

Speicher und ihre Eigenschaften

Muss es denn immer Lithium sein?



Innenansicht einer fertig installierten Salz-batterie. (Abb. 1)



Die Gewinnung von Energie und deren Speicherung ist mehr und mehr ein grosses Thema. Dabei spielen der Einsatzzweck und die damit verbundenen Anforderungen eine bedeutende Rolle. Wann welche Speicherlösung in Frage kommt, geht aus dem folgenden Artikel hervor.

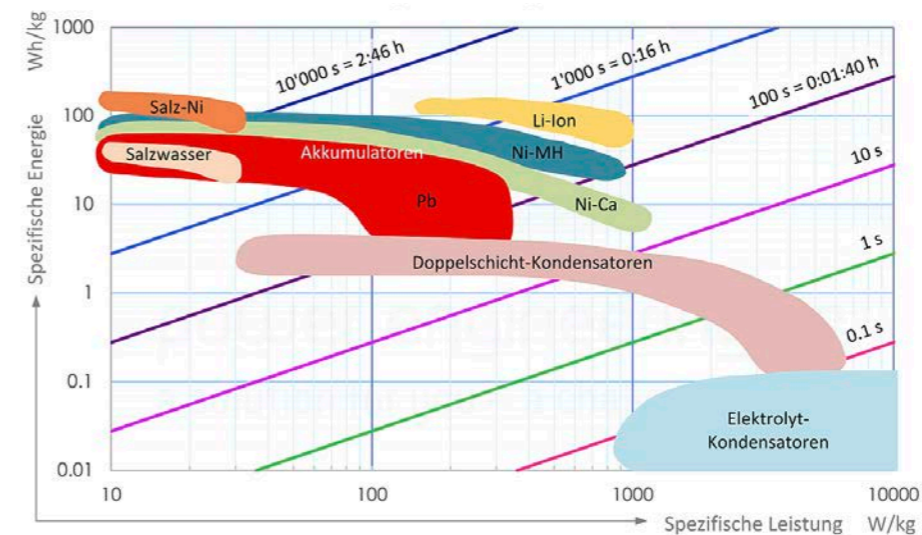
Text Markus Gehrig*

Bilder AEW Internetseite (Abb. 1), MG Power Engineering AG (Abb. 2), Innovenergy GmbH (Abb. 3), Innovenergy GmbH (Abb. 4)

Es gibt eine grosse Palette verschiedener Möglichkeiten, wie elektrische Energie gespeichert werden kann. Da stehen einerseits die elektrischen Speicher zur Verfügung, also Kondensatoren, und im Speziellen ebendiese Superkondensatoren, auch Supercaps oder Ultracaps genannt, denn reine Kondensatoren speichern die Energie im elektrischen Feld. Die Supercaps darüber hinaus stellen eine Kombination aus Doppelschichtkondensator und einer elektrochemischen Pseudokapazität dar. Ausserdem sind die chemischen Speicher von der Primärzelle bis zum Hightech-Akku zu erwähnen, wozu auch die Flussbatterien zählen. Energie kann man aber auch kinetisch speichern, indem man ein Schwungrad in Gang setzt oder eine Feder spannt. Wenn man beispielsweise Wasser in einen höher gelegenen Speichersee pumpt oder ein Gewicht anhebt, um es später wieder absenken und die Energie wieder verwen-

den will, so spricht man von Speicherung in potenzielle Energie. Komprimieren wir dagegen Luft in einer Kaverne, um damit später eine Turbine anzutreiben, spricht man von einem Druckspeicherwerk. Letztlich kann man auch Energie in Wärme umwandeln und mit dieser bei der Rückverstromung ebenfalls eine Turbine antreiben. Spätestens hier kommt die Frage auf, wie viel Verlust das Ganze beinhaltet. Entscheidend ist hier, wie viel Entropie wir in den Prozessen erzeugen, denn wenn man statt einer Widerstandsheizung eine Wärmepumpe einsetzt, entsteht ein isentroper Wärmespeicher. Ebenfalls ist bei einem Druckspeicher eine isentrope Prozessführung möglich, indem die Verdichtungswärme gespeichert wird und bei der Entspannung zwecks Rückverstromung über die Turbine wieder verwendet wird. Diese Vielfalt an Speichermöglichkeiten führt uns zu vier Fragen: Was sind die Anforderungen

Ragone-Diagramm (Abb. 2)



an einen Speicher? Welcher Speicher ist dafür geeignet? Wie viel Platz braucht Speicher und was kostet er? Sind die Speicher auch ökologisch sinnvoll?

Der Einsatzzweck führt uns dann zu den gewünschten Anforderungen. Brauche ich eine Traktionsbatterie, einen Speicher, um Solarenergie vom Dach im Haus zu speichern, brauche ich einen Speicher um Notstrom zu erzeugen (USV) oder will ich grosstechnisch viel überschüssige Energie speichern, eventuell sogar saisonal umlagern?

Speicher in Gebäuden

In diesem Artikel gehen wir nun speziell auf Speicher in Gebäuden näher ein, etwa zum Zweck von Notstrom oder Speicherung von Energie aus der Photovoltaik zwecks Eigenverbrauchsoptimierung. Zum Anforderungskatalog gehören zum Beispiel folgende Punkte: Wie viel Energie soll der Speicher speichern können - 0 idealerweise aber auch mindestens, damit der Zweck noch erfüllt ist? Wie lange soll gespeichert werden und wie lange soll die Entladung dauern?

Eine USV-Anlage muss je nach Anforderung zwischen einer Minute (bis die Netzsatzanlage den Betrieb aufgenommen hat) und zwei Stunden halten (wenn keine NEA vorhanden ist und eine Mindestlaufzeit vorgegeben wird). Eine begrenzte Anforderung ist der Platz, den ich zur Verfügung stellen kann und wie gross die Bodenbelastbarkeit ist. Auch die Umgebungsbedingungen gehören zum Anforderungskatalog. Was mache ich mit dem Speicher am Ende seiner Nutzungsdauer? Recycling, Upcycling? Alle diese Fragen müssen vor der Systemwahl beantwortet sein, denn sonst besteht sehr grosse Gefahr, auf dem Glatteis des Marketings der

Anbieter ins Schlingern zu geraten, um schliesslich abseits mit einer suboptimalen Lösung da zu stehen. Nachdem ich mich mit den Anforderungen genügend herumgeschlagen habe, sehe ich mich auf dem Markt um, um das Passende zu finden.

Soll es ein Speicher für eine USV-Anlage sein, habe ich die Wahl zwischen Superkondensatoren, die geeignet sind für wenige Minuten autonomer Versorgung und Akkumulatoren, die technisch bedingt für mindestens fünf Minuten ausgelegt werden müssen. Die Superkondensatoren haben eine extrem hohe massenbezogene Leistungsdichte (10-100-fache eines Akkus), dagegen aber nur eine sehr geringe Energiedichte (0,1-fache eines Akkus). Darum eignet sich dieses Bauelement hervorragend für die Kurzzeitspeicherung (Millisekunden bis wenige Minuten). Besonders im industriellen Umfeld sind USV mit Supercaps im Vorteil, da diese in der rauen Umgebung weniger empfindlich sind. Die Kondensatoren sind schneller wieder geladen als Akkumulatoren, was einem Vorteil bei wiederholten Netzausfällen gleichkommt. Die Supercaps werden auch zum Peakshaving und Netzqualitätsverbesserung eingesetzt.

Eigenverbrauchsoptimierung

Zur ersten groben Einordnung ist im obigen Bild das Ragone-Diagramm dargestellt. Es zeigt in der Ordinate die spezifische Energie und in der Abszisse die spezifische Leistung. Der Quotient der beiden Grössen stellt dabei die Einheit der Zeit dar.

$$\frac{\text{Wh/kg}}{\text{W/kg}} = \text{h}$$

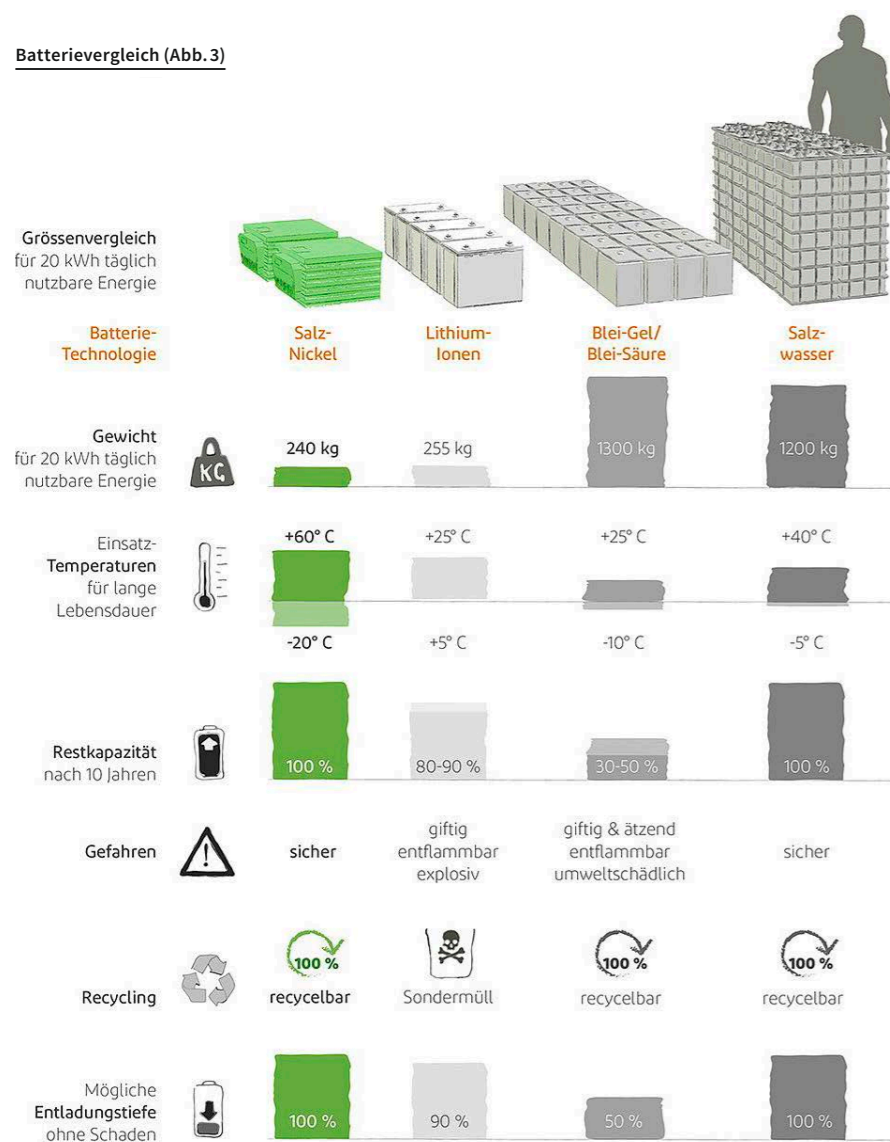
Die nach oben verlaufenden Linien sind Isochronen¹ und stellen die typische ener-

kompakt

Batterie

Für den stationären Einsatz gibt es gute Alternativen zu Lithium-Ionen-Batterien. Diese sind zwar schwerer und brauchen teilweise mehr Platz, enthalten aber dafür keine giftigen Stoffe, sind praktisch vollständig recycelbar und können nicht thermisch durchgehen. Die Kreislaufwirtschaft läuft allmählich an, so bieten verschiedene Schweizer Unternehmen Lösungen zur Wiederverwendung, Recycling und Upcycling an.

Batterievergleich (Abb. 3)



Entropie

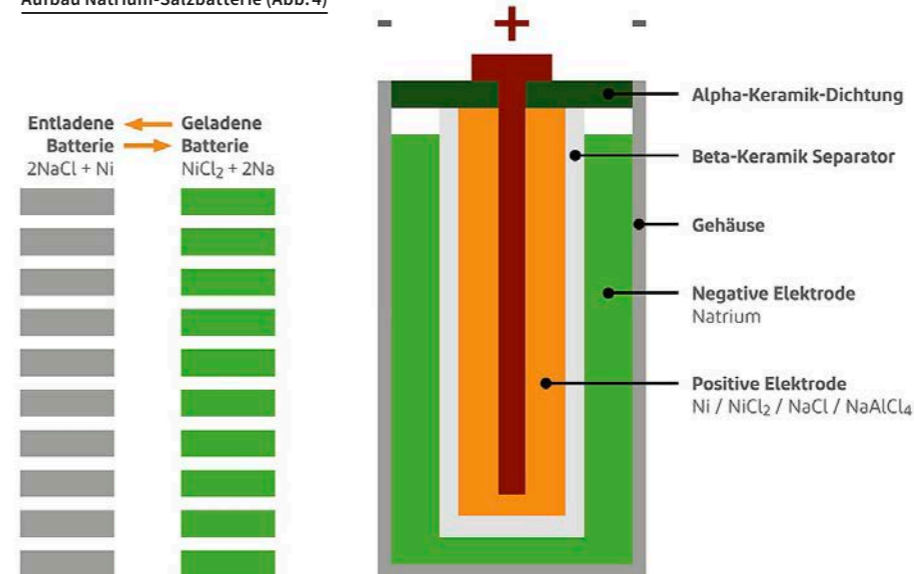
Die Entropie ist das Mass aller Dinge in thermodynamischen Prozessen. Die Bedeutung geht weit über die Funktion einer einfachen Rechengrösse hinaus, dem Verhältnis aus der umgesetzten Wärmemenge und der Temperatur ($S = Q/T$). Die Entropie sagt uns, wie hart wir an dem potenziell besten Wirkungsgrad sind und das ist in Wärmeprozessen bei Weitem nicht eins, sondern liegt zum Beispiel bei einem Verbrennungsmotor zwischen 35 und 40%. Die Obergrenze hängt nur von den Prozess-temperaturen ab.

giebezogene Entladedauer dar. Unten rechts sind die leistungsstarken aber energieschwachen Kondensatoren mit ihren kurzen Lade/Entladezyklen aufgeführt, wogegen oben links die Akkumulatoren mit geringer bis mässiger Leistungsdichte sind, dafür mit einer hohen massenbezogenen Energiedichte. Die gleiche Darstellung könnte man übrigens auch mit den volumenbezogenen Grössen machen. Das Diagramm dient aber nur einer groben Einordnung, denn besonders in den Bereichen Natrium-Nickel-Chlorid-Batterie (auch Nickel-Salz-Batterie oder etwas allgemeiner auch ZEBRA²) und Lithium-Ionen-Batterien wird intensiv geforscht.

Nickel-Salz-Batterie

Diese beiden Batteriearten wollen wir uns hinsichtlich Verwendung zur Eigenverbrauchsoptimierung hier näher ansehen. Im Gegensatz zur Anwendung in Fahrzeugen, bei denen hohe Entladeströme erforderlich sind, sind im Gebäudebereich nur moderate Entladeleistungen, dafür längere Entladezeiten sinnvoll. Die NaNiCl-Batterie ist eine Hochtemperaturbatterie mit einer typischen Betriebstemperatur von 270 – 350 °C. Während des Betriebes hält die Batterie die Temperatur und hat mit anderen Batterien vergleichbare Verluste von etwa 10 %. Jedoch, wenn sie über einige Stunden nicht in Betrieb ist, muss etwas nachgeheizt werden. Bei korrekter Auslegung kann im praktischen Betrieb (Laden/Entladen inkl. Wechselrichterverlust) ein Wirkungsgrad von ca. 60 bis 65 % erreicht werden. Die Salz-Nickelbatterie

Aufbau Natrium-Salzbatterie (Abb. 4)



enthält ausschliesslich unbedenkliche Materialien (32 % Kochsalz, 22 % Nickel, 22 % Eisen, 20 % Keramik) und hat kein Raubbau in Entwicklungsländern zur Folge, die Wertschöpfung bleibt meistens in der Schweiz und in der EU. Das und der noch fehlende Skaleneffekt hoher Stückzahlen sind Gründe, dass die Batterie in der Anschaffung teurer ist als Li-Ionen-Akkus aus China, wie Innovergy GmbH aus Meiringen auf ihrer Homepage vermeldet.

Salzwasserbatterien

Die Natrium-Ionen-Batterie wie die Salzwasserbatterie auch genannt wird, enthält ebenfalls keine giftigen Stoffe. Sie arbeitet bei Umgebungstemperaturen und sowohl die volumetrische wie auch massenbezogene Energiedichte sind deutlich geringer. Für die gleiche Energie benötigt man doppelt so viel Platz und sie sind schwerer als die Natrium-Salzbatterien und Li-Ionen-Batterien. Die österreichische Firma Blue-sky Energy vertreibt diese Batterie unter dem Markennamen Greenrock. Wässrige Elektrolyte erreichen typischerweise nur etwa 1.23 Volt, also nur etwa ein Drittel wie bei einer Li-Ionen-Batterie. Die EMPA hat nun vor vier Jahren eine spezielle Sattlung entwickelt, mit welcher 2.6 Volt erreicht werden soll.

Reuse, Recycling, Upcycling

Die NaNiCl-Batterie ist nahezu vollständig recycelbar, wie etwa ein Bleiakku auch. Dagegen ist die Wiederverwendung der Bestandteile einer Lithiumionenbatterie schwieriger und aufwendig wie etwa am

Hightech-Zentrum Aargau zu erfahren war, das kürzlich im Rahmen der mehrteiligen Veranstaltung «Kreislaufwirtschaft» einen Praxiszirkel zum Thema Batterien durchgeführt hat. An dieser Veranstaltung begrüsst etwa der Technologie- und Innovationsexperte vom Hightech-Zentrum, Reto Eggimann, die 50 Teilnehmenden an einem Novemberabend im 2021 und Daniel Christen von der Stiftung Auto Recycling Schweiz zeigte anhand von Praxisbeispielen auf, wie die Branche mit diesem Thema umgeht. Demgegenüber gab Olivier Groux, Projektleiter im Bereich des Batterierecyclings der Firma Kyburz Switzerland AG, die für die gelben Flitzer der Schweizerischen Post bekannt ist, einen Einblick in ihr Verfahren der fünf Schritte, das die Rückführung – gänzlich ohne Chemie – von 91 % der Rohstoffe durch mechanische Zerlegung erlaubt. Darüber hinaus stellte die Firma Libattion AG das Konzept ihres e-Bricks (Batteriesystem) vor, ganz im Sinne der smarten 2nd-Life-Batterien für das B2B-Geschäft und das Start-up Librec AG präsentierte ein industrielles Upcycling für einen geschlossenen Kreislauf und den kleinsten CO₂-Fussabdruck.

Fazit

Die Lithium-Ionen-Batterie ist und bleibt eine typische Fahrzeugbatterie. Für die Gebäudetechnik, abgesehen von bestimmten USV-Anwendungen mit kurzen und hohen Entladeströmen, ist die Natrium-Salzbatterie eine interessant Alternative. ■

Autor

* Markus Gehrig MG Power Engineering AG Dozent an der HF und Lehrbeauftragter an der HSLU Tech-Blog: power-affairs.ch

¹ Linie mit konstanter Zeit

² Ursprünglich Zeolite Battery Research in Africa, später geändert auf Zero Emission Battery Research Activities

³ Normzyklus C5

Quellen

Kurzweil, Dietmeier: Elektrochemische Speicher, Springer, 2015

Schmiegel: Energiespeicher für die Energiewende, Hanser, 2020

Gehrig: ET4/17 Energiespeicher heute und morgen, 2017

innov.energy/de

hightechzentrum.ch

aew.ch/news/aew-energie-ag-nimmt-dieerste-salzbatterie-betrieb