Abkürzung	Beschreibung
Limitation of Power Consumption	LPC	Mit dem LPC kann die Leistungsaufnahme einer oder mehrerer Anlagen auf einen vorgegebenen Maximalwert begrenzt werden. Das Ziel besteht darin, kurativ lokale Lastspitzen im Stromnetz zu glätten. Der LPC wird als Instrument für § 14a EnWG-Fälle verwendet.
Limitation of Power Production	LPP	Mit dem LPP kann die Einspeiseleistung einer Erzeugungseinheit in das Netz auf einen vorgegebenen Maximalwert begrenzt werden. Das Ziel besteht darin, lokale Erzeugungsspitzen zu glätten. Er wird als Instrument für § 9 EEG-Fälle verwendet.
Monitoring of Grid Connection Point	MGCP	Der MGCP fasst die Verbrauchs- und Erzeugungswerte eines Netzanschlusspunkts zusammen und gibt sie als Absolutwert aus.
Monitoring of Power Consumption	MPC	Der MPC gibt die Leistungsaufnahme einer Anlage zu einem bestimmten Zeitpunkt an.
Time of Use Tariff	TOUT	Über den TOUT können Tarifinformationen, beispielsweise von dynamischen Stromtarifen, übergeben und in eine lokale Optimierung eingepreist werden.
Power Demand Forecast	PODF	Der PODF gibt die erwartete Leistungsaufnahme der Anlagen eines EMS für zukünftige Zeitintervalle aus. Es können auch die erwarteten Maximal- und Minimalwerte übergeben werden.
Power Envelope	POEN	Der POEN übergibt maximale und optional minimale Leistungsbezugs- und Erzeugungsgrenzen für zukünftige Zeitintervalle, innerhalb derer ein EMS die angeschlossenen Anlagen optimieren kann.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Akteure der netz- und marktorientierten Steuerung	2
Abbildung 2: Schematische Darstellung einer Hüllkurve	4
Abbildung 3: Übersicht der relevantesten Instrumente zur netzorientierten Steuerung auf Niederspannungsebene.....	6
Abbildung 4: Hüllkurvensteuerung über den MSB	11
Abbildung 5: Schaubild zu Beispiel 1: Prävention einer Netzüberlast durch den VNB ..	13
Abbildung 6: Schaubild zu Beispiel 2: Marktliche Optimierung durch den Lieferanten .	14
Abbildung 7: Schaubild zu Beispiel 3: Zusammenspiel von VNB und Lieferant	15

Abkürzungsverzeichnis

CLS	Controllable Local System
EMS	Energiemanagementsystem
FCA	Flexible Connection Agreement
GW	Gigawatt
iMSys	intelligentes Messsystem
kW	Kilowatt
LF	Lieferant
LPC	Limit of Power Consumption
LPP	Limit of Power Production
MSB	Messstellenbetreiber
PODF	Power Demand Forecast
POEN	Power Envelope
PV	Photovoltaik
SE	Steuereinrichtung
SMGW	Smart Meter Gateway
ST-A	Steuerungsadmin
ÜNB	Übertragungsnetzbetreiber
VNB	Verteilnetzbetreiber