

Bubble in the lake storage (BILS): Simulation eines Wasserwärmespeichers

Untersuchung von Einflussparametern und Vergleich verschiedener Geometrien

Diplomand



Rico Lüthi

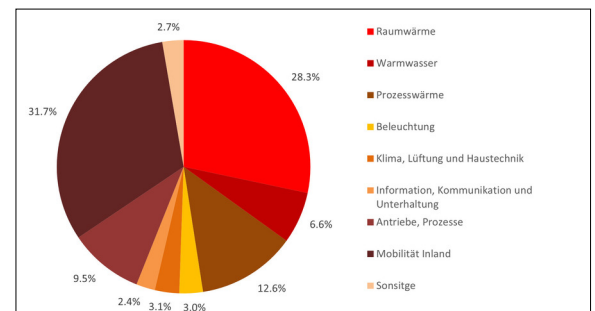
Ausgangslage: In der Schweiz entfallen etwa 50% des Energieverbrauchs auf die Wärmeerzeugung, wobei ein erheblicher Teil dieser Wärme für die Heizung und das Warmwasser verwendet wird. Der grösste Anteil dieser Wärme wird bisher aus fossilen Brennstoffen gewonnen. Im Rahmen der Energiestrategie 2050 strebt die Schweiz eine signifikante Reduktion des CO₂-Ausstosses sowie eine Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien an. Dazu gehört auch die effiziente Nutzung und Speicherung von Wärmeenergie. Das Konzept des «Bubble in the Lake Storage» (BILS) bietet eine innovative Lösung zur saisonalen Wärmespeicherung in Gewässern, um den sommerlichen Energieüberschuss zu nutzen und die Winterversorgung sicherzustellen. Ausserdem sollen mit dem BILS auch kurzfristige Energieüberschüsse, welche in Zukunft durch die erneuerbaren Energien entstehen, genutzt werden.

Vorgehen / Technologien: Die Arbeit gliedert sich in zwei Hauptphasen. Zunächst wird ein Experiment, welches bereits im BILS-Projekt umgesetzt wurde, mittels einer transienten CFD-Simulation nachgestellt. Dies beinhaltet die Einarbeitung in die experimentellen Messdaten, den Versuchsaufbau sowie die verwendeten Materialien und den Aufbau des Experiments. Parallel dazu wird das theoretische Wissen zu CFD-Simulationen vertieft und praktisch angewendet. Die Simulation wird fortlaufend verbessert, um die experimentellen Ergebnisse möglichst genau nachzubilden. In der zweiten Phase wird die zuvor erarbeitete Simulation auf einen BILS in realer Grösse skaliert. Hierfür wird eine neue Geometrie für den Wärmespeicher entworfen und als Referenzszenario für spätere Vergleiche verwendet. Verschiedene Parameter wie Speicherformen, Speichertemperaturen sowie externe Faktoren wie Seeströmungen und Umgebungstemperaturen werden untersucht. Zudem werden verschiedene Speicherkonzepte entworfen und simuliert.

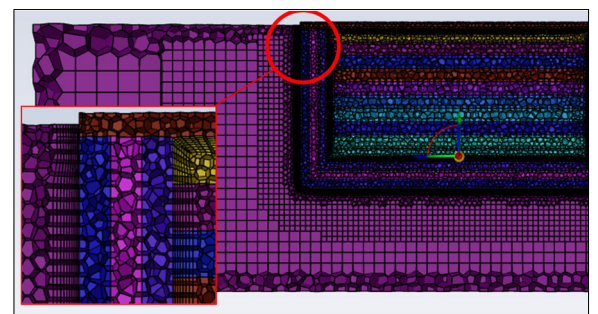
Fazit: Die Ergebnisse bestätigen, dass eine optimierte Isolationsdicke und eine angepasste Temperaturverteilung in den Speicherschichten die Effizienz des BILS erheblich steigern können und ein grosses Potenzial für die Optimierung vorhanden ist. Dabei spielt auch der geplante Einsatzzweck des BILS eine erhebliche Rolle, welche Verbraucher er versorgen soll und aus welchen Quellen er seine Wärme bezieht. Die verschiedenen BILS-Konzepte, welche erarbeitet wurden, weisen unterschiedliche Stärken und Schwächen auf. Das Referenzszenario, bei dem der BILS an der Oberfläche des Wassers platziert wird, ist einfach zu bauen und weist geringe Wärmeverluste auf. Der BILS, welcher sich unter Wasser befindet, besitzt grössere Verluste und muss stärker befestigt werden, jedoch ist er von aussen nicht sichtbar und wird deshalb eine höhere Akzeptanz bei der Bevölkerung erzielen. Das Konzept mit den geschichteten Isolationen ist zwar

komplizierter im Bau und im Monitoring, jedoch können die unterschiedlichen Temperaturen in den unterschiedlichen Speicherschichten vielseitig und effizient eingesetzt werden.

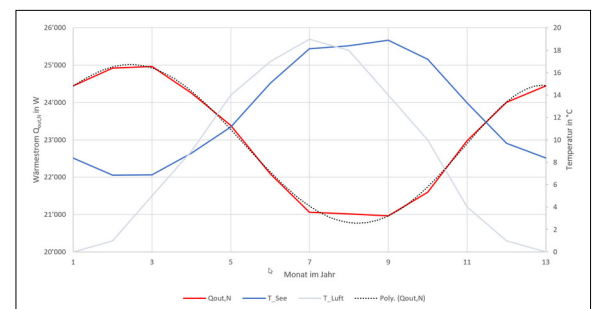
Endenergieverbrauch in der Schweiz, 2022
Eigene Darstellung



Vernetzung des BILS, welche die Volumen für CFD-Berechnungen in finite Elemente einteilt.
Eigene Darstellung



Wärmeverluste des BILS über ein Jahr bei einer konstanten Speichertemperatur
Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Andreas Häberle

Korreferentin

Dr. Mercedes Hannelore Rittmann-Frank, EBP, Zürich, ZH

Themengebiet

Konstruktion inkl. CAD, Numerische Strömungssimulationen, Thermo- und Fluidodynamik, Energietechnik allgemein