

FLEXIBEL MIT DER SONNE HAUSHALTEN: DIE ROLLE SOLARTHERMISCHER KRAFTWERKE IM ZUKÜNFTIGEN ENERGIESYSTEM DER EU

Franziska SCHÖNIGER^{1*}, Gustav RESCH²

Überblick

In zukünftigen Energiesystemen werden erneuerbare, CO₂-freie und flexible Energiequellen benötigt, um eine gleichermaßen nachhaltige wie sichere Versorgung zu gewährleisten. Dabei wird auch die Solarenergie eine bedeutende Rolle spielen. Die Nutzung solarer Strahlung zur Stromerzeugung wurde in den letzten Jahrzehnten von der Photovoltaik (PV) dominiert. Konzentrierte Solarkraft (CSP) ist weltweit deutlich weniger implementiert, kann aber aufgrund der Kombination mit thermischen Speichern sowohl einen Beitrag zur Flexibilisierung als auch zur Dekarbonisierung des Stromsystems liefern. Im Jahr 2019 waren weltweit 10 GW CSP-Projekte in Betrieb, im Bau oder in der Entwicklung. 2,4 GW dieser Projekte befinden sich in Europa, wobei Spanien mit 2,3 GW installierter Kapazität der dominierende Marktführer ist [1]. Wärmespeicher erhöhen den Kapazitätsfaktor der CSP-Anlage ohne dass durch die erhöhte Speicherfähigkeit die Stromgestehungskosten (LCOE) stark ansteigen [2]. Somit können CSP-Anlagen flexibel betrieben werden und damit auslaufende konventionelle Kraftwerke ausgleichen, sofern die Marktbedingungen die Wirtschaftlichkeit dafür garantieren. In diesem Papier werden diese Marktbedingungen analysiert, indem das Zusammenspiel verschiedener CSP-Technologiekonzepte mit diversen Strommarktbedingungen am Beispiel Spaniens beleuchtet wird. Im Zuge dieser Analyse werden verschiedene Variationen der thermischen Speichergröße, des Solar Multiples, des Erdgas- und des CO₂-Preises sowie der Anteile fluktuierender erneuerbarer Stromerzeugung im System untersucht. Diese Arbeit wurde im Rahmen des von der Europäischen Kommission finanzierten Horizon 2020-Projekts MUSTEC durchgeführt [3].

Methode

Die Analyse basiert auf einer detaillierten technoökonomischen Bewertung verschiedener CSP-Technologiekonfigurationen. Von besonderem Interesse sind dabei die Kapazität des Kraftwerks (Solarfeld & Receiver und Turbine) und des Wärmespeichers sowie die Betriebsarten des Kraftwerks (Grundlast- vs. Spitzenlastkonfiguration). Basierend auf einer technoökonomischen Klassifizierung wurden anschließend die verschiedenen Technologiekonzepte mit dem Energiesystemmodell Balmorel [4] modelliert, welches eine detaillierte und zeitlich hoch aufgelöste Betrachtung des Stromsektors ermöglicht. Die Basis bietet eine detaillierte Datenbank über die verschiedenen CSP-Technologiekonzepte aus dem MUSTEC Projekt. Durch das Abbilden des Stromaustauschs mit den benachbarten Stromsystemen Portugal und Frankreich wird außerdem eine breitere Systemsicht auf die Integration der bewerteten CSP-Konzepte in die regionalen Strommärkte ermöglicht.

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse geben Aufschluss darüber, wie sich CSP-Kraftwerke abhängig vom Technologiekonzept und von den Strommarktbedingungen in ihrem Erzeugungsverhalten unterscheiden. Die modellbasierte Analyse erlaubt darüber hinaus Aussagen dazu, unter welchen Bedingungen unterschiedliche CSP-Technologien im aktuellen und in einem zukünftigen Marktdesign nützlich, vorteilhaft oder notwendig für das Gesamtsystem sein können. Im Mittelpunkt der Analyse steht dabei, wie sich der Marktwert des erzeugten Stroms sowie die gesamtwirtschaftliche Tragfähigkeit in Abhängigkeit des zugrundeliegenden CSP-Technologiekonzepts einschließlich des entsprechenden Speichers verändern können. Abbildung 1 zeigt die Marktwerte und durchschnittlichen jährlichen Strompreise in den verschiedenen Szenarien.

¹ Energy Economics Group, TU Wien, Gusshausstrasse 25-29/370-3, 1040 Wien, +43 1 58801 370378, schoeniger@eeg.tuwien.ac.at, <http://eeg.tuwien.ac.at/>

² Energy Economics Group, TU Wien, Gusshausstrasse 25-29/370-3, 1040 Wien, +43 1 58801 370354, resch@eeg.tuwien.ac.at, <http://eeg.tuwien.ac.at/>

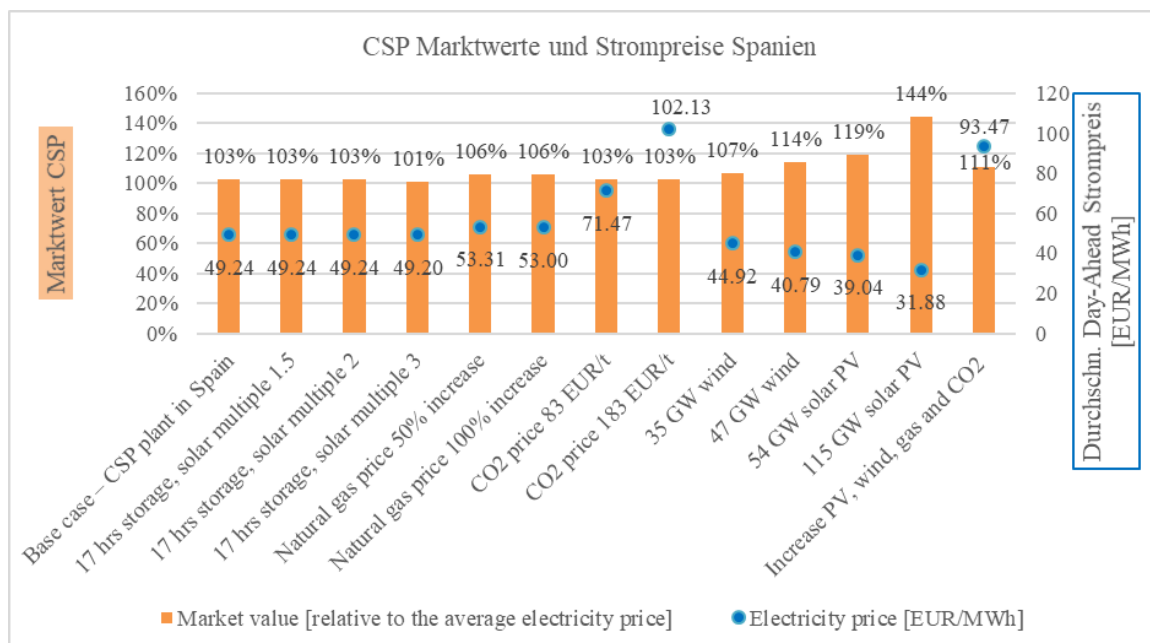


Abbildung 1: Relative Marktwerte und Strompreise des modellierten CSP Kraftwerks in den Szenarien. Variationen im Technologiekonzept (z.B. SpeichergroÙe), Brennstoffpreisen, CO₂-Preisen und Strommix im System.

Stromsysteme mit einem hohen Anteil fluktuierender erneuerbarer Energien führen zu den höchsten relativen Marktwerten für CSP (bis zu 144%). In diesen Stromsystemen zeigt sich der Merit-Order-Effekt der fluktuierenden Erneuerbaren Energien am stärksten. In einem solchen Stromsystem, kann CSP seine Stromerzeugung auf Zeiten mit geringer PV- und Windeinspeisung und damit höheren Preisen verlagern. In dem Szenario mit hohem Windanteil erreicht CSP einen Marktwert von 114%, in Systemen mit einem hohen Anteil an Solar-PV ist CSP am kompetitivsten. In den Szenarien mit hohem Wind- und PV-Anteil sind die durchschnittlichen jährlichen Day-Ahead-Strompreise jedoch auch am geringsten, was sich somit auch negativ auf die Gesamtwirtschaftlichkeit auswirkt. Es zeigt sich, dass ein hohes Dekarbonisierungsniveau zur Wettbewerbsfähigkeit von CSP führen. In einem Marktumfeld, in dem gleichzeitig mit dem Ausbau von PV und Wind auch die CO₂-Preise steigen, führen ein hoher CSP-Marktwert (bis zu 111%) und hohe durchschnittliche Strompreise zu den höchsten Erträgen für CSP. In einem möglichen zukünftigen Elektrizitätssystem, das diese Merkmale aufweist, könnte CSP also seine bedeutendsten operativen Vorteile ausspielen – erneuerbare, flexible und CO₂-freie Stromerzeugung.

Referenzen

- [1] SolarPACES, "SolarPACES. Solar Power & Chemical Energy Systems.," 2017. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.solarpaces.org/csp-technologies/csp-projects-around-the-world/>. [Zugriff: 04-Mar-2019].
- [2] J. Lilliestam et al., "Policies to keep and expand the option of concentrating solar power for dispatchable renewable electricity," *Energy Policy*, vol. 116, no. Februar, pp. 193–197, 2018.
- [3] MUSTEC, "MUSTEC. Market Uptake of Solar Thermal Electricity.," 2018. [Online]. Verfügbar unter: <http://www.mustec.eu/>. [Zugriff: 01-Mar-2019].
- [4] The Balmorel Open Source Project, "Balmorel. Energy system model.," 2019. [Online]. Verfügbar unter: <http://www.balmorel.com/>. [Zugriff: 01-Mar-2019].