

BENCHMARK-BASIERTE RISIKOABSICHERUNG FÜR SPEICHER

Ali Darudi¹², Karl-Martin Ehrhart³, David Holmer⁴⁵, Ingmar Schlecht⁶, Runxi Wang⁷

In alphabetischer Reihenfolge

Einleitung

Mit dem Übergang zu einem höheren Anteil erneuerbarer Energien werden Speichertechnologien zunehmend kritisch für den Ausgleich von Angebot und Nachfrage. Investitionen in Speicher sind jedoch mit erheblicher Erlösunsicherheit konfrontiert, die durch volatile Spotpreis-Spreads und sich entwickelnde Marktbedingungen verursacht wird. Diese Arbeit entwickelt neuartige Unterstützungsverträge bzw. Risikoabsicherungsverträge, die speziell für Speichieranlagen konzipiert sind und Erlösstabilität bei gleichzeitiger Wahrung effizienter operativer Anreize bieten.

Traditionelle Differenzverträge (CfDs) für Wind- und Solarenergie verzerren bekanntermaßen Einsatzentscheidungen und schaffen strategische Spielräume. Financial Contracts for Differences (fCfDs) stellen eine Verbesserung dar, indem sie Zahlungen von der tatsächlichen Produktion entkoppeln und stattdessen an exogene Benchmarks wie wetterbasierte Erzeugungsprofile koppeln [1]. Bisher wurden fCfDs jedoch ausschließlich für erneuerbare Erzeugungstechnologien entwickelt. Eine Übertragung auf Speichertechnologien, deren Erlöslogik fundamental anders ist, steht noch aus. Diese Lücke adressiert das vorliegende Paper.

Die Studie umfasst diverse Speichertechnologien: großskalige Utility-Batterien (tägliche Arbitrage, Systemdienstleistungen) [3], Tank-Wärmespeicher (industrielle Anwendungen, >100°C), Wasserstoff als Saisonspeicher (Power-to-Gas-to-Power), Gasspeicher (mehrtägige Flexibilität), Ölspeicher (Notfallreserve) sowie Erdbecken-Wärmespeicher (saisonale Fernwärme, <100°C). Diese Technologien unterscheiden sich hinsichtlich Dauer, Zyklisierbarkeit, Speicherkosten, Entladewirkungsgrad und Outputform (Strom vs. Wärme). Aufgrund der aktuellen Marktdynamik bilden Batteriespeicher den Schwerpunkt der Analyse.

Vertragsdesign und Benchmark-Ansätze

Eine mögliche Erweiterung des fCfD-Frameworks auf Speichertechnologien wären Spread CfDs – Unterstützungsverträge, deren Zahlungsindex auf Marktpreis-Spreads basiert statt auf absoluten Preisniveaus oder realisierter Anlagenleistung. Dieser Ansatz würde die fundamentale ökonomische Logik des Speicherbetriebs widerspiegeln: die Arbitrage zeitlicher Preisunterschiede. Benchmarks würden aus exogenen Spotpreis-Zeitreihen konstruiert, die tages- und jahreszeitliche Spread-Strukturen erfassen. Durch die Basierung der Zahlungen auf beobachtbaren Markt-Spreads statt auf individueller Anlagenperformance könnten solche Verträge potenziell Erlösstabilität gewährleisten, unverzerrte Einsatzanreize erhalten und eine leistungsbasierte Vergütung ermöglichen.

Über spread-basierte Indizes hinaus untersuchen wir alternative Benchmark-Designs einschließlich des FlexIndex [2], der durch seine Einfachheit, öffentliche Zugänglichkeit und transparente Methodik

¹ ETH Zürich, Sonneggstrasse 28, CH-8006 Zürich, +41446329791, Ali.Darudi@esc.ethz.ch

² ZHAW, Gertrudstrasse 15, CH-8401 Winterthur, +41589347171, ali.darudi@zhaw.ch

³ KIT, Kaiserstrasse 12, D-76131 Karlsruhe, +4972160843487, ehrhart@kit.edu

⁴ ZHAW, Gertrudstrasse 15, CH-8401 Winterthur, +41589347171, david.holmer@zhaw.ch

⁵ Universität Basel, Peter Merian-Weg 6, CH-4002 Basel, david.holmer@unibas.ch

⁶ ZHAW, Gertrudstrasse 15, CH-8401 Winterthur, +41589344403, ingmar.schlecht@zhaw.ch

⁷ KIT, Kaiserstrasse 12, D-76131 Karlsruhe, +4972160843383, runxi.wang@kit.edu

besticht. Ein wesentlicher Vorteil liegt in der umfassenden Erlösabdeckung: Der Index erfasst nicht nur Day-Ahead-Spotmarkterlöse, sondern auch Intraday-Märkte und spiegelt damit diverse Erlösströme wider, die für den Speicherbetrieb relevant sind.

Allerdings steht Benchmark-Design vor inhärenten Zielkonflikten. Speicheranlagen betreiben Revenue Stacking über mehrere Märkte hinweg, darunter Intraday-Continuous-Handel (derzeit die Haupterlösquelle für großskalige Batterien in Deutschland), Primärregelleistung (FCR), automatische Frequenzwiederherstellungsreserve (aFRR), Redispatch-Dienstleistungen, Blindleistungsbereitstellung, Schwarzstartfähigkeit, Bilanzkreisoptimierung und Vermeidung von Netzentgelten. Ein umfassender Benchmark, der mehr dieser Erlösströme abdeckt, reduziert das Investorenrisiko, erhöht aber die Komplexität und kann neue Verzerrungsmöglichkeiten schaffen.

Methodik und Ausgestaltungsoptionen

Unsere Analysen basieren einerseits auf numerischer Modellierung und andererseits auf auktionstheoretischen Analysen. Zur simulationsbasierten Evaluation verwenden wir eine stundengenauer Erlösmodellierung auf Anlagenebene für verschiedene Speichertechnologien anhand realer oder realistischer Spotpreis-Zeitreihen. Als Vertragsperformance-Metriken bewerten wir die Erlösstabilisierungseffektivität (Varianzreduktion), die Erhaltung der Einsatzeffizienz (Vergleich optimalen vs. incentivisierten Verhaltens) sowie die Resistenz gegen strategisches Gaming (Test auf Zurückhaltungs- oder Überzyklierungsanreize). Verschiedene Vertragsdesigns – einschließlich spread-basierter Ansätze und alternativer Benchmark-Methoden – werden systematisch verglichen, um zu evaluieren, welche Designs die Kapitalkosten durch Risikoreduktion minimieren können ohne falsche Anreize im operativen Betrieb zu erzeugen.

Als weitere Ausgestaltung prüfen wir die Integration der Zahlungen in Auktionsmechanismen. Für Batteriespeicher in Deutschland hätte dies einen konkreten Vorteil: Aktuell existieren sehr viele Netzananschlussbegehren ohne transparenten, sinnvollen Priorisierungsmechanismus. Durch Auktionen könnten Projekte mit den niedrigsten Zuschlagswerten bzw. höchster Kosteneffizienz zuerst realisiert werden, was den Netzausbau und die Systemeffizienz verbessern kann.

Erwartete Beiträge

Diese Forschung untersucht, wie sich fCfD-Prinzipien von variabler Erzeugung auf Speichertechnologien übertragen lassen, und vergleicht verschiedene Benchmark-Designs, die speicherspezifische Erlösstrukturen abbilden. Die Studie liefert empirische Ergebnisse zur Performance unterschiedlicher Vertragsdesigns über verschiedene Speichertypen hinweg und trägt damit zur Weiterentwicklung von Politikinstrumenten für kosteneffektive Speicherförderung bei. Durch die Verringerung der Erlösunsicherheit bei gleichzeitigem Erhalt effizienter Marktsignale könnten gut gestaltete Unterstützungsverträge bzw. Risikoabsicherungsverträge die Finanzierungskosten senken und Investitionen in wichtige Speicherinfrastruktur beschleunigen.

Referenzen

- [1] Schlecht et al., "Financial contracts for differences: The problems with conventional CfDs in electricity markets and how forward contracts can help solve them" 2024, <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2024.113981> (Aufgerufen 26. November 2025).
- [2] "FlexIndex" 2025, <https://flex-power.energy/flex-index/> (Aufgerufen 26. November 2025).
- [3] Enspired, "Webinar Series Vol. 9: Battery revenue streams in Germany," 2025, <https://app.livestorm.co/enspired/enspired-webinar-series-vol-9-2-hour-portfolio-performance/live?s=232e1d0b-11b0-4b17-bd06-c23ad8f83cc6#/chat> (Aufgerufen 26. November 2025, siehe 17.34).