

Wirtschaftliche Umsetzbarkeit saisonaler Wärmespeicher
Economic Feasibility of Seasonal Heat Storage Systems

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades
Doktor-Ingenieur (Dr.-Ing.)

vorgelegt an der
Technischen Universität Dresden
Fakultät Bauingenieurwesen
Institut für Baubetriebswesen

eingereicht von
Dipl.-Ing. Martin Schmuck
geboren am 29. Juni 1982 in Gera

Kurzfassung

Die Klimaschutzziele und die Klimapolitik in Deutschland sind eng mit der Reduzierung der CO₂-Emissionen verbunden. Die Bundesregierung schaffte in den zurück liegenden Jahren zahlreiche gesetzliche Rahmenbedingungen, auf deren Basis konkrete Maßnahmen zur Umsetzung der Klimaschutzziele festgelegt werden. Die Maßnahmen umfassen unter anderem die Nutzung von Abwärme aus unterschiedlichsten Quellen sowie die verstärkte Einbindung erneuerbarer Energiequellen wie die Sonnenstrahlung oder die Windenergie. Diese stehen häufig jedoch nur unregelmäßig zur Verfügung. Um eine zuverlässige Versorgung auch bei zunehmender Einbindung der regenerativen Energien zu gewährleisten, ist der Einsatz von Energiespeichern und insbesondere von Wärmespeichern unumgänglich.

Gegenstand dieser Arbeit sind Wärmespeicher, die eine Speicherung von Wärme über Zeiträume von mehreren Wochen bis Monaten ermöglichen und als saisonale Wärmespeicher bezeichnet werden. Mit ihrer Hilfe kann überschüssige Wärme, die beispielsweise aus solarthermischen Anlagen resultiert, langfristig gespeichert und zeitversetzt zur Unterstützung der Beheizung und Warmwasserbereitung in Gebäuden genutzt werden. Während die technische Machbarkeit im Rahmen von Forschungs- und Pilotprojekten bereits nachgewiesen werden konnte, sind nur unzureichende Ansätze zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit saisonaler Wärmespeicher verfügbar. Hier knüpft die vorliegende Arbeit an und verfolgt den zentralen Ansatz, ein geeignetes Werkzeug für die Bewertung der Wirtschaftlichkeit saisonaler Wärmespeicher zu entwickeln.

Dazu werden in der Arbeit die verfügbaren Technologien zur saisonalen Wärmespeicherung im Hinblick auf deren baukonstruktiven Aufbau sowie deren Funktionsweise untersucht. Mögliche Geschäftsmodelle werden diskutiert, auf deren Basis die Speicher konzipiert, geplant, errichtet und betrieben werden können. Die Bewertung der Wirtschaftlichkeit saisonaler Wärmespeicher erfordert eine Lebenszyklusbetrachtung, aus der prognostizierbare Kosten und Erlöse abgeleitet werden können. Auf dieser Grundlage wird anschließend ein Konzept zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit saisonaler Wärmespeicher entwickelt. Darin werden die spezifischen Merkmale der Speicheranlagen und die auftretenden Unsicherheiten und Risiken und mit Hilfe deterministischer und insbesondere stochastischer Betrachtungen einbezogen. Relevante Parameter und deren Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit der saisonalen Wärmespeicher werden zusammenfassend ausgewertet.

Die Arbeit richtet sich an alle am Bau Beteiligten und liefert eine Grundlage für potenzielle Investoren aus dem öffentlichen und privaten Bereich, um die monetären Konsequenzen und Risiken, die mit der Investition in einen saisonalen Wärmespeicher verbunden sind, bewerten zu können.

Abstract

The climate change objectives and the climate policy in Germany are closely linked to the reduction of CO₂ emissions. In recent years the German Federal Government created numerous legal conditions to determine concrete measures for the implementation of climate protection targets. Those measures include, for example, the waste heat utilisation or the intense use of renewable energies. Frequently, due to weather and seasonal variations, renewable energy resources such as wind and solar energy are not available continuously but fluctuating. A reliable and sustainable supply based on renewable energy sources requires consequently the use of energy storages, especially heat storage technologies, which are able to compensate the fluctuations.

The subjects of the present investigation are seasonal heat storage systems, which allow the long-term storage of heat lasting several weeks or even months. Based on these storages, for example, surplus heat resulting from solar thermal installations can be stored for long term periods and used time-shifted to support the heating and the warm water supply in buildings. The technical feasibility of seasonal heat storages was already proved in several research projects during the past years. But with regard to their economic feasibility, only insufficient approaches are available. Therefore, the main topic of the present work is to develop a suitable tool to rate the economic feasibility of seasonal heat storages.

Therefore, the available technologies for the seasonal heat storage are investigated with special regard to their construction and their function. Possible business models to design, erect and operate the storages are discussed. The evaluation of the economic feasibility requires a complete view on the life cycle to derive predictable costs and revenues. Based on this, a concept to rate the economic feasibility of seasonal heat storages is developed. This includes the specific characteristics and the intermittent insecurities and risks in the framework of deterministic and especially stochastic considerations. In conclusion, the relevant parameters and their influence on the economic feasibility of the seasonal heat storages are evaluated.

This scientific work is dedicated to all involved in the construction and provides a basis for potential public or private investors to evaluate the monetary consequences and risks linked to the investment in a seasonal heat storage system.