

Optimierung und Bewertung von Prozessketten zur chemischen CO₂-Verwertung für die Emissionsminderung in der Zementindustrie

Die Zementherstellung ist ein energieintensiver Prozess, der zu 6-7% der globalen anthropogenen CO₂-Emissionen beiträgt. Daher ist die Zementindustrie aus ökonomischen sowie ökologischen Gründen bemüht, ihre Emissionen zu senken. Um die ambitionierten Ziele der deutschen Klimaschutzpolitik zur Minderung der Treibhausgase zu erfüllen, muss die Zementindustrie ihre absoluten CO₂-Emissionen über die bestehenden Bemühungen hinaus stark reduzieren. Allgemein besteht bei diesem Ziel Einigkeit über die Notwendigkeit der Abtrennung von CO₂ und dessen Überführung in Langzeitspeicher oder Verwendung in kohlenstoffhaltigen Produkten (bekannt als CCUS) z. B. durch Power-to-X Prozesse (PtX).

Vor diesem Hintergrund untersucht das IUTA in Zusammenarbeit mit dem Verein Deutscher Zementwerke (VDZ) die Integration mehrerer PtX-Prozesskonfigurationen in Zementwerken (Abbildung 1). Diese setzen sich zusammen aus einem CO₂-Abscheidungsverfahren sowie aus einer Elektrolyse zur Wasserstoffherzeugung und einer Synthese zur Weiterverarbeitung des abgeschiedenen CO₂ zu chemischen Produkten.

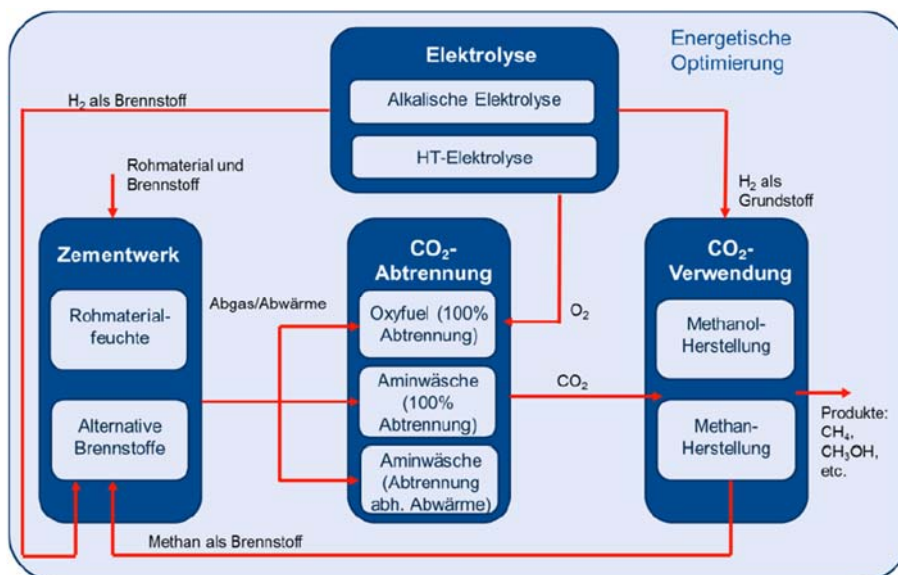


Abb. 1: Veranschaulichung der Szenarien von Prozesskonfigurationen

Die PtX-Prozesskonfigurationen wurden jeweils mittels eines Simulationswerkzeuges bilanziert. Dazu entwickelte das IUTA je ein Modell der Aminwäsche, der Methan- und Methanolsynthese sowie der Elektrolyse. Diese Verfahren wurden dann auf Basis eines referenziellen Zementwerks mit 3000 Tonnen Klinker pro Tag ausgelegt und die Anlagendimensionen bestimmt.

Anhand der simulierten Daten wurde der thermische- und elektrische Energiebedarf der PtX-Kette ermittelt. Die Bereitstellung der thermischen Energie für den Desorptionsprozess der Aminwäsche stellt einen hohen Betriebskostenfaktor dar. Zur Abscheidung von 90% des enthaltenen CO₂ im Abgas des referenziellen Zementwerks wurde durch Variation der Waschmittellrate ein spezifischer Energiebedarf von mindestens 3,73 MJ/kg_{CO₂} berechnet (Abbildung 2).

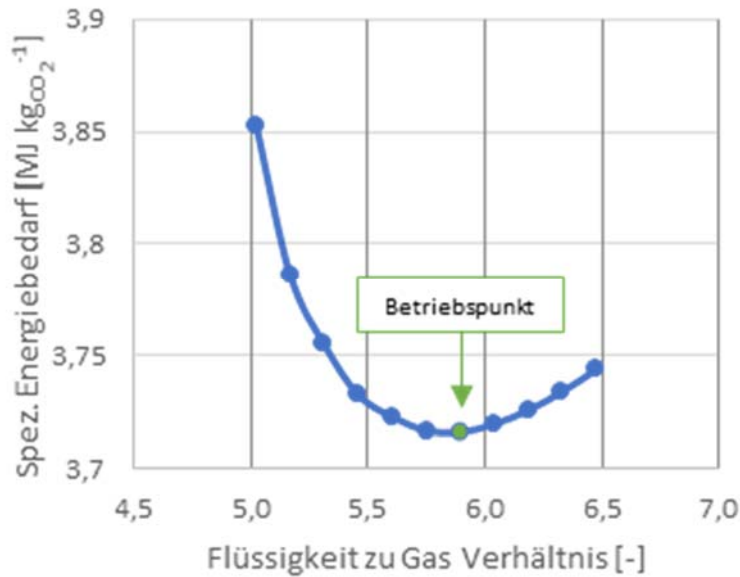


Abb. 2: Ermittlung des optimalen Betriebspunktes

Die Betrachtung der gesamten PtX-Kette nach Energieintegration im Gesamtsystem einschließlich Zementwerk ergab einen elektrischen Energiebedarf zwischen 4,8-6,9 MWh/t_{Klinker} und einen thermischen Energiebedarf zwischen 0-2 GJ/t_{Klinker}.

Eine der größten Herausforderungen bei der Integration der ausgewählten PtX Prozesse in Zementwerken liegt in der Bereitstellung bzw. der Erzeugung des notwendigen Wasserstoffs. Die hierfür benötigten Elektrolyseure weisen einerseits einen zu großen Platzbedarf auf, sodass diese i.d.R. nicht am Standort eines Zementwerks gebaut werden können und andererseits wäre der Stromverbrauch der Elektrolyse so hoch, dass dieser zum jetzigen Zeitpunkt kaum durch regenerative Energien bereitgestellt werden kann.

Förderhinweis:

Das IGF-Projekt 21582 N der Forschungsvereinigung VDZ Technology gGmbH wird über die AIF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

