

Nachhaltigkeitsanalyse Stromspeicher

Jannes Schilling, Erik Schimanko

01.03.2021

jannes.schilling@student.kit.edu
erik.schimanko@student.kit.edu

This work is licensed under CC BY-NC 4.0. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

Diese Arbeit entstand im Rahmen des Projektseminars: „Werde Solar-Coach -ein transdisziplinäres Projektseminar“ am Zentrum für Angewandte Kulturwissenschaft am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) gemeinsam mit der Karlsruher Energie- und Klimaschutzagentur (KEK), Vertreter*innen der Studierendenwohnheime Augustin-Bea-Haus (ABH) sowie Reinhold-Schneider-Haus (RSH), dem Projekt Klimaschutz gemeinsam wagen und dem Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse sowie der Karlsruher Schule der Nachhaltigkeit. Die Veranstaltung ist Teil von Energietransformation im Dialog, ein Projekt der Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren



Dozenten: Marius Albiez, Volker Stelzer, Richard Beecroft

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Abbildungsverzeichnis:..... | 2 |
| 1 Worauf man achten sollte | 3 |
| 1.1 Zyklenzahl/ Lebensdauer | 3 |
| 1.2 Zelltechnologie..... | 3 |
| 1.3 Kapazität | 3 |
| 1.4 Wirkungsgrad | 3 |
| 1.5 AC-/DC-Speichersysteme | 3 |
| 1.6 Maße und Gewicht..... | 3 |
| 2 Wie umweltfreundlich sind die Materialien?..... | 4 |
| 2.1 Lithium | 4 |
| 2.2 Kobalt und Nickel | 4 |
| 2.3 Kupfer..... | 5 |
| 3 Recycling..... | 6 |
| 3.1 Pyrometallurgische Behandlung | 6 |
| 3.2 Hydrometallurgische Behandlung..... | 7 |
| 3.3 Mechanische Behandlung..... | 7 |
| 3.4 Nachhaltigkeit der Prozesse..... | 7 |
| 4 Blick in die Zukunft | 8 |
| 4.1 Wasserstoff | 8 |
| 4.2 Redox-Flow-Batterie | 9 |
| 4.3 Feststoffelektrolyt LIB..... | 9 |
| 5 Literaturverzeichnis..... | 10 |

Abbildungsverzeichnis:

| | |
|--|---|
| Abbildung 1 Hauptproduktionsländer von Lithium aus Festgestein und Salaren im Jahr 2018 (Drobe, 2020)..... | 4 |
| Abbildung 2 Kobaltproduktion in den größten Bergwerken und Raffinadezentren (Gilsbach, 2020).... | 5 |
| Abbildung 3 die größten Kupferbergwerke und die 20 größten Hüttenstandorte (Stand 2018) (Schütte, 2021) | 5 |
| Abbildung 4: Recyclingpfad Batterie (Weil, et al., 2020)..... | 6 |
| Abbildung 5: Schematische Darstellung der Vorgänge innerhalb eines Redox-Flow-Systems (Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT)..... | 9 |

1 Worauf man achten sollte

1.1 Zyklenzahl/ Lebensdauer

Es ist darauf zu achten, wie hoch die Zyklenzahl des Stromspeichers ist, welche maßgeblich für die Lebensdauer des Gerätes steht.

Diese gibt an, wie oft der Speicher komplett geladen und entladen werden kann.

Tipp: auf die Garantielaufzeit achten

1.2 Zelltechnologie

Um die Umweltfreundlichkeit und Sicherheit beurteilen zu können, ist ein Blick auf die verwendeten Materialien zu werfen. Die häufigsten Materialien sind in Kapitel 2 aufgeführt und beschrieben.

1.3 Kapazität

Gibt an wie viel Strom im Stromspeicher gespeichert werden kann, ist abhängig von der PV-Modulgröße und dem Anwendungsfall zu wählen.

1.4 Wirkungsgrad

Anhand des Wirkungsgrades lassen sich die Verluste der Batterie und der Umrichter erkennen.

1.5 AC-/DC-Speichersysteme

Als AC-Speichersysteme (Alternating Current [Wechselstrom]) werden Systeme bezeichnet, bei denen der erzeugte PV-Strom über einen Wechselrichter in das Hausnetz eingespeist wird und der nicht verbrauchte Strom, über einen weiteren Umrichter, dem Stromspeicher zugeführt wird. Der Stromspeicher steht somit nicht im direkten Kontakt zur PV-Anlage. Das AC-System ist eine einfache Möglichkeit zur Nachrüstung eines Stromspeichers in ein bereits bestehendes PV-System.

(Achtung! Es ist darauf zu achten, dass neben dem Stromspeicher ein weiterer Umrichter benötigt wird und somit bei der Speicherung des erzeugten PV-Stroms deutlich höhere Verluste anfallen.)

Bei einem DC-Speichersystem wird der erzeugte Strom zunächst dem Stromspeicher zugeführt und nach Bedarf aus diesem über einen Wechselrichter dem Hausnetz zugeführt. Dadurch erreicht man bei der Speicherung geringere Verluste als bei einem AC-Speichersystem.

Tipp: Wird der Strom in der Regel direkt verwendet lohnt sich das AC-System mehr.

1.6 Maße und Gewicht

Die Batteriesysteme können teilweise groß und schwer werden, es sollte vorher geprüft werden, ob der gewählte Batterietyp sich überhaupt am Wunschort aufstellen lässt.

2 Wie umweltfreundlich sind die Materialien?

2.1 Lithium

Grundsätzlich ist bei der Produktion von Lithium zwischen der Gewinnung aus Sole („Salzbrühe“ – eine wässrige Lösung von Salzen) und der Gewinnung aus Festgestein zu unterscheiden. In Kritik steht der immense Wasserbedarf für die Gewinnung aus Sole. Beim Abbau aus Salaren wird durch Verdunstung des Wasseranteils der Lithiumanteil bis zur gewünschten Menge konzentriert. Um die gewünschte Konzentration zu erreichen, muss mindestens 97% des Wassers verdunsten. Das dabei aus dem Erdreich entnommene Wasser wird nicht mehr ins Erdreich zurückgeführt, sondern über Wolkenbildung und Niederschläge in andere Regionen überführt. Dabei handelt es sich allerdings um Salzwasser, welches nicht für die Trinkwasseraufbereitung benutzt wird und somit keinen direkten negativen Einfluss auf die Region ausübt. Das Problem ist, dass durch die Absenkung des Salzwasserspiegels Süßwasser nachströmen könnte und somit der Süßwasserspiegel sinken würde. Mit der Folge, dass der Grundwasserstand des Süßwassers sinkt und Trinkwasserbrunnen austrocknen. (Drobe, 2020)

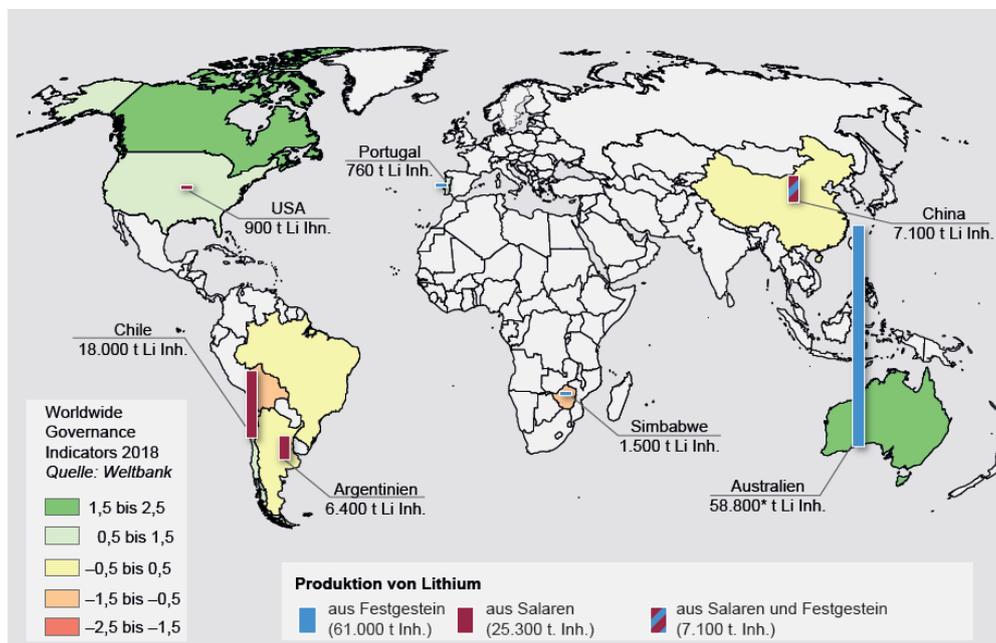


Abbildung 1 Hauptproduktionsländer von Lithium aus Festgestein und Salaren im Jahr 2018 (Drobe, 2020)

2.2 Kobalt und Nickel

Kobalt wird überwiegend als Nebenprodukt des Kupfer- oder Nickelbergbaus gewonnen. Zwischen 2017 bis 2019 wurde 56% des Kobalts aus der Förderung in Kupferbergwerken, 28% aus Nickelbergwerken und etwa 16% aus Kobaltminen gewonnen. Zu kritisieren ist dabei der benötigte jährliche Flächenbedarf des Nickel- und Kupferbergbaus der bis zu 3 km^2 beträgt. Dabei geht es nicht um die eigentliche Fläche, sondern was sich auf dieser Fläche befindet. In Südostasien ist der Nickel- (Kobalt-) Bergbau mit der Rodung des ökologisch wertvollen Regenwaldes verbunden. Dazu kommt, dass die Bergwerksbetreiber in der Vergangenheit meist nicht der Rekultivierung oder Renaturierung der vom Bergbau nicht länger benötigten Flächen nachkamen.

Nickelhütten sind sehr schädlich, da Schwefeldioxid in die Luft gerät und bei Niederschlag die Erde oder die Oberflächenflüsse versauert. (Gilsbach, 2020)

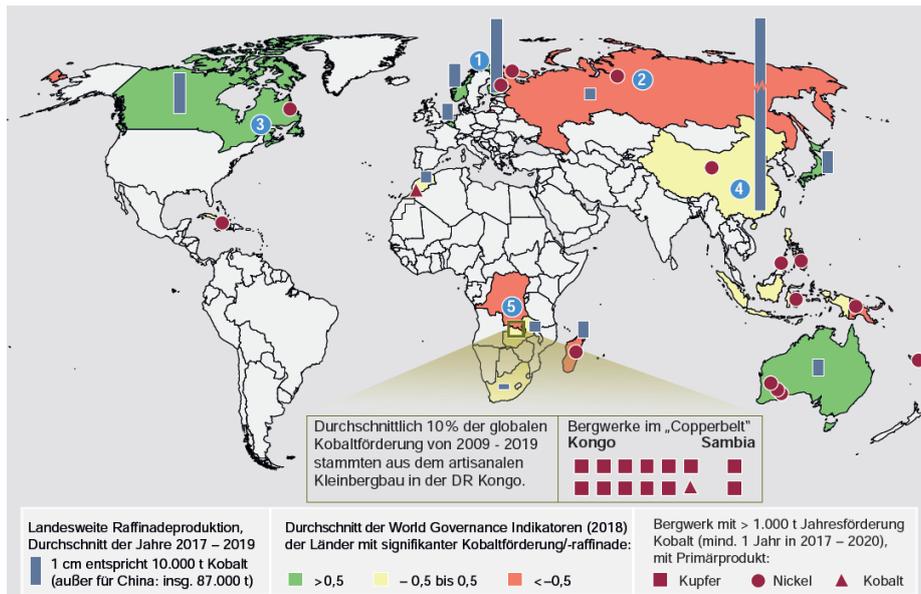


Abbildung 2 Kobaltproduktion in den größten Bergwerken und Raffinadezentren (Gilsbach, 2020)

2.3 Kupfer

Kupfer wird durch den Abbau von Erzen gewonnen. Dabei ist zu beachten, dass der Kupfergehalt im Erz gering ist, weshalb eine große Menge an Material abgetragen werden muss. Dies führt zu einer beträchtlichen Menge an bergbaulicher Reststoffe, was mit einem großen Aufwand und einem großen benötigten Abtragevolumen verbunden ist. Für den Bergbau und der Aufbereitung des Kupfers werden bis zu 350 m^3 Wasser für 1 t Kupfer benötigt, dies kann in Regionen, wie Peru, zu lokalen Konflikten führen und somit den Menschen vor Ort schaden. Des Weiteren stellen bei älteren Aufbereitungsanlagen die Schwefeloxidemissionen ein großes Problem dar. Das an die Umgebungsluft abgegebene Schwefeloxid führt bei Niederschlägen zu einer Versauerung von Oberflächenflüssen und des Bodens. Die Schwefeloxidemissionen stellen in modernen Anlagen kein Problem mehr dar, da über 99% des Schwefeloxids gefiltert werden kann und zur Herstellung von Schwefelsäure genutzt wird. Im Jahr 2019 wurde die Copper Mark Initiative gegründet, in welcher sich die Kupferkonzerne zu verantwortungsvoller Produktion nach definierten Standards und deren Überprüfungen verpflichten. (Schütte, 2021)

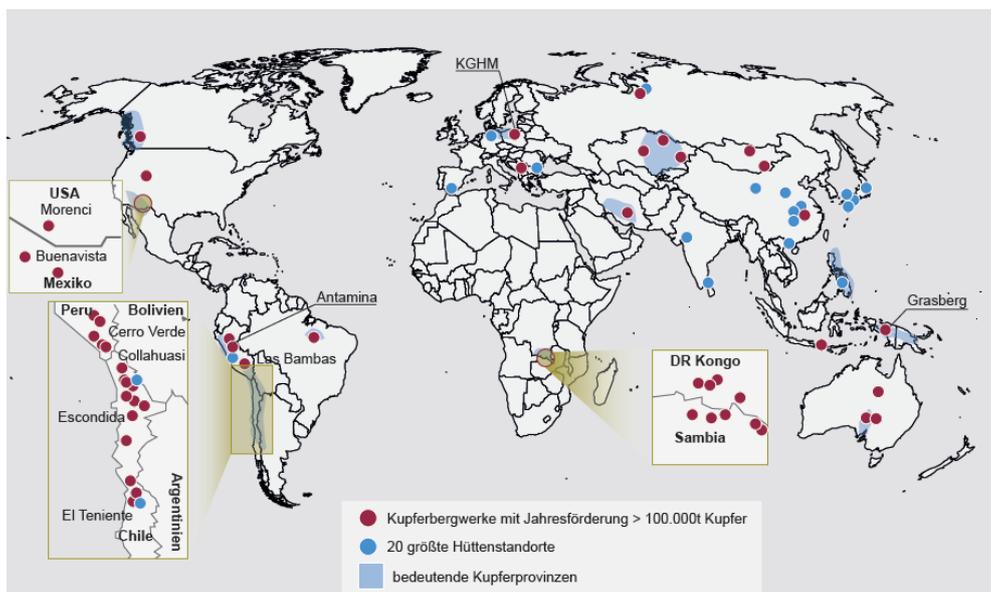


Abbildung 3 die größten Kupferbergwerke und die 20 größten Hüttenstandorte (Stand 2018) (Schütte, 2021)

3 Recycling

Das Recycling von Batterien teilt sich in zwei Pfade auf.

Zum einen können die Batterien weiterverwendet werden. Dabei werden besonders Batterien aus Mobilitätsanwendungen genutzt, da diese nach Ende ihrer Laufzeit im Auto noch eine relativ hohe Kapazität (70%-80%) haben. Diese Batterien können allerdings als stationäre Stromspeicher weiterverwendet werden. Der Vorteil bei stationären Speicher liegt dabei im langsamen Entladen und Aufladen. Erste Studien haben gezeigt, dass die Akkus von Fahrzeugen noch ca. 10 weitere Jahre als Stromspeicher genutzt werden können. (ADAC)

Ein weiterer Pfad des Batterierecyclings ist die Wiederverwertung. Bei diesem Vorgang werden die verwendeten Rohstoffe der Batterie für eine erneute Anwendung wiedergewonnen. Dieser Pfad soll im Folgenden genauer untersucht werden:

Da der Zustand, in dem sich die Batterien nach der Demontage vom Einsatzort befindet, nicht ersichtlich ist, ist der Transport und die Arbeit an den Batterien nicht ungefährlich. Um diese Gefahren zu minimieren werden die Batterien in einem Ofen verbrannt. Die Verbrennung stellt sicher, dass innerhalb der Batterie keine Reaktionen mehr stattfinden. Durch Temperaturen von unter 660°C werden zwar der Separator und die Plastikkomponenten entfernt, allerdings sind die Temperaturen für Reaktionen unter den Metallen noch zu niedrig. Dieser Schritt erleichtert den Transport, die Lagerung und das Recycling, indem die Gefahren deutlich reduziert wurden.

Der Recyclingprozess einer Batterie kann in zwei Pfade aufgeteilt werden, welchen unterschiedliche Recyclingverfahren zugrunde liegen. Die mechanische Behandlung und die pyrometallurgische Behandlung. Diese beiden Pfade sind in Abbildung 4 aufgeführt. Nachdem die Batterien demontiert und hitzebehandelt wurden, können sie entweder mechanisch oder durch pyrometallurgische Prozesse behandelt werden.

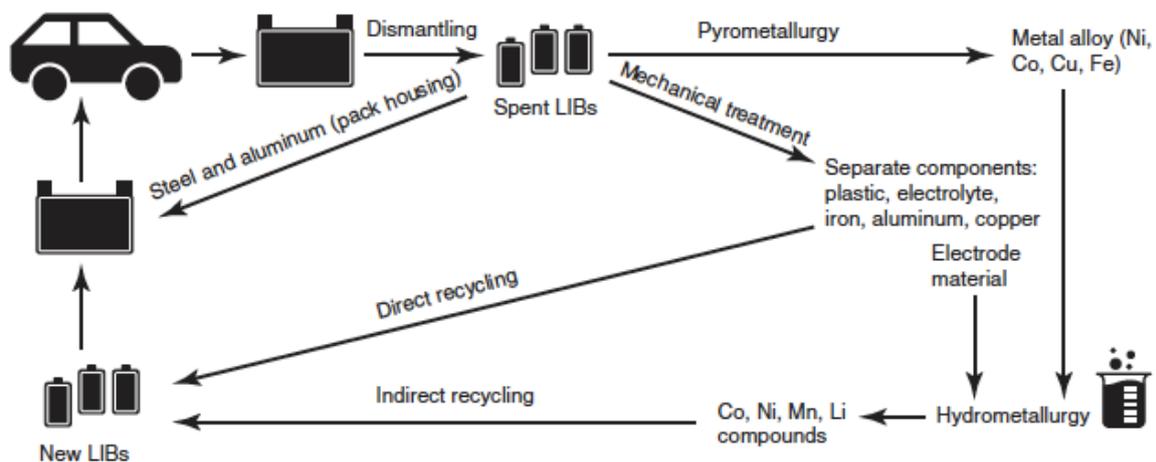


Abbildung 4: Recyclingpfad Batterie (Weil, et al., 2020)

3.1 Pyrometallurgische Behandlung

Bei der pyrometallurgischen Behandlung werden die Batterien zunächst in einem Ofen komplett eingeschmolzen. Dabei entsteht eine Schlacke, welche das Lithium und das Aluminium beinhaltet. Das Lithium und das Aluminium können nach diesem Prozess nicht weiter recycelt werden, sodass die Schlacke weitere Verwendungen im Baugewerbe findet.

Neben der Schlacke entsteht eine Legierung bestehend aus Kupfer, Nickel, Kobalt und Eisen. Dabei ist

die Zusammensetzung dieser Legierung abhängig von den Batterien, welche recycelt werden. In weiteren Schritten werden die Rohstoffe aus dieser Mischung gewonnen.

3.2 Hydrometallurgische Behandlung

Die Aufbereitung der Rohstoffe wird hydrometallurgische Behandlung genannt. Dabei werden die Materialien in drei Schritten aus der Mischung gelöst und veredelt.

Im ersten Schritt wird die Legierung wieder in ihre Bestandteile zerlegt. Dieser Prozess heißt Auswaschen.

In einem zweiten Schritt werden die Lösungen gereinigt und die Konzentration erhöht.

Die Metallwiederherstellung ist der dritte Schritt und beinhaltet die Veredelung der verschiedenen Rohstoffe, bis sie eine marktreife Reinheit erreicht haben.

3.3 Mechanische Behandlung

Die mechanische Behandlung beginnt mit dem „Crushing“, also dem Zerstören der Batterie. Dabei werden die festen Bestandteile der Batterien durch Pressen, Walzen oder Hammervorrichtungen aufgebrochen und lose Bestandteile z.B. Pulver können austreten. Hierbei wird eine hohe Arbeitssicherheit vorausgesetzt, denn es können giftige Gase austreten.

Feste Bestandteile einer Batterie sind beispielsweise der Separator oder die Stromkollektoren. In Pulverform liegen Kathoden oder das Anodenmaterial vor.

In einem weiteren Arbeitsschritt werden die Materialien nun voneinander getrennt. Dieser Schritt heißt Separation und macht sich die verschiedenen Eigenschaften der Materialien zunutze. Zum Beispiel können Bestandteile verschiedener Größen durch Sieben getrennt werden. Weitere Verfahren trennen die Materialien mit Luftdruck oder Magneten.

Nachdem die Materialien getrennt wurden können sie teilweise direkt weitergenutzt werden, dieses Verfahren nennt man direktes Recycling. Vorteile des dieses Verfahren sind, dass auf chemische Prozesse verzichtet werden kann. Diese haben einen hohen Energiebedarf und nutzen häufig starke Säuren. Allerdings sind die Bauteile, welche aus diesem Verfahren gewonnen werden, spezifisch für jede Batterie. Da es hier keine Standardisierung gibt, können die recycelten Materialien nur in baugleichen Batterien genutzt werden. Zudem ist die Alterung des Bauteils wichtig für die mögliche Weiternutzung und muss überprüft werden.

3.4 Nachhaltigkeit der Prozesse

Die Nachhaltigkeit dieser Prozesse lässt sich zum einen an den Rohstoffen, welche recycelt werden können, messen. Aber auch an der Energie, die für das Recycling benötigt wird. Dafür kann eine Bilanz erstellt werden zwischen der Energie, die im Prozesse benötigt wird, und der Energie, welche durch das Recycling der Rohstoffe eingespart wird. Dabei können alle angewandten Prozesse eine positive Bilanz erzielen. Der Energiegewinn ist allerdings stark abhängig von der Qualität, Struktur und Materialien der Batterie. Hier würden einheitliche Standards die Prozesse beständiger machen. Ein Großteil der Batterieforschung beschäftigt sich momentan damit, wie die seltenen Erden in Batterien verringert werden können. Dieser Trend macht das Recycling ungleich schwerer, denn wo weniger seltene Rohstoffe verbaut werden, kann auch weniger recycelt werden.

Die Recyclingindustrie steht damit vor der Herausforderung zum einen die Prozesse noch zu verbessern und zum anderen sich auch auf die Mengen an Batterien, welche in den nächsten Jahren anfallen vorzubereiten.

4 Blick in die Zukunft

4.1 Wasserstoff

Bei der Gewinnung von Wasserstoff werden die Wasserstoffatome durch ein Elektrolyseverfahren unter Zuführung von elektrischer Energie aus Wasser gewonnen. Der gewonnene Wasserstoff kann zur Speicherung dem Prozess abgeführt werden. Der gespeicherte Wasserstoff kann dann zu beliebigen Zeitpunkten über eine Brennstoffzelle wieder in Strom gewandelt werden. In dieser Prozess beinhaltet drei Hauptakteure: den Elektrolyseur, den Speicher und die Brennstoffzelle.

Bei der Elektrolyse wird Wasser (H_2O) in seine Bestandteile Wasserstoff (H_2) und Sauerstoff (O) aufgespalten. Dieser Vorgang ist CO_2 -neutral, solange die Energie für die Aufspaltung aus regenerativen Quellen genutzt wird. Dieser Prozess ist bereits gut erforscht und kann Wirkungsgrade von 70-90% aufweisen. (Chemie.de)

Die Speicherung von Wasserstoff kann auf unterschiedliche Arten geschehen. Dabei spielt zum einen die Energie pro Masse (massebezogene Energiedichte) als auch die Energie pro Volumen (volumenbezogene Energiedichte) eine entscheidende Rolle. Die massebezogene Energiedichte von Wasserstoff beträgt $33 kWh/kg$ und ist damit fast dreimal so hoch wie die von Benzin ($12 kWh/kg$). Bei der volumenbezogenen Energiedichte haben die Temperatur und der Druck des Speichers einen starken Einfluss. Bei Umgebungstemperatur und -druck ist die Energiedichte von Benzin ($8,9 kWh/l$) fast 3000-mal höher als die von Wasserstoff ($0,003 kWh/l$). Durch die Anpassung von Druck und Temperatur in den Speichern kann diese Energiedichte erhöht werden (Tabelle 1).

| Speicherungsart | Energiedichte (kWh/l) |
|--------------------------------------|-----------------------|
| Wasserstoff gasförmig (Normaldruck) | 0,003 |
| Wasserstoff gasförmig (200bar) | 0,53 |
| Wasserstoff gasförmig (700bar) | 1,855 |
| Wassersoff flüssig (-253°C) | 2,36 |
| Benzin flüssig (Umgebungstemperatur) | 8,9 |
| Lithium-Ionen-Batterie | 0,17 - 0,3 kWh/l |

Tabelle 1: Volumenbezogene Energiedichte von Energiespeichern (Bat211) (Chemie.de) (Chemie.de)

Auch die Speicherung von Wasserstoff benötigt Energie, welche im besten Fall aus der Photovoltaikanlage bezogen werden sollte. (Chemie.de)

In der Brennstoffzelle wird der gespeicherte Wasserstoff wieder in Strom umgewandelt und steht dem Haus damit zur Verfügung. Auch dieser Prozess erfolgt CO_2 -neutral, ist allerdings auch mit Verlusten behaftet.

Das Gesamtsystem aus Elektrolyseur, Speicher und Brennstoffzelle hat nach heutigem Stand der Forschung einen maximalen Wirkungsgrad von 40%. Es wird mehr Energie für die Speicherung aufgewandt, als letztendlich genutzt wird. (Pro-Physik, 2019)

4.2 Redox-Flow-Batterie

Eine Redox-Flow-Batterie ist ein elektrochemischer Energiespeicher. Dabei werden zwei externe Speicher benötigt, die ein Elektrolyt enthalten (Abbildung 5). Diese Elektrolyte fließen durch eine Zelle, sind innerhalb der Zelle aber durch eine Membran voneinander getrennt. Allerdings ist diese Membran durchlässig für Ionen, wodurch die unterschiedlichen Potentiale der Elektrolyten eine Spannung an den Elektroden der Zelle erzeugen.

Durch ein Anlegen einer externen Spannung an die Elektroden kann dieser Prozess umgedreht werden. Dadurch wird die Energie wieder in den externen Tanks gespeichert. (Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT)

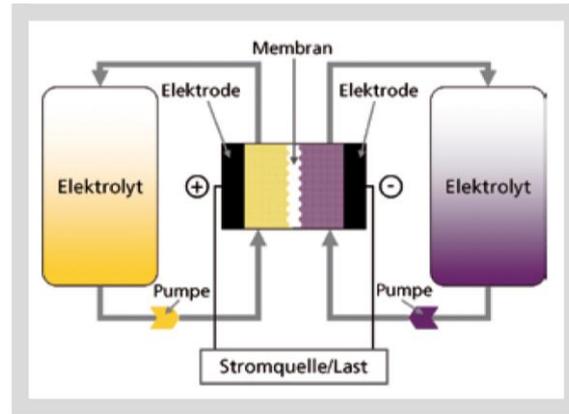


Abbildung 5: Schematische Darstellung der Vorgänge innerhalb eines Redox-Flow-Systems (Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT)

| Vorteile | Nachteile |
|---|--|
| Hohe Lebensdauer (potentiell 15-20 Jahre, noch keine Erfahrungswerte) | Nur kurze Erfahrungen zur Alterung und damit unklare Einschätzung der langfristigen Leistungsfähigkeit |
| Unabhängige Skalierbarkeit von Energie und Systemleistung | Wegen niedriger Energiedichten für Anwendungen mit Gewichts- und Raumlimitierung nicht geeignet |
| gute Recyclingfähigkeit: einfache Rückgewinnung der Aktivsubstanzen, was deutliche Kostensenkungen ermöglicht | Preisschwankungen des eingesetzten Rohstoffes Vanadium |

Tabelle 2: Vor- und Nachteile Redox-Flow-Batterien nach (Batterieforum Deutschland)

4.3 Feststoffelektrolyt LIB

Feststoffbatterien verwenden einen festen anstatt der bisherigen flüssigen Elektrolyten. Dadurch ist der Elektrolyt weniger temperaturanfällig, was sich in schnelleren Ladevorgängen und einer höheren Sicherheit widerspiegelt. Bisher ist es allerdings noch nicht gelungen Lithium als festen Elektrolyten zu verwenden, wodurch die Energiedichte dieser Batterien nicht mit herkömmlichen Lithium-Ionen-Batterien mithalten kann. Die Erforschung solcher Materialien und besonders die Produktion dieser Batterien steht gerade im Mittelpunkt, sind aber mit großen Herausforderungen verbunden. Von einer Massenproduktion in den nächsten Jahren ist deswegen noch nicht auszugehen. (Köllner)

5 Literaturverzeichnis

ADAC. Elektroauto-Akkus: So funktioniert das Recycling. [Online] <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/elektromobilitaet/info/elektroauto-akku-recycling/>.

Batterieforum Deutschland. *Lithium-Ionen-Batterien*. [Online] Kompetenznetzwerk Lithium-Ionen-Batterien e. V. <https://www.batterieforum-deutschland.de/infoportal/batterie-kompendium/sekundaere-batterie/metall-ionen-batterien/lithium-ionen-batterien/>.

Batterieforum Deutschland. Vanadium-Redox-Flow-Batterie. [Online] <https://www.batterieforum-deutschland.de/infoportal/lexikon/vanadium-redox-flow-batterie/>.

Chemie.de. *Wasserstoff*. [Online] Luminos. https://www.chemie.de/lexikon/Wasserstoff.html#Physikalische_Eigenschaften.

—. *Benzin*. [Online] Luminos. <https://www.chemie.de/lexikon/Benzin.html>.

—. *Elektrolyse*. [Online] Luminos. <https://www.chemie.de/lexikon/Elektrolyse.html>.

Drobe, Malte. 2020. Lithium Informationen zur Nachhaltigkeit. *Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe*. [Online] Juli 2020. https://www.bgr.bund.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/Informationen_Nachhaltigkeit/lithium.pdf?__blob=publicationFile&v=4.

Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT. *Vanadium-Redox-Flow-Batterie*. Pfinztal : s.n.

Gilsbach, Lucas. 2020. Kupfer Informationen zur Nachhaltigkeit. *Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe*. [Online] Juli 2020. https://www.bgr.bund.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/Informationen_Nachhaltigkeit/kupfer.pdf?__blob=publicationFile&v=3.

Köllner, Christiane. Was sind Festkörperbatterien? [Online] Springer Professional. <https://www.springerprofessional.de/batterie/werkstoffe/was-sind-festkoerperbatterien-/16555642>.

Pro-Physik. 2019. *Strom zu Wasserstoff und wieder zurück*. [Online] 04. 01 2019. <https://www.prophysik.de/nachrichten/strom-zu-wasserstoff-und-wieder-zurueck>.

Schütte, Philip. 2021. Kobalt Informationen zur Nachhaltigkeit. *Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe*. [Online] Januar 2021. https://www.bgr.bund.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/Informationen_Nachhaltigkeit/kobalt.pdf?__blob=publicationFile&v=4.

Weil, Marcel, et al. 2020. Recycling of Lithium-Ion Batteries. [Buchverf.] Dominic Bresser, Arianna Moretti, Alberto Varzi Stefano Passerini. *Encyclopedia of Electrochemistry: Batteries*. s.l. : Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2020.