Szenarienbasierte Betriebsoptimierung eines Produktionsverbundes aus Stahl- und Chemieproduktion mit Einbindung Erneuerbarer Energien

Industrie

Mathias van Beek[[1]](#footnote-1)(1), Björn Hunstock(1), Matthias Sadlowski(1)

(1)Fraunhofer UMSICHT

Motivation und zentrale Fragestellung

Die im Pariser Klimaabkommen von 2015 beschlossene Dekarbonisierung der Weltwirtschaft [1] erfordert neben einer veränderten Energiebereitstellung auch ein Umdenken in etablierten Industrieprozessen. In Deutschland ist der Stahlsektor aufgrund der vergleichsweise hohen CO2-Emissionen besonders betroffen. Im Rahmen des Forschungsprojektes „Carbon2Chem“ wird die Produktionskopplung von Stahl- und Chemieindustrie untersucht. Das Ziel des Projektes ist die Reduktion der lokalen CO2-Emissionen durch Verwertung der Hüttengase in der chemischen Produktion. Durch eine Wasserstoffelektrolyse soll eine zusätzliche Wasserstoffbereitstellung basierend auf erneuerbaren Energien realisiert werden. Eine zentrale Fragestellung der Entwicklung dieser Kopplung ist, wie denkbare Anlagenkonzepte durch eine Vorauswahl anhand ökonomischer und ökologischer Kriterien reduziert werden und Kenntnisse über den dynamischen Betrieb des neuen Anlagenverbundes gewonnen werden können [2].

Methode

Im Rahmen der vorliegenden Fragestellung bietet mathematische Optimierung den Vorteil, dass sowohl eine Wirtschaftlichkeits- und Nachhaltigkeitsorientierung der betrachteten Konzepte über die Zielfunktion abgebildet werden kann als auch ein bezüglich dieser Zielfunktion optimaler Betriebsplan des Gesamtsystems ein Ergebnis der Optimierung darstellt. Sowohl für die Stahl- [3] als auch die Chemieproduktion [4] ist Mixed-Integer Linear Programming (MILP) bereits für ähnliche Untersuchungen etabliert, deshalb wird das Modell als MILP ausgeführt. Die Stahlproduktion dient in den betrachteten Konzepten als Schnittstelle, die Hüttengase bereitstellt und sowohl Dampf als auch Strom benötigt. Der Kraftwerksbetrieb der integrierten Stahlproduktion ist aufgrund seines hohen Einflusses auf die lokale Gasverfügbarkeit [5] ein Teil der Optimierung. Abbildung 1 stellt eine denkbare Anlagenverschaltung dar, bei der die Hüttengase zu Methanol weiterverarbeitet werden:

Topologie_Arial_mit_Legende

Abbildung : Beispielhaftes Anlagenkonzept der Kopplung von Stahl- und Chemieproduktion

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

IEWT_PlotDie Optimierungsrechnungen werden für verschiedene externe Marktszenarien und Produktionskapazitäten der dargestellten Anlagenverschaltung durchgeführt. Neben dem Zielfunktionswert liefert jede Rechnung einen Betriebsplan, wie er auszugsweise auf Abbildung 2 dargestellt ist:

Abbildung : Ausschnitt normierter Systembetriebsgrößen als Ergebnis der Optimierungsrechnung

Die Abbildung zeigt zunächst den als Marktszenario eingegebenen Strompreis für den deutschen 1h-Intraday Spotmarkt für einen Betriebszeitraum von drei Tagen. Da in diesem Szenario die Auslegung der Elektrolyseeinheit zu klein für die installierte Methanolproduktion ausfällt, kann die Anlage nur bedingt dynamisch Wasserstoff produzieren und dementsprechend nur geringe Speichervolumina ausnutzen. Die Stromproduktion des dargestellten Kraftwerksblocks schwankt entsprechend der Gasverfügbarkeit und der Zwischendampfabzapfung zur Deckung des Dampfbedarfs der Stahlproduktion. In einem Anlagenverbund, der eine größere Elektrolyseanlage enthält, zeigen sich die dynamischen Potenziale der Wasserstoffproduktion und der Methanolsynthese, jedoch kann dann die Gasreinigung die maximal mögliche Dynamik in der Synthese limitieren. Anhand dieses Beispiels wird deutlich, dass die beschränkenden Anlagenkomponenten an verschiedenen Stellen im System liegen können und deshalb eine umfassende Untersuchung der installierten Anlagengrößen notwendig ist. Außerdem ist eine Untersuchung weiterer Produktionsrouten notwendig, wodurch die Wechselwirkung von Flexibilität und Wirtschaftlichkeit der Chemieproduktion sowie mögliche Koproduktionskonzepte für chemische Produkte bewertet werden können.

Literatur

[1] United Nations: „Adoption of the Paris Agreement“, Paris, 2015

[2] Ghanbari, Hamid; Saxén, Henrik; Grossmann, Ignacio E.: „Optimal Design and Operation of a Steel Plant Integrated with a Polygeneration System“, AIChe Journal 59, 2013, S. 3659-3670

[3] Mathias van Beek: „A Review of Mathematical Programming in Integrated Iron- and Steelmaking”, Chemie Ingenieur Technik 90, 2018, S. 1568-1575

[4] Pei Liu, Dimitrios I. Gerogiorgis, Efstratios N. Pistikopoulos: “Modeling and optimization of polygeneration energy systems”, Catal. Today 127, 2007, S. 347-359

[5] Jeong Hwan Kim, Heui-Seok Yi, Chonghun Han: “Plant-wide optimal byproduct gas distribution holder level control in the iron and steel making process”, Korean Journal of Chemical Engineering 20, 2003, S. 429-435

1. Jungautor, Fraunhofer UMSICHT, Osterfelder Str. 3, 46047 Oberhausen, Tel.: +49 208 8598 1523

   E-Mail: mathias.van.beek@umsicht.fraunhofer.de [↑](#footnote-ref-1)