

TECHNO-ÖKONOMISCHE BEWERTUNG VON SAISONALEN WÄRMESPEICHERN - EIN SIMULATIONSBASIERTER ANSATZ

Benjamin SCHROETELER¹, Helene SPERLE¹, Tom FELDER¹, Marco MEIER¹,
Matthias BERGER¹, Jörg WORLITSHECK¹

Inhalt

In Schweizer Privathaushalten wird mehr als zwei Drittel der Energie in Form von Wärme verbraucht [1]. Um die Ziele der vom Bund beschlossenen Energiestrategie 2050 zu erreichen, ist ein signifikanter Anteil dieses Energiebedarfs aus erneuerbaren Energiequellen zu decken. Der Solarenergie wird hierbei ein grosses Potential zugeschrieben, jedoch besteht eine Herausforderung im zeitlichen Missverhältnis zwischen Sonneneinstrahlung und dem anfallenden Wärmebedarf. Durch die nötige Entkopplung von Produktion und Nachfrage kommen saisonalen Wärmespeichern für die Integration von erneuerbaren Energien eine zentrale Rolle zu [2]. Bis heute besitzen Bauvorhaben von saisonalen Wärmespeichern in der Regel jedoch einen Forschungscharakter und die Investitionskosten sind entsprechend hoch.

Ziel dieses Forschungsprojektes ist eine umfassende Lebenszyklus-Untersuchung bezüglich Kosten (Life Cycle Costs, LCC) und Umweltauswirkungen (Life Cycle Assessment, LCA) von saisonalen thermischen Energiespeicher-Systemen.

Betrachtet werden Lösungen für die Bereitstellung von Warmwasser und Heizwärme in Ein- und Mehrfamilienhäusern. In enger Zusammenarbeit mit Industriepartnern und Experten werden wirtschaftliche und technische Indikatoren der Systeme analysiert und anschliessend zusammenfassend auf Grund ihrer Kosten und Umweltauswirkungen verglichen und bewertet. So entsteht ein umfassender und einheitlicher Überblick von saisonalen thermischen Energiespeichern bezüglich ihrer ökonomischen- und ökologischen Leistungsfähigkeit. Im hier vorgestellten Projektauszug liegt der Fokus auf der Erläuterung der Methodik und der Präsentation von ersten Zwischenresultaten.

Methodik

Die einzelnen Systeme für verschiedene Verbrauchsprofile (Warmwasser und Heizung) werden mit der Simulationssoftware Polysun ausgelegt. Dabei werden skalierbare Modelle von saisonalen Wärmespeichern abgeleitet, um eine vergleichbare Systembetrachtung aller Technologien zu erreichen. Betrachtet werden Systemlösungen mit sensiblen Wasserspeichern, Eisspeicher, Erdwärmesondensysteme mit Regeneration und oberflächennahe Erdspeicher. Als solare Energiequelle dienen solarthermische und photovoltaische Kollektoren. Gemeinsam mit Industriepartnern werden Kostendaten für die einzelnen Komponenten der definierten Systemlösungen ausgearbeitet.

Zwei Hürden ergeben sich an dieser Stelle. Zum einen gibt es im Vergleich zu alternativen Speichertechnologien (z.B. Batterien [3]) nur wenige Praxisbeispiele. Zum anderen lassen sich diese weniger universell vergleichen. Während in elektrischen Systemen per Definition nur hochwertige Exergie vorkommt, muss in einem thermischen System jeweils die Qualität der vorliegenden Energie mitbeachtet werden. Gemessen wird diese Qualität anhand der Temperatur. Üblicherweise kommen im Haushaltssektor verschiedene Temperaturbereiche vor (Brauchwarmwasser >60 °C, Heizkörper 50-70°C, Fussbodenheizung 30-40°C), was wiederum in einer Vielfalt von möglichen Systemlösungen resultiert. Zudem haben einige potenzielle Speichertechnologien eine geringe technologische Reife und existieren lediglich in Form von Demonstrator- oder Laborprojekten (Technology Readiness Level, TRL).

Für den gewählten Zeithorizont werden so Investitions- sowie die Betriebskosten berechnet (Total Cost of Ownership, TCO und Levelized Cost of Energy, LCOE). Die Simulationsergebnisse sowie die Komponentenliste der einzelnen Systemlösungen stellen die Eingangsdaten für die Ökobilanzierung dar

¹ Lucerne University of Applied Sciences and Arts Engineering and Architecture, Technikumstrasse 21 6048 CH-Horw, +41 41 349 37 59, benjamin.schroeteler@hslu.ch, www.hslu.ch

(siehe Abbildung 1). Ziel der Bilanzierung ist das Erlangen eines vertieften Verständnisses für die Umweltauswirkungen des Produkts, um somit Verbesserungspotentiale identifizieren zu können.

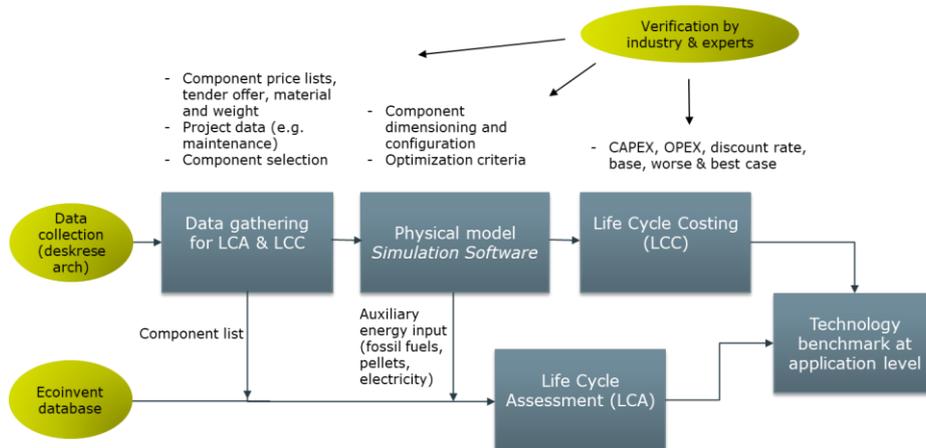


Abbildung 1: Schematische Darstellung der methodischen Vorgehensweise. Es werden zwei Arbeitsstränge verfolgt, einerseits die Technologiebeschreibung und Kostenbetrachtung und andererseits das Life Cycle Assessment.

Ergebnisse

Für die definierten Systeme ist eine unterschiedliche Kostenentwicklung bei hohen solaren Deckungsgraden (60-95%) zu erkennen (siehe Abbildung 2). So liegen die LCOE beim Eisspeichersystem zwischen 420 und 480 CHF/MWh und beim Wassertanksystem zwischen 320 und 560 CHF/MWh. Die Hauptkostentreiber für das letztere System sind einerseits der grosse Wassertank und andererseits die Solarkollektoren und der als Backup installierte Pelletofen. Beim Eisspeichersystem fällt die Wärmepumpe und das Steuerungssystem signifikant ins Gewicht. Weitere thermische Speichertechnologien und Systemlösungen werden analog analysiert und bewertet werden.

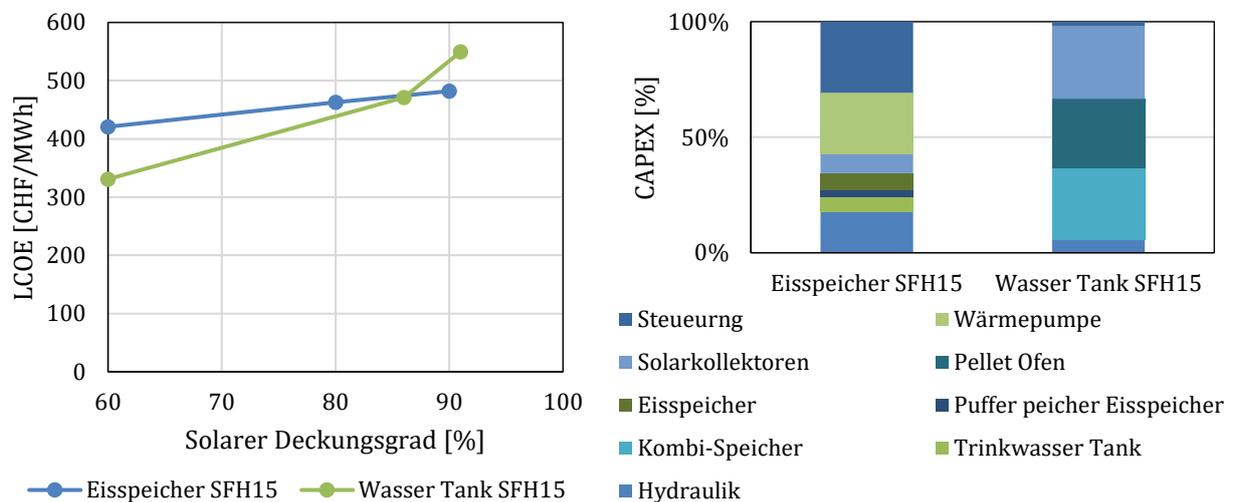


Abbildung 2: Links: Levelized Cost of Energy für die untersuchten saisonalen Wärmespeichertechnologien für Solardeckungsgrade > 60%. Rechts: Prozentuale Kostenaufteilung der Komponenten der Speichertechnologien.

Referenzen

- [1] EnergieSchweiz: Energieverbrauch der Haushalte in der Schweiz. SCCER CREST, 2018.
- [2] Haller, M.; Ruesch, F.: Fokusstudie Saisonale Wärmespeicher – Stand der Technik und Ausblick. Forum Energiespeicher Schweiz, 2019, 1.
- [3] Abdon, A.; Zhang, X.; Parra, D.; Patel, M.K.; Bauer, C.; Worlitschek, J.: Techno-economic and environmental assessment of stationary electricity storage technologies for different time scales. Energy (139) 2017, pp. 1173-1187, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.07.097>.