

# MATLAB Simscape Modell für eine Alu-WKK-Anlage

## Projekt REVEAL

Student



Jan Ritter

**Einleitung:** Im Projekt REVEAL wird eine Lösung zur Energiespeicherung mittels Aluminium untersucht. Die Speicherung mit Aluminium ermöglicht es, erneuerbare Energien zu speichern, auf längere Zeit umweltfreundlich zu lagern und über lange Strecken zu transportieren. In den kälteren Monaten wird durch die Oxidation des Aluminiums Wärme und Wasserstoff erzeugt. In der oberen Abbildung ist der angestrebte Energiespeicherzyklus ersichtlich. Es ist zu erkennen, dass der Rohstoff Aluminium im Kreislauf geführt wird und kein Materialverlust mit den Ladzyklen stattfindet.

Im Rahmen des Projekts REVEAL wird am SPF eine Aluminium Wärme-Kraft-Kopplungsanlage entwickelt, gebaut und getestet. Das Projekt wird gefördert durch die EU (Horizon Europe) und das SBF (Schweiz). Die Berechnungen für die Entwicklung und die Dimensionierung der Anlage werden derzeit in Excel durchgeführt. Iterative oder nicht stationäre Berechnungen können in Excel nur mit grossem Aufwand implementiert werden. Für solche Berechnungen sind andere Tools notwendig.

Diese Studienarbeit befasst sich mit der Erstellung eines MATALAB Simscape Modells der Anlage. Dieses Modell soll zukünftig die Entwicklungen, die Dimensionierungen und die Berechnungen unterstützen.

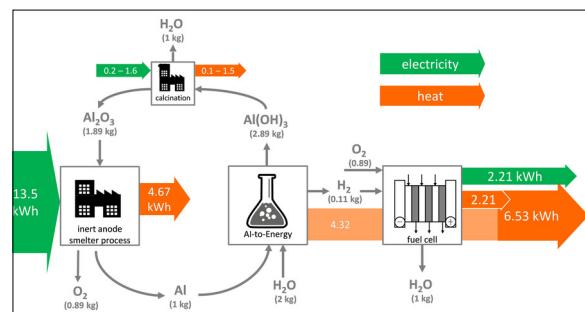
**Ergebnis:** Die Anlage wurde in einzelne Unterbaugruppen unterteilt (siehe mittlere Abbildung). Alle erstellten Unterbaugruppen bilden zusammen das gekoppelte Modell der Anlage. Im gekoppelten Modell ist es möglich, den Input an Aluminium, die Reaktionstemperatur und die Molarität der Natronlauge anzupassen. Diese Parameter beeinflussen die Reaktionsrate. Das gekoppelte Modell simuliert die entstehende Reaktionswärme (Reaktionssystem & Brennstoffzelle), die elektrische Leistung der Brennstoffzelle und den Druck im Zwischenspeicher (siehe untere Abbildung). Die Unterbaugruppen unterliegen derzeit einigen Vereinfachungen und berücksichtigen nicht alle Reaktionsparameter. Im erstellten Modell gibt es keine Modellierung des Reaktionsbehälters, des Kristallisierungsbehälters und des Sedimentationsbehälters. Die Konzentration an Aluminium-Ionen in der Lösung ändert sich in den drei genannten Behältern. In Simscape sind jedoch keine Modelle möglich, welche die chemische Zusammensetzung eines Fluids ändern.

Die Ergebnisse wurden verifiziert, die Umsetzung in Simscape entspricht den Erwartungen. Die Ergebnisse erscheinen plausibel und wurden mit den vorhandenen Messungen validiert. Messungen zur gesamten Anlage liegen noch nicht vor.

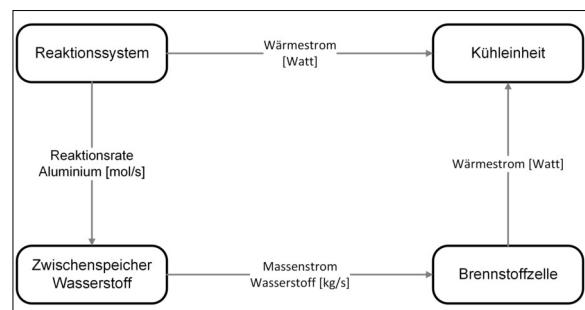
**Fazit:** Das entwickelte Modell bildet eine Grundlage für Abschätzungen. Es berücksichtigt nicht alle Parameter, welche die Reaktionskinetik beeinflussen. Um die Realität detaillierter abzubilden, ist eine Weiterentwicklung des Modells erforderlich. In

Simscape sind keine Modelle möglich, welche die chemische Zusammensetzung eines Fluids ändern. Deswegen ist eine Weiterentwicklung in einem anderen Simulationstool oder einer Programmierumgebung notwendig.

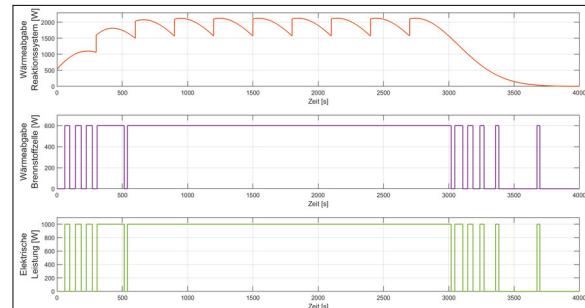
Energie- und Stoffkreislauf Energiespeicherzyklus mit Aluminium, beispielhaft für 1 kg Al  
SPF; <https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2019.100017>



Einteilung der Alu-WKK-Anlage in Unterbaugruppen  
Eigene Darstellung



Simulationsergebnisse  
Eigene Darstellung



Referent  
Dr. Michel Haller

Korreferent  
Jan Hüppi

Themengebiet  
Anlagenbau und  
Projektmanagement,  
Energietechnik  
allgemein