

BETRIEB UND SPEICHERBEWIRTSCHAFTUNG EINER „CLOSED-LOOP“-POWER-TO-GAS ANLAGE

Thomas GRANDL¹, Benjamin BÖCKL¹, Peter PECHTL², Thomas KIENBERGER¹

Inhalt

Durch den vermehrten Einsatz erneuerbarer Energie- und vor allem Stromerzeuger steigen die Fluktuationen im Stromnetz stetig an. Dies führt zu immer häufigeren und in ihrem Ausmaß immer größeren, positiven wie negativen Lastspitzen im Netz. Um diese zu glätten und vor allem um saisonale Erzeugungs- und Verbrauchsunterschiede auszugleichen sind Energiespeicher mit enormen Kapazitäten notwendig, die, um die Nutzung der erneuerbaren Energieerzeuger nicht zu konterkarieren, keinen CO₂-Ausstoß verursachen. Aus diesem Grund wird mit Hilfe der Simulationssoftware „EBSILON Professional“ ein Konzept entwickelt, welches wie eine herkömmliche Power-to-Gas-Anlage Strom aus dem Netz nutzt, um die aufgenommene elektrische Energie in chemische Energie, im Konkreten Methan, umzuwandeln. Dieses Gas wird gespeichert und kann in einer nachgeschalteten Verstromung (Clausius-Rankine Dampfprozess) wieder in elektrische Energie umgewandelt und ins Netz eingespeist werden. Durch geeignete Verfahren soll sowohl die Dimensionierung als auch der Betrieb der Anlage optimiert werden.

Im Gegensatz zu herkömmlichen Konzepten sollen bei dem hier vorgestellten „Closed-Loop“ Prinzip die anfallenden Prozessmedien H₂, O₂, CO₂ und H₂O zusätzlich zu dem produzierten CH₄ zwischengespeichert werden, siehe Abbildung 1. Dadurch wird die Wechselwirkung der Anlage mit der Umgebung auf den Bezug und die Einspeisung elektrischer Energie vom bzw. ins Netz reduziert. Weder erfolgt ein Ausstoß von CO₂ aus der Verstromung, noch ist für dessen Oxy-Fuel-Prozess eine Luftzerlegungsanlage notwendig. Durch dieses „Closed-Loop“ Prinzip wirkt die Gesamtanlage gleich einer großen „Batterie“.

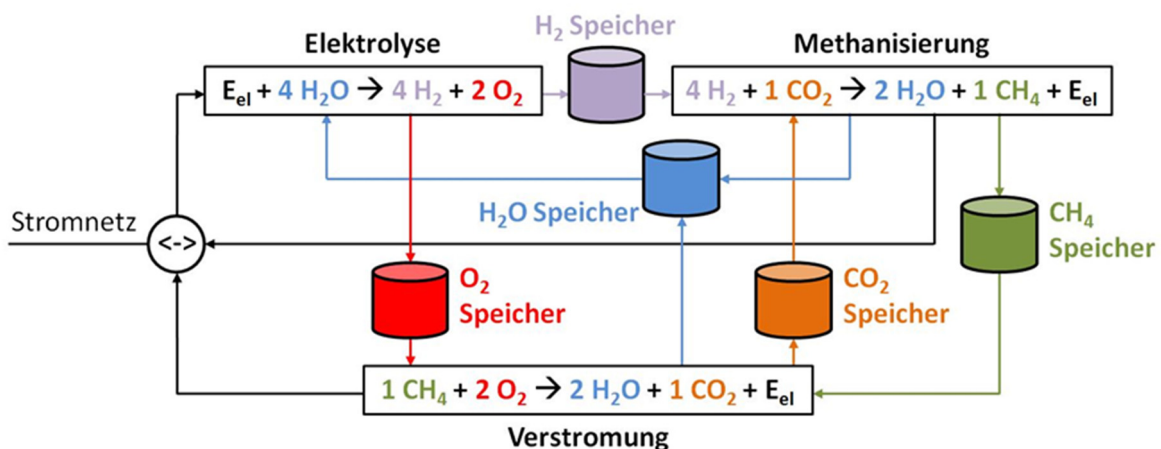


Abbildung 1: Schema der Gesamtanlage

Sinn dieses Konzepts ist die Integration der Speicherkapazitäten, die bei einer Speicherung des Stroms als Brenngas notwendig sind, in die zukünftige Anlage selbst. Würde alleine das erzeugte CH₄ gespeichert (und H₂ zwischen Elektrolyse und Methanisierung lediglich gepuffert) und alle anderen notwendigen Gase/Flüssigkeiten aus der Umwelt bezogen werden, so würde diese Umwelt die Speicher darstellen. Allerdings wäre die Rückgewinnung der Medien aus diesem „Speicher“ sehr aufwendig und kostspielig, da Luftzerlegungsanlagen notwendig wären, um O₂ und CO₂, aus der Luft zu extrahieren. Daher könnte eine solche „Closed-Loop“ Anlage mit ihren notwendigen Speicherkapazitäten trotz der aufwendigen Speicherinfrastruktur sinnvoller sein.

¹ Montanuniversität Leoben, Lehrstuhl für Energieverbundtechnik, Franz-Josef-Straße 18, 8700 Leoben, Tel.: +43 3842 402 5401, Fax: +43 3842 402 5402, evt@unileoben.ac.at, www.evt.unileoben.ac.at

² VTU Energy GmbH, Parkring 18G, 8074 Raaba-Grambach, Tel.: +43 316 4009 800, peter.pechtl@vtu.com, www.vtu-energy.com

Methodik

Die Optimierung soll zwei Aspekte betrachten:

- (1) Auslegung der Anlagenkomponenten
- (2) Betrieb der Anlage in Hinblick auf Netzanforderungen und Speichergrößen

Dazu werden folgende Schritte durchgeführt:

- (1) Entwickeln bzw. Adaptieren der Anlagenkomponenten Elektrolyse, Methanisierung und Verstromung
- (2) Zusammenführen der Komponenten zu einer Gesamtanlage, vorsehen von zusätzlichen Komponenten, die Speicher simulieren
- (3) Optimierung des Gesamtwirkungsgrades – „Round-Trip-Efficiency“
- (4) Aufbau eines Verfahrens, welches die einzelnen Komponenten in Bezug auf die Netzanforderung optimal dimensioniert
- (5) Entwicklung eines Optimierungsverfahrens, welches die Leistung der Anlage über ein Jahr in diskreten Schritten (z. B. 8.760h/a) in Bezug auf die Netzanforderung und unter Berücksichtigung der Speicherkapazitäten optimal bestimmt

Ergebnisse

Es konnte ein Modell einer vollständigen Anlage, wie sie oben beschrieben wurde, entwickelt werden. Hierbei wurden die einzelnen Komponenten auf einem hohen Detaillierungsgrad dargestellt. Dies bedeutet, dass das thermodynamische Verhalten der einzelnen Komponenten wie Reaktoren, Wärmetauscher, Turbinen, etc. berücksichtigt, sowie deren Wechselwirkung aufeinander simuliert wird.

Das Modell wurde danach energetisch optimiert. Dazu wird beispielsweise die Abwärme der Methanisierung zur Dampferzeugung in einem separaten Dampfprozess genutzt. Auf diese Weise konnten die Wirkungsgrade der einzelnen Teilbereiche optimiert und in weiterer Folge der Wirkungsgrad der Gesamtanlage maximiert werden. Im optimalen Betriebsbereichen beträgt die Round-Trip-Efficiency des Konzepts etwa 20 %.

Ausblick

Für die Auslegung der Verstromung sowie die Optimierung des Betriebs der Gesamtanlage wird ein quadratisches Optimierungsverfahren, welches in diversen Softwarepaketen wie MATLAB, Octave oder Python implementiert ist, ausgewählt.

Die Auslegung der Verstromung, deren Effizienz stark von den Teillastbereichen abhängt, wird dabei so gewählt um eine möglichst hohe Zahl an Volllaststunden zu gewährleisten, auch wenn dabei einzelne Lastspitzen nicht abgedeckt werden können.

Im Zuge der Betriebsoptimierung wird die Sollleistung der Anlage, in Bezug auf die Netzvorgabe in den diskretisierten Zeitschritten, bestimmt. „Optimal“ bedeutet in diesem Sinn, dass die Eingangs- und Ausgangsleistung der Anlage in größtmöglichem Maße der Netzvorgabe entspricht. Einschränkungen wie z.B. die verfügbare Speichergröße, die Maximalleistung, „ramp rates“ usw. können hierbei als Randbedingungen berücksichtigt werden.