

Beschaffung von Netzbooster-Kapazitäten als Systemdienstleistung: Machbarkeit eines "Systemboosters"

Kurzgutachten

im Auftrag von

Amprion GmbH

Juni 2026

consentec

1 Hintergrund und Zielsetzung

Um die steigende Nachfrage nach Transportkapazitäten zu befriedigen, ertüchtigen die deutschen ÜNB das Übertragungsnetz bedarfsgerecht. Nach dem sogenannten NOVA-Prinzip werden dabei Optimierungs- und Verstärkungsmaßnahmen im Bestandsnetz prioritär vor tatsächlichen Ausbaumaßnahmen durchgeführt. Ein wichtiger Baustein für die optimierte Ausnutzung der Bestandsnetze ist die sogenannte kurative Systemführung. Bisher wird die Sicherheit und Stabilität des Systems auch nach Ausfällen durch eine präventive Niedrigerauslastung kritischer Netzbetriebsmittel im Verhältnis zur Dauerstrombelastbarkeit sichergestellt. Damit werden Grenzwertverletzungen nach Ausfällen vermieden. Im Kontrast dazu setzt die kurative Systemführung auf sicher verfügbare und in Ausfallsituationen hinreichend schnell aktivierbare Gegenmaßnahmen, die das System im Rahmen der z. B. durch temporäre thermische Überlastfähigkeiten vorgegebenen Rahmenbedingungen wieder in einen dauerhaft gültigen Betriebszustand zurückführen. Sie ermöglicht so eine Höherauslastung im Normalbetrieb. Eine wichtige Technologie in der kurativen Systemführung sind sogenannte Netzbooster-Anlagen. Das sind Großbatterien, die im Stand-By bereitstehen und den Übertragungsnetzbetreibern sicher und schnell verfügbare Redispatchpotenziale bieten. Aktuell werden in Kupferzell von TransnetBW bzw. Aurdorf und Ottenhofen von TenneT zwei Netzboosterprojekte mit Anschluss im Übertragungsnetz realisiert. Amprion hat zudem im November 2025 in Kooperation mit E.ON und LEW Verteilnetz den Zuschlag für die Errichtung eines dezentralen Netzboosters in der Region Bayerisch-Schwaben an den erfolgreichen Bieter EdF¹ erteilt. Besonders bei diesem Projekt ist, dass der dezentrale Netzbooster nicht nur für die Stabilisierung des Übertragungsnetzes, sondern auch des Verteilnetzes genutzt werden kann und während bestimmter Phasen, in denen der Einsatz zur Netzentlastung wenig relevant ist, komplett vom Betreiber der Anlage am Strommarkt vermarktet werden kann. Der erfolgreiche Abschluss der Ausschreibung dokumentiert insbesondere auch, dass für Marktakteure die Doppelnutzung von Speichern für die Vermarktung am Strommarkt und die Netzentlastung wirtschaftlich attraktiv sein kann.

¹ Den Zuschlag erhielt die Projektgesellschaft EdF RE Speicherprojekte 1 GmbH & Co. KG.

Über diese Projekte hinaus wurde im NEP 2037/2045 (2023) eine weitere Netzbooster-Anlage von der Bundesnetzagentur bestätigt (AMP-P609). Dabei handelt es sich um einen dezentralen Netzbooster im Rheinland (zehn Anlagen à 25 MW an verschiedenen Standorten), der neben einer Reduktion des Redispatchbedarfs auch Systemdienstleistungen zur Bereitstellung von Momentanreserve liefern kann. Diese Anlage wird im 2. Entwurf des NEP 2037/2045 (2025) nicht mehr als umzusetzende Ad-hoc-Maßnahme ausgewiesen, sondern auf die im vorliegenden Dokument diskutierte Möglichkeit einer Dienstleistungsausschreibung verwiesen, bei der bezuschlagte marktliche Speicher in einer bestimmten Region für kürzere Zeiträume für den kurativen Redispatch zur Verfügung stehen.

Hintergrund dieser Veränderung ist, dass sich seit der initialen Diskussion über Netzbooster die Situation mit Blick auf den Einsatz von Großbatteriespeichern im Übertragungsnetz deutlich verändert hat. Während der Netzbooster Kupferzell in der Planungsphase noch als das größte Batteriespeicherprojekt in Deutschland galt, ist aktuell aufgrund der durch den starken Solarenergieausbau hohen Tag-Nacht-Preisspreads und den Rückgang der Kosten von Batteriespeichern ein massives Interesse von Investoren an der wettbewerblichen Errichtung von Großbatteriespeichern zu verzeichnen. Zwar stellt die häufig zitierte Zahl an gestellten Netzanschlussbegehren für hohe dreistellige GW-Zahlen an Speicherleistung keine glaubwürdige Prognose für das tatsächliche Investitionsinteresse dar. Sie ist vielmehr eine Konsequenz zeitlich begrenzter Netzentgeltbefreiungen und suboptimaler Regelungen zum Netzanschluss, enthält Doppelzahlungen und berücksichtigt nicht, dass der marginale Nutzen (und damit die Erlösmöglichkeiten) von zusätzlicher Speicherkapazität schnell fallen dürften. Dennoch ist aus unserer Sicht – sofern keine erheblichen Verschlechterungen der Rahmenbedingungen eintreten – über die nächsten Jahre mit einem Ausbau von Großbatteriespeicherkapazität in mindestens zweistelliger GW-Zahl zu rechnen. Allein für die deutschen Übertragungsnetze wurden bereits Netzanschlusszusagen in Höhe von gut 50 GW erteilt, von denen knapp 25 GW auf das Netzgebiet von Amprion entfallen.

Während somit vor einigen Jahren die für die Anwendung des Netzboosterkonzepts notwendigen Batteriespeicherkapazitäten nicht im Markt vorhanden waren und speziell durch die Übertragungsnetzbetreiber ausgeschrieben und beschafft werden mussten, stellt sich die Lage heute deutlich anders dar. Es ist davon auszugehen, dass für die Umsetzung von Netzboostern notwendige Batteriespeicherkapazität in erheblichem Umfang im Markt vorhanden ist.

Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, ob, alternativ zur Beschaffung von Netzbooster-Anlagen und damit Batteriespeicherkapazität durch die Übertragungsnetzbetreiber, auch die Beschaffung von Netzbooster-Fähigkeiten als Systemdienstleistung, nachfolgend als Systembooster² bezeichnet, von grundsätzlich im Markt agierenden Batterien erfolversprechend sein könnte. Dabei würden diese Batterien temporär als Netzbooster zur Verfügung stehen und könnten ansonsten an anderen Märkten vermarktet werden. Grundsätzlich würde eine solche Beschaffung von Systembooster-Dienstleistungen vermeiden, dass die Übertragungsnetzbetreiber sich mit der nicht zu ihrem Kerngeschäft zählenden Beschaffung und Unterhaltung von Speicherkapazitäten beschäftigen müssten. Die Beschaffung als Systemdienstleistung könnte darüber hinaus eine höhere Flexibilität z. B. bezüglich der Laufzeit entsprechender Verträge und damit eine Anpassung an über die Zeit schwankenden Bedarf für den Netzboostereinsatz

² Im Folgenden sprechen wir von Netzbooster, wenn es um die technische Funktionalität geht, die dem Netz zur Verfügung gestellt wird, und von Systembooster, wenn das Konzept der Beschaffung von Netzbooster-Funktionalität als Systemdienstleistung gemeint ist.

ermöglichen. Sie könnte darüber hinaus Kosten einsparen, wenn die Batteriespeicher weiterhin einen signifikanten Teil ihrer am Markt erreichbaren Erlöse erzielen können.

Voraussetzung für die technische Umsetzbarkeit und potenzielle wirtschaftliche Attraktivität eines solchen Konzepts wäre, neben der in diesem Kurzgutachten nicht weiter untersuchten rechtlichen Umsetzbarkeit, dass

- eine Abgrenzung und Identifikation der Zeitbereiche, in denen ein Einsatz als Netzbooster sinnvoll bzw. notwendig werden könnte, möglich ist,
- ein praktikables Betriebsführungs-, Vergütungs- und Beschaffungskonzept gefunden werden kann, das sowohl für die Übertragungsnetzbetreiber die Sicherheit bietet, dass sie im Bedarfsfall auf Netzboosterleistung zugreifen können, als auch für die Betreiber der Batteriespeicher eine sinnvolle Vermarktung an den für sie relevanten Märkten außerhalb des Netzboostereinsatzes ermöglicht und den Übergang zwischen den verschiedenen Betriebs- und Vermarktungsmodi klar regelt,
- die zu kontrahierenden Batteriespeicher außerhalb dieser Zeitbereiche einen signifikanten Anteil der ohne das Angebot von Systembooster-Dienstleistungen zu erwartenden Strommarkterlöse erwirtschaften können, so dass davon ausgegangen werden kann, dass die Erlöse aus dem Netzboostereinsatz nicht die vollen Fixkosten der Batterie decken müssen.

Das vorliegende Kurzgutachten geht nachfolgend auf diese drei Anforderungen in einzelnen Abschnitten detailliert ein und klärt darauf aufbauend, ob die Beschaffung einer Systembooster-Dienstleistung erfolgversprechend erscheint.

2 Analyse des Netzboostereinsatz

Im ersten Schritt wird betrachtet, ob die Zeitbereiche, in denen ein Netzboostereinsatz sinnvoll bzw. notwendig werden könnte, klar identifiziert und abgegrenzt werden können. Dabei greifen wir beispielhaft auf Analysen für den geplanten Netzbooster Bayrisch-Schwaben zurück, die Amprion durchgeführt und für die vorliegende Untersuchung zur Verfügung gestellt hat. Wir gehen davon aus, dass die Erkenntnisse angesichts der im deutschen Übertragungsnetz dominanten Nord-Süd-Engpasslage zumindest grundsätzlich auch auf andere Netzbooster-Standorte übertragbar sind.

Amprion hat in diesen Analysen für den geplanten Netzbooster den möglichen Nutzen bei der Einsparung von Redispatchkosten im Szenario A2037 des NEP 2037/2045 (2025) quantifiziert. Dabei wurden drei Netzausbauszenarien mit unterschiedlichen Annahmen zur Umsetzung von HGÜ-Systemen und AC-Maßnahmen betrachtet. Diese Netzausbauszenarien wurden mit drei Szenarien zum Umsetzungsgrad kurativer Maßnahmen in den Betriebsplanungsprozessen und der Systemführung kombiniert:

Die Netzausbauszenarien gehen vom Zielnetz des bestätigten NEP 2037/2045 (2023) aus, unterstellen aber in unterschiedlichem Maße eine unvollständige Umsetzung des dort enthaltenen Netzausbaus.

- „NA Variante 1“: Zielnetz des bestätigten NEP 2037/2045 (2023) ohne 6 HGÜ-Systeme und AC-Maßnahmen mit Inbetriebnahmejahr nach 2035
- „NA Variante 2“: Zielnetz des bestätigten NEP 2037/2045 (2023) ohne 5 HGÜ-Systeme

- „NA Variante 3“: Zielnetz des bestätigten NEP 2037/2045 (2023) ohne 2 HGÜ-Systeme

Dabei wurden unterschiedliche Varianten zu den für einen Einsatz im Rahmen der kurativen Systemführung zur Verfügung stehenden Anlagen und Betriebsmitteln betrachtet:

- „kurative Systemführung Variante 1“: Einsatz der Netzbooster-Pilotprojekte und des Pumpspeicherkraftwerks Vianden
- „kurative Systemführung Variante 2“: wie Variante 1 und zusätzlich eingeschränktem kurativem HGÜ- und PST-Einsatz
- „kurative Systemführung Variante 3“: wie Variante 1 und zusätzlich uneingeschränktem kurativem HGÜ- und PST-Einsatz

Darüber hinaus wurde die Abhängigkeit des Potenzials zur Redispatchkostenminderung von saisonalen und tageszeitlichen Einflüssen sowie Markteingangsdaten, konkret Windenergieeinspeisung (onshore/offshore), PV-Einspeisung, Elektrolyseureinsatz und Last in Form von Korrelationsanalysen für die Variante mit dem größten Kostenreduktionspotenzial näher untersucht.

Dabei zeigt sich, dass der Nutzen des Netzboosters vor allem in den Wintermonaten signifikant ist, während eine Abhängigkeit von der Tageszeit kaum ausgeprägt ist (Abbildung 1).

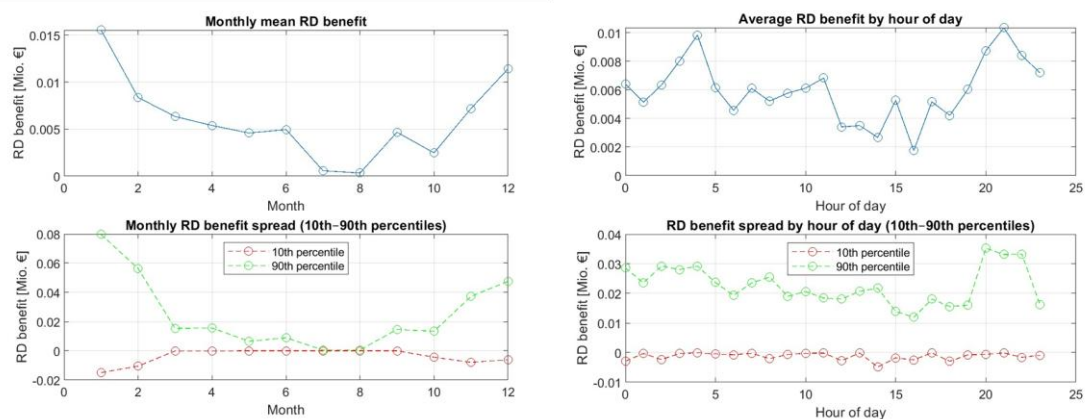


Abbildung 1: Abhängigkeit des Netzboosternutzens von Jahres- und Tageszeit
(Quelle: Amprion)

Mit Blick auf die Markteingangsdaten kann eine deutliche Korrelation der Einsparung von Redispatchkosten durch den Netzboostereinsatz mit der Windenergieeinspeisung festgestellt werden. Für die anderen untersuchten Eingangsdaten ist nur eine schwache bis keine Abhängigkeit zu erkennen (Abbildung 2).

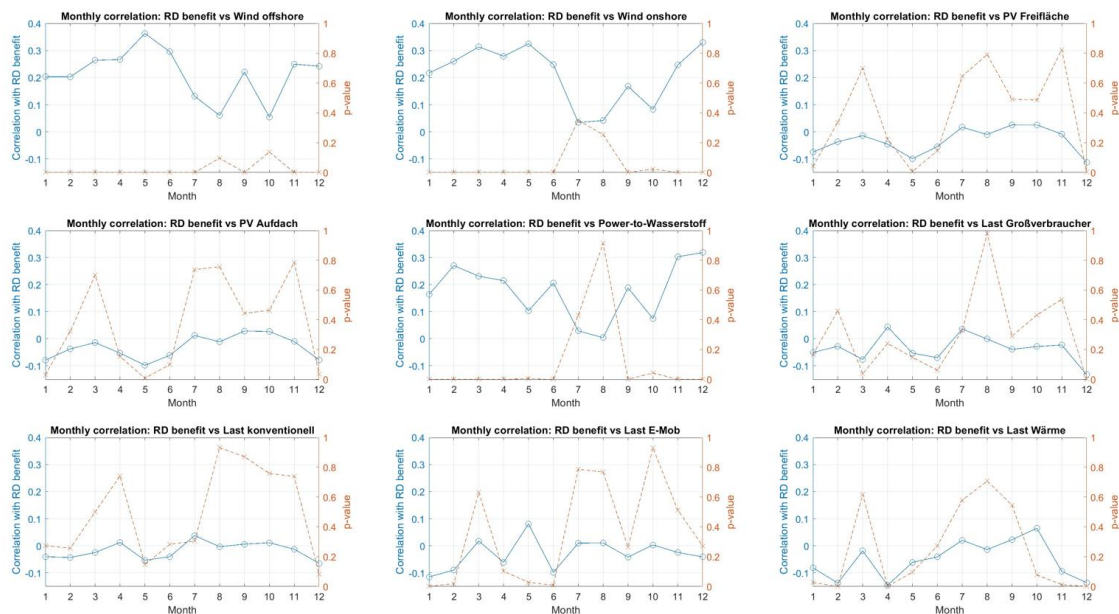


Abbildung 2: Korrelation von Netzboosternutzen mit Markteingangsdaten (Quelle: Amprion)

Auf Basis der Detaillerggebnisse zur Redispatchkosteneinsparung in Zeitreihenform und den Ergebnissen der Korrelationsanalysen wurden die Auswirkungen folgender Einschränkungen bei der Verfügbarkeit der Netzbooster-Funktionalität untersucht:

- „Limitierung Jahreszeit“: Die Netzbooster-Funktionalität ist nur in den Monaten Januar-März und November-Dezember verfügbar.
- „Limitierung Windenergieeinspeisung“: Die Netzboosterfunktionalität ist in den Stunden verfügbar, wenn die Summe der Windenergieeinspeisung onshore und offshore der jeweiligen Stunde größer als zwei Drittel des 98 %-Quantils³ der Windenergieeinspeisung im Jahresverlauf ist. Zusätzlich ist die Netzbooster-Funktionalität jeweils in den drei Stunden verfügbar, bevor o. g. Bedingungen erfüllt sind.

Die ermittelten Ergebnisse zeigen erwartungsgemäß eine nennenswerte Abhängigkeit der Potenziale zur Redispatchkosteneinsparung von den untersuchten Limitierungen für die Netzbooster-Funktionalität (Abbildung 3).

³ Durch Bezug zum 98 %-Quantil werden Auswirkungen von möglicherweise unplausiblen Zahlenwerten vermieden.

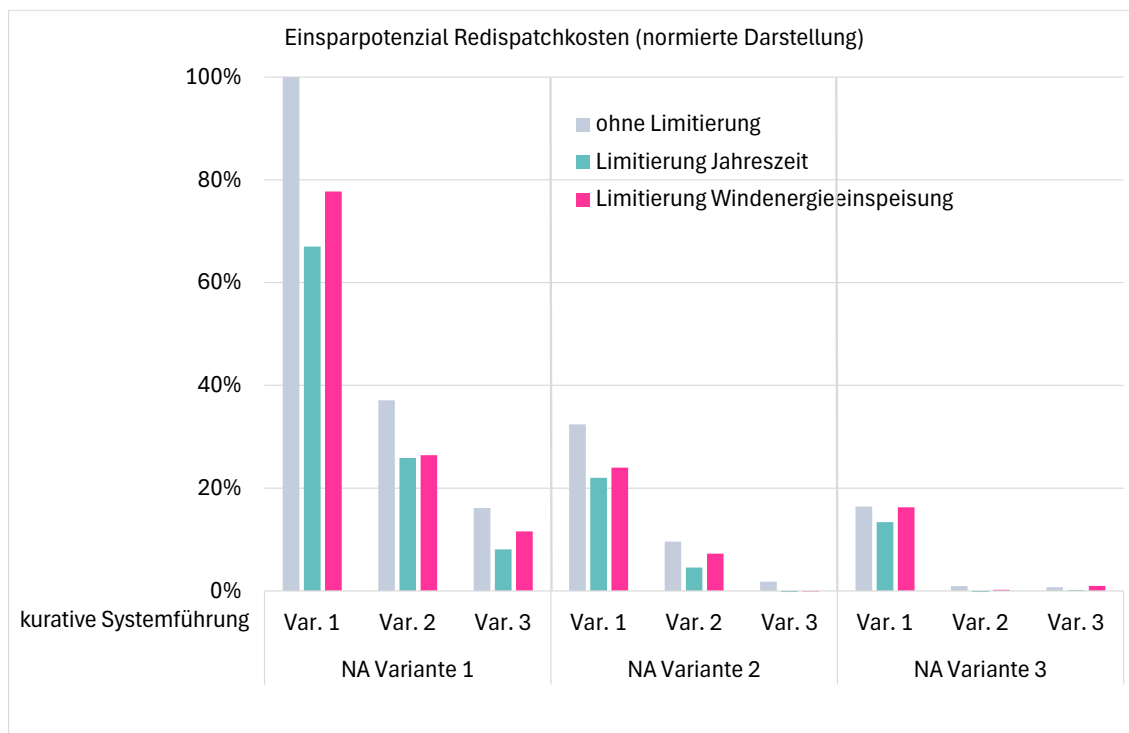


Abbildung 3: *Einsparpotenzial der Redispatchkosten durch den Netzbooster in Abhängigkeit von Netzausbau, Umsetzungsgrad der kurativen Systemführung und Limitierung der Verfügbarkeit der Netzbooster-Funktionalität*

Bei einer saisonalen Abgrenzung, in der die Netzbooster-Funktionalität ausschließlich in den Wintermonaten verfügbar ist, ergeben sich im Vergleich zum Fall ohne Einschränkungen nach wie vor signifikante Einsparpotenziale, die wie im Referenzfall sehr stark von den Annahmen zu Netzausbau und Umsetzungsgrad der kurativen Systemführung abhängen, aber durchgängig geringer ausfallen. Je nach Variantenkombination sinkt das Einsparpotenzial in einer Größenordnung von ca. 20-50 %.

Wird die Netzbooster-Funktionalität unabhängig von der Jahreszeit in Situationen mit hoher Windenergieeinspeisung zur Verfügung gestellt, kann ein deutlich höheres Potenzial zur Redispatchkostenminimierung erreicht werden. Die Einbußen im Vergleich zum Referenzfall betragen dann abhängig von den jeweiligen Annahmen zum Netzausbau und Umsetzungsgrad der kurativen Systemführung nur noch ca. 0-30 %.

3 Einsatz- und Vergütungskonzept

Die vorangegangene Analyse hat gezeigt, dass die systemischen Wirkungen eines Netzboosters zu großen Teilen auch dann erreicht werden können, wenn die Netzbooster-Funktionalität nur in Teilen des Jahres zur Verfügung steht. Das ist eine wichtige Voraussetzung, um diese Funktionalität im Sinne eines Systemboosters aus ansonsten am Markt agierenden Großbatteriespeichern anbieten zu können.

Die Untersuchungen haben dabei gezeigt, dass insbesondere zwei Einsatzweisen praktikabel erscheinen:

- Einerseits könnte, ähnlich wie beim dezentralen Netzbooster in Schwaben, eine saisonale Abgrenzung erwogen werden, bei der ein Großbatteriespeicher im Sommer marktlich betrieben werden kann und im Winter als Netzbooster zur Verfügung steht.
- Andererseits würden bei einer situativen Nutzung als Netzbooster, unabhängig von der Jahreszeit, ausschließlich in Starkwindsituationen Einschränkungen für den marktlichen Speicherbetrieb nur in sehr viel geringeren Zeiträumen resultieren. Gleichzeitig könnte sogar ein höherer Anteil des grundsätzlichen Potenzials zur Redispatchkostenminderung gehoben werden als bei einer rein saisonalen Unterteilung der Einsatzweisen.

Im Folgenden diskutieren wir deshalb, wie ein praktikables „Systembooster“-Beschaffungs-, Einsatz- und Vergütungskonzept aussehen könnte, das auf eine Nutzung als Netzbooster ausschließlich in Starkwindsituationen zielt. Dabei berücksichtigen wir auch die Erfahrungen aus dem von Amprion gemeinsam mit RWE und TenneT durchgeführten und grundsätzlich ähnlich gelagerten Pilotprojekt KuPilot, bei dem ein kurativer Einsatz mit dem Pumpspeicherkraftwerk Vianden untersucht wird. Das Projekt selbst sowie die wesentlichen Erkenntnisse daraus sind nachfolgend kurz beschrieben.

Exkurs: Projekt KuPilot

Im Projekt „KuPilot“ erfolgt die Pilotierung eines kurativen Redispatches mit Hilfe eines Pumpspeicherkraftwerks (PSKW Vianden) als bilanzielle Redispatch-Quelle, sowie eines Offshore-Windparks (OWP Diele) als engpassensitive Redispatch-Senke für den Netzabschnitt der Übertragungsnetzregion Emsland. Im Zuge dieses Pilotbetriebs wird eine Redispatch-Leistung von +/-200 MW angestrebt. Diese Leistung wird bei Ausfall eines Stromkreises automatisiert mit einer Reaktionszeit von 5 Minuten aktiviert. Der Anlagenbetreiber des PSKW hält für den eventuell eintretenden Abruf eine Leistung von 200 MW mit einer Energie von 200 MWh vor. Die Vorhaltung für den Geschäftstag erfolgt über eine tägliche Anforderung zwei Tage im Voraus, bevor sich das PSKW auf dem aFRR-Markt (Sekundärregelleistung/-arbeit) vermarktet.

Erste Erkenntnisse nach 6 Monaten Pilotbetrieb zeigen, dass eine Anforderung D-2 aufgrund von Prognoseunsicherheiten im Engpassmanagementprozess herausfordernd ist. Die Engpassituation (für den in KuPilot betrachteten Engpass) wird hier tendenziell überschätzt, weshalb viele angeforderte Zeitscheiben im Nachgang keinen Nutzen stiften konnten. Hier gilt es, in Zukunft grundsätzlich die Prognoseunsicherheit zu reduzieren bzw. den Anforderungszeitpunkt möglichst nah an den Erbringungszeitpunkt zu legen, wodurch sich jedoch die kurativen Potentiale bei Marktanlagen (durch entsprechende Vermarktung an den Strom und Systemdienstleistungsmärkten) reduzieren.

Die Kosten für die Vorhaltung werden in Abstimmung mit der Bundesnetzagentur über eine eigene freiwillige Selbstverpflichtung (FSV) „KuPilot“ refinanziert. Die Kostenbestandteile sind:

- Opportunitätskosten: Für jede erfolgte Anforderung werden entgangene Erlösmöglichkeiten am aFRR-Markt erstattet.
- Fixkosten: Unterteilt in eine pauschale Fixvergütung für die technische Ertüchtigung der kurativen Leistungsbereitstellung und eine laufzeitabhängige Fixvergütung, welche alle anderen Opportunitäten umfasst. Die laufzeitabhängige Fixvergütung basiert auf einer Annahme der Anzahl von Anforderungen in der betrachteten Laufzeit.

Die Erfahrungen aus dem bisherigen Pilotbetrieb zeigen, dass die Fixkosten einen Großteil der bisherigen Kosten ausmachen. Die Fixkosten sind unabhängig von der tatsächlich getätigten Anzahl an Anforderungen, die aufgrund verschiedenster betrieblicher Gründe deutlich geringer ausfällt, als die vorab angenommene Anforderungszahl in der Laufzeit. Ein Vergütungsmechanismus mit anforderungsabhängiger Fixvergütung wäre in Zukunft anzustreben.

Die in der FSV „KuPilot“ vorgesehene Vergütungslogik ist teilweise nicht vollständig in der aktuell regulatorisch geltenden Kostenerstattungssystematik im Redispatch abbildbar. Bei Kostenerstattungs- und ggf. marktlichen Vergütungskonzepten ist zu berücksichtigen, dass der regulatorische Rahmen ggf. anzupassen ist.

Mit Blick auf die Regularien für die Systembooster-Dienstleistung erscheint es sinnvoll, zunächst das Einsatzkonzept zu beschreiben, aus dem sich Konsequenzen für Beschaffung und Vergütung ableiten. Wesentliche Anforderungen an das Einsatzkonzept sind, aus Sicht der Übertragungsnetzbetreiber, die planbare und sichere Verfügbarkeit der Netzbooster-Funktionalität im Bedarfsfall sowie die Passfähigkeit zu bestehenden Engpassmanagementprozessen und Zeitabläufen. Aus Sicht des Betreibers des Großbatteriespeichers ist insbesondere die Kompatibilität mit der sonstigen Vermarktung des Speichers relevant. Das bedeutet insbesondere, dass Netzbooster-Anforderungen bei relevanten Vermarktungsentscheidungen bekannt sind bzw. dass die Erfüllung bereits eingegangener Verpflichtungen am Strommarkt durch reguläre Anforderungen der Netzbooster-Anforderungen⁴ nicht unmöglich gemacht werden. Außerdem müssen aus Sicht des Speicherbetreibers alle aus der Netzboosterfunktionalität resultierenden Verpflichtungen, insbesondere zu Ladezuständen und zur Wiederbeladung des Speichers im Falle einer Aktivierung des Netzboosters, zweifelsfrei geklärt sein.

3.1 Einsatzkonzept

Wir schlagen deshalb folgendes Einsatzkonzept vor, das diese Bedingungen umsetzt. Dabei geben wir jeweils an, wann entsprechende Aktionen erfolgen sollten, und bezeichnen mit *D* den (Starkwind-)Tag, an dem der Großspeicher zur Bereitstellung von Netzbooster-Funktionalität genutzt werden soll. Wir bezeichnen weiterhin mit Anforderung des Netzboosters eine Situation, bei der die bereitstellende Großbatterie nicht mehr am Strommarkt vermarktet werden darf, sondern mit einem vorab vereinbarten Ladezustand in Bereitschaft steht, um ggf. netzentlastend zu agieren. Aktivierung des Netzboosters meint dann die tatsächliche Einspeisung oder Entnahme von Leistung. Die Aktivierung setzt die Anforderung voraus. Sie wird aber nur in einem begrenzten Teil der Anforderungsfälle notwendig werden, insbesondere dann, wenn während des Anforderungszeitraums ein Fehler im System auftritt und das kurative Systemführungskonzept zu dessen Beherrschung Netzbooster nutzt.

- (optional) *D-7 bis D-2*: *unverbindliche Vorabinformation an die Speicherbetreiber*, dass eine Anforderung der Netzbooster-Funktion notwendig werden könnte. Diese Vorabinformation kann auf Basis der Daten des bei den ÜNB durchgeführten WAPP-Prozesses erfolgen und dient lediglich der frühzeitigen Information des Speicherbetreibers für seine Betriebsplanung. Aufgrund der im WAPP-Zeitbereich noch hohen Prognoseunsicherheiten ist diese

⁴ Sofern zur Gewährleistung der Sicherheit und Stabilität des Stromversorgungssystems notwendig, könnte der Übertragungsnetzbetreiber die Netzbooster-Funktionalität auf Grundlage der Kompetenzen nach § 13 Abs. 2 EnWG auch dann anfordern, wenn dies Konsequenzen für sonstige Verpflichtungen des Großbatteriespeichers hätte. Wir gehen aber nachfolgend davon aus, dass solche Anforderungen nur als ultima ratio erfolgen und nicht Bestandteil des regulären Einsatzkonzepts sein sollten.

Vorabinformation zwangsläufig unverbindlich. Weder verpflichtet sie die ÜNB zur Anforderung, noch ist eine Anforderung ohne Vorabinformation ausgeschlossen. Wir gehen jedoch davon aus, dass zumindest der Ausschluss einer Anforderung z. B. am Tag *D-2* mit hoher Sicherheit möglich ist.

- *D-2 bzw. Nacht D-2 auf D-1: Entscheidung über die Notwendigkeit einer Netzbooster-Anforderung durch die ÜNB* auf Basis der vorliegenden Informationen, insbesondere im Rahmen der Validierung der Kapazitätsberechnung. Dabei ist die Unsicherheit der zu diesem Zeitpunkt vorliegenden Informationen zu berücksichtigen und, mit Blick auf die Gewährleistung einer sicheren Systemführung, eine Anforderung auch bei Zweifel über ihre tatsächliche Notwendigkeit durchzuführen. Teil der Entscheidung über die Anforderung ist auch, die Festlegung der genauen Market Time Units (viertelstundenscharf)/Zeitbereiche, für die die Anforderung erfolgt. Hier sind ausreichende Toleranzfenster für Prognosefehler vorzusehen. Aus Praktikabilitätsgründen und mit Blick auf die Erfüllbarkeit der Ladezustandsbedingungen für den Netzboosterbetrieb schlagen wir vor, dass pro Tag maximal ein Anforderungszeitfenster auftritt und mehrere sich theoretisch ergebende Zeitfenster, inklusive der dazwischen liegenden Zeiträume, ggf. zusammengefasst werden. Mit Blick auf die konkrete Festlegung des Anforderungszeitfensters und den Herausforderungen bei den zu berücksichtigenden Prognosefehlern sollten die Erfahrungen aus dem „KuPilot“-Projekt (vgl. Exkurs in Kapitel 3) in geeigneter Weise einfließen. Sofern die Anforderungsentscheidung nicht vom geplanten/auf Basis von beobachtetem Verhalten abgeschätzten Einsatz des Speichers selbst abhängig gemacht wird, sondern z. B. auf rein exogenen Größen wie der erwarteten Windenergieleistung beruht, kann ein strategisches Verhalten der Speicher zur nicht systemdienlichen Maximierung der eigenen Erlöse (im Sinne von Inc-Dec-Gaming) ausgeschlossen werden.
- *D-1 morgens: Übermittlung der Anforderung an den Speicherbetreiber*. Die Übermittlung der Anforderung sollte mit ausreichender Vorlaufzeit zur Gate Closure des ersten für die Speichermarkt relevanten *D-1*-Marktplatzes stattfinden. Entsprechend den aktuellen Zeitabläufen ist das die tägliche Beschaffung von Frequency Containment Reserve (Primärregelleistung) mit einer Gate Closure um 08:00 Uhr. Wir empfehlen daher eine Übermittlung der Anforderungen bis 07:00 Uhr *D-1*.
- *D-1 tagsüber bis Anforderungsbeginn: Sicherstellung des Speicherfüllstandes*. Zum Beginn des Anforderungszeitraums hat der Speicherbetreiber sicherzustellen, dass der Speicherfüllstand den Anforderungen für die Erbringung der Netzbooster-Funktionalität (z. B. eine Stunde Ausspeicherung mit voller Leistung möglich) entspricht. Er kann nach Erhalt der Anforderung alle Möglichkeiten der Speicherbewirtschaftung, insbesondere Intraday- und Day-Ahead-Handelsgeschäfte, nutzen, um die Speicherfüllstandsbedingung zu erfüllen. Sinnvollerweise sollten die Übertragungsnetzbetreiber in ihrer Betriebsplanung sicherstellen, dass der Speicher im Zeitraum zwischen Übermittlung der Anforderung und Beginn des Anforderungszeitraums keinen Redispatch-Maßnahmen unterliegt.
- *D während des Anforderungszeitraums: Erbringung der Netzbooster-Funktion*. Während des Anforderungszeitraums hat der Speicherbetreiber sicherzustellen, dass der Netzbooster im Bedarfsfall innerhalb der vorgesehenen Zeiträume aktiviert werden kann. Dafür ist eine geeignete leittechnische Anbindung, z. B. analog der Anbindung für die Erbringung von aFRR (Sekundärregelleistung), vorzusehen. Sollten während des Anforderungszeitraums

technische Probleme auftreten, ist der Anschluss-ÜNB umgehend zu informieren. Netzeinspeisungen oder -entnahmen des Speichers außer der unmittelbaren Reaktion auf eine Aktivierung des Netzboosters sind während des Anforderungszeitraums untersagt.

- *D nach dem Anforderungszeitraum/D+1: Rückkehr in den marktlichen Betrieb.* Nach dem Ende des Anforderungszeitraums kann der Speicher vom Speicherbetreiber wieder an allen relevanten Marktplätzen vermarktet werden. Es erfolgt kein bilanzieller Ausgleich von Speicherfüllstandsänderungen durch die Aktivierung des Netzboosters. Aktivierungen werden stattdessen im Vergütungskonzept berücksichtigt.
- Folgen Anforderungen so dicht aufeinander, dass eine evtl. notwendige Wiederbefüllung⁵ des Speichers technisch nicht oder nicht vollständig möglich ist, ist das dem Speicherbetreiber nicht zur Last zu legen. Er ist in diesem Fall lediglich verpflichtet, zwischen den Anforderungsperioden den Speicherfüllstand so nahe wie möglich an die Füllstandsvorgabe zu bringen.

3.2 Vergütungskonzept

Das Vergütungskonzept für die Systembooster-Dienstleistung zielt darauf ab, aus Sicht der ÜNB die Netzbooster-Funktionalität zu geringstmöglichen Kosten zu beschaffen. Das bedeutet auch, dass vom Anbieter nicht bewert- und steuerbare Risiken möglichst nicht auf ihn übertragen werden sollten. Denn derartige Risiken würden in die geforderte Vergütung eingepreist und letztendlich die Systemdienstleistung verteuern. Wir schlagen deshalb ein auf mehreren Säulen basierendes Vergütungskonzept vor, das eine anforderungsunabhängige Vergütungskomponente für die grundsätzliche Vorhaltung der Systembooster-Dienstleistung, eine Zahlung pro Anforderung zum näherungsweise Ausgleich der damit verbundenen Opportunitätskosten und eine zusätzliche Zahlung im (seltenen) Aktivierungsfall zum Ausgleich der damit verbundenen Speicherfüllstandsänderungen enthalten kann. Insbesondere bei der Vergütung von Fixkosten sollten die Erfahrungen aus dem „KuPilot“-Projekt (vgl. Exkurs in Kapitel 3) berücksichtigt werden. Nachfolgend gehen wir auf die unterschiedlichen Vergütungskomponenten näher ein.

- *Anforderungsunabhängige Vorhalteprämie:* Die anforderungsunabhängige Vorhalteprämie wird in €/kW Ein-/Ausspeicherleistung ausgezahlt und in einer Beschaffungsauktion bestimmt.
- *Anforderungsabhängiger Opportunitätskostenausgleich:* In Phasen, in denen der Speicher Netzbooster-Funktionalitäten erbringt, kann er nicht gleichzeitig am Strommarkt tätig sein. Insbesondere, wenn ein Einsatzkonzept gewählt wird, bei dem die Zahl bzw. der Zeitraum der Netzbooster-Anforderung nicht ex ante feststeht oder zumindest beschränkt ist, sind die daraus resultierenden Opportunitätskosten für einen Speicherbetreiber schwer zu bewerten und wären ohne explizite Vergütung mit Risikoaufschlägen in das Gebot für die Vorhalteprämie einzupreisen. Wir schlagen deshalb vor, für jede Anforderung einen individuellen Opportunitätskostenausgleich zu zahlen. Hierfür scheinen zwei Ansätze denkbar.
 - **Gebotsbasierter Ausgleich:** Eine Möglichkeit könnte darin bestehen, im Rahmen des Gebotsverfahrens vom Anbieter ein Gebot für eine Vergütung pro Anforderungsstunde abzufragen. Der Speicherbetreiber müsste damit zwar weiterhin die – in seinem Einflussbereich liegenden – Opportunitätskosten abschätzen, die ihm durch einen Wegfall der wettbewerblichen Vermarktungsmöglichkeiten im Einzelfall entstehen, aber er

⁵ Bzw. bei einem für die Leistungsaufnahme vorgesehenen Netzbooster eine Entleerung

müsste keine Schätzung der von ihm nicht beeinflussbaren Zahl und Dauer der tatsächlichen Anforderungsfälle vornehmen. Ein gebotsbasierter Ausgleich erscheint vor allem dann praktikabel, wenn es einen wirksamen Wettbewerb um die Erbringung der Systembooster-Dienstleistung gibt (was in der Hochlaufphase des Konzepts nicht unbedingt gesichert ist).

- **Abschätzung der Opportunitätskosten:** Alternativ wäre denkbar, die Opportunitätskosten modellbasiert abzuschätzen. Aufgrund der komplexen Vermarktungsstrategien von Speichern könnte das nur näherungsweise und mit erheblichen Unsicherheiten erfolgen. Auch eine nur grobe Abschätzung und Vergütung sollte dennoch das Risiko des Speicherbetreibers aus einer für ihn unbekanntem Zahl von Anforderungen erheblich verringern. Ein einfaches Modell könnte z. B. darin bestehen, den täglich pro MW Speicherleistung erreichbaren Deckungsbeitrag aus dem (ggf. um Wirkungsgradverluste korrigierten) Delta der vier teuersten und günstigsten Stunden eines Handelstages zu berechnen, in einen durchschnittlichen viertelstündlichen Deckungsbeitrag pro MW Speicherleistung umzurechnen und diesen pro Anforderungsviertelstunde skaliert mit der als Systembooster angebotenen Speicherleistung auszuzahlen. Da die Vermarktung von Batteriespeichern insbesondere am Intradaymarkt erfolgt, würden wir vorschlagen, für die Ermittlung der teuersten und günstigsten Stunden eines Handelstages einen ausreichenden liquiden Intraday-Index wie den ID3 zu verwenden.
- *Aktivierungsabhängige Kompensation für Füllstandsänderungen:* Eine tatsächliche Aktivierung der Netzbooster während der Anforderungsperiode ist nur bei Ausfällen von Netzbetriebsmitteln zu erwarten und dürfte eher selten auftreten. Für diesen Fall schlagen wir vor, dass die aus dem Speicher entnommene Energie vergütet wird, wobei eine Wiederbefüllungsstrategie unterstellt wird, bei der der Speicher innerhalb von acht Stunden nach dem Ende des Anforderungszeitraums durch möglichst günstige Handelsgeschäfte am Intradaymarkt, gemessen wiederum am ID3-Index, wiederbefüllt wird⁶.

Zu diskutieren wäre ggf., ob auf eine anforderungsunabhängige Vorhalteprämie komplett verzichtet werden kann und zusätzlich zur aktivierungsabhängigen Kompensation lediglich ein gebotsbasierter, anforderungsabhängiger Opportunitätskostenausgleich gezahlt wird.

Ohne dies hier vertieft zu diskutieren sei zudem darauf hingewiesen, dass neben den Vergütungsregeln auch ein Pönalenkonzept für die Beanreizung einer ausreichenden Verfügbarkeit im Anforderungsfall benötigt wird.

3.3 Beschaffungskonzept

Die Beschaffung für Systembooster-Dienstleistungen mit dem oben beschriebenen Einsatz- und Vergütungskonzept kann wie die Beschaffung sonstiger Systemdienstleistungen auch als Einkaufsauktion erfolgen. Daran könnten präqualifizierte Speichieranlagen mit einem Netzanschluss innerhalb eines von den Übertragungsnetzbetreibern auszuweisenden netztechnisch geeigneten Gebiets teilnehmen⁷. Das Zuschlagskriterium wäre die geforderte Vorhalteprämie bzw., bei einem gebotsbasierten anforderungsabhängigen Ausgleich, die Summe aus

⁶ Bei einem für die Leistungsaufnahme vorgesehenen Netzbooster wäre im Aktivierungsfall eine Zahlung vom Betreiber an den ÜNB vorzusehen.

⁷ Wir halten es für sinnvoll, einen direkten Anschluss am Übertragungsnetz zu fordern, da im Aktivierungsfall keine zeitlichen Spielräume für eine Koordination mit Verteilungsnetzbetreibern bestehen.

Vorhalteprämie und dem Produkt aus einer den Erwartungen der ÜNB entsprechenden Anforderungstundenzahl⁸ und dafür gefordertem Ausgleich.

Anders als bei der bisherigen Beschaffung von Netzbooster-Anlagen, die immer mit langlaufenden, mehrjährigen Verträgen/Bindungen einhergegangen ist, kann die Ausschreibung der Systemdienstleistung auch für kürzere Zeiträume von z. B. einem Jahr erfolgen, was die Anpassung der beschafften Menge an die zwischenzeitlichen Entwicklungen bei Redispatchbedarf und Netzausbau sowie, im Bedarfsfall, auch eine Anpassung der Ausschreibungsbedingungen ermöglicht.

Bei der Beschaffung kann durch eine Obergrenze der Zahlungsbereitschaft in Höhe der durch die Netzbooster-Funktionalität zu erwartenden Einsparungen bei den Redispatchkosten bzw. des für den Netzbooster in Nordrhein-Westfalen genehmigten Budgets eine Wirtschaftlichkeit für die Netzentgeltzahler sichergestellt werden.

4 Auswirkungen auf die Erlöse eines Großbatteriespeichers

Zur näherungsweise Quantifizierung der Auswirkungen der Systembooster-Dienstleistung auf die Erlöse eines Großbatteriespeichers, wurden Simulationen des Energiemarkts für ein Marktszenario für das Jahr 2040 auf Basis des im Ten-Year Network Development Plan (TYNDP) dokumentierten erweiterten „National Trends“ Szenarios (NT+) durchgeführt.

Als Referenz dient eine Rechnung mit einer zusätzlichen Großbatterie mit einer installierten Leistung von 250 MW und einer Energie von 250 MWh.

Als Vermarktungsvarianten wurden die in Kapitel 2 beschriebenen Limitierungen betrachtet. In den Zeitbereichen, für die keine Netzbooster-Funktionalität bereitgestellt werden muss, kann der Batteriespeicher vollständig vermarktet werden. Darüber hinaus wurde in den Berechnungen sichergestellt, dass der Speicher beim Übergang in den Netzbooster-Betrieb vollständig geladen ist.

Die Ergebnisse zeigen, dass bei Beschränkung des marktlichen Betriebs hauptsächlich auf die Sommermonate der Zeitraum mit Marktteilnahme auf rund 60 % sinkt und gleichzeitig eine Erlösreduktion von rund 25 % erkennbar ist. Auch bei einem Ausschluss der Marktteilnahme in Stunden mit hoher Windenergieeinspeisung ergibt sich eine nennenswerte Reduktion der Stunden mit Marktteilnahme des Speichers von knapp 15 %, allerdings fallen die Erlöseinbuße durch die Stunden ohne marktlichen Betrieb mit etwa 3 % gering aus (Abbildung 4).

⁸ Diese erwartete Anforderungstundenzahl wäre bei Veröffentlichung der Ausschreibung bekanntzugeben.

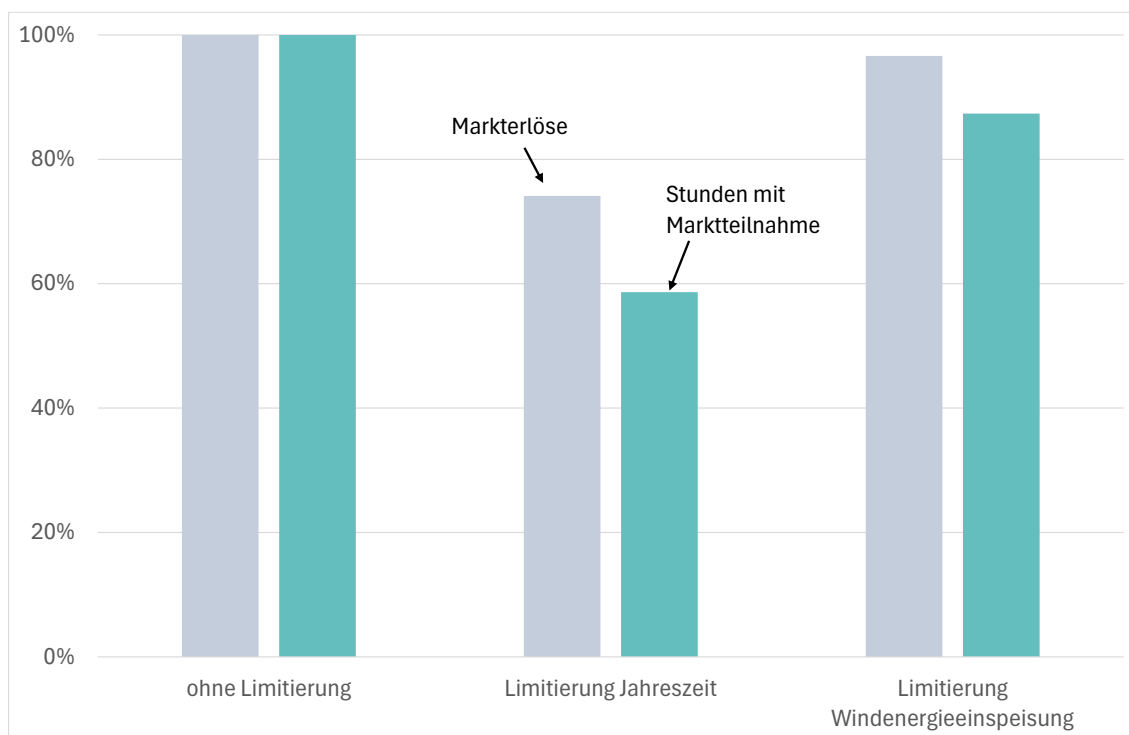


Abbildung 4: Marktteilnahme und Markterlöse des betrachteten Batteriespeichers in Abhängigkeit von den Annahmen zur Bereitstellung der Netzbooster-Funktionalität

Somit zeigt sich, dass bei einer situativen Nutzung als Netzbooster, unabhängig von der Jahreszeit, Erlöseinbußen für den marktlichen Speicherbetrieb nur in geringerem Ausmaß auftreten und, wie in Kapitel 2 ausgeführt, gleichzeitig ein hoher Anteil des grundsätzlichen Potenzials zur Redispatchkostenminderung genutzt werden kann.

5 Schlussfolgerungen für die Anwendbarkeit eines Systemboosters

Gegenstand des vorliegenden Kurzgutachtens war die Untersuchung der Frage, ob der im Rahmen der Erarbeitung des Netzentwicklungsplans genehmigte Bedarf an Netzbooster-Funktionalität, angesichts der für die nächsten Jahre erwarteten Inbetriebnahme von Großbatteriespeichern mit einer Leistung im zweistelligen GW-Bereich, statt über dedizierte Netzbooster-Anlagen auch als Systemdienstleistung von am Markt agierenden Speichern beschafft werden kann. Dieses Konzept wird hier als Systembooster bezeichnet.

Damit die Umsetzung von Systemboostern aussichtsreich erscheint, muss der Bedarf an Netzbooster-Funktionalität zeitlich beschränkt, identifizierbar und abgrenzbar sein. Außerdem wird ein praktikables Beschaffungs-, Vergütungs- und Einsatzkonzept benötigt. Wirtschaftlich attraktiv wird das Konzept dann, wenn die zu erwartenden Erlöseinbußen durch die Erbringung der Netzbooster-Funktion im Verhältnis zum gesamten Erlöspotenzial von Großbatteriespeichern begrenzt sind. Dann ist zu erwarten, dass die für die Systembooster-Dienstleistung geforderten Vergütungen auch nur einen Teil der Kapitalkosten der Großbatteriespeicher decken müssen und somit günstiger sind als dedizierte Netzbooster-Anlagen.

Die von uns durchgeführten Analysen auf Basis von NEP-Daten zeigen, dass die Netzbooster-Funktionalität zu einer erheblichen Redispatchkostensenkung nur in vergleichsweise kleinen

Anteilen des Jahres führt und dass diese Anteile ausnahmslos durch hohe Windenergieeinspeisungen gekennzeichnet sind. Darauf basierend schlagen wir ein Beschaffungs-, Vergütungs- und Einsatzkonzept vor, das den Großbatteriespeichern im Wesentlichen einen marktbasierten Einsatz ermöglicht, gleichzeitig klare Regeln vorgibt, wann und wie die Speicherkapazität in Starkwindphasen als Netzbooster zur Verfügung stehen muss und wie sie dafür vergütet wird.

Von uns durchgeführte Abschätzungen zeigen zudem, dass die Erlöseinbußen durch die Erbringung der Systembooster-Dienstleistung mit dem entwickelten Konzept im Vergleich zu einer vollständigen Vermarktung an den Strommärkten relativ gering sind. Es ist deshalb davon auszugehen, dass die Systembooster-Dienstleistung zu deutlich geringeren Kosten beschafft werden kann als eine dedizierte Netzbooster-Anlage.

Da zudem über die Zahlungsbereitschaft in der Beschaffungsauktion sichergestellt werden kann, dass über die Dienstleistung eine den Beschaffungskosten mindestens entsprechende erwartete Einsparung bei den Redispatchkosten gegenübersteht und gleichzeitig die Vertrags- und damit die Bindungsdauer kürzer gewählt werden kann, als bei einer expliziten Beschaffung von Netzbooster-Anlagen, kann und sollte das Systembooster-Konzept aus unserer Sicht weiterverfolgt werden.