

J. Böttge, M. Jäger, K. Lenz

Lebenszykluskostenbetrachtung von innovativen Energiespeichersystemen für die Nutzung in Gebäuden

1. Hintergrund

Die Nutzung von erneuerbaren Energiequellen und Energiespeichersystemen gewinnt immer mehr an Bedeutung. Hintergrund hierfür ist die novellierte EU-Richtlinie für energieeffiziente Gebäude aus dem Jahr 2010 (EPBD), durch die sich viele europäische Regierungen verpflichtet haben, verstärkt erneuerbare Energiequellen zu nutzen und die Entwicklung von Energiespeichersystemen zu fördern. Im europäischen Projekt MESSIB (engl.: „Multi-Source Energy Storage System Integrated in Buildings“) werden genau diese Entwicklungen und deren Auswirkungen untersucht. Ziel dieses Projektes ist es aufzuzeigen, inwiefern sich durch den Einsatz von Energiespeichersystemen der Gesamtenergiebedarf von Gebäuden beeinflussen lässt.

2. Ziel und Inhalt der Studie

Im Rahmen dieser Arbeit werden Lebenszykluskosten innovativer Energiespeichersysteme (Erdwärmetauscher und Vanadium-Redox-Flow-Batterie) aus dem Projekt MESSIB ermittelt. In einem ersten Schritt erfolgt eine Erarbeitung der Grundlagen der Lebenszykluskostenrechnung. Darauf aufbauend werden die Anforderungen der Lebenszykluskostenrechnung auf Energiespeichersysteme übertragen und wenn nötig anwendungsspezifisch angepasst [1]. Innerhalb der Lebenszykluskostenrechnung wird untersucht, ob die unter Umständen höheren Investitionskosten der neuen Technologien der Energiespeichersysteme im Laufe der Nutzungsphase durch geringere Betriebskosten wieder amortisiert werden.

3. Grundlagen für die Lebenszykluskostenrechnung

Die Lebenszykluskosten innerhalb dieser Studie werden auf Grundlage des Total Cost of Ownership Ansatzes (dt.: Gesamtbetriebskosten) (vgl. Bild 1) ermittelt. Dabei werden die Kosten, die von einem Akteur über den Lebenszyklus verursacht werden, aufaddiert. In Abhängigkeit von den verfügbaren Daten können die Lebenszykluskosten mit Hilfe des Bottom-up oder Top-Down Verfahrens (vgl. Bild 1) ermittelt werden.

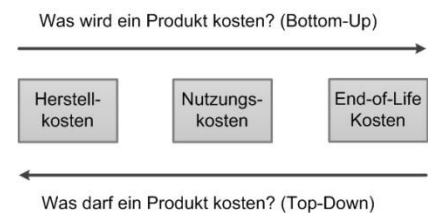


Bild 1: Lebenszyklusbetrachtung (Total Cost of Ownership) [1]

Für die Berechnung der Lebenszykluskosten finden die finanzmathematischen Methoden der Dynamischen Amortisationsrechnung und der Kapitalwertmethode Anwendung [1].

4. Thermischer Energiespeicher: Erdwärmetauscher und Bodenleitmaterialien

Unter Erdwärme wird die Energie- und Wärmegewinnung aus der Erdkruste verstanden, welche zur direkten oder indirekten Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden eingesetzt wird. Um Erdwärme noch effektiver nutzen zu können, wurde innerhalb des Projektes MESSIB ein Erdwärmetauscher (Ground-Heat-Exchanger - GHEX) entwickelt, der unerwünschte Wärmeübertragung im Erdreich zu großen Teilen verhindern soll. Zur Erhöhung der Wärmespeicherfähigkeit des Erdbodens sowie der Wärmeleitfähigkeit zwischen Boden und Wärmetauscher wird gleichzeitig die Möglichkeit erforscht, ein verbessertes Verpressmaterial und/oder ein trägeres, leitfähiges flüssiges Material (engl. Conductive Fluid Material – CFM) in den Boden einzubringen [2].

Basierend auf den zur Verfügung stehenden Projektinformationen in MESSIB werden die Lebenszykluskosten für eine U-Sonde, GHEX-Sonde und Luftwärmepumpe für einen Betrachtungszeitraum von 20 Jahren bestimmt. Anhand der Ergebnisse (Bild 2) ist festzustellen, dass am Standort München (hoher Heiz- u. geringer Kühlenergiebedarf) die Lebenszykluskosten einer GHEX-Sonde (Investition I) unabhängig vom Szenario am größten sind, einer U-Sonde (Investition II) dagegen am geringsten. Da beide Erdsonden-Typen aufgrund übereinstimmender Jahresarbeitszahlen hinsichtlich der Betriebskosten iden-

tische Werte aufweisen, sind für den Kostenunterschied ausschließlich die geringeren Investitionskosten der U-Sonde verantwortlich. Die geringe Wärmeleitfähigkeit eines Bodens kann durch Einbringung von CFM in dem Maße erhöht werden, dass die Wärmeleitfähigkeit eines guten Bodens erreicht werden kann (Vergleich Szenario A und Szenario C). Wenn ein Boden dagegen bereits eine gute Wärmeleitfähigkeit besitzt (Szenario B), kann er durch CFM nicht deutlich verbessert werden (Szenario D) [1].

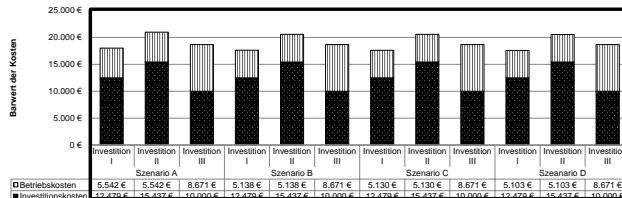


Bild 2: Lebenszykluskosten des thermischen Speichers in München [1].

Daraus lässt sich ableiten, dass die Nutzungs- bzw. Lebenszykluskosten hauptsächlich von den Bodenbeschaffenheiten vor Ort abhängig sind und sich nur bedingt beeinflussen lassen.

5. Elektrischer Energiespeicher: Vanadium-Redox-Flow-Batterie (VRB)

Die VRB gehört zu den elektrochemischen Speichern, die bei einem einfachen und modularen Aufbau einen hohen Wirkungsgrad besitzen. Zur Energieumwandlung durchströmen zwei flüssige Elektrolyte eine – der Brennstoffzelle – ähnliche Zelle, die aus zwei Halbzellen besteht. Die Entwicklungen innerhalb des Projektes MESSIB konzentrieren sich auf die Verbesserung der Stabilität des Vanadiums und Reduzierung der Selbstentladung [2].

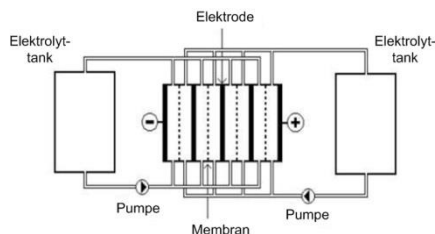


Bild 3: Vanadium-Redox-Flow-Batterie (VRB) [2].

Für die Lebenszykluskostenanalyse der VRB wird diese in ein Solarhaus in Freiburg integriert und durch elektrische Energie einer Photovoltaikanlage geladen. Aufgrund des Prototypenstatus der VRB wird in diesem Szenario anhand der Energiekosten über einen Betrachtungszeitraum von 20 Jahren das Top-Down Verfahren angewendet, um die maximalen Kosten für den Erwerb, die Instandhaltung sowie das End-of Life zu ermitteln. Einerseits zeigen die Ergebnisse der Berechnungen (Bild 4), dass unabhängig von den gewählten Randbedingungen (Szenario I bis IV) die reduzierten Energiekosten durch den Einsatz einer VRB nicht ausreichen, um einen wirtschaftlichen Einsatz über den gesamten Lebenszyklus sicher zu stellen. Für Speichersysteme auf Lithium-Ionen-Basis, die bereits heute auf dem Markt erhältlich sind, betragen die Investitionskosten bereits mindestens 10.000 €.

Die meisten Energiekosten können in Szenario II (Anpassung des Erneuerbare-Energien-Gesetz April 2012) eingespart werden, vergleichend dazu Szenario I (Erneuerbare Energien-Gesetz Januar 2012). Durch die Veränderung der technischen Parameter bspw. Erhöhung des Wirkungsgrades (Szenario III) oder der Speicherfähigkeit (Szenario IV) kann keine signifikanten Kostenreduzierung, im Vergleich zu Szenario I, ermöglicht werden [1].

Energiekosten über den Lebenszyklus

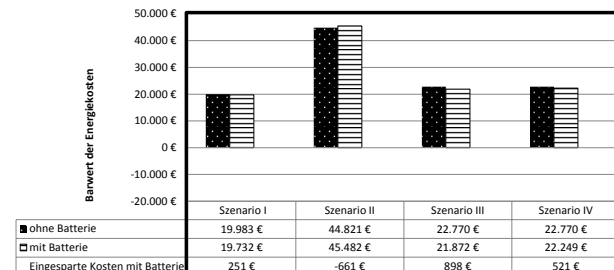


Bild 4: Energiekosten der VRB über den Lebenszyklus [1]

Andererseits wird auch deutlich, dass die politischen Rahmenbedingungen einen großen Einfluss auf die Lebenszykluskosten einer VRB ausüben. Durch die potentiell rückläufige Vergütung im Erneuerbare Energien Gesetz und die ständige Verbesserung der Speichertechnologien durch Forschung und Entwicklung zur effizienten Integration in Gebäuden kann eine VRB in den nächsten Jahren für solch einen Einsatz immer lukrativer werden.

6. Zusammenfassung und Ausblick

Die Berechnungen orientieren sich größtenteils an den zur Verfügung stehenden Informationen und Daten aus dem Projekt MESSIB. Die Bestimmung der Lebenszykluskosten erfolgt mithilfe excelbasierter Berechnungsmodelle anhand derer die Entwicklung der Kosten über den Lebensweg gezeigt werden kann. Durch den Einsatz von Erdsonden können Betriebskosten und der elektrische Energiebezug aus dem Netz, v.a. durch verbesserte Leistungsfaktoren für die Wärmepumpe, reduziert werden. Dennoch kann die Integration von innovativen Erdsonden und CFM bisher nicht wirtschaftlich umgesetzt werden. Die Berechnungen der Lebenszykluskosten der Vanadium-Redox-Flow-Batterie zeigen ebenfalls, dass es bis dato nicht möglich ist, diese wirtschaftlich in Gebäude zu integrieren. Zukünftig sollten die vorliegenden Berechnungsmodelle nach Möglichkeit so erweitert werden, dass alle Kosten über den gesamten Lebenszyklus berücksichtigt werden können (Investitionskosten einer VRB, End-of-Life Kosten von Energiespeichersystemen im Allgemeinen).

Literatur

- [1] Böttge, J.: Lebenszykluskostenbetrachtung von innovativen thermischen und elektrischen Energiespeichersystemen für die Nutzung in Gebäuden; Diplomarbeit, Lehrstuhl für Bauphysik, Universität Stuttgart (2012).
- [2] Interner Projektbericht MESSIB (2011).