

# ENERGIEEFFIZIENZ UND FLEXIBILITÄT BEI DER ELEKTROSTAHLPRODUKTION

Johannes DOCK<sup>1\*</sup>, Stefan WALLNER<sup>1</sup>, Thomas KIENBERGER<sup>1</sup>

## Einleitung

Die österreichische Eisen- und Stahlindustrie verbrauchte im Jahr 2019 34.2 TWh [1] an Primärenergie und emittierte 12.1 Mt Kohlendioxid [2]. Die Stahlerzeugung erfolgt dabei zu 91 % über die Prozessroute Hochofen/LD-Konverter und zu 9 % über Schrottreycling mittels Elektrolichtbogenofen (EAF) [2]. Letztere ist aufgrund des Wegfalls der Reduktion des Eisenerzes im Hochofen weniger energie- und emissionsintensiv. Bei der EAF-Stahlproduktion wird mehr als 50 % des Energiebedarfs aus elektrischem Strom gedeckt, wodurch indirekte CO<sub>2</sub>-Emissionen anfallen. Der übrige Energiebedarf wird aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe gedeckt, bei der direkte CO<sub>2</sub>-Emissionen entstehen.

Daher beruht die Dekarbonisierung dieser Prozessroute zum einen auf der Vermeidung direkter CO<sub>2</sub>-Emissionen und zum anderen auf der verstärkten Einbindung erneuerbarer Energieerzeugung ins übergeordnete Energiesystem. Ersteres kann durch Energieeffizienz sowie CO<sub>2</sub>-Abscheidung und -Nutzung realisiert, letzteres durch die Bereitstellung von Flexibilität für das elektrische Netz unterstützt werden. Im vorliegenden Beitrag wollen wir zeigen, welche Lösungen in diesem Zusammenhang in Abhängigkeit einer Reihe von Rahmenbedingungen technisch und wirtschaftlich sinnvoll sind.

## Methoden

Die EAF-Stahlproduktion wird vom Chargenbetrieb des Elektrolichtbogenofens und nachfolgender Prozesse dominiert. Damit gehen starke Schwankungen des zeitlichen Elektrizitäts- und Gasbedarfs einher. Größter Erdgasverbraucher und direkter CO<sub>2</sub>-Emittent sind die sogenannten Pfannenfeuer, welche zum Vorheizen der Stahlwerkspfannen dienen (Abbildung 1).

Im ersten Teil der Studie wird am Beispiel der Pfannenfeuer die Integration von Effizienzmaßnahmen wie Oxyfuel-Verbrennung, CO<sub>2</sub>-Abscheidung und -Nutzung (CCU) sowie Abwärmerückgewinnung untersucht und deren Auswirkungen auf den Endenergieverbrauch und die direkten Kohlendioxidemissionen des gesamten Stahlwerks dargestellt. Dazu werden Oxyfuel-Pfannenfeuer, CCU-Equipment sowie ein Wärme- und CO<sub>2</sub>-Pufferspeicher in ein im Vorfeld entwickeltes Energiesystemmodell eines Elektrostaahlwerks [3] implementiert, um das technische Potential der Maßnahmen zu ermitteln. Die darauf aufbauende Kostenanalyse bewertet die Wirtschaftlichkeit der Investitionen unter unterschiedlichen Rahmenbedingungen.

Sowohl die metallurgischen Prozesse als auch die Oxyfuel-Brenner weisen einen beträchtlichen Sauerstoffbedarf auf. Im zweiten Teil entwickeln wir daher Szenarien für die flexible, werksinterne Produktion von Sauerstoff und Wasserstoff sowie dessen Nutzungsmöglichkeiten. Die Flexibilitätsszenarien umfassen die Sauerstoffherzeugung mittels Adsorptionsverfahren sowie die gleichzeitige Produktion von Wasserstoff und Sauerstoff mittels Elektrolyse. Zur Bestimmung der optimalen Kapazität von Produktionsanlagen und Speichern wird ein energieträgerübergreifendes Optimierungsmodell aufgebaut. Diesem Modell werden die mithilfe des zuvor erwähnten Energiesystemmodells berechneten Lastprofile des Stahlwerks für elektrische Energie, Erdgas und Sauerstoff, die Investitionskosten der Komponenten sowie zeitlich aufgelöste Strom- und Gaspreise übergeben. Auf Grundlage der Ergebnisse der Optimierungsrechnung sollen die entwickelten Szenarien hinsichtlich ihres Potentials für Demand-Side-Management und ihrer Wirtschaftlichkeit bewertet werden.

---

<sup>1</sup> Montanuniversität Leoben, Parkstraße 31, 8700 Leoben, +43 3842 4025404, johannes.dock@unileoben.ac.at, evt.unileoben.ac.at

### Energiebedarf und Kohlendioxidemissionen

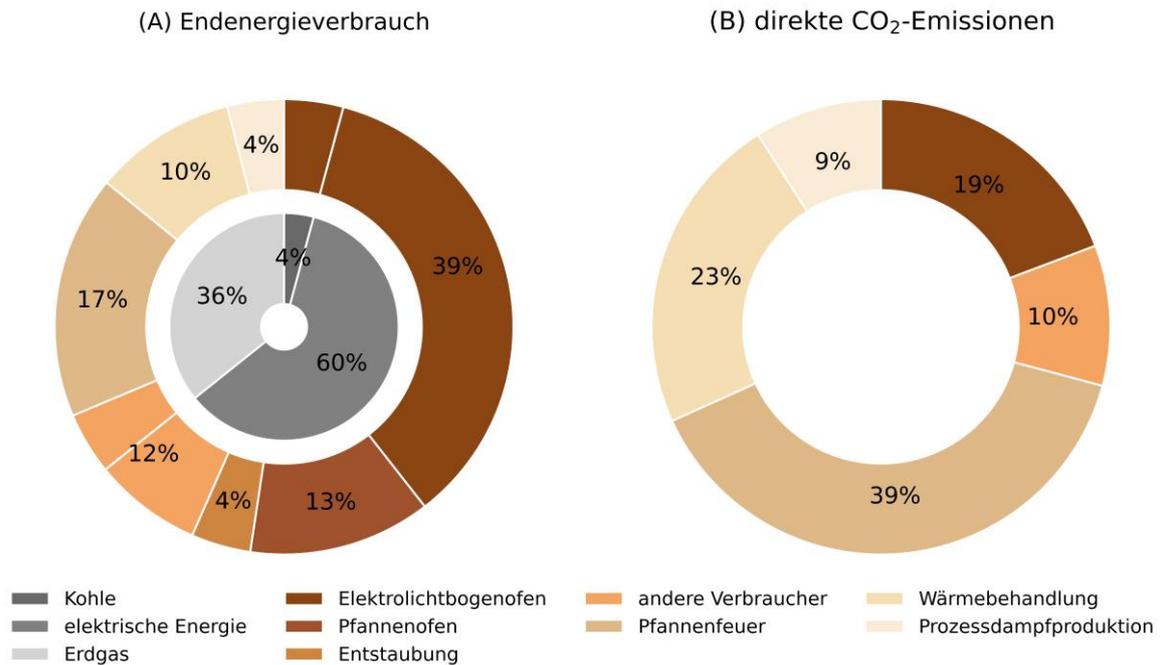


Abbildung 1: Energieverbrauch und direkte CO<sub>2</sub>-Emissionen eines Elektrostahlwerks.

## Ergebnisse

Im Zuge der hier beschriebenen Studie wird die Integration ausgewählter Technologien in das Energiesystem eines bestehenden Stahlwerks untersucht. Sowohl die Erhöhung der Energieeffizienz als auch die Bereitstellung von Lastflexibilität kann zur Vermeidung von CO<sub>2</sub>-Emissionen beitragen. Die Arbeit analysiert die CO<sub>2</sub>-Einsparungspotentiale und die optimale Einbindung der oben erwähnten Effizienz- und Flexibilitätstechnologien in den Produktionsprozess. Ergänzend erfolgt eine Bewertung der Wirtschaftlichkeit der untersuchten Maßnahmen.

## Referenzen

- [1] Statistics Austria, „Energy balances Austria 1970-2019“, Vienna. [Online]. Verfügbar unter: [https://pic.statistik.at/web\\_de/statistiken/energie\\_umwelt\\_innovation\\_mobilitaet/energie\\_und\\_umwelt/energie/energiebilanzen/index.html](https://pic.statistik.at/web_de/statistiken/energie_umwelt_innovation_mobilitaet/energie_und_umwelt/energie/energiebilanzen/index.html). Zugriff am: 24. November 2021.
- [2] Umweltbundesamt, „Austria's national inventory report 2021: Submission under the United Nations Framework Convention on Climate Change and under the Kyoto Protocol“, Vienna, 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.at/studien-reports>. Zugriff am: 22. November 2021.
- [3] J. Dock, D. Janz, J. Weiss, A. Marschnig und T. Kienberger, „Time- and component-resolved energy system model of an electric steel mill“, Cleaner Engineering and Technology, Jg. 163, S. 100223, 2021, doi: 10.1016/j.clet.2021.100223.