

DEKARBONISIERUNGSANSÄTZE IN DER STAHLVERARBEITENDEN INDUSTRIE – EINE NUMERISCHE STUDIE

Tobias GOSCHIN^{1*}, Mathias VOGEL^{1*}, Robert FLASSIG¹

Inhalt

Der Industriesektor in Deutschland hat, neben dem Verkehrssektor, mit einem Anteil von 28,3 % den größten Endenergieverbrauch, das entspricht jährlich 657 TWh (Stand 2020) [1]. Um diesen hohen Energieverbrauch und die damit verbundenen Treibhausgasemissionen in Einklang mit den Klimazielen Deutschlands zu bringen, ist die Identifizierung von Einsparpotenzialen notwendig. Ein emissionsintensiver Vertreter des Industriesektors ist die Stahlindustrie, auf welche sich in dieser Ausarbeitung bezogen wird. Ein großes CO₂-Einsparpotenzial bietet die bereits bekannte Kreislaufwirtschaft und das damit verbundene Recycling von Stahl, man spricht in diesem Fall von Sekundärstahl. Das Energieaufkommen in der Sekundärstahlroute ist zwar deutlich geringer als in der Primärstahlroute, dennoch ist es nicht vernachlässigbar (2 GJ bzw. 14 GJ je t Rohstahl [2]). Zurückliegende Untersuchungen zeigen die Verwendung grünen Stroms als wesentliche Defossilisierungsmöglichkeit des Sekundärstahls auf [2] [3]. An diesem Punkt setzt diese Analyse an und betrachtet explorativ verschiedene Szenarien der industriellen Abwärmenutzung im Sinne der Sektorenkopplung. Basierend auf diesen Erkenntnissen können die kommunalen Energiebereitstellungskonzepte optimiert und CO₂-ärmer gestaltet werden. Die einzelnen Szenarien werden als Energiesysteme in einem Modell zeitdiskret (stundenweise) dargestellt und dynamisch anhand techno-ökonomischer Parameter numerisch optimiert. Die Kombination aus zeitdiskreter und dynamischer Optimierung erlaubt es, die einzelnen Komponenten des Energiesystems, wie bspw. erneuerbare Energiequellen oder Energiespeicher, optimal und unter Berücksichtigung temporärer Spitzenlasten auszulegen. Die Aussagen ermöglichen dem Unternehmen die bedarfsorientierte Auswahl und Implementierung ausgewählter Technologien.

Methodik

Die vorliegende Analyse basiert auf einem energieintensiven Industrieunternehmen zur Sekundärstahlherstellung. Dessen Energiesystem wird abstrahiert und in einem Modell innerhalb des Open Source Frameworks FINE [4] dargestellt, es dient in dieser Konfiguration als Referenzszenario (Abbildung 1, (A), V1). Bestandteile des Modells sind u.a. Energiequellen, Technologien zur Energieumwandlung, Energiesenken sowie –speicher. Die jeweils hinterlegten techno-ökonomischen Parameter, wie bspw. Investitions- und Betriebskosten, Wirkungsgrade, Installationsleistungsgrenzen als auch repräsentative, exogene Leistungs- und Lastgänge, ermöglichen eine Optimierung des Gesamtsystems hinsichtlich minimaler Kosten. Ergänzend zum Referenzszenario fließt in die Szenarioanalyse u.a. die Abwärmeverwertung eines Stoßofens zur Deckung eines Wärmelastgangs einer Kommune ein. Technologien wie Photovoltaik, thermische Speicher und Abwärmeverstromung mittels ORC-Anlagen (engl. Organic Rankine Cycle) erweitern den Betrachtungshorizont. Die Auswertung der Ergebnisse erfolgt in zwei Kategorien, je nachdem, ob der Heizlastgang berücksichtigt oder vernachlässigt wird. Basierend darauf sind in Abbildung 1 die Energieflussschemata der einzelnen Szenarien dargestellt.

¹ Technische Hochschule Brandenburg, Magdeburger Str. 50, 14770 Brandenburg an der Havel, robert.flassig@th-brandenburg.de, +49 3381 355-377, <https://www.th-brandenburg.de/startseite/>

* Nachwuchsautoren

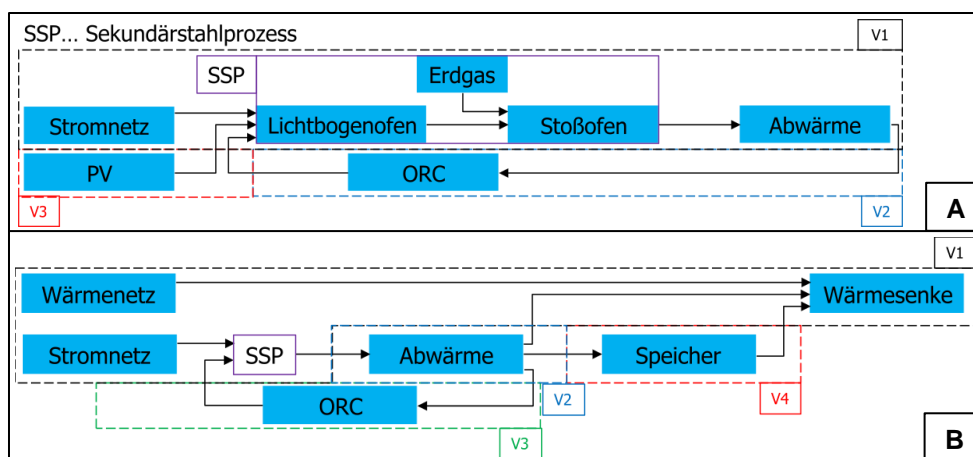


Abbildung 1: Energieflussschemata der betrachteten Sekundärstahlherstellungsprozesse mit den einzelnen Energieversorgungstechnologien. Oben (A): Auswertung ohne Heizlastgang (Wärmesenke). Unten (B): Auswertung mit Heizlastgang (Wärmesenke).

Ergebnisse

Die Auswertung der Szenarioanalyse erfolgt auf Basis der berechneten jährlichen CO₂-Emissionen sowie der jährlichen Gesamtkosten des Energiesystems (TAC, engl. Total Annual Costs). Die nachfolgende Abbildung 2 verdeutlicht, dass für den Fall ohne Heizlastgang eine Kombination der Varianten V1 bis V3 und für den Fall mit Heizlastgang ein Energiesystem bestehend aus den Varianten V1 bis V4 optimal ist. Beruhend auf diesen Fällen ergibt sich das höchste CO₂-basierte und monetäre Einsparpotenzial, da entweder ein Teil des jährlichen Strombedarfs des Unternehmens oder ein großer Teil des angenommenen jährlichen Wärmebedarfs einer Kommune durch die industrielle Abwärme gedeckt werden kann.

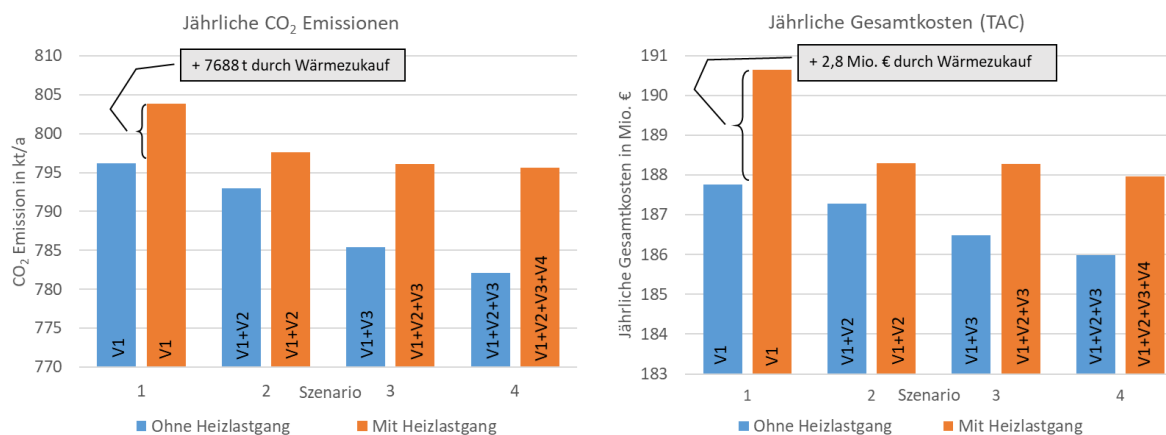


Abbildung 2: Szenarienbasierte Entwicklung der jährlichen CO₂-Emissionen (links) und der jährlichen Gesamtkosten (rechts) der ausgewählten Sekundärstahlfallstudie in Abhängigkeit der kommunalen Wärmeversorgung (Heizlastgang) und gewählten Energieversorgungstechnologien.

Referenzen

- [1] AG Energiebilanzen e.V., *Auswertungstabellen zur Energiebilanz Deutschland. Daten für die Jahre von 1990 bis 2020*. Berlin, 2021.
- [2] Agora Energiewende und Wuppertal Institut, *Klimaneutrale Industrie, Schlüsseltechnologien und Politikoptionen für Stahl, Chemie und Zement*. Berlin, 2019.
- [3] Zhiyuan, F., Friedmann, S. J., „Low-carbon production of iron and steel: Technology options, economic assessment, and policy“, *Joule*, Volume 5, Issue 4, 829 – 862, 2021.
- [4] Welder, L. et al., „Spatio-temporal optimization of a future energy system for power-to-hydrogen applications in Germany“, *Energy*, Volume 158, 1130-1149, 2018.