

DYNAMISCHE SIMULATION VON GAS- UND DAMPTURBINENKRAFTWERKEN MIT KRAFT-WÄRME-KOPPLUNG

Jens Hinrich PRAUSE¹, Moritz HÜBEL², Egon HASSEL²

Inhalt

Durch den Ausbau an erneuerbaren Energien steigt der Anteil an nichtregelbaren Anlagen zur elektrischen Energieerzeugung im Kraftwerkspark. Häufigere, in ihrer Zeitspanne längere sowie in ihrer Amplitude größere Eingriffe zur Netzfrequenzerhaltung sind die Folge [Meinke, S.; Ziems, C.; Nocke, J.; Weber, H.; Hassel, E.: *Kraftwerksbetrieb bei Einspeisung von Windparks und Photovoltaikanlagen, Abschlussbericht VGB 333, 2012*]. Der höchste Anteil dieser Regelleistung wird von thermischen Kraftwerken erbracht. Diese müssen, abweichend von den geltenden Rahmenbedingungen während der Planung und Inbetriebnahme des jeweiligen Kraftwerks, ihre Fahrweise an die heute geltenden Marktstrukturen in einem stetigen Prozess anpassen.

Um an dem für Gas- und Dampfturbinenanlagen wirtschaftlich wichtigen Regelleistungsmarkt teilzunehmen, müssen die Kraftwerksbetreiber hinsichtlich der Flexibilität Optimierungsstrategien entwickeln und testen, solche Ansätze können zum Beispiel sein:

- Absenkung der Mindestlast unter Berücksichtigung strenger werdender Emissionswerte
- Steigerung der Laständerungsgeschwindigkeit unter Berücksichtigung des Lebensdauerverbrauches
- Erweiterung von Regelreserven unter Berücksichtigung einer Sicherheitsreserve

Besondere Fragestellungen ergeben sich für Kraftwerke mit Kraft- Wärmekopplung. Neben dem Grundsatz der Flexibilität existieren weitere Restriktionen aus der wärmegeführten Fahrweise. Während die Erbringung der Regelleistung hochfrequenten Schwankungen unterliegt, folgt die Wärmebereitstellung dem Tagesgang. Um beiden Prozessen gerecht zu werden, stehen Kraftwerksbetreiber, welche in diesem Spannungsfeld operieren, häufig vor Investitionsentscheidungen, durch die die Strom- und Wärmeproduktion zumindest teilweise voneinander entkoppelt werden. Auswirkungen einer plötzlichen Änderung des Generatorleistungssollwertes auf das Fernwärmenetz werden dadurch gemindert. Klassische Fälle solcher Investitionsüberlegungen betreffen thermische Speicher, die möglichst sinnvoll in die vorhandene Kraftwerksanlage implementiert werden sollten. Die Variante eines druckbehafteten Speichers, welcher direkt in das Fernwärmenetz integriert ist und die eines drucklosen Speichers, welcher über einen zusätzlichen Wärmeübertrager in die Kraftwerksanlage eingegliedert ist, sind in Abbildung 1 dargestellt.

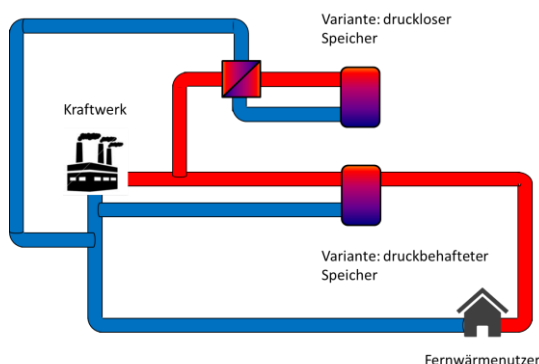


Abbildung 1: Kraftwerk und Fernwärmenetz als eine Einheit.

¹ FVTR GmbH, Joachim-Jungius-Straße 9, 18057 Rostock, Tel.: +49 381 4059-665, Fax: +49 381 4059-657, jens.prause@fvtr.de, www.fvtr.de

² Universität Rostock, 18057 Rostock, {Joachim-Jungius-Straße 9, Tel.: +49 381 4059-661, Fax: +49 381 4059-657, moritz.hübel@uni-rostock.de}, {Albert-Einstein-Straße 2, Tel.: +49 381 498-9401, Fax: +49 381 498-9402, egon.hassel@uni-rostock.de}

Methodik

Als eine Methode zur thermodynamischen Erprobung verschiedenster Varianten kann die Simulationssoftware Dymola unterstützend herangezogen werden. Sie basiert auf der quelloffenen Programmiersprache Modelica. Dymola löst während jeden Simulationsschrittes die Massen- und Energiebilanz durch die Lösung der jeweiligen Differenzialgleichungen. Es ist daher möglich dynamische Prozesse abzubilden. Das innerhalb eines Jahres entwickelte dynamische Modell eines GuD-Kraftwerks mit Kraft-Wärmekopplung besteht aus ca. 100 Objekten (z. B. Gasturbine, Speise-wasserbehälter, Wärmeübertrager), ca. 1000 Parametern (z. B. Geometrien, Druckverluste, Wärmeübergangskoeffizienten) und ca. 2000 Variablen (z. B. Temperaturen, Drücke, Leistungen) pro Block. Es ergibt sich ein aussagekräftiges Tool, mit dessen Hilfe sich Potentiale verschiedenster Varianten der Flexibilitäts- und Wirkungsgradsteigerung, Auswirkungen anstehender Retrofits und Effekte auf die Lebensdauer der Bauteile berechnen lassen.

Ergebnisse

Durch die Simulation lassen sich beliebig viele Varianten thermodynamisch fundiert miteinander vergleichen. Betriebswirtschaftlich müssen Großinvestitionen, wie zum Beispiel der Bau eines thermischen Speichers, mit weniger investitionsstarken Veränderungen konkurrieren. Die Entscheidung zugunsten einer teuren Variante kann ihre Gründe in der Betrachtung der thermodynamischen Simulationsergebnisse haben. So kann es zum Beispiel sein, dass durch die Implementierung einer teureren Variante der Brennstoffausnutzungsgrad der Anlage steigt, oder zumindest nicht reduziert wird. Bei der Beurteilung von baulichen Veränderungen, sind Auswirkungen auf Abschaltparameter im dynamischen Betrieb besonders wichtig. Zu keinem Zeitpunkt dürfen sie ihre Grenzen überschreiten, weil ein Abschalten der Anlage während der Erbringung von Regelleistung zu teilweise gravierenden Strafzahlungen führt.