

ENERGIEFLEXIBLER BETRIEB VON CARBON CAPTURE-ANLAGEN IN DER ZEMENTINDUSTRIE

Yvonne EBOUMBOU EBONGUE¹, Alexander SAUER

Motivation

Die Dekarbonisierung der Industrie gewinnt zunehmend an Bedeutung, da der globale Druck zur Reduzierung von Treibhausgasemissionen stetig zunimmt. Neusten Schätzungen zufolge ist die Zementproduktion derzeit für etwa 7,4 % der weltweiten CO₂-Emissionen verantwortlich. Obwohl die Zementindustrie die CO₂-Emissionen pro Tonne Zement in den letzten Jahrzehnten deutlich reduziert hat, verzeichnet sie weltweit eine Zunahme der Produktionsaktivitäten aufgrund der steigenden Nachfrage nach Zement als Baustoff [1][2]. Carbon Capture Utilization and Storage (CCUS) ist eine wegweisende Technologie zur Reduzierung von CO₂ aus Industrie- und Energieerzeugungsprozessen [1]. Die Integration von Carbon Capture (CC)-Anlagen in die Zementindustrie gilt als vielversprechender Ansatz um das Net Zero Szenario zu erreichen [2][3]. In diesem Beitrag werden Energieflexibilitätsmaßnahmen hinsichtlich ihrer technischen Anwendbarkeit und hinsichtlich ihres wirtschaftlichen Nutzens innerhalb der Zementproduktion qualitativ bewertet. Daraus lässt sich das Potential des energieflexiblen Betriebs von CC-Anlagen in der Zementindustrie ableiten.

Energieflexibler Betrieb von CCUS in die Zementindustrie

Energieflexibilität nach VDI-Richtlinie 5207 ist die Fähigkeit eines Produktionssystems, sich schnell und prozesseffizient an Änderungen des Energiemarkts anzupassen [4]. Energieflexibilitätsmaßnahmen sind konkrete und bewusste Eingriffe in industrielle Prozesse, die zu einer Veränderung des Verbrauchs am Netzanschlusspunkt führen. Das Energieflexibilisierungspotenzial hängt von standortspezifischen Faktoren eines Zementwerkes ab [4]. Die Analyse verschiedener Energieflexibilisierungsmaßnahmen in der Zementindustrie zeigt Perspektiven für die Integration von CC-Anlagen als flexible Verbraucher in den Zementherstellungsprozess auf. Zur Analyse der Möglichkeit des energieflexiblen Betriebs von CC-Anlagen in der Zementindustrie werden Energieflexibilitätsmaßnahmen hinsichtlich ihrer technischen Anwendbarkeit und hinsichtlich ihres wirtschaftlichen Nutzens innerhalb der Produktion qualitativ bewertet. Die Anwendbarkeit der Energieflexibilitätsmaßnahmen in der Zementindustrie ist in Abbildung 1 dargestellt.

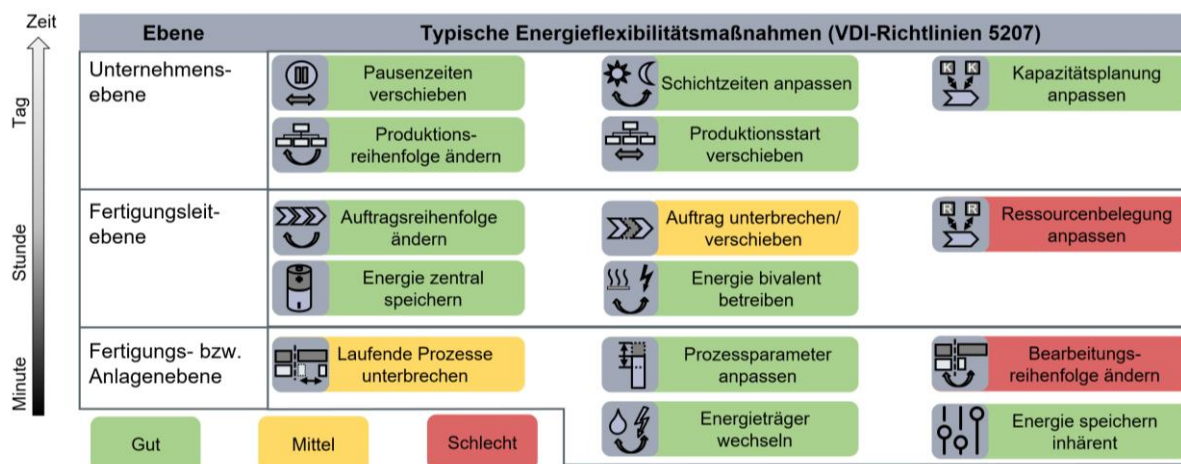


Abbildung 1: Anwendbarkeit von Energieflexibilitätsmaßnahmen in der Zementindustrie

Die Anpassung von Prozessparametern wie Temperaturen und Drücken in den Produktionsabläufen bietet eine Möglichkeit, den Brennprozess zur Klinkerproduktion effizienter zu gestalten und damit den Energieverbrauch zu optimieren. Ebenso ermöglicht der Wechsel zwischen verschiedenen

¹ Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA, Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart, Deutschland, +49 711 970-3514, yvonne.eboumbou.ebongue@ipa.fraunhofer.de

Energieträgern eine flexible Anpassung an Marktbedingungen, indem je nach Verfügbarkeit und Kosten unterschiedliche Brennstoffe eingesetzt werden können.

Sauer et al. ermittelten für gesamten Stromeinsatz in einem durchschnittlichen deutschen Zementwerk bei mittleren Mühlenauslastung von 51 % ein Lastflexibilisierungspotenzial von 10 % pro Jahr [4]. Auf Basis dieser Erkenntnis kann das Flexibilisierungspotential von CC-Anlagen in der Zementindustrie bestimmt werden. Zur Herstellung einer Tonne Zement werden in Deutschland aktuell 877 kWh Energie benötigt [5]. Eine CC-Anlage benötigt zur Abtrennung einer Tonne CO₂, je nach Abtrennungstechnologie und CO₂ Konzentration, zwischen 130 kWh und 400 kWh elektrischer Energie [6]. Damit das Net Zero Szenario mit dem Ziel 460 kg CO₂ pro Tonne Zement erreicht wird, muss eine CC-Anlage 180 kg CO₂ pro Tonne Zement einfangen. Dafür wird zwischen 23 kWh und 72 kWh elektrischer Energie benötigt. Unter der Annahme, dass die CC-Anlage zeitgleich mit dem Mühlenwerk betrieben wird, kann zwischen 2,3 kWh und 7,2 kWh elektrischer Energie flexibilisiert werden.

Fazit

Die Umsetzung der identifizierten Energieflexibilitätsmaßnahmen in der Zementindustrie bietet ein breites Spektrum an Möglichkeiten, den Energieverbrauch zu optimieren und die Produktion an sich ändernde energetische Randbedingungen anzupassen. Durch die Anwendung geeigneter Energieflexibilitätsmaßnahmen könnten CC-Anlagen als energieflexible Verbraucher in die Zementindustrie integriert werden. In Zeiten niedriger Energiekosten oder hoher Verfügbarkeit erneuerbarer Energien können CC-Anlagen ihre CO₂-Abtrennungskapazität erhöhen. Umgekehrt könnten sie in Zeiten hoher Energiekosten oder geringer Verfügbarkeit erneuerbarer Energien ihre Kapazitäten reduzieren oder vorübergehend aussetzen, um den Energieverbrauch zu optimieren und die Betriebskosten zu senken. Damit kann die Zementindustrie nicht nur einen Beitrag zur CO₂-Reduktion leisten, sondern auch als Teil eines adaptiven, energieeffizienten Systems zur Stabilisierung und Nachhaltigkeit des Gesamtnetzes beitragen. Die Perspektive ist daher ein integriertes Energiesystem, in dem CC-Anlagen nicht nur als Verbraucher, sondern als flexible Akteure agieren, die sich an die sich ständig ändernden Bedingungen im Energiesektor anpassen können und gleichzeitig einen wichtigen Beitrag zur CO₂-Reduktion leisten.

Referenzen

- [1] UNECE Sustainable Energy Programme, *Technology brief carbon capture use and storage (CCUS)*. [Online]. Available: https://unece.org/sites/default/files/2021-03/CCUS%20brochure_EN_final.pdf (accessed: Nov. 22 2023).
- [2] M. Schneider, *Concrete Future: The GCCA 2050 Cement and Concrete Industry Roadmap for Net Zero Concrete*. [Online]. Available: <https://gccassociation.org/concretefuture/wp-content/uploads/2021/10/GCCA-Concrete-Future-Roadmap-Document-AW.pdf> (accessed: Nov. 22 2023).
- [3] M. Voldsund et al., "Comparison of Technologies for CO₂ Capture from Cement Production: Part 1: Technical Evaluation," *Energies*, vol. 12, no. 3, p. 559, 2019, doi: 10.3390/en12030559.
- [4] Sauer, E. Abele, and H. U. Buhl, *Energieflexibilität in der deutschen Industrie: Ergebnisse aus dem Kopernikus-Projekt – Synchronisierte und energieadaptive Produktionstechnik zur flexiblen Ausrichtung von Industrieprozessen auf eine fluktuierende Energieversorgung | SynErgie*. [Online]. Available: https://synergie-projekt.de/wp-content/uploads/2020/08/urn_nbn_de_0011-n-5659211.pdf
- [5] Verein Deutscher Zementwerke e.V. (VDZ), *Zementindustrie im Überblick 2020/2021*. [Online]. Available: <https://www.vdz-online.de/wissensportal/publikationen/zementindustrie-im-ueberblick-2020-2021> (accessed: Nov. 22 2023).
- [6] S. Lübbers, Hobohm Jend, Thormeyer, Christoph, and H. Dambeck, *Technische CO₂-Senken: Techno-ökonomische Analyse ausgewählter CO₂-Negativemissionstechnologien Kurzugutachten zur dena-Leitstudie Aufbruch Klimaneutralität*. [Online]. Available: https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2021/211005_DLS_Gutachten_Prognos_final.pdf (accessed: Nov. 22 2023).