Modellierung und Optimierung gekoppelter Gas-, Strom- und Medienflüsse in einem integrierten Hüttenwerk

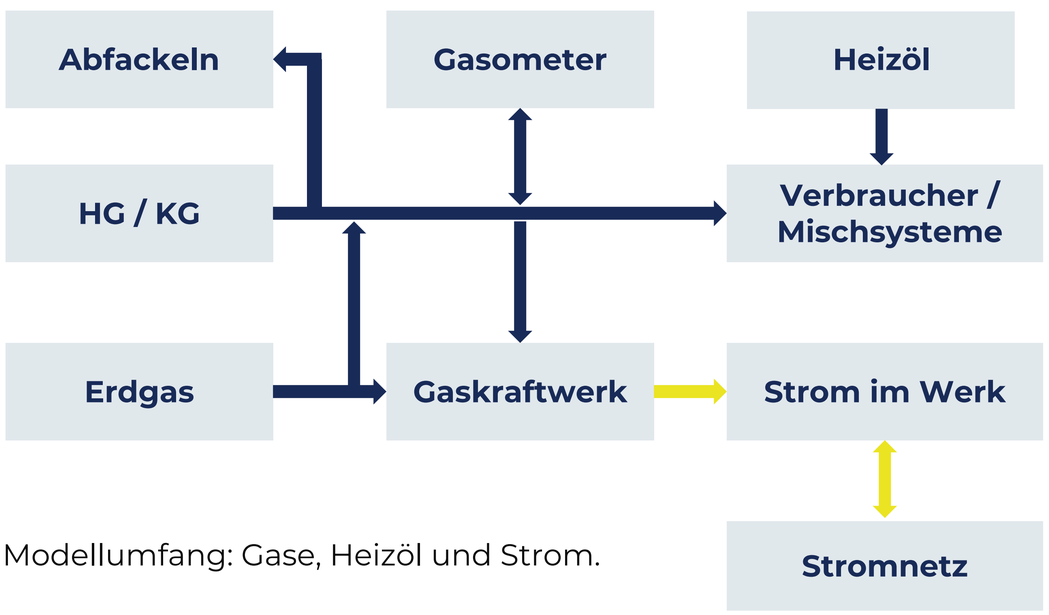
Ahmet Sahin, Georg Frey, Leon Tadayon, Mark Oliver Wilhelm, Lukas Becker
(AG der Dillinger Hüttenwerke, Lehrstuhl für Automatisierungs- und Energiesysteme (AES), Universität des Saarlandes)

In integrierten Hüttenwerken entstehen bei der Stahlproduktion energiereiche Kuppelgase, deren Erzeugung und Verbrauch zeitlich schwanken. Dadurch entsteht ein komplexes Verteilungsproblem, da nur begrenzte Speicherkapazitäten zur Verfügung stehen und mehrere Verbraucher sowie die Stromerzeugung miteinander gekoppelt sind. Im Rahmen dieser Arbeit wird deshalb ein mathematisches Optimierungs- und Entscheidungsunterstützungssystem entwickelt, das die Verteilung der relevanten Kuppelgase unter technischen und wirtschaftlichen Randbedingungen plant.

Herausforderung
Dynamische Medienverteilung

Hochofengas (HG) und Koksgas (KG) entstehen im Produktionsprozess. Begrenzte Speicher und schwankender Bedarf können Abfackeln oder den Einsatz von Erdgas und Heizöl nötig machen.

Gas- und Stromkopplung



Modellumfang: Gase, Heizöl und Strom.

Ergebnisse
Modellvergleich für 2025

Modellbasiertes Einsparpotenzial im Millionenbereich erkennbar

Für die auswertbaren Tage des Jahres 2025 unter Modell- und Bewertungsannahmen sowie idealisierter Kenntnis der zukünftigen Erzeugungs- und Bedarfsverläufe.

Ausgewählte direkte Kostenbestandteile gegenüber dem Ist-Betrieb

Erdgas- und Heizölkosten	**niedriger**
Bewertung der HG-Fackelung	**niedriger**
Stromkosten	**höher**
Bewertung der KG-Fackelung	**höher**

Abfackeln: Verbrennen überschüssiger Gase. Die Bewertung nutzt rechnerische Kohlendioxidkosten und belegt keine vermiedenen Zahlungen oder geringeren Gesamtemissionen.

Methodik
Mathematisches Optimierungsmodell

Gemischt-ganzzahliges lineares Optimierungsmodell (MILP)

Betriebsdaten	Optimierung	Oberfläche
Qualitätsprüfung	Modell: Pyomo Solver: Gurobi	Fahrplanansicht mit Dash

Das Modell plant Gas- und Strommengen sowie ausgewählte diskrete Betriebsentscheidungen in 15-Minuten-Schritten. Der Solver bestimmt zulässige Einsatzpläne unter technischen und wirtschaftlichen Randbedingungen.

Strompreise schwanken. Das Modell wägt unter technischen Grenzen zwischen eigener Stromerzeugung, Zukauf und Einspeisung ab.

Einordnung und Ausblick
Vom Potenzial zur Anwendung

Grenzen des historischen Vergleichs

Gaserzeugung und Energiebedarf jedes Tages sind vorab bekannt. Die Tage werden einzeln mit gemessenen Startvorräten berechnet. Bewertet werden nur auswertbare Tage, ohne Hochrechnung auf das Gesamtjahr.

Das Potenzial ist modellbasiert. Eine realisierte oder garantierte operative Einsparung lässt sich daraus nicht ableiten.

Nächster Schritt

Fahrpläne regelmäßig mit neuen Messwerten und Prognosen berechnen. Prognosefehler und den Einsatz im Betrieb prüfen. Das Modell an künftige Anlagen im Hüttenwerk anpassen (Power4Steel).

Gefördert aus dem Transformationsprogramm Forschung und Wissenstransfer Saar durch: