



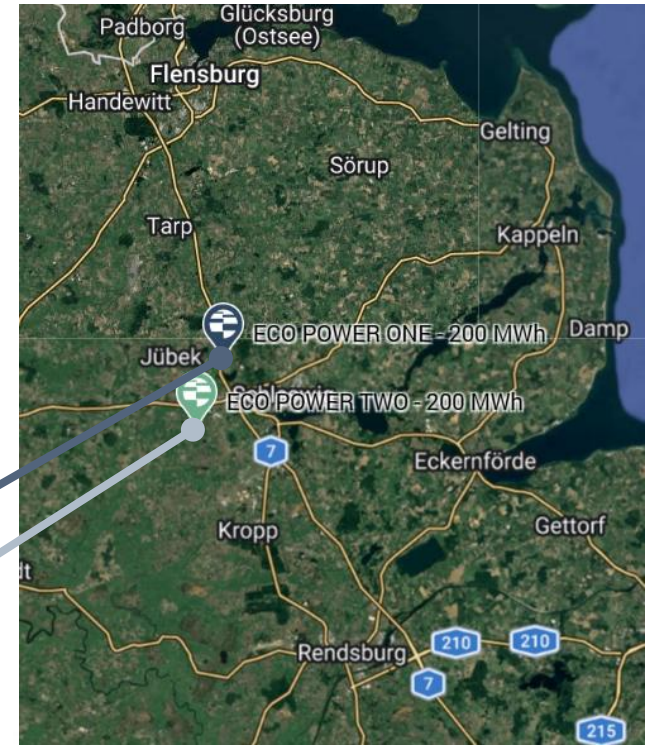
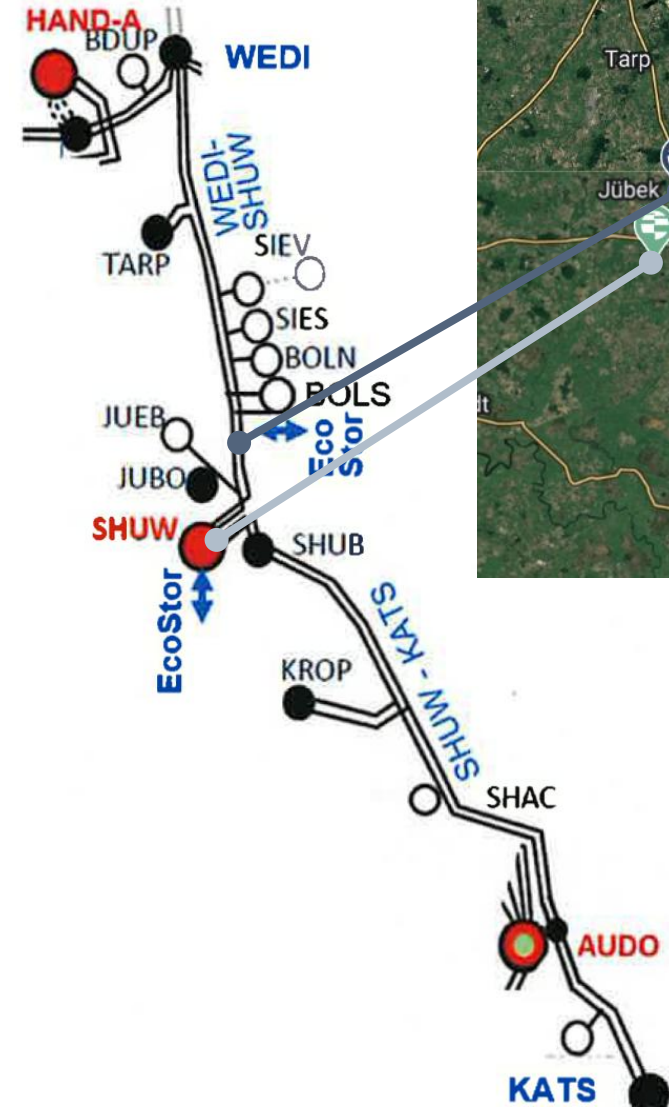
ecostor

Erfolgreiche Integration von Großspeichern in das Verteilnetz  
FCA Erfolgsmodell Bollingstedt - vom Experiment zur Blaupause

---

Georg Gallmetzer – 17. April 2026

# Vorbote der Disruption: Bollingstedt



# Großbatteriespeicher Bollingstedt: Leuchtturm der Speicherintegration

## Projekt KPI's:

- Anschlussleistung: 103.5 MW
- Speicherkapazität: 238 MWh
- Netzbetreiber: Schleswig-Holstein Netz
- Netzanschluss-Ebene: 110kV NE3

## Design: 2x ES-50C

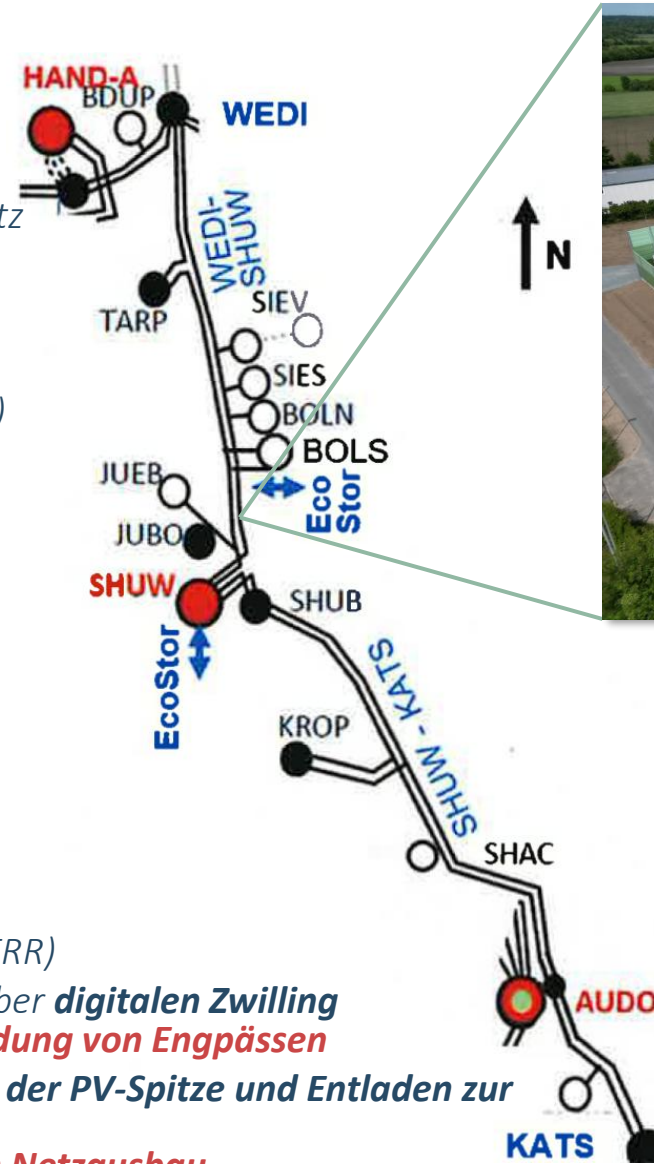
- 64 Batteriecontainer (LFP / 0.5C – 2h)
- 32 Wechselrichter
- 2 Umspannwerke 110kV/20kV

## Projekttablauf:

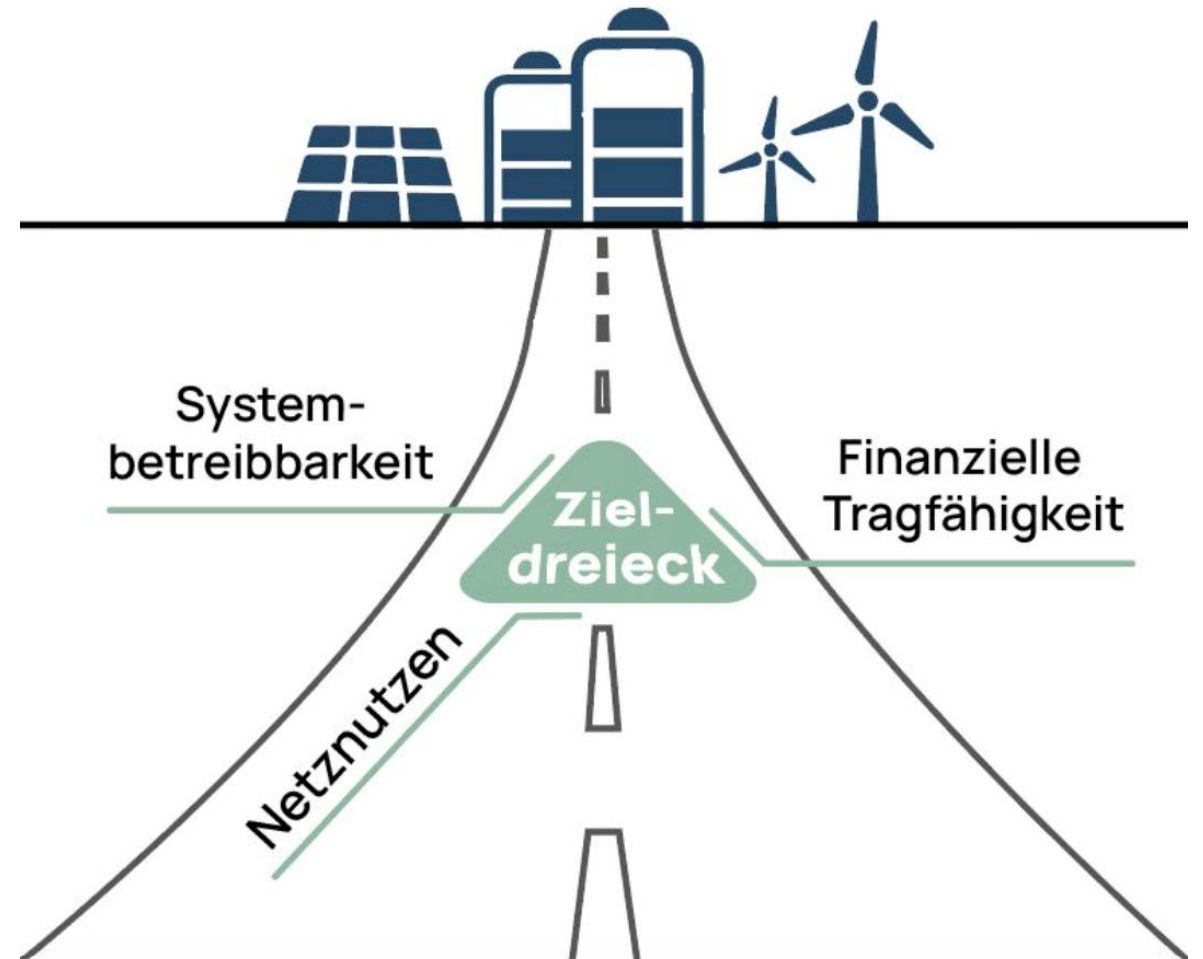
- Baubeginn: März 2024
- Netzzuschaltung: Februar 2025
- Betriebsbeginn: April 2025

## Betriebs-Strategie:

- SPOT-Vermarktung (DA/ID)
- Regelleistungs-Vermarktung (FCR/aFRR)
- Aktives Netzengpass-Management über **digitalen Zwilling** sorgt für **Netzneutralität => Vermeidung von Engpässen**
- Planbare Zwangsvorgaben für **Laden der PV-Spitze und Entladen zur Dunkelflaute** sorgen für **Netzdienlichkeit => Vermeidung von Netzausbau**

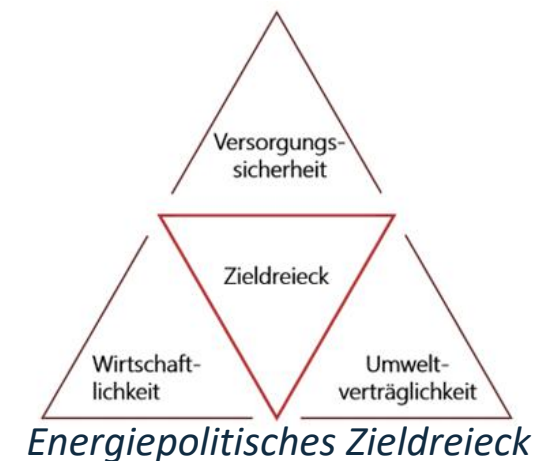
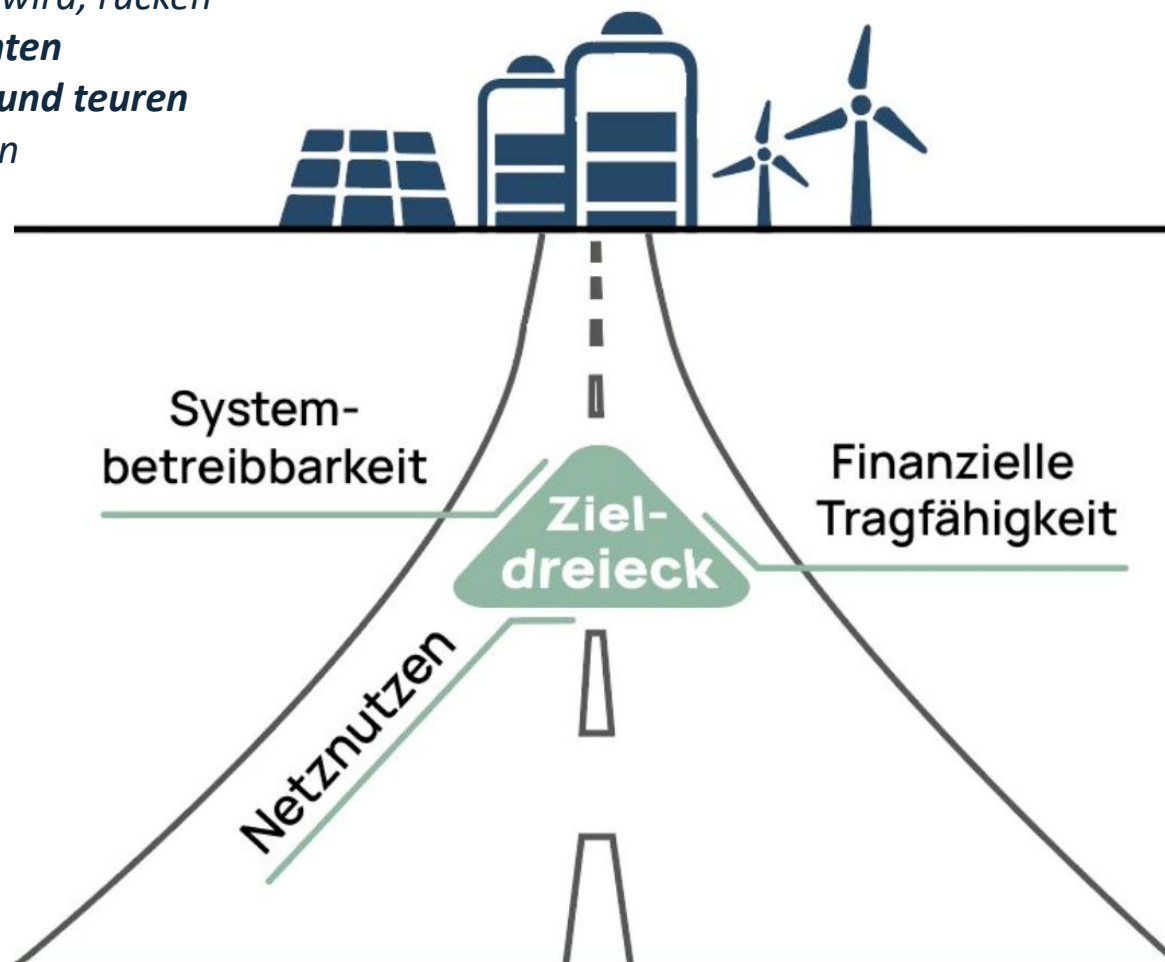


# Zieldreieck Speicherbetrieb



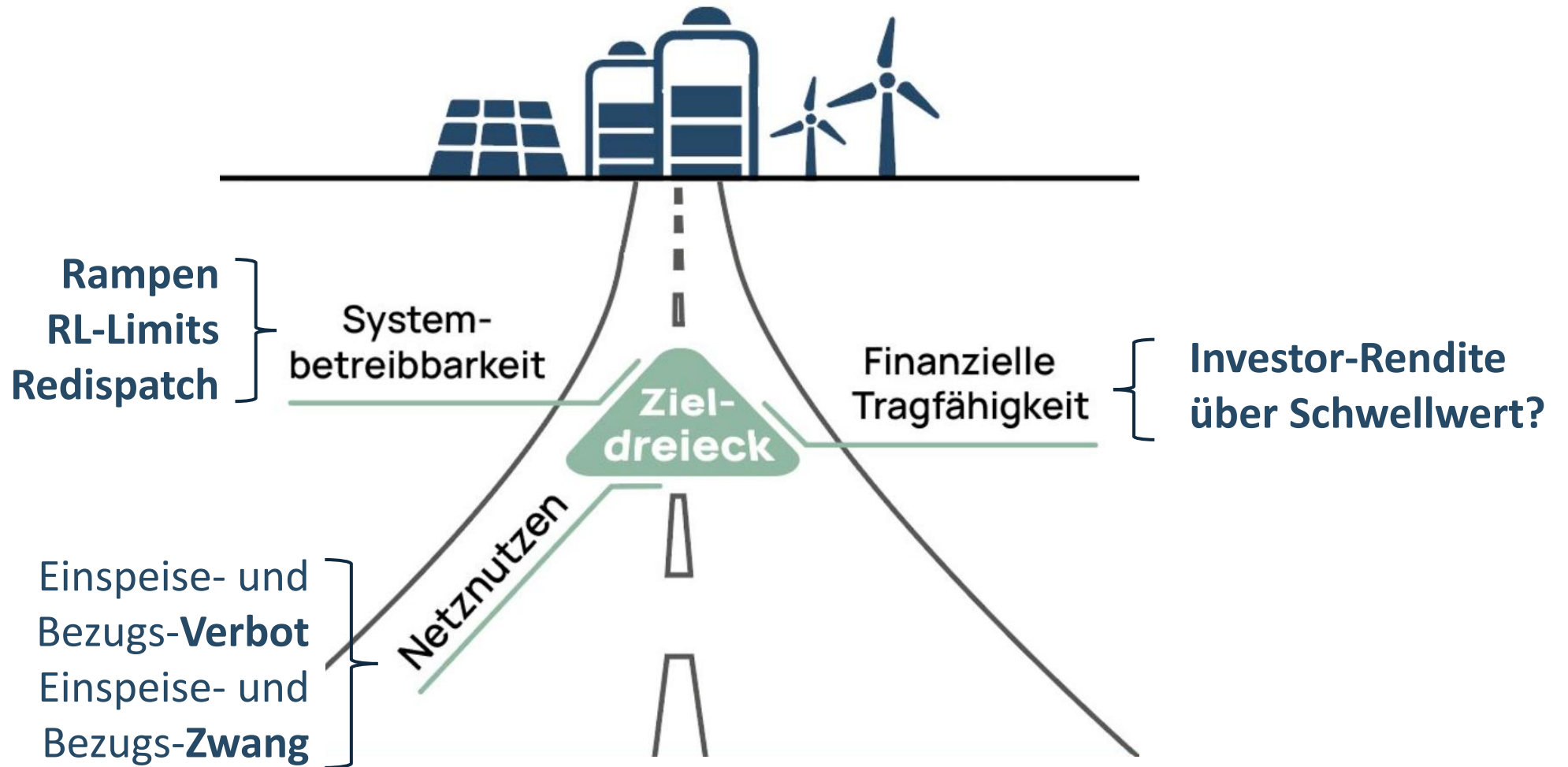
# Zieldreieck im Speicherbetrieb führt zur Notwendigkeit dynamischer FCAs

*In dem Maße, wie Netzkapazität zunehmend knapp und gleichzeitig die Errichtung neuer Kapazitäten teurer und langwieriger wird, rücken Strategien des **intelligenten Umgangs mit knappen und teuren Wirtschaftsgütern** in den Vordergrund.*

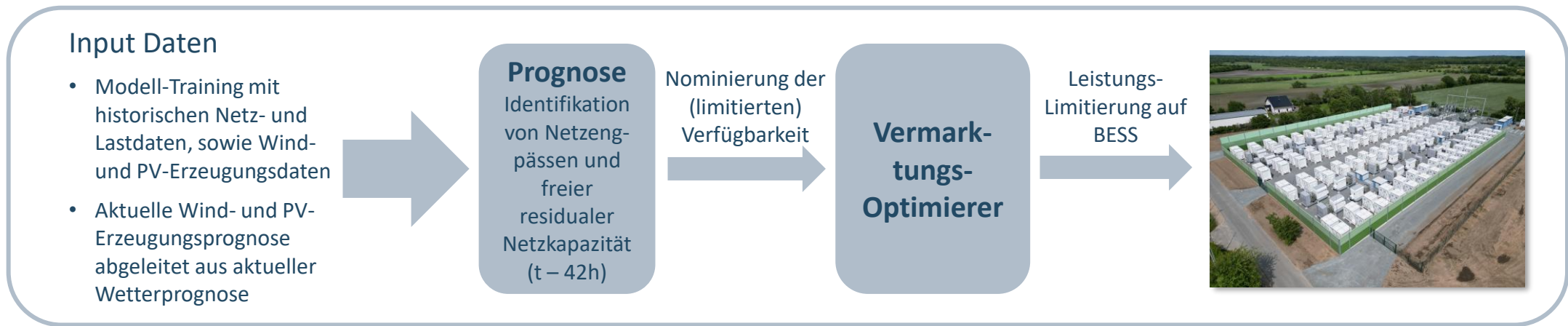
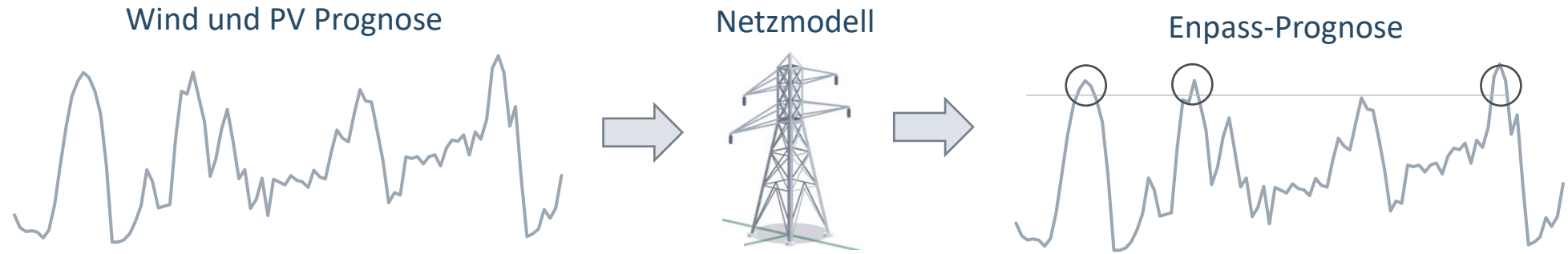


*In Anlehnung an das energiepolitische Zieldreieck entsteht das Wohlfahrts-Optimum im Betrieb von Speicheranlagen in einer Abwägung des Spannungsfelds zwischen den wechselwirkenden Zielen **Systembetreibbarkeit, Netznutzen und finanzieller Tragfähigkeit.***

# Lösung des Zieldreieck Spannungsfeld mittels dynamischer FCAs



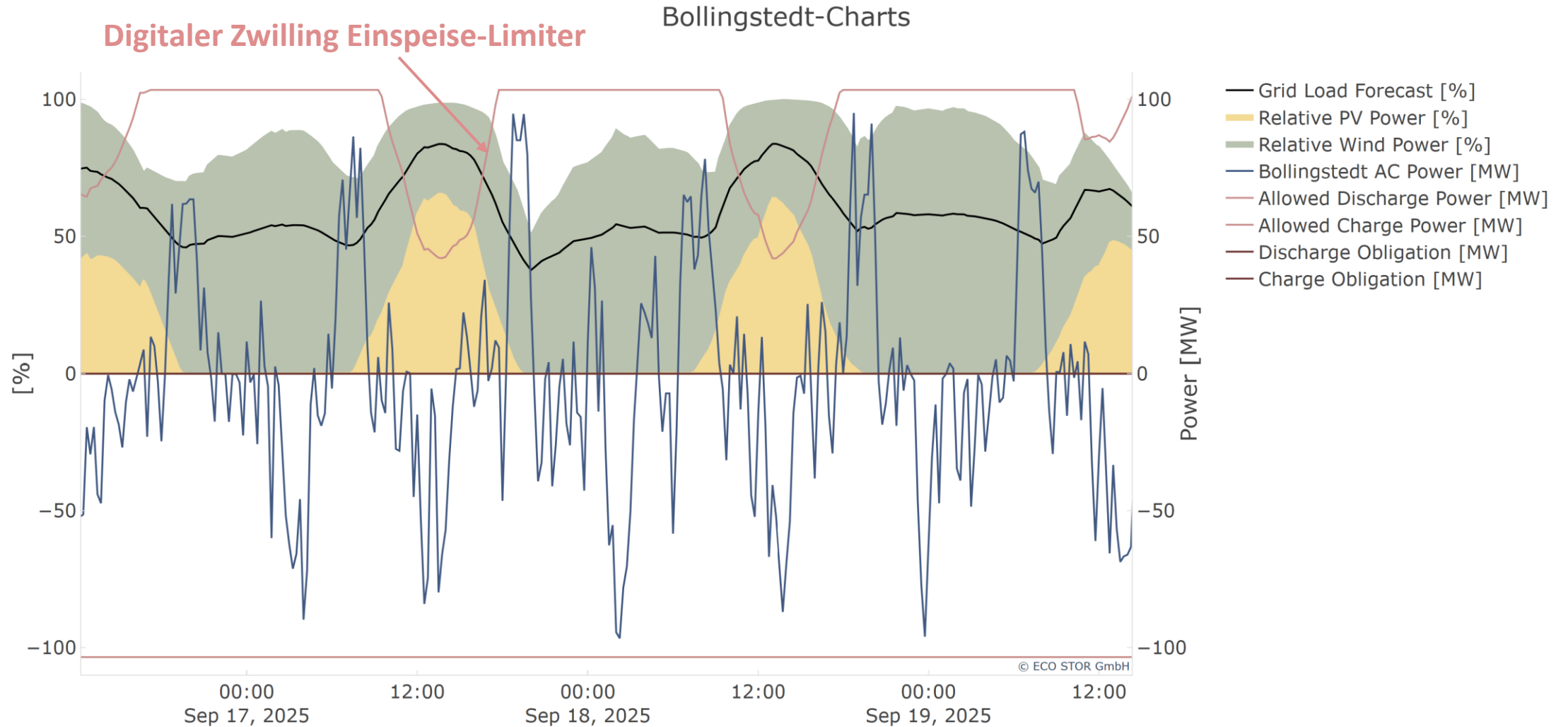
# Engpass-Management durch digitalen Zwilling



Funktionsumfang von ECO STOR's digitalem Zwilling zum Engpassmanagement am Netzverknüpfungspunkt

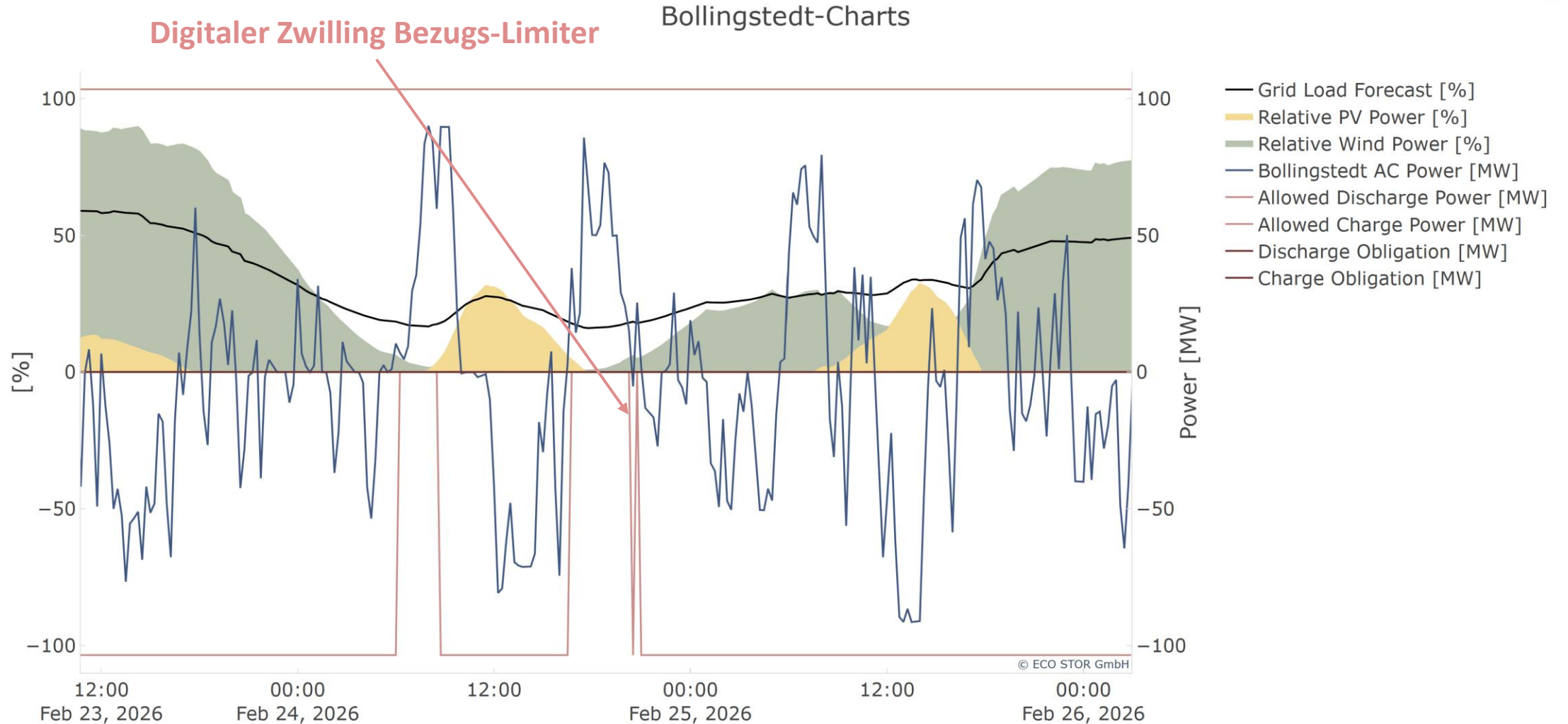
# Engpass-Management durch digitalen Zwilling für Netzneutralität

Einspeise-Netzneutralität: der Speicher fährt dem Einspeise-Engpass aus dem Weg



# Engpass-Management durch digitalen Zwilling für Netzneutralität

Bezugs-Netzneutralität: der Speicher fährt dem Bezugs-Engpass aus dem Weg

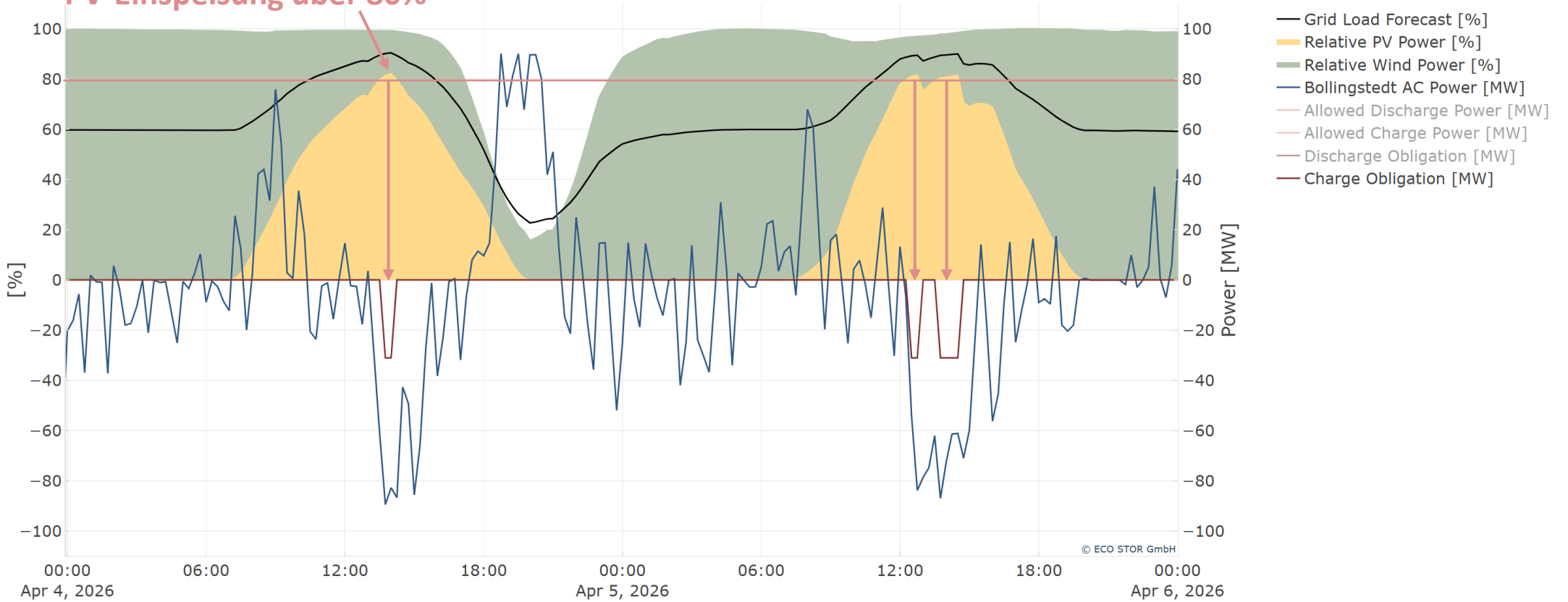


# Engpass-Management durch digitalen Zwilling für Netzdienlichkeit

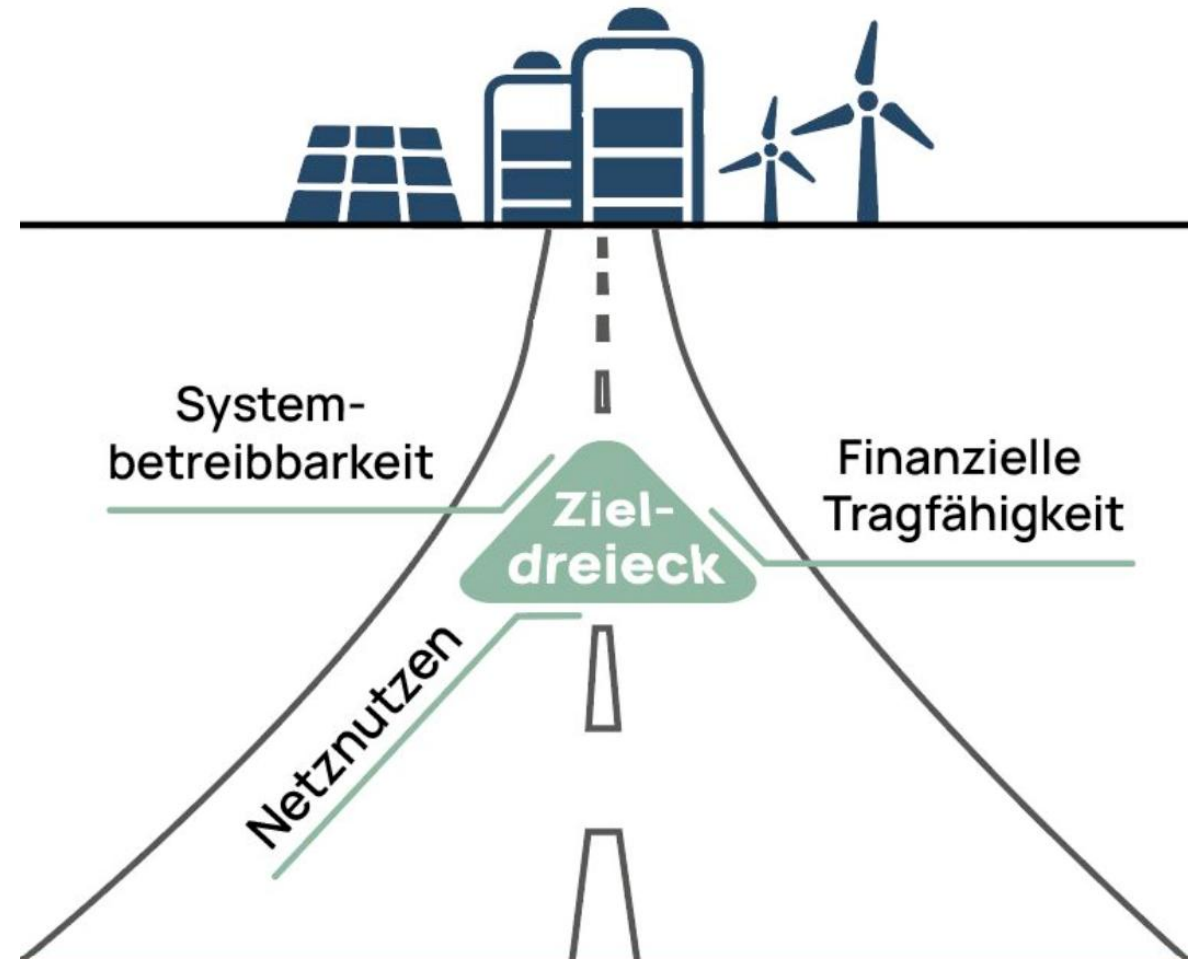
## Netzdienlichkeit: der Speicher puffert PV-bedingte Netzüberlastung und lokale Dunkelflaute

**Digitaler Zwilling Bezugs-Dispatcher bei PV-Einspeisung über 80%**

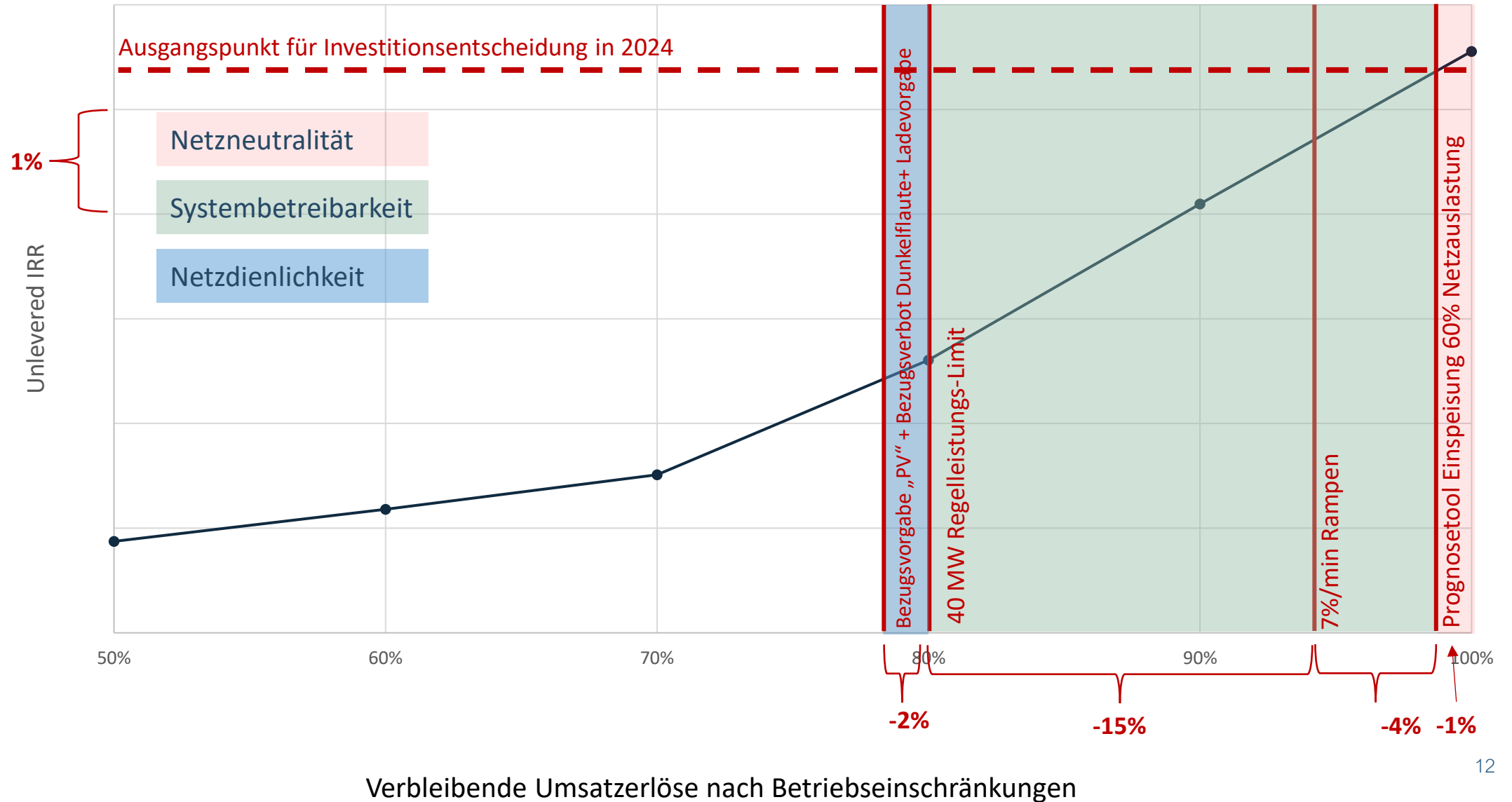
Bollingstedt-Charts



# Finanzielle Tragfähigkeit



# Sensitivität der finanziellen Tragfähigkeit auf die Erlöse (Backtesting 2025)



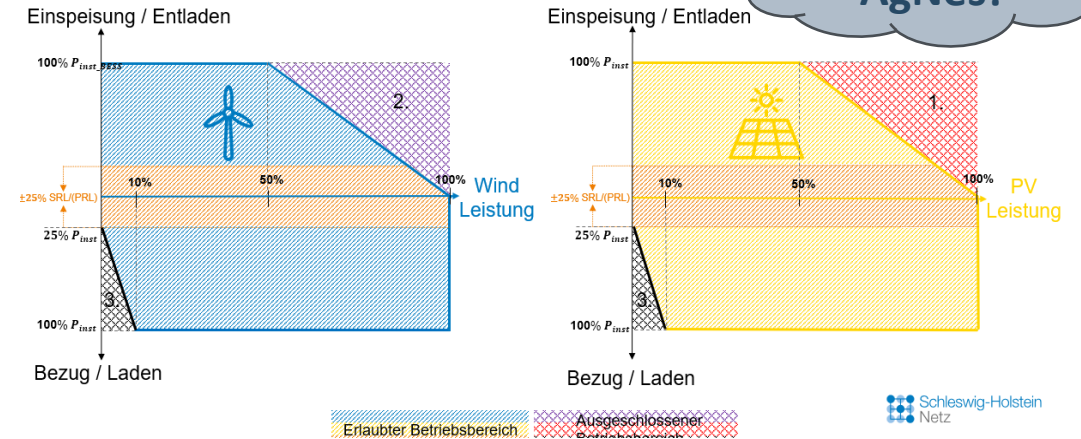
# Ausblick EON Verteilnetz FCAs: funktioniert, aber finanziell am Kipppunkt



**Achtung AgNes!**

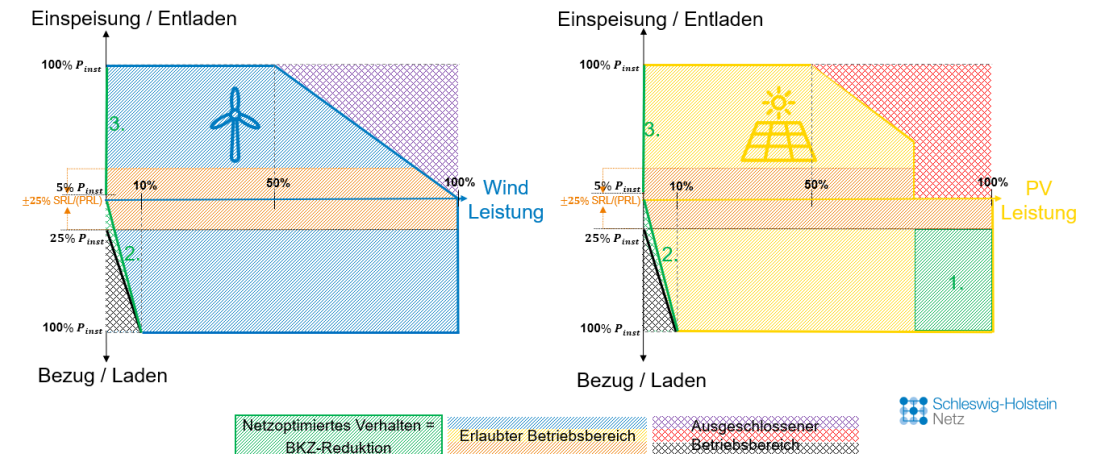
- Aus dem jederzeit konstruktiven und respektvollem Miteinander zwischen SH-Netz und ECO STOR konnte ein FCA Modell an der Anlage Bollingstedt erfolgreich entwickelt und erprobt werden, das dem **Spannungsfeld des Zieldreiecks gerecht** wird.
- Aus dem FCA Bollingstedt konnte ein SH-Netz FCA Modell für Netzneutralität und Netzdienlichkeit abgeleitet werden, das **skalierbar und kurzfristig umsetzbar** ist. Ein Roll-Out in andere Verteilnetzgebiete des EON Konzerns ist geplant. Die finanzielle Tragfähigkeit ist hierbei **am Kipppunkt der Investitionsfähigkeit**.
- Ein Abweichen von der sorgfältigen Austarierung des SH-Netz FCA-Modells zu Systembetreibbarkeit, Netznutzen und finanzieller Tragfähigkeit würde **entweder fortschrittlichere Verfahren des Engpassmanagements erfordern oder jenseits des Kipppunkts der Investitionsfähigkeit** liegen (z.B. durch langsamere Rampen, weniger Regelenergie, statische Einspeise- bzw. Laderestriktionen).

## SH-Netz FCA Modell "netzneutral"

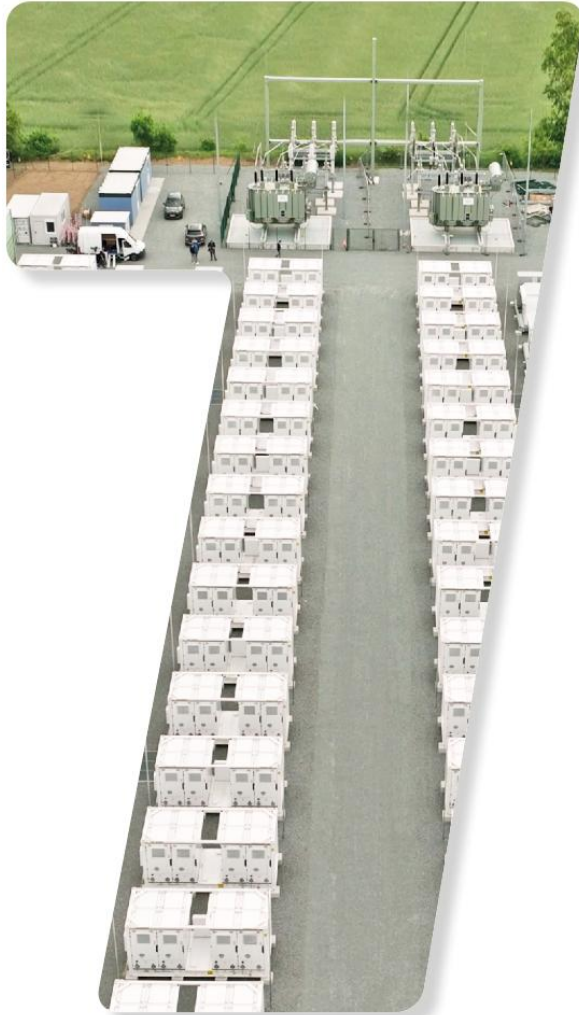


Schleswig-Holstein Netz

## SH-Netz FCA Modell "netzdienlich"



Schleswig-Holstein Netz



Lösungen finden sich,  
wenn Netz- und  
Speicherbetreiber in  
den vertrauensvollen  
Dialog treten und  
Brücken bauen!



ecOSTOR

Vielen Dank!

---

**Created by**

Georg Gallmetzer

Geschäftsführung ECO STOR GmbH

E: [gg@eco-stor.de](mailto:gg@eco-stor.de)

A: Sonnenallee 1, 85551 Kirchheim bei München

# Dynamik des Speicherbetriebs in die Schranken der Systembetreibbarkeit weisen

Werkzeug	wirkt auf	Beschreibung	Begründung Notwendigkeit	Potenzial der Weiterentwicklung
<b>Rampe</b>	System-betreibbarkeit	Rampen-geschwindigkeit statisch reduziert auf 7% bzw. 14,3 Minuten für Fahrpläne	<b>BESS-Fahrpläne sind "Blindflug" für Netzbetreiber</b> , weil Engpassplanung und Redispatch-Prozesse in der Netzführung nicht stattfinden. <b>Systemsicherheit wird über "Trägheit"</b> bei der Engpassbeobachtung und ggf. kurativen Eingriffen sichergestellt. Gäbe es Engpassplanung und Redispatch-Prozesse, könnte man zumindest außerhalb von Engpässen schnellere Rampen zulassen. In der Konsequenz muss die Geschwindigkeit der Rampe auf ein für den Netzknoten <b>tolerables Maß an Blindflug</b> reduziert werden.	<b>Alternative 1:</b> Fahrpläne von Seiten BESS melden vor Abschluss Redispatch-Planung. Fahrpläne "einfrieren" nach Abschluss der Engpassplanung (sofern NB diese durchführt). Rampen für gemeldete Fahrpläne wären dann kein Blindflug mehr und könnten "normal schnell" gefahren werden. <b>Alternative 2: Umsetzung ÜNB-Rampenmodell</b> a) langsame Rampen definieren (10-15Min), die systematisch um VS-Wechsel gefahren werden müssen (Dämpfung deterministischer Frequenzabweichungen) und b) bilanzieller Ausgleich der dadurch verursachten Rampenenergie von Seiten des Netzbetreibers im Bilanzkreis des Anlagenbetreibers. Damit: Neutralstellung des Betreibers bzgl. Rampenverluste
<b>Regelleistung</b>	System-betreibbarkeit	Regelleistung gekappt bei insgesamt 40%, davon SRL PQ gekappt bei 40% mit SRL Erbringung gedrosselt auf eine 5-Minuten-Rampe PRL PQ gekappt bei 10% ohne Rampenlimit	<b>Regelleistung ist "Blindflug" für Netzbetreiber</b> , weil Engpassplanung und Redispatch-Prozesse unter Einbeziehung von Regelleistungs-Vorhaltung in der Netzführung nicht stattfinden. <b>Systemsicherheit wird über "Trägheit"</b> bei der Engpassbeobachtung und ggf. kurativen Eingriffen sichergestellt. Träge Engpassbeobachtung und kurative Eingriffe sind zu langsam für die Erfassung von Regelleistungs-Abruf bedingten Engpässen. In der Konsequenz muss das Volumen von Regelleistung auf ein für den Netzknoten <b>tolerables Maß an Blindflug</b> reduziert werden.	D-2 Engpassplanung auf Seiten der Netzführung einführen. <b>Ausweisen gesichert nicht Engpass-behafteter Zeitfenster.</b> Freigabe des Netzbetreibers zur vollen Regelleistungsvermarktung in den gesichert nicht Engpass-behafteten Zeitfenstern.  Bedeutung der Regelleistungs-Limitierung sinkt langfristig aufgrund Marktsättigung der Regelleistung durch Speicherzubau
<b>Redispatch</b>	System-betreibbarkeit	<b>Kein Redispatch Planwert Prozess =&gt; Engpasserfassung über Messung &amp; gleitende Mittelwerte.</b> Spontane kurative und kompensationslose Abregelung, sofern die Anlage aufgrund ihrer eigenen Engpass-Prognose dem Engpass nicht schon vorausseilend aus dem Weg gefahren ist. §13 EnWG ??	Kurative Abregelung zur Wahrung der Systemsicherheit. Allerdings ungeplant und ohne Kompensation. Risiko liegt beim Speicherbetreiber, die Abregelung per Engpassprognose zu antizipieren und die Anlage dem Engpass aus dem Weg zu fahren, damit ein eventueller Eingriff keine technischen und finanziellen Konsequenzen hat.	Etablieren eines Planwert-basierten Redispatch-Prozesses nach §13 EnWG (vgl. ÜNB Prozess) und einbinden von Speichern in den Prozess. Nutzen des Speicherpotenzials für Senkung der Redispatch-Kosten (Speicher ist i.d.R. billiger als andere Redispatch-Potenziale). <b>=&gt; Vergleiche hierzu ÜNB-Zielmodell</b>

# Leitplanken zu Einspeisung: Engpass-Vermeidung und aktive Engpass-Reduktion

Werkzeug	wirkt auf	Beschreibung	Begründung Notwendigkeit	Potenzial der Weiterentwicklung
<b>Einspeisung: Verbot</b>	Netzneutralität	Dynamisch, prognostizierbar: Lineare <b>Drosselung der Einspeiseleistung</b> bei Überschreitung von 60% der Netzkapazität vor Ort, Drosselung bis 0% Einspeiseleistung bei 100% Netzauslastung. Ermittlung des Datenpunkts zur Netzauslastung: <b>Digitaler Zwilling von ECO STOR</b> , trainiert anhand historischer Daten von Netzauslastung, Wetter, Verbrauch, kombiniert mit aktuellem Wetter, sowie Wind- und PV Produktionsprognosen. Prognose: 42h vor Erbringung (rechtzeitig vor PRL-Auktion). Überlagertes Eingriffsrecht des Netzbetreibers, sollte das Prognosetool nicht funktionieren. Eingriff dann ohne Redispatch-Kompensation	Überbauung der Netzkapazität. <b>Schaffung einer Überbauung im öffentlichen Netz durch Nachrang der Speicher-Einspeisung nach PV- bzw. Windeinspeisung. Nachrangregelung dynamisch und punktgenau, damit wirtschaftlich tragfähig</b>	<b>Übertragung der Engpassprognose an Netzbetreiber.</b> Methode hinreichend robust, allerdings wäre es noch besser, wenn Netzbetreiber die "aktuell verfügbare Netzkapazität" ermittelt und kommuniziert. Hierbei: <b>probabilistisches Verfahren hinreichend zuverlässig!</b>  Eine ursachengerechte <b>Reduktion des Baukostenzuschusses</b> auf bis zu 20% des nominalen BKZ wäre angemessen.
<b>Einspeisung: Pflicht</b>	Netzdienlichkeit	Dynamisch, prognostizierbar: Bei Prognose gemäß digitalem Zwilling von <b>Windproduktion 0% und PV-Produktion 0%: Pflicht zur Einspeisung von 5%</b> der Speicherleistung über eine Dauer von bis zu 20h	<b>Einspeisepflicht reduziert Bezugsspitze vom vorgelagerten Netz und damit Netzentgelte vom vorgelagerten Netz.</b> Werkzeug hat keine technische Begründung/Notwendigkeit, sondern die der Netzentgelt-Reduktion im Verteilnetz. Volkswirtschaftlich fraglich (linke Tasche/rechte Tasche) aber zum Vorteil der Netzentgelt-Zahler im Verteilnetz	Eine ursachengerechte <b>Reduktion des Baukostenzuschusses</b> auf bis zu Null wäre angemessen.  <b>Volkswirtschaftlich sinnvolles Werkzeug</b> , hat aber folgende <b>Probleme:</b>  weniger Netzentgeltzahlung an vorgelagerten ÜNB => Heimspeicher-Analogie der Entsolidarisierung  Faktisch unentgeltliche KWS / Kapazitätsmarkt Erbringung, müsste mit Einführung KWS / Kapazitätsmarkt in Einklang gebracht werden

# Leitplanken zu Bezug: Engpass-Vermeidung und aktive Engpass-Reduktion

Werkzeug	wirkt auf	Beschreibung	Begründung Notwendigkeit	Potenzial der Weiterentwicklung
<b>Bezug: Verbot</b>	Netzneutralität	Dynamisch, prognostizierbar: Bei Prognose gemäß digitalem Zwilling von Windproduktion <5% der max. Windleistung UND GLEICHZEITIG PV-Produktion <5% der max. PV-Leistung: kein Bezug vom Netz. Gilt auch für Regelleistung	Bezugsverbot <b>reduziert Bezugsspitze vom Vorgelagerten Netz und damit Netzentgelte vom vorgelagerten Netz.</b> Werkzeug hat nur in Teilen technische Begründung/Notwendigkeit aufgrund begrenzter Betriebsmittel für Bezugsleistung. In Teilen dient es der Netzentgelt-Reduktion im Verteilnetz. Volkswirtschaftlich fraglich (linke Tasche/rechte Tasche) aber zum Vorteil der Netzentgelt-Zahler im Verteilnetz  Verteilung begrenzter Bezugs-Kontingente zur <b>Auflösung der Konkurrenz mit anderen neuen Anschlussnehmern</b> (Elektrifizierung Verkehr, Industrie, Wärmesektor, Datacenter, etc.)	<b>Probleme:</b> weniger Netzentgeltzahlung an vorgelagerten ÜNB => Heimspeicher-Analogie der Entsolidarisierung  Bezug für das Erbringen von Momentanreserve sollte ausgenommen werden  Bezug für das Vollladen bei Teilnahme am Kapazitätsmarkt sollte ausgenommen werden  Eine ursachengerechte <b>Reduktion des Baukostenzuschusses</b> auf bis zu 20% des nominalen BKZ wäre angemessen.
<b>Bezug: Pflicht</b>	Netzdienlichkeit	Dynamisch, prognostizierbar: Bei Prognose gemäß digitalem Zwilling von <b>PV-Produktion &gt;80%</b> der maximalen PV-Leistung: <b>Pflicht zum Bezug 30% der Speicherleistung über eine Dauer von 4h</b>	<b>Erhöht sofort Integration von Erneuerbaren in das örtliche Verteilnetz.</b>  <b>Vermeidet umgehend Netzausbau (sofern dieser überhaupt technisch möglich ist).</b>  <b>Senkt sofort Netzausbaukosten und Netzengpasskosten</b>  <b>Volkswirtschaftlich wichtigstes Werkzeug der Speicherintegration in das Verteilnetz!</b>	In Anlehnung an §11a EnWG ist ggf. eine <b>finanzielle Beteiligung des Speicherbetreibers</b> an der erzielten Einsparung der Netzausbaukosten und/oder vermiedenen Engpass-Kosten denkbar.  Eine ursachengerechte <b>Reduktion des Baukostenzuschusses</b> auf bis zu Null wäre angemessen.