

Investitionsmodelle und wirtschaftlicher Betrieb von Großspeichersystemen

Anwendungen in Industrie und Gewerbe, bei Stadtwerken und Energieversorgern

Im Zusammenhang mit der viel diskutierten Energiewende übernimmt der Einsatz von Großspeichersystemen in Gewerbe, Industrie und auch bei Energieversorgern eine immer wichtigere Rolle. Speicher sollen in Zukunft die Brücke bilden zwischen der volatilen Einspeisung erneuerbarer Energieträger einerseits und der Strom-Nachfrage in den Netzen andererseits. Da das Netz keine Energie speichern kann, muss zu jedem Zeitpunkt exakt die gleiche Leistung in die Netze eingespeist werden wie die Verbraucher in der Summe abnehmen. Auch eine weiträumige Kopplung der Netze kann diese Problematik natürlich entschärfen. Hier hat aber die öffentliche Diskussion in den letzten Monaten gezeigt, dass der Bau neuer Trassen doch sehr schwierig und vor allem langwierig ist. Speichersysteme haben dieses Problem der öffentlichen Akzeptanz so gut wie nicht, sie können fast beliebig schnell und an fast jedem Standort dezentral errichtet werden und damit die Netze stabilisieren. Wichtig ist natürlich in diesem Zusammenhang auch, dass es unterschiedliche Speichertechnologien für unterschiedliche Zeiträume geben muss und auch geben wird. In dieser Betrachtung soll es ausschließlich um Batteriespeicher gehen, die im Zeitbereich von Sekunden bis hin zu einigen Stunden oder maximal Tagen Schwankungen kompensieren können. Für eine saisonale Speicherung sind diese Speicher aber wirtschaftlich definitiv nicht geeignet, denn dann müsste der Ertrag aus einem Speicherzyklus pro Jahr die Investition rechtfertigen. Das ist in etwa dasselbe, als würde sich ein Privatmann einen Sattelzug kaufen, nur weil er alle drei Jahre einmal umzieht. Für schnelle und hochdynamische Anwendungen in Netzen und auch in Gewerbe und Industrie ist aber der Batteriespeicher in Lithiumtechnologie derzeit die beste Lösung.

Für jeden Speicher muss es natürlich auch jemand geben, der ein wirtschaftliches Interesse hat, ihn zu errichten bzw. zu investieren und das setzt wiederum gewisse minimale Renditekennzahlen oder anders ausgedrückt einen entsprechend kurzfristigen Return on Investment voraus. Die wirtschaftliche Bewertung von Speicher-Projekten zeigt, dass – von wenigen Ausnahmefällen abgesehen – ein Batteriespeicher mehrere Aufgaben erfüllen muss, um eine gute Wirtschaftlichkeit zu erreichen. Da jede Aufgabe zum Gesamterlös des Speichers beiträgt, spricht man i.d.R. auch von verschiedenen Erlöspfaden, die in der Summe die Wirtschaftlichkeit ergeben. Dabei ist es natürlich wichtig, dass nicht nur die Größe des Speichers, sondern auch seine Auslegungskennzahlen (z.B. das Verhältnis von Leistung zu Kapazität bzw. Energieinhalt) individuell auf den Einsatzfall abgestimmt werden. Im Folgenden sollen diese Erlöskanäle und ihre Hintergründe kurz beschrieben werden:

1. Lastspitzenkappung oder Peak Shaving

Im Allgemeinen werden Gewerbespeicher meist primär dafür eingesetzt, Lastspitzen im Strombezug eines Unternehmens zu vermeiden bzw. zu glätten. Kleinabnehmer mit einem Bezug unter 100.000kWh/Jahr werden in der Regel nach einem Standard-Lastprofil (SLP) bewertet und zahlen lediglich Grundgebühren plus Energiekosten, aber keinen Preis für die maximale Leistung. Ihr Leistungsbezug ist i.a. durch die Auslegung des Hausanschlusses begrenzt. Alle größeren Stromkunden zahlen aber i.a. einen Leistungspreis, der aus der maximal in einer Viertelstunde bezogenen Energie bemessen wird (Viertelstunden Lastgangmessung). Betrachtungszeitraum ist dabei meist ein Jahr. Das heißt, der Leistungspreis eines Unternehmens ist in der Regel von der Jahreshöchstlast abhängig. Kann diese Jahreshöchstlast z.B. durch Lastabwurf oder durch den Einsatz eines Speichersystems gesenkt werden, so fällt für den ganzen Betrachtungszeitraum ein geringerer Leistungspreis an. Diese Leistungspreise sind nicht überall gleich, üblich sind Größenordnungen von 80 bis über 200€/kW.

Insbesondere bei der Versorgung in höheren Spannungsebenen fallen niedrigere Leistungspreise an als z.B. bei Versorgung mit Niederspannung, dies ist bei der Wirtschaftlichkeitsberechnung von Speichern ein wichtiger Parameter.

Wird der Einsatz eines Speichersystems in einem Betrieb in Erwägung gezogen, so bringt die Vermeidung dieser Spitzen meist für den Kunden den größten Kosten-Einsparungseffekt. Weiterhin ist dieser Erlöspfad auch in der zukünftigen Entwicklung am besten prognostizierbar. Während z.B. die Bereitstellung von Regelleistung stark von Marktpreisentwicklungen und Börsenschwankungen abhängt und damit eine langfristige Prognose immer mit großen Unsicherheiten behaftet ist, wird die Vermeidung von singulären Lastspitzen immer ein verlässliches Kosteneinsparungspotential erbringen.

Die Vermeidung von Bezugsspitzen durch den Einsatz von Speichersystemen, kurz Peak Shaving - ist nicht nur für Stromverbraucher wirtschaftlich interessant. Besonders auch für Stromversorger wie z.B. Stadtwerke kann es durchaus interessant sein, solche Spitzen im eigenen Netz zu vermeiden, da diese wiederum zu Bezugsspitzen aus dem vorgelagerten Netz führen, die ebenfalls in einem Leistungspreis abgebildet werden. Sind Netze oder Betriebsmittel an bestimmten Stellen bereits zu annähernd 100% ausgelastet, so kann durch Peak Shaving unter Umständen auch Netzausbaumaßnahmen und damit Investitionskosten eingespart werden.

Das folgende Diagramm beschreibt die Auslegung eines Speichersystems für Lastspitzkappung am Beispiel des Simulationstools PeakSave© von Smart Power:

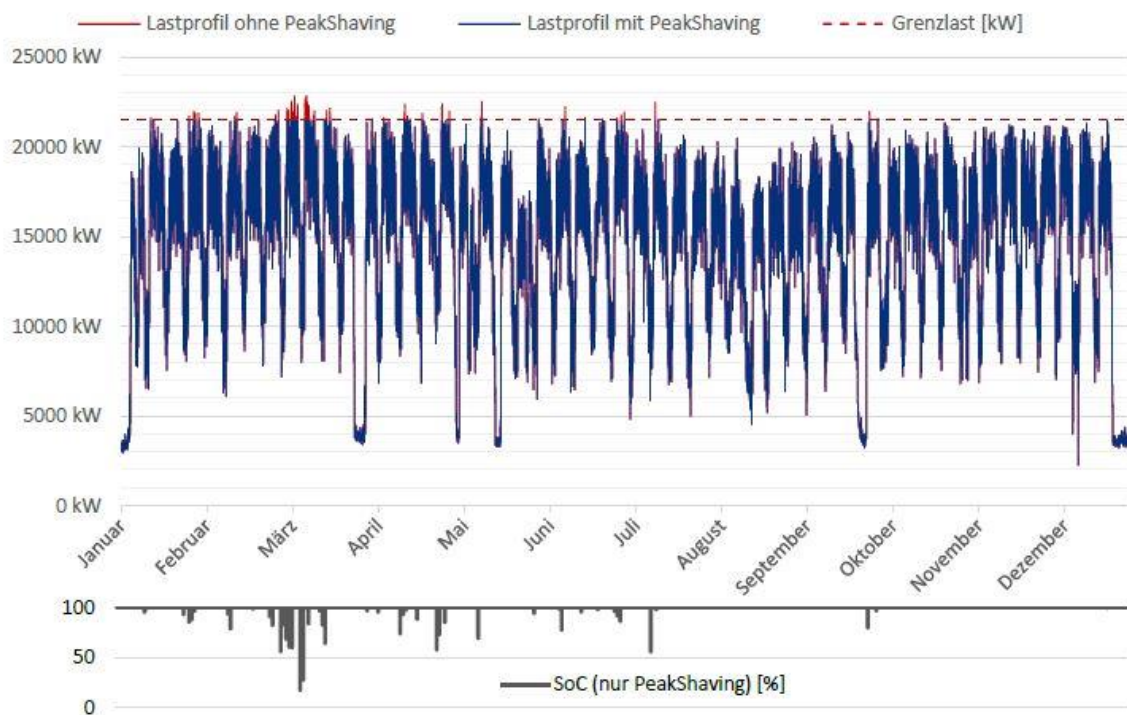


Bild: Beispieldiagramm zur Lastspitzenkappung (Peak-Shaving)

Der zu untersuchende Lastgang wird in das Simulationstool geladen. In einer iterativen Optimierung werden dann die maximalen Lastspitzen durch einen virtuellen Speichereinsatz „abgeschnitten“, die zur Kappung jeweils erforderliche Leistung und Kapazität des Speichers bestimmt und durch eine komplett im System abgebildeten Kostenermittlung bewertet. Aus dem Vergleich dieser Kosten mit dem entstehenden Einspareffekt wird dann für den jeweiligen Kunden die Lösung mit der maximalen Wirtschaftlichkeit ermittelt.

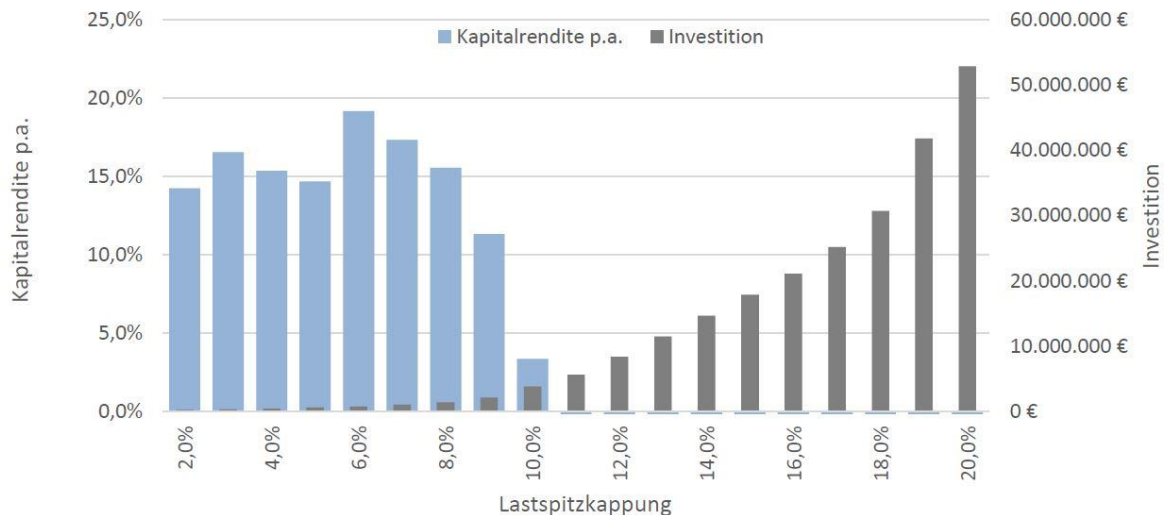


Bild: Kapitalrenditen für Speichersysteme verschiedener Dimensionierungen

Im hier dargestellten Diagramm ist ersichtlich, wie zum einen der Investitionsbedarf für das Speichersystem nach rechts mit zunehmender Kapazität zur Kappung der Lastspitze zunimmt. Diese Zunahme erfolgt nicht linear, sondern je nach Lastprofil eher exponentiell, denn die Lastspitzen werden nach unten hin ja immer „breiter“ und damit steigt die für eine Kappung erforderliche Batteriekapazität stark an.

Die blauen Balken stellen die Rentabilität eines Speichersystems in der jeweiligen Größe dar. Diese Rentabilität hat im Allgemeinen ein Maximum bei einer ganz bestimmten Größe des Speichers. Im hier dargestellten Beispiel ist z.B. eine Lastspitzkappung um 6% die wirtschaftlichste Lösung. Interessant ist hier auch der Sprung der Rentabilität von 5% auf 6%; daraus ist erkennbar, dass sich hinter jedem Balken eine konkrete Systemauslegung verbirgt. So kann hier z.B. für den Wert bei 6% eine wirtschaftlichere Wechselrichtergröße eingesetzt werden als bei 5% - das Optimum der Auslegung ist damit in diesem Beispiel recht eindeutig erkennbar.

Bei der Dimensionierung von Speichersystemen zur Lastspitzkappung sind in jedem Falle ein paar Hinweise zu beachten, um zu realistischen Systemlösungen zu kommen:

Bevor man den Einsatz von Speichersystemen in Erwägung zieht, ist zu bedenken, dass einfache Maßnahmen zum Lastabwurf in manchen Fällen mit wenig Aufwand zum gleichen Ergebnis führen können. Deshalb sind solche Maßnahmen in jedem Falle primär zu untersuchen und auch zu bewerten. Führt ein Lastabwurf aber zu Verzögerungen bei der Produktion oder gar zu Problemen, ist natürlich der Einsatz eines Speichers die wirtschaftlichere Variante.

Bei der Dimensionierung des Speichers selbst muss beachtet werden, dass es i.a. nur wirtschaftlich ist, schmale und hohe Spitzen durch den Speichereinsatz zu kompensieren. Im Extremfall kann es sein, dass sogar nur eine einzige Spitze im Jahr bereits den Einsatz des Speichers wirtschaftlich rechtfertigt. Im obigen Beispieldiagramm wurde z.B. als wirtschaftlichste Lösung eine Kappung der Lastspitzen um ca. 6% errechnet. Sollten in Zukunft Leistungspreise steigen und die Preise für Speichersysteme gleichzeitig fallen, kann sich dieses Optimum weiter verschieben, so dass z.B. eine Kappung um 8, 10, oder 12% dann wirtschaftlicher sein könnte. Die meisten Lastprofile sind aber so ausgeprägt, dass die notwendige Kapazität des Speichers bei intensiveren Lastspitzkappungen sehr stark ansteigen würde und damit die Grenze zur Unwirtschaftlichkeit schnell erreicht wäre. Wichtig ist in diesem Zusammenhang die typische Kostenzusammensetzung eines Speichersystems: Die Kapazität, also der Preis der Zellen, macht etwa 60% der Gesamtkosten aus, weitere 15% sind für die

Leistungselektronik zu rechnen und nochmals 10% für Trafo und Anschluss. Die restlichen 15% werden für Projektierung und Systemanpassung beim Kunden benötigt.

2. Vermiedene Netzentgelte

Verursacht ein Betrieb Lastspitzen, so bilden sich diese Lastspitzen gerade bei größeren Betrieben mehr oder weniger stark auch im Netz des Versorgers ab. Vermeidet ein Kunde nun solche Lastspitzen (z.B. durch den Einsatz eines Speichersystems), so verleichmäßigert er dadurch auch den Netzbezug beim Versorger. Da auch jeder Stromversorger Leistungspreise für seinen Netzbezug beim vorgelegten Netzbetreiber zahlen oder die Leistungsspitzen selbst aufwendig erzeugen muss, spart der Kunde also dem Energieversorger Geld, indem er zu hohe Leistungsspitzen im Netz vermeidet. Ein Teil dieser „vermiedenen Netzentgelte“ steht gemäß der „Verordnung über die Entgelte für den Zugang zu Elektrizitätsversorgungsnetzen (Stromnetzentgeltverordnung - StromNEV), § 18 Entgelt für dezentrale Einspeisung“ dem Stromkunden zu, er darf dafür sogenannte „Vermiedene Netzentgelte“ von seinem Versorger einfordern.

Diese Höhe dieser „Vermiedenen Netzentgelte“ und auch die Nachweisführung sind zwar grundsätzlich mit dem Energieversorger individuell abzustimmen, dennoch bilden diese „Vermiedenen Netzentgelte“ einen weiteren häufig zitierten Erlöspfad in der Rentabilitätsrechnung von Speichern.

3. Atypische Netznutzung

In der Regel haben alle Verbraucher in einem Versorgungsnetz die Tendenz, dass sich gewisse Muster überlagern. So beanspruchen z.B. Privat-Haushalte zu gewissen Zeiten viel Leistung in den Morgen- und in den Abendstunden, landwirtschaftliche Betriebe haben eine ähnliche Tendenz, gewerbliche Verbraucher haben dagegen oft Lastspitzen zu Produktionsbeginn. Für den Versorger addiert sich das Lastprofil im Netz zu einem oft recht un stetigen Gesamtverlauf, der sich im Wesentlichen täglich wiederholt und zu gewissen Zeiten starke und damit teure Lastspitzen aufweist. Aus dieser Erfahrung heraus hat deshalb jeder Netzversorger für sich gewisse Hochlastzeitfenster (HLZF) definiert. Hat ein großer Gewerbeverbraucher seine Lastspitze zeitgleich ebenfalls in diesem Hochlastzeitfenster, kann das die Infrastruktur überlasten oder Neuinvestitionen notwendig machen. Durch den Einsatz eines Energiemanagementsystems oder eines Speichersystems kann ein Gewerbeverbraucher dagegen seine Lastspitze so verschieben, dass sie nachweisbar nicht mehr in dieses Hochlastzeitfenster fällt. Diese Verschiebung ist als netzdienliches Verhalten zu bewerten, der Kunde kann vom Versorger für diese „Atypische Netznutzung“ eine Rückerstattung verlangen. Voraussetzung ist, dass die Lastspitze außerhalb des HLZF mindestens 100kW und 20% höher ist, als die höchste Last im HLZF. Üblicherweise hat der Kunde dafür den entsprechenden Nachweis zu führen; für das Folgejahr können dann mit dem Übertragungsnetzbetreiber reduzierte Netzentgelte vereinbart werden.

In manchen Fällen ergibt sich bei der Analyse des Lastprofils, dass der Kunde bei einer gewissen Speichergröße diese atypische Netznutzung erreichen kann, wodurch die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme ganz wesentlich erhöht wird.

Bei der Speicherberechnung sollte aber diese atypische Netznutzung in jedem Falle nur als Zusatzerlös und nicht als eigentlicher Teil der Wirtschaftlichkeitsberechnung angesehen werden, denn der Zusatzerlös kann ggfs. wegfallen, wenn Hochlastzeitfenster des Versorgers in Folgejahren nicht mehr existieren oder verschoben werden.

Abschließend ist zu diesem Punkt noch zu sagen, dass diese Sonderregelung ein typisches Beispiel dafür darstellt, wie sinnvoll gedachte Anreize in manchen Fällen auch teilweise „kreativ“ umgangen werden. Um die Lastspitze aus dem Hochlastzeitfenster zu verschieben, gibt es nämlich 2 Methoden: Ein Speicher kann die Lastspitze im Hochlastzeitfenster teilweise kompensieren, das ist aber mit einem gewissen Aufwand verbunden. Manche Betriebe schalten einfach einmal im Jahr zu einem geeigneten Zeitpunkt so viele Verbraucher ein, dass eine künstliche Lastspitze außerhalb des Hochlastzeitfensters erzeugt wird und erreichen damit dasselbe Ergebnis, allerdings nicht ganz im Sinne der Regelung.

4. Die 7000-Stunden-Regel nach §19 Strom NEV

Auch dieser mögliche Erlöspfad einer Speichernutzung fällt wie die vorigen Punkte unter die Kategorie „netzdienliches Verhalten des Kunden.“ Der Bezug von Strom ist für große Industrieunternehmen umso günstiger, je gleichmäßiger sich ihre Bezugskurve darstellt. Eine gleichmäßige Bezugskurve garantiert dem Energieversorger bzw. dem Netzbetreiber die optimale wirtschaftliche Ausnutzung seiner Netze und Betriebsmittel, denn die komplette Infrastruktur von der Erzeugung über die Verteilung bis hin zum Anschluss des Endkunden muss ja immer für die Maximalleistung ausgelegt werden. Je konstanter also der Bezug, desto besser stellt sich die betriebswirtschaftliche Auslastung der Infrastruktur da. Kennzahl dafür sind die sogenannten **Jahres-Volllaststunden**. Sie berechnen sich aus dem Quotienten aus bezogener Jahresenergie geteilt durch die maximale Bezugsleistung. Das theoretische Optimum für diese Kennzahl wären 8760 Stunden (also energiewirtschaftlich betrachtet die gesamte Jahres-Stundenzahl) und würde damit Vollausslastung und stets konstanten Bezug ohne jegliche Ausfallzeiten bedeuten.

In der Praxis ist eine Grenze von **7000 Jahresvolllaststunden** die Zahl, ab der ein Stromkunde vom Versorger als so netzdienlich angesehen wird, dass er für dieses Bezugsjahr nicht mehr die im Energiepreis enthaltenen veröffentlichten Netzentgelte pro kWh zahlen muss. In der Regel kann ein Kunde so 80 bis 90% der gesamten zu zahlenden Netzentgelte einsparen bzw. diese mit seinem Netzbetreiber individuell vereinbaren (Grundlage dafür sind 20% ab 7000 Stunden, 15% ab 7500 Stunden und 10% ab 8000 Stunden).

Die 7000-Stunden-Regel kann i.a. durch den Einsatz eines Speichers nur dann erreicht werden, wenn der Kunde schon vorher durch gleichmäßigen Netzbezug nah an dieser Grenze war. Für die Einhaltung der 7000-Stunden-Regel reicht es i.a. nicht, mit einem Speichersystem kurze Lastspitzen zu kompensieren, sondern die Auslegungsleistung des Speichers muss in der Regel je nach Lastgang mehrere Stunden zur Verfügung stehen.

5. Regelleistungsvermarktung (PRL, SRL)

Die Regelleistungserbringung stellt einen der am häufigsten genannten Erlöskanäle beim Speicherbetrieb dar. Im Europäischen Verbundnetz werden Differenzen zwischen Stromeinspeisung und Stromentnahme i.a. durch netzdienliche Speicher oder Kraftwerke ausgeglichen, die Regelleistung liefern. Sie erkennen an der Abweichung der Netzfrequenz vom Sollwert (50,00Hz), ob das Angebot oder die Nachfrage an Leistung überwiegt und reagieren dementsprechend. Bei Überfrequenz wird Leistung aus dem Netz entnommen, bei Unterfrequenz wird Leistung ins Netz abgegeben. Die sogenannte Primärregelleistung (kurz: PRL) ist nach den rotierenden Massen im Netz (die sog. Momentanreserve) die schnellste Form der Regelleistung. Für längerfristige Abweichungen ist die Sekundärregelleistung oder die sogenannte Minutenreserve vorgesehen. Die Erbringung der PRL wird

wöchentlich an der Strombörse ausgeschrieben. Ein Speicher in relevanter Größenordnung kann also die Bereitschaft, Regelleistung zu erbringen, an der Strombörse anbieten und vermarkten. Vorher muss er dem ÜNB (Übertragungsnetzbetreiber) aber im Rahmen einer Präqualifizierung nachweisen, dass er die erforderlichen Rahmenbedingungen auch einhält, dass also sein System bei Anforderung ausreichend schnell und über den erforderlichen Zeitraum Leistung abnehmen oder liefern kann. Auch eine entsprechende Redundanz bzw. Ausfallsicherheit muss gewährleistet sein, die man u.U. auch über den Zusammenschluss mit anderen Anbietern über einen Vermarkter nachweisen kann. Ausgeschrieben wird nur eine begrenzte Menge an Regelleistung, was den Börsenpreis für diese Leistungsbereitstellung auch in den letzten Monaten unter Druck gesetzt hat. Der Erlös für einen Speicher aus der PRL ist also einerseits recht einfach anhand des momentanen Marktpreises zu berechnen, andererseits ist die Preisstabilität für längere Zeiträume nur schwer abzuschätzen, was sich auf die Verlässlichkeit von langfristigen Wirtschaftlichkeitsprognosen für Speicher nicht unbedingt positiv auswirkt. Wirtschaftlich sinnvoll ist PRL nur bei größeren Speichersystemen, denn der Aufwand zur Präqualifizierung und zur Vermarktung ist für kleinere Systeme schlicht unwirtschaftlich.

Die Berechnung der Wirtschaftlichkeit von PRL-Speichern ist nicht ganz trivial, da sie von vielen Rahmenbedingungen abhängt. Ein Speicher gilt ja nach wie vor als Verbraucher und/oder Energieerzeuger, je nachdem, ob er gerade Energie einspeichert oder ausspeichert. Generell gilt in diesem Anwendungsfall eine Befreiung von der Stromsteuer, was aber nicht immer sofort rechtlich anerkannt wird.

Sowohl die ein- und ausgespeicherten Strommengen, als auch die Speicherverluste sind nach §118 (6) EnWG von Netzentgelten befreit. Voraussetzung für die Anerkennung ist aber ein Vertrag mit dem Verteilnetzbetreiber.

Die im Strompreis enthaltene EEG-Umlage muss ebenfalls für ein- und ausgespeicherte Strommengen nicht entrichtet werden. Allerdings ist für die im Speicher entstehenden Verluste sowohl die EEG-Umlage, als auch die Stromsteuer zu entrichten.

6. Blindleistungsbereitstellung

Das Geschäftsmodell jedes Energieversorgers ist es, seinen Kunden Energie zu verkaufen, genauer Wirkenergie oder Wirkleistung, denn nur diese Energie kann beim Kunden sinnvoll genutzt und in andere Energieformen umgewandelt werden. In modernen Stromversorgungsnetzen wird aber der Nebeneffekt der sogenannten Blindleistung immer mehr zu einem Problem für die Verteilnetzbetreiber (VNB). Verursacht wird sie vorwiegend durch die zunehmende Zahl von Stromrichterantrieben und elektronischen Netzteilen. Da die Blindleistung auf den Versorgungsnetzen nur hin und her pendelt, belastet sie diese Netze, trägt aber nicht zum Erlös bei. Die Blindleistung kann durch entsprechende Maßnahmen (Kompensationsanlagen) reduziert werden, aber dies kostet Geld. Vorgelagerte Netzbetreiber verlangen deshalb von Stadtwerken und kleinen Netzbetreibern zunehmend, dass die Blindleistung im Netz reduziert oder bezahlt wird. Diese Forderung könnte man zwar einfach an die Kunden weitergeben, aber wenn man diese nicht über Gebühr belasten will, bliebe nur die Investition in eigene Blindleistungs-Kompensationsanlagen.

An dieser Stelle können nun Speichersysteme wiederum einen sinnvollen Beitrag leisten, denn der Wechselrichter eines Speichersystems kann immer dann, wenn er nicht mit Wirkleistung schon zu 100% ausgelastet ist, Blindleistung für das Netz erzeugen bzw. anders ausgedrückt die Blindleistung im Netz kompensieren. Übliche Größenordnungen für diese Blindleistungsbereitstellung sind 40.000 €/MVarh. Die Einsparung dieser Kosten kann als Erlöspfad für den Speicherbetrieb in die

Wirtschaftlichkeitsberechnung Eingang finden. In bestimmten Fällen wird Blindleistung dem Kunden auch weiterberechnet, übliche Preise sind in diesem Fall 1,2 ct/kVArh.

Wichtig ist hier wieder die individuelle bzw. kundenspezifische Dimensionierung der Systeme. Die Blindleistungskompensation kann durch eine entsprechende Dimensionierung der Wechselrichter-systeme beliebig angehoben werden, aber in der Regel ist es nicht wirtschaftlich, die Umrichter alleine für die Blindleistungskompensation größer zu dimensionieren, als für den Speicherbetrieb selbst erforderlich. Letztendlich ergibt sich auch hier aus der individuellen Wirtschaftlichkeitsbe-trachtung sich die für den Kunden ideale Systemauslegung.

7. Eigenverbrauchsoptimierung

Der Eigenverbrauch ist in den letzten Jahren zum „Maß aller Dinge“ geworden, wenn es um den Ein-satz von Eigenerzeugungsanlagen in Haushalten und Gewerbebetrieben geht. Eigenerzeugungsanla-gen haben i.a. hohe Investitions- und geringe Betriebskosten, deshalb ist ihr Einsatz umso wirtschaft-licher, je länger sie betrieben werden und damit den Strombezug aus dem Netz ersetzen können. Im Falle von regenerativen Eigenerzeugungsanlagen wie zum Beispiel Photovoltaik sind die Betriebskos-ten in der Regel sogar fast Null. Aus diesem Grund erscheint es naheliegend, durch den Einsatz von Speichersystemen die Nutzung dieser eigenerzeugten Energie noch weiter auszudehnen. Der Erlös-pfad für den Speicher ist in diesem Falle der Erhöhung des Eigenverbrauchs-Prozentsatzes. Dies gilt jedoch nur dann, wenn die Summe aus Eigenerzeugungskosten plus Speicherkosten für die betrach-tete Kilowattstunde kleiner ist als der Preis der Kilowattstunde Bezugsstrom aus dem Netz. Erfreulich ist in diesem Zusammenhang, dass z.B. Strom aus PV-Anlagen inzwischen bereits für unter 10ct/kWh erzeugt werden kann. Die Speicherkosten pro kWh werden von den Investitionskosten und der An-zahl der erreichbaren Zyklen bestimmt, hier ist aber darauf zu achten, dass weniger die Speichertechno-logie oder die Herstellerangaben diese Zahl bestimmen, sondern die richtige Dimensionierung und die Anwendung des Speichersystems.

Zusammenfassend ist hier zu sagen, dass die Eigenverbrauchsoptimierung alleine einen Speicher im Gewerbeinsatz i.a. nicht rechtfertigt. Im privaten Einsatz kann die Stromspeicherung zur Eigenver-brauchserhöhung alleine aufgrund der hohen Bezugspreise noch wirtschaftlich sein, im Gewerbeein-satz ist dafür aber i.a. der Strom-Bezugspreis zu niedrig. Als Teil einer gesamten Erlösrechnung kann aber die Eigenverbrauchserhöhung in jedem Falle ihren Beitrag liefern.

Sehr interessant kann die Eigenverbrauchserhöhung auch für PV-Anlagen sein, wenn diese nach 20 Betriebsjahren aus der EEG-Vergütung fallen. Da dann die Erzeugungskosten bei annähernd Null lie-gen, kann der Speicher zur Eigenverbrauchserhöhung sehr viel schneller wirtschaftlich sein.

8. USV und Notstromversorgung

Existenzgrundlage eines jeden gewerblichen Betriebes ist im Allgemeinen ein Produktionsablauf. Bei Dienstleistern kann dieser „Produktionsablauf“ auch ein Kommunikationsprozess mit dem Kunden oder der Betrieb von Netzen und Servern sein, das gemeinsame Merkmal ist immer die Wertschöp-fung – und diese ist mehr oder weniger immer von einem funktionierenden Netz abhängig. Im Falle von Stromausfällen geht nicht nur die gesamte Wertschöpfung für den betroffenen Zeitraum verlor-en, sondern die Folgen sind meist Datenverlust oder Produktverlust durch Prozessunterbrechungen.

Die Kosten solcher Ausfälle werden i.a. vollkommen unterschätzt bzw. nur in solchen Unternehmen betrachtet, die ein aktives Risikomanagement betreiben.

Durch den Einsatz eines Speichers können je nach Dimensionierung bei Netzunterbrechungen bestimmte Bereiche eines Produktionsprozesses über eine gewisse Zeit aufrechterhalten werden. Grundsätzlich zu unterscheiden ist die Überbrückung von Kurzunterbrechungen und die Überbrückung von echten Versorgungsausfällen. Bei Kurzunterbrechungen sind die wesentlichen Größen die maximale Ausfallzeit, bis der Speicher die Versorgung übernehmen kann (im Allgemeinen im Millisekunden-Bereich), sowie die Leistung des Speichers. Die maximale Ausfallzeit muss so kurz sein, dass alle relevanten Systeme ohne Ausfall weiterbetrieben werden können. Die Leistung des Speichers muss für die Systeme ausreichend sein, die zum relevanten Zeitpunkt im Netz betrieben werden. Bei echten Versorgungsausfällen kommt als relevante Größe der Energieinhalt des Speichers dazu, der die maximale Überbrückungszeit begrenzt.

Die wirtschaftliche Betrachtung dieses Erlös-Cases ist in jedem Falle sehr individuell, denn es muss zum einen die Ausfallwahrscheinlichkeit bewertet werden, zum anderen sind die Verluste möglicher Produktionsausfälle bis hin zu den Folgekosten von fehlerhaften Produkten oder Schadensbeseitigungen in der Produktion zu bewerten. Hier ist in jedem Falle eine intensive Abstimmung mit dem Kunden notwendig.

Ganz wichtig ist für diesen Erlösfall eine realistische Bewertung der tatsächlichen Potentiale. Dabei ist zu beachten, dass für den Peak-Shaving-Einsatz wirtschaftlich dimensionierter Speicher i.a. kaum mehr als 10% bis 20% der Netz-Bezugsleistung liefern kann. Für eine echte Ausfallüberbrückung wäre also eine wesentliche größere Dimensionierung des Speichers erforderlich. Einen Kompromiss kann in diesen Fällen die Kombination von Speichersystemen mit einem geeigneten Lastabwurf-Verfahren darstellen, das Verbraucher niedrigerer Priorität (z.B. Heizungen, Kühlungen) so schnell abschalten kann, dass die kritischen Verbraucher hoher Priorität (z.B. Steuerungssysteme) vom Speicher weiterversorgt werden können. Solche Systeme müssen in enger Abstimmung mit der Produktion individuell projektiert werden, können aber dann u.U. sehr viel Nutzen für den Kunden generieren, indem sehr hohe Folgekosten für Ausfälle weitgehend vermieden werden können.

Werden Speicher vorwiegend für diesen Einsatzfall ausgewählt und müssen nicht zusätzlich regelmäßigen hochdynamischen Ansprüchen genügen, so ist i.a. der Einsatz normaler Blei-Systeme ausreichend und kann gegenüber Lithium-Systemen nach wie vor Preisvorteile bieten.

9. Systemrelevanter Einsatz von Speichersystemen

Dieser Einsatzfall für Speichersysteme ist im Wesentlichen im Punkt „USV und Notstromversorgung“ bereits beschrieben. Für die wirtschaftliche Bewertung erscheint hier aber eine nochmalige Unterscheidung zwischen „normalen“ Produktionsprozessen und systemrelevanten Prozessen geboten. So kann z.B. der Ausfall von Telekommunikationssystemen bis hin zu lebenserhaltenden Systemen (Katastrophenschutz, Krankenhäuser, Trinkwasserversorgung, Verkehrsleitsysteme usw.) sicher zu schwerwiegenden Folgen führen als ein normaler Produktionsausfall. Das kann wiederum ein starkes Argument für den Einsatz von ausreichend dimensionierten Speichersystemen darstellen. Die Bewertung des Speicher-Nutzens hier aber hier sicher über eine reine „Wirtschaftlichkeitsberechnung“ hinaus, dementsprechend ist auch der Erlösbeitrag für den Speicherbetrieb individuell zu bewerten.

10. Inselbetrieb

Speicher für den Einsatz im Peak-Shaving-Betrieb oder zu Eigenverbrauchserhöhung arbeiten normalerweise meist netzparallel, der Einsatz eines Speichers im PRL-Betrieb ist z.B. ohne Netz gar nicht denkbar.

Soll der Speicher auch bei Netzausfall Energie liefern können oder ganz ohne Netz funktionieren, so ist ggfs. ein besonderes Schaltungskonzept erforderlich, das diese Inselfähigkeit bietet. Da ein inselfähiger Wechselrichter i.a. teurer als ein netzparallel betriebener WR ist, muss die Fähigkeit zum Inselbetrieb auch gesondert in die Erlös-Berechnung einfließen.

11. Schwarzstartfähigkeit

Gewerbliche Speicher arbeiten meist entweder im Netzparallelbetrieb, oder sie sind inselfähig, um bei kurzen Netzunterbrechungen die Versorgung sicherzustellen. Die meisten Systeme können aber nach einer Netzunterbrechung nicht mehr eigenständig hochfahren, denn sie benötigen Hilfsenergie zum Starten der Steuerungen.

Speichersysteme, die ganz ohne externe Hilfsenergie eigenständig hochfahren können, werden als „schwarzstartfähig“ bezeichnet. Diese Fähigkeit ist eine systemdienliche Eigenschaft, die normalerweise nur dann relevant wird, wenn Netze flächendeckend ausgefallen sind und ohne solche eigenständig startenden Zellen nicht mehr hochfahren werden können.

Im Rahmen von Katastrophenschutz-Szenarien sind solche netzdienlichen Inseln eine ganz wesentliche Voraussetzung zum Wiederhochlauf von Netzen, man spricht auch von sogenannten „zellularen Netzen“, bei denen auch kleine Einheiten eigenständig funktionieren und die deshalb weit weniger anfällig sind als zentralisierte Netze. Sollen privatwirtschaftlich investierte Speicher in Zukunft in Ernstfällen zur Netzstabilität beitragen, so muss diese Dienstleistung auch bezahlt bzw. gesellschaftlich umgelegt werden. Rein wirtschaftlich optimierte Speicher weisen i.a. keine Schwarzstartfähigkeit auf. Da Netzausfälle nie ganz auszuschließen sind, ist zu erwarten, dass eine Schwarzstart-Fähigkeit von Speichern in Zukunft an Bedeutung gewinnt und dies zukünftig einen Erlösbeitrag zum Betrieb von Speichersystemen beitragen könnte.

12. Betrieb von Schnell-Ladestationen

Der Betrieb von Ladestationen ist ein sehr schnell wachsendes Segment, sowohl im Privatbereich, als auch im öffentlichen und gewerblichen Bereich. Das primäre Ziel beim Betrieb von Ladestationen muss ein möglichst netzdienliches Verhalten sein. Das heißt, dass viele Ladestationen kleiner Leistung möglichst viele Autos versorgen. Wenn möglich sollten die Ladestationen mit einem intelligenten Lastmanagement betrieben werden, im optimalen Fall ist dieses Lastmanagement auch mit dem Lastmanagement des Betriebes vernetzt. Darüber hinaus könnten bidirektionale Ladestationen in Zukunft sogar Speichersysteme in Betrieben ergänzen oder gar ersetzen, also nicht nur als netzdienlicher Verbraucher, sondern sogar als flexibler Erzeuger fungieren.

Als Erlöspfad für einen Speicher ist jedoch der entgegengesetzte Fall zu betrachten:

Neben der möglichst netzdienlichen Ladung benötigt speziell die Langstrecken-E-Mobilität auch Schnell-Lademöglichkeiten. Da auf der Langstrecke möglichst kurze Lade-Phasen und deswegen schnelle Ladevorgänge sehr wichtig sind, sind hier Leistungen ab 50kW üblich, aktuell werden schon 150kW genormt, in einzelnen Projekten werden bereits 350kW realisiert – jeweils pro Ladepunkt! Dafür müssen Momentanleistungen bis in den Megawattbereich angeboten werden. Ein Lastmanagement ist für diesen Anwendungsfall nicht sinnvoll, denn der Kunde wartet auf die Weiterfahrt und braucht deswegen die hohe Leistung.

In jüngerer Zeit kommen auch vermehrt rein elektrische LKW für den Fernverkehr auf den Markt, diese benötigen teilweise Leistungen im MW-Bereich schon für einzelne Fahrzeuge. Ein weiterer Anwendungsfall sind elektrisch betriebene Busse, die in den meist begrenzten Stillstandszeiten geladen werden müssen.

Solche Leistungen können viele Netzanschlüsse nicht zur Verfügung stellen, deswegen sind Speichersysteme als Puffer sinnvoll. Die Schnell-Ladung muss also in diesem Fall den Speicherbetrieb finanzieren. Ebenso sind natürlich auch für diesen Fall Kombinationen denkbar, z.B. Speichersysteme, die zusätzlich PRL anbieten oder Unternehmen, die mit vorhandenen Speichersystemen Schnell-Lade-Servicleistungen bieten.

Die Erlöse dieser Dienstleistung und damit der Beitrag zur Speicher-Wirtschaftlichkeit sind aber in jedem Falle sehr individuell zu betrachten, pauschale Ansätze gibt es dafür bisher nicht.

13. Second-Life

Insbesondere bei größeren Speichersystemen für den gewerblichen Einsatz können statt neuen Batteriesystemen auch sogenannte Second-Life-Systeme, also gebrauchte Akkus aus Fahrzeugen zum Einsatz kommen. Im Vergleich zum Einsatz in Fahrzeugen bei extremen Wechselbelastungen und extremen Temperaturen stellt der Einsatz in einem industriellen Umfeld vergleichsweise nur geringe Anforderungen für dieses „zweite Akkuleben“ dar. Auch wenn die Systeme nicht mehr die volle Anfangskapazität aufweisen, kann man davon ausgehen, dass die vom Autohersteller zugesagte „second-Life-Kapazität“ über einen Zeitraum von 10 Jahren und mehr genutzt werden kann. Vom ökologischen Standpunkt ist sicher ein weiterer Vorteil, dass nach diesem zweiten Akkuleben Recyclingkapazitäten genutzt werden können, die es jetzt noch nicht gibt, zumindest die Rohstoffe aus diesen Zellen werden dann wohl ihr drittes Leben beginnen. Natürlich hat der Einsatz dieser gebrauchten Batteriesysteme auch einen wirtschaftlichen Aspekt, werden sie doch von den Autoherstellern zu weitaus geringeren Preisen abgegeben, als man für neue Systeme ausgeben müsste. Hier sind zwar zusätzliche Aufwendungen für die mechanische Unterbringung, für die Spannungsanpassung und ggfs. für Garantierückstellungen zu berücksichtigen, aber dennoch ist die Systemtechnik im Vergleich zur Neubeschaffung immer noch wesentlich günstiger, so dass man mit Blick auf die gesamte Wirtschaftlichkeit auch von einem weiteren „virtuellen Erlöspfad“ sprechen könnte, der die Rendite des gesamten Projektes nochmals ein wenig attraktiver macht.

14. Zero-Life oder aktive Lagerung

Während die Verwendung von Kfz-Akkusystemen einen recht bekannten Business-Case darstellt, ist die Verwendung von Zero-Life-Akkus, manchmal auch „aktive Lagerung“ genannt, bisher noch weniger bekannt. Viele Autohersteller denken in langen Produktionszyklen und versuchen die Wirtschaftlichkeit zu verbessern, indem sie Produktionsumstellungen möglichst minimieren. So werden u.U. bestimmte Akkutypen in größeren Stückzahlen produziert, dann aber über längere Zeiträume erst vom Lager abgerufen. Müssen diese neuen Akkus aktiv gelagert werden, so verursacht das in diesem Zeitraum Kosten. Verwendet man die Akkus dagegen über denselben Zeitraum temporär in Speichersystemen, so verdienen sie sogar Geld. Die dauernde Zyklisierung ist zudem für die Lebensdauer sogar besser als eine Lagerung. Die Verwendung solcher Systeme in Speicherprojekten ist also wiederum günstiger als die Verwendung projektspezifischer Zellen, was den Gesamterlös des Speichersystems wiederum erhöht.

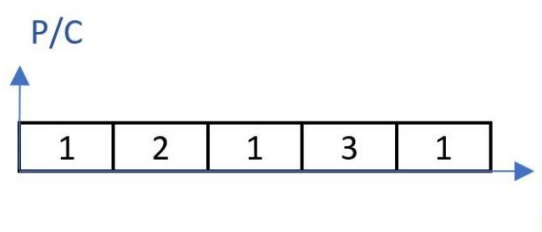
15. Förderprogramme für den Speicherbetrieb

Trotz der Kombination verschiedener Erlöskanäle ist manche Anwendung u.U. nach wie vor nicht wirtschaftlich aber im Einzelfall trotzdem sinnvoll. Dafür kann es verschiedene Gründe geben: Die Erforschung neuer sinnvoller Einsatzfälle, die Schadstoffentlastung von Innenstädten durch E-Fahrzeuge oder die Absicherung kritischer Infrastrukturen. In solchen Fällen können u.U. Förderprogramme einen zusätzlichen Erlös bieten und damit die Brücke zur Wirtschaftlichkeit eines Speichers bilden.

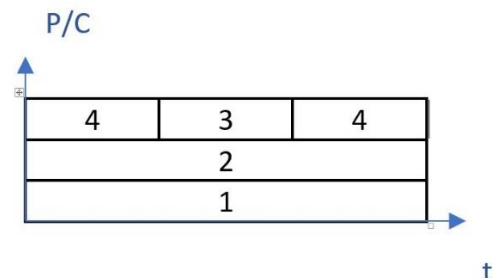
16. Intelligente Regelstrategien für wirtschaftlichen Speicherbetrieb

Alle bisher genannten Punkte stellen Erlöskanäle für den Speicherbetrieb dar, die jeweils dann voll ausgenutzt werden können, wenn die Regelung des Speichers auf genau diesen jeweiligen Betriebsfall optimiert ist. Da ein einzelner Erlöskanal für den wirtschaftlichen Speicherbetrieb nicht i.a. nicht ausreicht, versucht man nun meist, mehrere Funktionalitäten eines Speichers zu kombinieren. Mit konventionellen Regel-Methoden können Speicherrenditen aus verschiedenen Erlöskanälen jedoch meist nur sehr unzureichend kombiniert werden. Meist muss für jede Funktionalität ein gewisser Speicherinhalt reserviert werden. Für Lastspitzkappung oder Notstromfunktionalität muss der Speicher z.B. immer „möglichst voll“ sein, für PRL ist z.B. eher ein mittlerer SOC von 50% erforderlich. Die Regelanforderungen widersprechen sich also oft grundsätzlich. Dadurch können die einzelnen Erlöskanäle nicht kumuliert werden und die Renditeanforderungen für einen gewerblichen Speichereinsatz in den meisten Fällen nicht erreicht werden.

Eine optimierte, aus verschiedenen Erlöskanälen gebildete Rentabilität kann nur mit einer intelligenten Regelung erreicht werden, deren Strategie auf genau die Kombinationen der jeweils vorliegenden Fälle im konkreten Umfeld des Unternehmens ausgelegt wurde. Durch intelligente Algorithmen kann der Speicher von Anfang an so weit besser und damit wirtschaftlicher betrieben werden. Ziel ist dabei, die vorhandene Leistung des Systems (P) oder die Speicherkapazität (C) des Systems möglichst mehrfach zu nutzen. Diese Mehrfachnutzung kann grundsätzlich in mehreren unterschiedlichen Arten erfolgen:



Horizontales „Stacking“
Zeitlich gestaffelte Mehrfachnutzung von Speicherleistung (P) oder Speicherenergie (C)



Multimodales „Stacking“
Aufgeteilte Nutzung von Speicherleistung (P) oder Speicherenergie (C)

Das erste Diagramm zeigt ein horizontales „Stacking“ verschiedener Betriebsfälle in strenger zeitlicher Abfolge. Beispiel dafür könnte ein Peak-Shaving-Speicher sein, der mit einem Zeit- und

prognosebasierten Software gesteuert wird. Meist kann eine sehr gute Voraussage erfolgen, wann der Speicher mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit für Peak-Shaving benötigt wird. In den davon nicht betroffenen Zeiten kann der Speicher mit der kompletten Leistung und auch mit 100% des nutzbaren Energieinhaltes z.B. für Regelleistung verwendet werden.

Im zweiten Beispiel werden bestimmte Aufgaben zeitlich parallel ausgeführt. Dafür ist es normalerweise erforderlich, dass der Speicher in der energetischen oder in der Leistungsauslegung überdimensioniert ist. So könnte z.B. die Aufgabe 1 die Erbringung von Blindleistung sein. Wird z.B. der Wechselrichter des Speichersystems entsprechend größer dimensioniert, kann diese Aufgabe auch immer zu 100% parallel und ohne Beeinträchtigung der anderen Aufgaben ausgeführt werden. Ja nach Priorisierung der Aufgaben sind unterschiedliche Kombinationen dieses „Stackings“ möglich und denkbar, indem das Gesamtsystem und auch die Regelung individuell an die Kundenbedürfnisse angepasst werden.

Darüber hinaus können verschiedene Prognosegrößen helfen, das Gesamtergebnis noch wesentlich zu verbessern. Weiterhin ist es möglich, selbstlernende Algorithmen zu integrieren, die helfen können, die Speicherregelung nach und nach immer besser an die realen Betriebsfälle des Kunden anzupassen.

Zusammenfassend ist zu sagen:

Nur mit intelligenten selbstlernenden Regelverfahren lassen sich die Erlöspfade eines Speichers so kombinieren, dass damit eine Gesamtrendite erreicht wird, die den hohen Erwartungen im gewerblichen Einsatz gerecht werden kann. Diese intelligenten Regelverfahren bilden also die Voraussetzung dafür, dass alle hier genannten Erlöskanäle in optimaler Weise kombiniert werden können und sich die Investition für den Kunden bestmöglich amortisiert.

Dipl.-Ing. Hans Urban
Business Development
urban@smart-power.net
Smart Power GmbH & Co. KG
Dornacher Straße 3
85622 Feldkirchen bei München