

Online-Handelsplattform für Speicher in Verteilnetzen und Geschäftsmodelle für innovative Speicherdienstleistungen

**Bernhard Fenn¹, Andreas Doß², Klaus-Martin Graf³, Johannes Gerdes⁴,
(*)Lukas Glotzbach⁵, Armin Bossler⁶**

¹ HSE AG, D-64293 Darmstadt, Frankfurter Straße 100, +49-6151-701-0,
bernhard.fenn@hse.ag, www.hse.ag

² HSE AG, D-64293 Darmstadt, Frankfurter Straße 100, +49-6151-701-8036,
andreas.doss@hse.ag, www.hse.ag

³ Hochschule Darmstadt, FB EIT, D-64295 Darmstadt, Birkenweg 10, +49-6151-16-8243,
klaus-martin-graf@h-da.de, www.eit.h-da.de

⁴ Hochschule Darmstadt, FB EIT, D-64295 Darmstadt, Birkenweg 8, +49-6151-16-8239,
johannes.gerdes@h-da.de, www.eit.h-da.de

⁵ Hochschule Darmstadt, FB EIT, D-64295 Darmstadt, Birkenweg 8, +49-6151-16-8461,
lukas.glotzbach@h-da.de, www.eit.h-da.de

⁶ ads-tec GmbH, D-70771 Leinfelden-Echterdingen, Raiffeisenstraße 14, +49-711-45894-351,
a.bossler@ads-tec.de, www.ads-tec.de

(*) Nachwuchsautor

Kurzfassung: Energiespeicher gelten als notwendiger Baustein für eine erfolgreiche Umsetzung der Energiewende [1] [2] [3]. Bislang werden Speicher für einen konkreten Einsatzfall verwendet. Aufgrund der hohen Investitionskosten ist deren Nutzen, gerade auch für zukünftige Aufgaben, heute nicht immer wirtschaftlich darstellbar. Der Energieversorger HSE AG, die Hochschule Darmstadt und die ads-tec GmbH entwickeln daher im Forschungsprojekt »Sol-Ver«[°] eine offene und unabhängige Online-Handelsplattform für Speicherdienstleistungen. Durch diese Plattform soll eine betriebswirtschaftlich optimierte Speicherbewirtschaftung, die ebenso einen sicheren Netzbetrieb unterstützt, ermöglicht werden. Einnahmen kann ein Speicher einerseits über den Durchsatz von Energie (Laden/Entladen) als auch durch die Zusage einer Verfügbarkeit von Leistung und Energie im Bedarfsfall erzielen.

Eigentümer von Energiespeichern können in Zeiten, in denen sie den Speicher nicht selbst nutzen, über die Handelsplattform ihr System anderen Interessenten für deren Zwecke zur Verfügung stellen. Dadurch wird die wirtschaftliche Auslastung optimiert und der potenzielle Gesamtbedarf an Speichern lässt sich verringern. Durch die parallele Nutzung der Speicher, für mehrere Dienste, lässt sich die Auslastung weiter maximieren. Vergütet wird die Bereitstellung einerseits über einen Leistungspreis und im Bedarfsfall durch den Arbeitspreis. Die Preisbildung kann dabei nach verschiedenen Ansätzen des E-Commerce erfolgen.

Keywords: Speicher, Handelsplattform, Speichieranwendungen, Systemdienste, Spannungshaltung, Regelleistung, Geschäftsmodelle

[°] SolVer steht für: Speicheroptimierung in lokalen Verteilnetzen; www.solver-hessen.de

1 Einleitung

Im März 2013 ist das Forschungsprojekt »SolVer« gestartet. In einem ersten Schritt wurden mögliche Anwendungen und Dienste, die durch Batteriespeicher bereitgestellt werden können, entworfen. Die Speicheranwendungen sehen einerseits eine marktgetriebene Bewirtschaftung aber auch wichtige Systemdienste wie Regelleistung, Spannungshaltung und weitere Alternativen zum Netzausbau vor. Die dafür nötigen Mechanismen werden in diesem Projekt entwickelt, umgesetzt und in einem zwölfmonatigen Feldtest in der Praxis erprobt. Parallel dazu erfolgt eine wirtschaftliche Bewertung der Speicheranwendungen.

2 Systemübersicht

Im Projekt »SolVer« werden Batteriespeicher über die IT-Service-Cloud »Big-LinX®« der Firma ads-tec angesteuert und mit der Handelsplattform verbunden. Dazu werden die Speicher mit der Industrial Router Firewall IRF2210 von ads-tec ausgestattet. Dabei handelt es um eine Fernwartungskomponente, die einen sicheren Fernzugriff auf die Speicher ermöglicht. Über eine beliebige Internetverbindung (Mobilfunk, DSL, etc.) lassen sie sich so in »Big-LinX®« integrieren. Die Datenverbindung wird dabei durch ein verschlüsseltes Virtual Private Network (VPN) gesichert.

Auf der Firewall findet zudem eine Umsetzung der Kommunikationsprotokolle statt. Es lassen sich so Endgeräte, die mit dem neuen Protokoll IEC 61850 kommunizieren anbinden, als auch Speicher die das alte Fernwirkprotokoll IEC 60870-5-104 verwenden. Speicherlösungen aus der »StoraXe®«-Reihe haben bereits eine Kommunikationsschnittstelle integriert. Dessen proprietäres Protokoll als gemeinsames Interface innerhalb der Handelsplattform eingesetzt wird. Dieses Protokoll basiert auf JSON und erweist sich als sehr kompakt und einfach strukturiert. Auch bei einer langsamen Datenverbindung ist damit eine gute Kommunikationsqualität möglich.

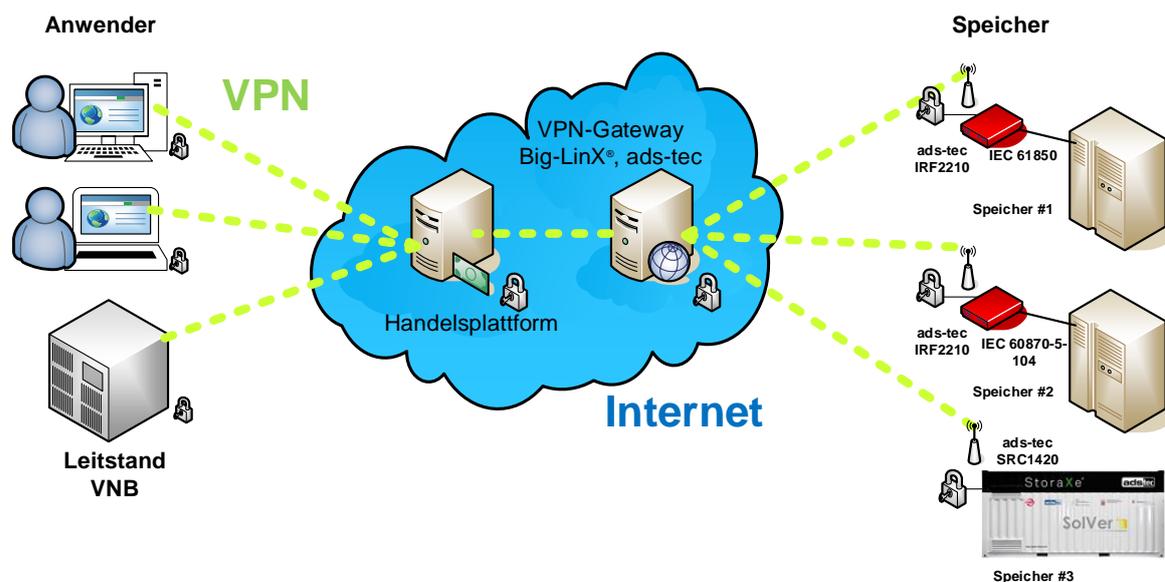


Abbildung 1: Übersicht über die Systeme der Handelsplattform

Die Handelsplattform wird als vom VPN-Gateway der »Big-LinX®«-Cloud getrennte Einheit ausgeführt. Auf diesem Server laufen der gesamte Handelsprozess und die Steuerung der

Speicher. Auf den Handelsplattform-Server haben auch die Anwender über eine Webschnittstelle Zugriff. Benutzer können hierüber verfügbare Speicher einstellen oder Angebote durchsuchen. Die Buchungen eines Speichers bzw. eines Pools werden zusammen mit den festgelegten Parametern in einer Kommandoliste erfasst. Diese Kommandoliste wird über das VPN an die entsprechenden Speicher übertragen und lokal abgearbeitet. Dadurch können die Speicheranwendungen auch autark ausgeführt werden, sofern keine externen Instanzen erforderlich sind.

Für den späteren Feldtest ist auch eine Verbindung zum Leitstand des Verteilnetzbetreibers vorgesehen, damit während der Testphase der Status der im Test befindlichen Speicher überwacht werden kann.

3 Marktteilnehmer und Rollen

An der Handelsplattform werden folgende Marktteilnehmer als Anbieter und Nachfrager aufeinandertrafen.

Speichereigentümer: Sind strategische Investoren, die eine möglichst hohe wirtschaftliche Auslastung für ihre Speicher erreichen wollen. Sie haben dabei keine direkten energietechnischen Interessen und nur eine Renditeerwartung.

Speicherbetreiber: Können oftmals auch direkt Speichereigentümer sein. Sie haben aber primäre Nutzungsinteressen an Speichern für einen vorgesehenen Einsatzzweck. Der Speicherbetreiber übernimmt auch den operativen Betrieb und kann ein Vorzugsrecht auf die Nutzung von Speichern einfordern (Priorisierung).

Speichernutzer: Buchen über die Handelsplattform Nutzungsrechte für Speicher von Dritten. Sie haben ein zeitlich begrenztes Nutzungsinteresse für eine oder mehrere bestimmte Speicheranwendungen. Als Speichernutzer sind insbesondere vorstellbar:

- Stromnetzbetreiber (VNB/ÜNB)
- Betreiber von (EE-)Erzeugungsanlagen
- Bilanzkreisverantwortliche
- Energiehändler
- Betreiber von Regelleistungspools
- Großverbraucher

Speicherbetreiber schlüpfen bei der Vermarktung ihrer Speicher in die Rolle eines Speichernutzers, da ihr Nutzungsrecht ebenfalls über die Handelsplattform abgewickelt wird.

Handelsplattform: Verbindet die Marktteilnehmer einerseits kommunikationstechnisch, andererseits auch geschäftlich. Die Handelsplattform stellt den Marktteilnehmern die notwendige Infrastruktur und Entscheidungs- und Regelungsalgorithmen bereit. Des Weiteren wird die Preisbildung und Abrechnung durch die Handelsplattform vorgenommen. Erlösmöglichkeiten ergeben sich durch die Erhebung von fixen oder transaktionsabhängigen Nutzungsentgelten.

4 Speicheranwendungen

Für die Speicheranwendung konnte ein universelles Framework entworfen werden (siehe Abbildung 2). Der Speichernutzer gibt über die Weboberfläche die anwendungsspezifischen Parameter vor (siehe Abbildung 3). Aus diesen wird als interner Parameter der notwendige Ladezustand (SOC^a) ermittelt, bei dem die Anwendung über den maximal vorgegebenen Zeitraum durchgeführt werden kann. Vor Beginn des Buchungszeitraums einer Speicheranwendung wird der Speicher auf diesen Soll-SOC eingefahren (*Initialisierung*). Da sich der Speicher zuvor in einem beliebigen Zustand befinden kann ergibt sich die garantiert notwendige Vorlaufzeit aus einer Worstcase-Betrachtung.

Nach der Initialisierung befindet sich der Speicher im geforderten SOC-Band. Dieses wird bei der *Bereithaltung* gehalten (ggf. Kompensation von Selbstentladungseffekten) und der Zustand, der einen Abruf auslösen kann, überwacht.

Verlässt der überwachte Zustand seinen Soll-Bereich oder erfolgt ein externes Event kommt es zum *Abruf*. Hier wird durch einen anwendungsspezifischen Regelungsalgorithmus der Leistungswert des Speichers gebildet und an den Speicher übergeben. Der Sollwert wird während des Abrufs dynamisch durch den Algorithmus angepasst.

Ist der Abruf beendet wechselt das System in die *Regenerierung*. Hier sind mehrere Verfahren denkbar. Im einfachsten Fall wird eine definierte Zeit abgewartet, wobei die Speicherleistung auf Null gesetzt bleibt. Erfolgt während der Pausezeit kein erneuter Abruf wird nach Ablauf der Zeit wieder in den Initialisierungsmodus abgegeben, wobei der Speicher erneut in den Soll-SOC eingefahren wird. Intelligenter Verfahren können die Stabilität der Netzsituation bewerten und der Speicher wird erst wieder bei einem stabilen Netzverhältnis in den Soll-Zustand gesetzt, wenn die Lade-/Entladeleistung keinen gravierend negativen Effekt hat. Im Feldtest müssen diese Verfahren noch getestet und bewertet werden.

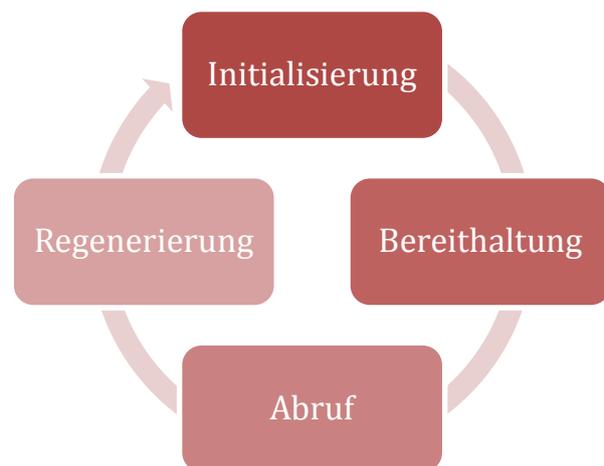


Abbildung 2: Allgemeiner Ablauf der Speicheranwendung

^a SOC: State of Charge; Ladezustand in p.u. bezogen auf Kapazität in Ah

SOLVER CLOUD

Test-User

Verträge Batterien Einstellungen

Vertragsübersicht Neuen Vertrag anlegen

Ausloggen

NEUEN VERTRAG ANLEGEN

Schritt 3: Vertragsparameter auswählen

Sie haben bisher folgende Vertragsdaten festgelegt:

Vertragszeitraum: 17.03.2014 15:00 bis 17.03.2014 17:00

Vertragstyp: Sekundärregelung

Vertragsbatterie: Batteriesimulator (Kapazität: 230 kWh, Max. Leistung: 250 kW)

Bitte wählen Sie die folgenden Parameter für den gewünschten Vertrag aus:

Max. positive Leistung: kW

Max. negative Leistung: kW

Max. Abrufdauer: min.

Abbildung 3: Beispiel für das Anlegen eines neuen Vertrages für Sekundärregelleistung

Insgesamt werden im Projekt »SolVer« folgende Speicheranwendungen praktisch umgesetzt und erprobt:

- Frequenzhaltung (Primärregelung, Sekundärregelung und Minutenreserve)
- Spannungshaltung in der Nieder- und Mittelspannungsebene
- Engpassmanagement
- Arbeitsneutraler Leistungsfahrplan (z. B. für Energiehandel)
- Vereinbarter Übergabefahrplan und
- USV & Netzinselversorgung

4.1 Frequenzhaltung

Die Speicheranwendungen der Frequenzhaltung richten sich stark an der Regelleistung als bestehenden Markt und Geschäftsmodell aus. Dabei haben Speicher allerdings den Nachteil, dass sie die abgerufene Reserveleistung nicht über einen längeren Zeitraum bereitstellen können. Ein entscheidender Faktor, der durch den Speichernutzer definiert werden muss, ist daher die maximale Abrufdauer (siehe Abbildung 3). Dieser Parameter steht in Abhängigkeit zur vereinbarten maximalen positiven und negativen Regelleistung („magisches Dreieck“).

4.1.1 Sekundärregelleistung

Anlagen die Regelleistung (RL) bereitstellen, müssen sich erst ggü. dem Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) präqualifizieren. Dabei muss die Art und Schnelligkeit der Reaktion auf ein Event nachgewiesen werden. Außerdem ist bei der Sekundärregelleistung (SRL) eine Mindestangebotsgröße von 5 MW vorgesehen. Der Ausschreibungszeitraum beträgt eine Woche. Diese Anforderungen können nur Großspeicher, die auf RL ausgelegt sind, erfüllen. Damit auch kleinere Anlagen am RL-Markt teilnehmen können, ist auch das Pooling, also das virtuelle Zusammenschalten mehrerer Anlagen, möglich.

Der Trend geht aktuell in Deutschland daher zu RL-Pools. Der Poolbetreiber kann bei einem Abruf, die Leistungsbereitstellung nach Preiskurven (Merit-Order) oder Verfügbarkeiten verteilen. Ein wichtiges Kriterium ist die Besicherung der RL-Anlagen: Die abgerufenen RL muss innerhalb eines vorgegebenen Zeitraums vollständig in das Netz ein-/ausgespeist werden. Da die Besicherung für einen Poolbetreiber entscheidend ist, soll die Speicheranwendung *Sekundärregelleistung* diese Absicherung durch Speicher bereitstellen. Der Poolbetreiber kann kurzfristig zusätzliche Kapazitäten über die Handelsplattform buchen, wenn ein Wartungseinsatz einer Einzelanlage vorgesehen ist. Es ist auch die Buchung von Speicherkapazitäten über den gesamten Angebotszeitraum denkbar; als Besicherung für unvorhersehbare Ausfälle oder auch als Kapazitäten für hochpreisige Peakzeiten, die nur selten und kurzzeitig vorkommen. Speicher haben dabei den Vorteil, dass sie i.d.R. sowohl positive als auch negative RL zur Verfügung stellen können. In allen Anwendungsfällen ist mit einem begrenzten Abrufzeitraum zu rechnen. Sollte ein Speicher aber tatsächlich keine Leistung mehr liefern können (Speicher voll oder leer) kann dieser durch einen anderen Speicher abgelöst werden. Die Speicher müssen lediglich die mit dem ÜNB im SRL-Vertrag festgelegten Gradienten bei Leistungswechseln einhalten, da diese im Sekundärregler hinterlegt sind.

Der Sekundärregler ist zentral beim ÜNB angesiedelt und ist für eine Regelzone zuständig. Der ermittelte SRL-Bedarf wird in einer wöchentlichen Auktion gedeckt. Als Ausgabewert ermittelt der Sekundärregler für jede SRL-Einzelanlage einen Leistungssollwert, der über Fernwirktechnik (zweifach redundanter Übertragungsweg) an die Einzelanlagen oder den SRL-Pool übermittelt wird. Innerhalb des SRL-Pools wird der Abrufwert in Eigenregie auf die Poolanlagen verteilt. Die Handelsplattform verfügt daher über eine externe Schnittstelle, die das Abrufsignal für die Speicher erkennt und an die entsprechenden Speicher über »Big-LinX®« weiterleitet (siehe Abbildung 4).

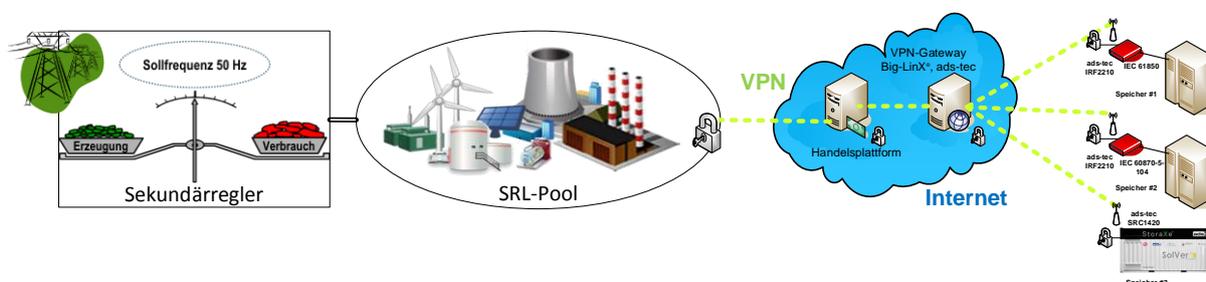


Abbildung 4: Struktur der Speicheranwendung Sekundärregelleistung (SRL)

Im Feldtest wird in diesem Projekt die Verfügbarkeit und die nötige Reaktionszeit der Speicher überprüft. Für die SRL ist eine Reaktionszeit von fünf Minuten ab Abruf vorgesehen, innerhalb der die Leistung vollständig bereitgestellt sein muss (siehe Abbildung 5). Da durch den Entscheidungsalgorithmus des SRL-Pools, Nichtreaktion von Primäranlagen und den Kommunikationspfad zwischen SRL-Pool und Speicher zusätzliche Verzögerungen entstehen, ist eine Reaktionszeit deutlich unter fünf Minuten für die Speicher notwendig.

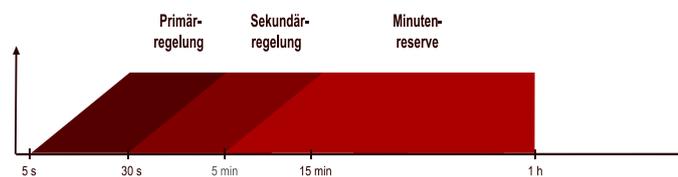


Abbildung 5: Abrufreihenfolge und -zeiten der Regelleistungsarten

4.1.2 Minutenreserve

Das Verfahren für die Minutenreserve (Tertiärregelleistung) verhält sich prinzipiell sehr ähnlich der SRL. Allerdings sind hier Abrufe über einen längeren Zeitraum über Fahrpläne vorgesehen. Fraglich ist außerdem, ob die Speicher der Handelsplattform in absehbarer Zeit tatsächlich ökonomisch Minutenreserve anbieten können, die ja einen wirtschaftlichen Ersatz für die SRL darstellt. Das wird in einer späteren Wirtschaftlichkeitsanalyse im Projekt ermittelt.

4.1.3 Primärregelleistung

Bei der Primärregelleistung (PRL) handelt es sich um eine lokale Regelung, die mit einer Messung der Frequenzänderung (df/dt) arbeitet. Da die Regelung ansonsten stark mit der für Spannungshaltung in der Niederspannung übereinstimmt, wird diese in Abschnitt 4.2.1 näher beschrieben.

4.2 Spannungshaltung

Der vermehrte Einsatz von Erzeugungsanlagen in den Nieder- und Mittelspannungsnetzen führt zunehmend zu Spannungsproblemen in den unteren Spannungsebenen. Der künftig flächendeckende Einsatz von Smart Metern wird dieses Problem offenbaren. Neben anderen Maßnahmen bietet sich der Einsatz von Speichern für die Spannungsstabilisierung aufgrund ihrer Flexibilität und Reaktionsschnelle an. Im Projekt »SolVer« werden die Speicheranwendungen *Spannungshaltung in der Niederspannung (NS)* und *Spannungshaltung in der Mittelspannung (MS)* unterschieden.

4.2.1 Spannungshaltung in der Niederspannung

Im Kooperationsprojekt »HSE 2020« haben die HSE-Tochter Verteilnetzbetreiber Rhein-Main-Neckar GmbH & Co. KG und die Hochschule Darmstadt zukünftige Trainingsszenarien für Verteilnetzbetreiber (VNB) entworfen [5]. Darin wird das Szenario „Spannungsspreizung“ beschrieben (siehe auch [6]).

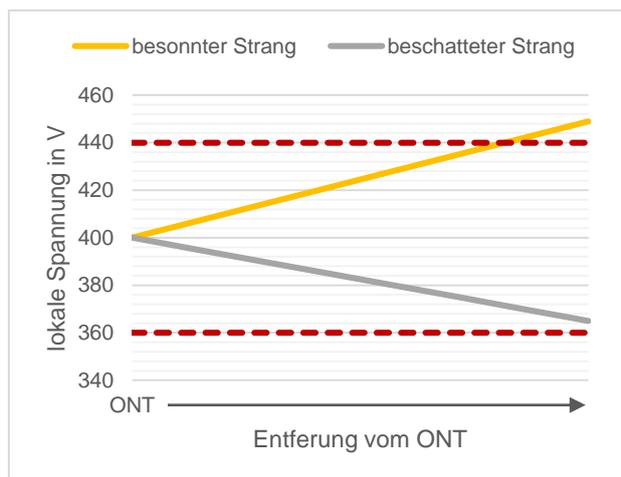


Abbildung 6: Beispiel für Spannungsspreizung in einem Ortsnetz mit hoher Photovoltaikerzeugung (exemplarisch)

Aufgrund eines hohen Anteils an Photovoltaikanlagen kommt es im Speisebereich einer Ortsnetz-Station durch Teilverschattung eines Strangs zu gegenläufigen Spannungscharakteristiken (siehe Abbildung 6). Im besonnten Teilnetz kommt es dabei zu einer Spannungserhöhung [6]. Im beschatteten Strang fällt die Spannung wegen des hohen Lastzustandes mit zunehmenden Abstand zum Ortsnetztrafo (ONT) ab. „Eine Senkung der Spannung des (regelbaren) Transformators der Ortsnetzstation würde die Spannung des sonnigen Teilnetzes wieder in die zulässigen Grenzen bringen; die

Spannungen im beschatteten Teilnetz würden jedoch unterhalb der zulässigen Grenze absinken“ [6]. In einem solchen Fall, müsste der VNB entweder Erzeugungsleistung abregeln oder – wenn möglich – die Netztopologie durch Umschalten anpassen. Beide Maßnahmen sind

aber nicht immer möglich. Auch die Veränderung des Stufenstellers des ONT kann keine Abhilfe schaffen. Ein im Stang mit der Spannungsbandverletzung installierter Speicher („im Idealfall am Punkt der extremen Spannung angeschlossen“ [6]) kann durch Aufnehmen oder Abgeben von Wirkleistung die Spannung regeln (im besonnten Bereich durch Laden).

Für diese Speicheranwendung wird die Spannung am lokalen Netzanschluss des Speichers kontinuierlich überwacht. Wird eine Abweichung zum vorgegebenen Soll-Band festgestellt reagiert der Speicher mit einer nach der vorgegebenen Statik berechneten Wirkleistung. Diese Leistung wird gehalten, so lange keine weitere Spannungsänderung (du/dt) stattfindet oder der Speicher an seine Begrenzung (maximale Abrufdauer) gelangt ist. Diese Regelung ähnelt stark der *Primärregelleistung*. Allerdings ist der Effekt der Spannungshaltung in der NS nicht global sondern nur lokal auf den Ortsnetzstrang beschränkt.

Da es nur sehr saisonal zu dem beschriebenen Effekt kommen wird (Sommer bei hoher Photovoltaikeinspeisung) kann es für den VNB von Vorteil sein, die ggf. verfügbaren Eigenversorgungsspeicher in den betreffenden Haushalten für die Spannungshaltung zu nutzen. Andere Maßnahmen (Netzverstärkung, regelbarer ONT) erfordern langfristige Investitionen, die nur kurzzeitig im Jahr benötigt werden. Topologieänderungen hingegen müssten laufend auf die veränderte Solareinstrahlungssituation angepasst werden. Ein Speicher erscheint als flexiblere und universell nutzbare Maßnahme.

4.2.2 Spannungshaltung in der Mittelspannung

Die Spannungshaltung in der MS sieht eine komplexere und globale Regelung vor (siehe Weitbereichs Spannungsregelung). Die Speicher arbeiten hier im Zusammenspiel mit den Mittelspannungstrafos, wobei durch die Speicher schnelle und kurzfristige Reaktionen auf Spannungsschwankungen übernommen werden. Lebenszeitintensive Stufenwechsel am Trafo werden somit reduziert.

Da ein globales Optimum für einen Mittelspannungsbereich eingestellt werden soll, ist eine zentrale Regelung durch den VNB nötig. Der VNB kann mittels seines *Smart-Grid*-Leistands [5] aufgrund der guten Kenntnis des Netzes die Einsatzreihenfolge und -art bestimmen. Die Leistungssollwerte für die Speicher werden dann ähnlich wie bei der Speicheranwendung *Sekundärregelleistung* an die Speicher übergeben. Bislang ist dies aber kein gängiger Mechanismus. Zukünftig könnte die Spannungshaltung in der MS aber so umgesetzt werden.

4.3 Engpassmanagement

Beim *Engpassmanagement* wird eine Engpassstrecke im Netz überwacht. Kommt es zu einer erhöhten thermischen Belastung z. B. durch die gleichzeitig hohe Einspeisung von einem Windpark und Photovoltaikanalgen im nachgelagerten Netz, so nimmt der Speicher durch Laden die überschüssige Leistung auf und speist diese zu einem späteren Zeitpunkt wieder in das Netz ein (siehe Abbildung 7). Als Alternativen dazu stehen dem Netzbetreiber auch die Maßnahmen Abregelung und Netzausbau zur Verfügung. Die Abregelung von EE-Anlagen ist allerdings keine volkswirtschaftlich sinnvoll Alternative zur Speicherung.

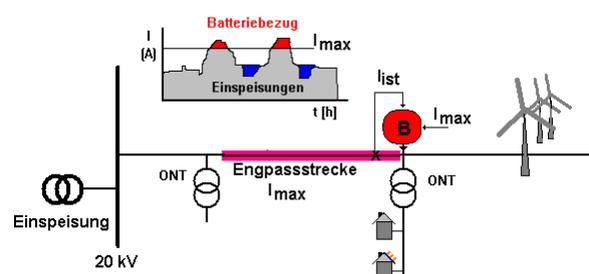


Abbildung 7: Engpassstrecke mit Speicheranwendung
Engpassmanagement

Als Alternativen dazu stehen dem Netzbetreiber auch die Maßnahmen Abregelung und Netzausbau zur Verfügung. Die Abregelung von EE-Anlagen ist allerdings keine volkswirtschaftlich sinnvoll Alternative zur Speicherung.

Netzausbau ist die primäre Maßnahme des Netzbetreibers. Allerdings kann dabei Engpassmanagement durch einen Speicher als Provisorium, bevor der Netzausbau umgesetzt ist, dienen (siehe Abbildung 8). Da die beschriebene Netzsituation, ausgelöst durch EE-Anlagen, allerdings nur saisonal und in einem tageszeitabhängigen Rhythmus auftritt kann Engpassmanagement ggü. einem teuren Netzausbau auch eine wirtschaftlich sinnvolle Maßnahme darstellen.



Abbildung 8: Engpassmanagement als Provisorium zwischen Netzanschluss und -ausbau

4.4 Arbeitsneutraler Leistungsfahrplan

Der *Arbeitsneutrale Leistungsfahrplan*, bei dem ein Speicher zu einer bestimmten Zeit aufgeladen wird um später wieder komplett entladen zu werden, kann in erster Linie für Arbitrage-Geschäfte bei denen der Spread zwischen Hoch- und Tiefpreiszeiten an der Energiebörse ausgenutzt wird, eingesetzt werden. Aktuell ist durch die hohe mittägliche Einspeisung der Photovoltaik allerdings keine ausreichende Differenz zwischen Base und Peak am Markt vorhanden.

Die Speichieranwendung zum Abfahren eines festen Fahrplans kann aber auch als steuernde Maßnahme anstatt der dynamischen Regelung der *Spannungshaltung in der NS* oder beim *Engpassmanagement* genutzt werden. Das ist insbesondere dann vorstellbar, wenn keine ausreichenden Messwerte für die Regelungen zur Verfügung stehen. Der Netzbetreiber kann dann einen pauschalen Fahrplan – in Kenntnis der Netztopologie – definieren.

4.5 Vereinbarter Übergabefahrplan

Fahrplanabweichungen können mit der Speichieranwendungen *Vereinbarter Übergabefahrplan* ausgeglichen werden. Interessant ist dies vor allem für direktvermarktete EE-Anlagen mit fluktuierender Erzeugung. Auftretende Abweichungen werden durch Ausgleichsenergie kompensiert, die dem Verursacher rückwirkend in Rechnung gestellt werden. Alternativ dazu kann ein Speicher die Schwankungen innerhalb eines 15-Minuten-Intervalls ausgleichen. Dazu ist neben einer Echtzeitleistungsmessung am Einspeiseknoten eine Prognose über die Energie im verbleibenden Zeitraum vorgesehen, aus der sich der Leistungssollwert für den Speicher ergibt. Die externe Messstelle am Einspeiseknoten muss hierzu in »Big-LinX®« eingekoppelt werden. Die hochdynamische Regelung wird auf dem Steuerungsserver der Handelsplattform ausgeführt.

Diese Speichieranwendung ist außerdem auch eine Möglichkeit für Bilanzkreisverantwortliche (BKV) ihren Bedarf an Ausgleichsenergie zu reduzieren. Die Bundesnetzagentur (BNetzA) hat in diesem Zusammenhang Ende 2013 bereits Verfahren angekündigt, wenn BKV den Abruf an Ausgleichsenergie nicht verringern [7]. Häufig bedeutet das als Konsequenz den Einstieg in den Intraday-Handel für die BKV, der aufgrund des 24/7-Geschäftes arbeitsintensiv und teuer ist.

4.6 USV & Netzinselversorgung

Die Entwicklung eines universellen USV- oder Notstromversorgungssystems ist im Projekt nicht vorgesehen. Vielmehr soll der Markt der Handelsplattform durch die Speichieranwendung *USV & Netzinselversorgung* für Betreiber bestehender Notstromanlagen geöffnet werden. Diese können einen Teil ihrer Kapazität für beliebige Anwendungen Dritten anbieten. Die Notstromversorgungsfunktion im Bedarfsfall soll dabei aber weiter bestehen können. Es wird ein durch den Anbieter definiertes Energieniveau immer garantiert vorgehalten. Kommt es zu einem Netzausfall wird mit der bestehenden gespeicherten Energie priorisiert die Notstromversorgung realisiert.

Da der Einsatzfall der *USV & Netzinselversorgung* allerdings nur mit wenigen Stunden im Jahr anzunehmen ist, besteht hier die Möglichkeit für den Betreiber, sein System für eine höhere wirtschaftliche Auslastung zu vermarkten.

5 Handelsplattform

Auf der Handelsplattform treffen Anbieter und Nachfrager aufeinander. Je nach Anzahl und Marktmacht der Teilnehmer sind verschiedene Marktmodelle, die sich bereits im E-Commerce etabliert haben denkbar (siehe Abbildung 9). Die Handelsplattform muss dabei einen Mehrwert bieten, der sich bspw. durch eine bessere Markttransparenz oder geringe Transaktionskosten darstellen lässt.

Die einfachste Ausprägung ist dabei das Blackboard an dem Angebote als Inserate abgebildet und durchsuchbar gemacht werden. Der Vertragsabschluss findet dabei zwischen dem Anbieter und dem Nachfrager statt.

Eine komplette Virtualisierung aller angebotenen Speicher ermöglicht den tatsächlichen Cloud-Charakter, bei dem Nachfrager aus einer Auswahl fest definierter Produkte auswählen können. Der Betreiber der Handelsplattform hat nun dafür Sorge zu tragen, dass die Kontingente in seinem Pool alle Nachfragen bedienen können (sofern keine Überbuchung bewusst vorgesehen ist). Die Handelsplattform schließt in diesem Fall jeweils Verträge mit den Anbietern und den Nachfragern ab.

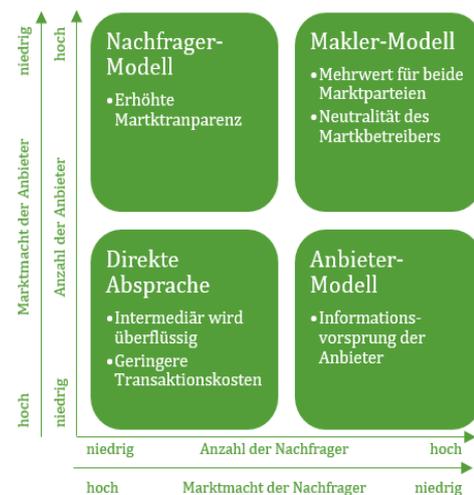


Abbildung 9: Marktmodelle in Abhängigkeit der Anzahl und Marktmacht der Marktteilnehmer

Im Projekt »SolVer« wird vorerst nur das Marktmodell der direkten Absprache als Blackboard umgesetzt. Angelehnt an die Plattform *IntradayS Market* für den rückwirkenden Handel.

Die Preisbildung kann ebenfalls durch unterschiedliche Verfahren erfolgen. Neben Festpreisen in einem offenen Handelsbuch sind auch Auktionsverfahren eines Börsenhandels (MCP, pay-as-bid) denkbar. Als Beispiel sei auf die Plattform *store-x storage capacity exchange* für Gasspeicherkapazitäten verwiesen.

6 Feldtest

Die Handelsplattform, die Ansteuerung von verteilten Speichern über »Big-LinX®« und die Speicheranwendungen selbst werden in einem zwölfmonatigen Feldtest ab Mai 2014 getestet. Dafür stehen insgesamt acht dezentrierte Speicher im Netzgebiet der HSE AG zur Verfügung. Neben dem »StoraXe®«-Container sind das zwei Redox-Flow-Speicher der HSE AG sowie vier Lithium-Ionen-Batterien von *Yunicos*, die alle über den Protokoll-Stack IEC 61850 verfügen. Im Energiepark der Hochschule Darmstadt ist außerdem ein Lithium-Ionen-Speicher von *Hoppecke* verfügbar, der über IEC 60870-5-104 angesteuert wird.

Der Einfluss der realen Speicher auf das Netz kann teilweise durch ein hybrides Verfahren aus Messung und Simulation ermittelt werden (ähnlich Präqualifikation bei RL). Die Leistung der Speicher ist für einige Speicheranwendungen zu gering um einen merklichen Effekt auf das Netz feststellen zu können.

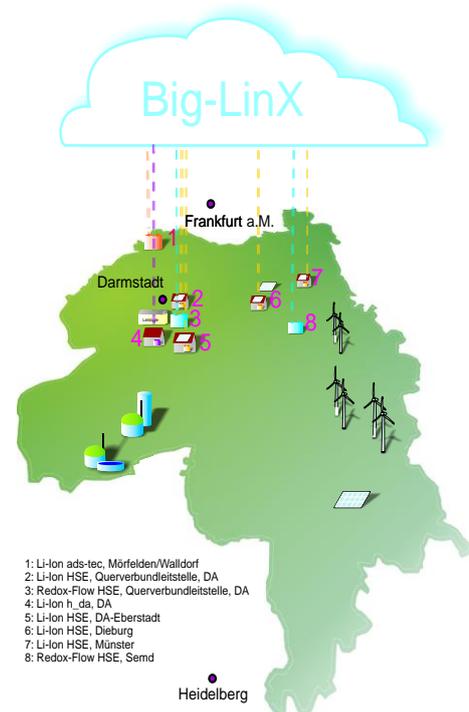


Abbildung 10: Übersicht Netzgebiet der HSE AG und Speicher im Feldtest

Anzahl	Besitzer	Typ	Leistung	Energie
1	h_da	Li-Ion	± 5 kW	8,5 kWh
2	HSE	Redox-Flow	± 10 kW	100 kWh
4	HSE	Li-Ion	± 4 kW	5 kWh
1	ads-tec	Li-Ion	± 250 kW	232 kWh

Tabelle 1: Übersicht Speicher im Feldtest

7 Rechtliche und regulatorische Bewertung

Ob und in welchem Umfang Speicher durch „Betreiber von Leitungsnetzen“ als Alternative zum Netzausbau genutzt und betrieben werden dürfen, ist derzeit noch nicht endgültig geklärt. [8] Im EnWG ist in § 3 Ziffer 23 aber bereits von „Lastausgleichs- und Mischungsanlagen“ zur Erbringung von „Hilfsdiensten“ die Rede.

Die BNetzA hat in ihrem Eckpunktepapier „Smart Grid“ und „Smart Market“ Speicher nach „Netz- und Marktspeicher“ unterschieden. Die Netzspeicher, die prinzipiell als Alternative zu „Netzausbau und anderen Ausgleichsstrategien wie z. B. Einspeisemanagement oder Lastmanagement in Konkurrenz“ stünden, sind nach BNetzA „auf den Einsatz im *Smart Grid*“ beschränkt [9]. Eventuell muss eine Neudefinition des Verteilnetzbetreibers (VNB) als *Smart Grid Operator* abgewartet werden, in der die Speicherbewirtschaftung durch einen Netzbetreiber geregelt wird.

8 Fazit und Ausblick

Die Notwendigkeit für die Bereitstellung von Systemdiensten durch alternative Strukturen wurde bereits in vorangegangenen Forschungsarbeiten ermittelt. Das Projekt »SolVer« konzentriert sich dabei auf Speicher, um herauszufinden, ob sich durch die Bereitstellung der Speicheranwendungen einer merkliche Verbesserung der wirtschaftlichen Auslastung erzielen lässt. Die dabei entwickelte Handelsplattform kann bei einem positiven Verlauf des Feldtestes im Anschluss an das Projekt in den Regelbetrieb übergehen und für andere Marktteilnehmer geöffnet werden.

9 Literatur

- [1] BMWi – Monatsbericht 03/2013: *Speicher für die Energiewende*, 2013
- [2] VDE/ETG: *Energiespeicher für die Energiewende*, 2012
- [3] Mitteldeutsche Zeitung: *Interview zum Energiespeicher-Symposium in der Leopoldina: Stromspeicher für erneuerbare Energien*, 4. Februar 2014
- [4] <https://www.web2energy.com>
- [5] Netzpraxis 03/2013: *Netztraining in Smart Grids*, 2013
- [6] 12. Symposium Energieinnovation: *Operativer Netzbetrieb für Smart Grids*, 2012
- [7] Bundesnetzagentur: *Positionspapier zur Wahrnehmung der Pflichten nach § 4 Abs. 2 StromNZV und Ziffer 5.2. des Standardbilanzkreisvertrages durch die Bilanzkreisverantwortlichen*, 16. September 2013
- [8] Bird & Bird LLP, Energynautics GmbH und Öko-Institut e.V.: *Verteilnetzstudie Rheinland-Pfalz*, 2014
- [9] Bundesnetzagentur: *„Smart Grid“ und „Smart Market“ – Eckpunktepapier der Bundesnetzagentur zu den Aspekten des sich verändernden Energieversorgungssystems*, 2011