

FLEXIBILITÄTSPOTENTIAL VON INDUSTRIELLEN KWK-GuD-ANLAGEN IN DEUTSCHLAND

Steffen KAHLERT¹, Hartmut SPLIETHOFF¹

Inhalt

Der Ausbau der erneuerbaren Energien steigert den Bedarf an flexibler Stromerzeugung in Europa. In Deutschland schaltet im Jahr 2022 das letzte Atomkraftwerk ab. Eine Reihe von Kraftwerken in Deutschland ist bereits für die Stilllegung angemeldet. Am Ende einer erfolgreichen Energiewende muss die konventionelle Stromerzeugung zu großen Teilen substituiert werden. Der verbliebene Kraftwerkspark muss dann flexibel eingesetzt werden. In Zeiten hoher Erzeugung aus den erneuerbaren Energien sind heute schon nur noch sogenannte „Must-Run“-Kraftwerke am Netz. Das sind Kraftwerke, die sich aufgrund langer Anfahrtszeiten nicht ausschalten lassen und KWK-Kraftwerke, deren Wärme die Fernwärmenetze von Städten oder Industrieunternehmen versorgt.

Vor allem die Industriekraftwerke sind in ihrem Betrieb stark eingeschränkt, weil die Versorgung mit Prozesswärme ständig sichergestellt werden muss. In Abb. 1 ist der deutsche Gas- und Dampfkraftwerkspark zusammengefasst (inkl. Gasmotor-kraftwerken >10 MW). Industrielle Gaskraftwerke verfügen insgesamt über eine elektrische Kapazität von 4,2 GW und i. d. R. eine sehr hohe Auslastung. Es handelt sich größtenteils um kleine, bis mittelgroße GuD-Kraftwerke mit Dampfauskopplung. Diese Anlagen werden üblicherweise wärmegeführt gefahren. Zum einen honoriert der aktuelle Markt die stromgeführte Fahrweise nicht ausreichend und zum anderen befürchten Betreiber industrieller Kraftwerke mit einer dynamischen Betriebsweise, die Prozessdampfversorgung zu unterbrechen und somit die nachgeschaltete Produktion zu gefährden. In Zusammenarbeit des Lehrstuhls für Energiesysteme mit E.ON Energy Projects wird das Flexibilitätspotential von industriellen KWK-GuD-Anlagen untersucht werden. Dabei wird untersucht, welche Lastwechsel und Lastwechsel-geschwindigkeiten bei zuverlässiger Prozessdampfversorgung realisiert werden können. Die erhöhte Lastflexibilität der Industriekraftwerke kann in Zukunft die Netzbetreiber mit zusätzlicher, regelbarer Kapazität ausstatten, die benötigt wird um die Netzfrequenz zu stabilisieren. Der Kraftwerksbetreiber verbessert gleichzeitig das Vermarktungspotential des Kraftwerks durch kurzfristigen Intraday-Handel und Regelleistungsbereitstellung.

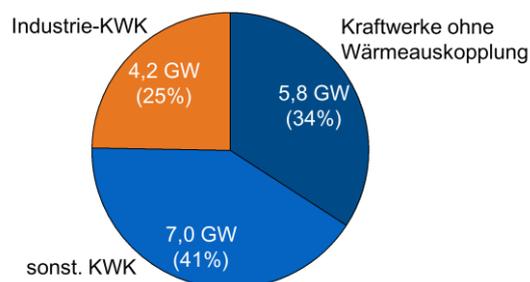


Abbildung 1: Elektrische Leistung GuD-Kraftwerke und Gasmotoren in Deutschland 2015 [1,2].

Methodik

In Zusammenarbeit mit E.ON wurde die Lastdynamik einer KWK-GuD-Anlage mit einer elektrischen Leistung von 120 MW untersucht. Das Kraftwerk verfügt über eine 76 MW-Industriegasturbine und der nachgeschaltete Abhitzedampferzeuger ist mit einer Zusatzfeuerung ausgestattet. Der Dampf wird mit einer Entnahmekondensationsturbine entspannt, sodass der Prozessdampf bei konstantem Druck bereitgestellt werden kann. Auf Grundlage von Messdaten, und technischen Zeichnungen wird ein dynamisches Kraftwerksmodell mit der Software „Apros“ erstellt. Auch alle für Blockregelung relevanten Regelkreise werden realitätsgetreu modelliert.

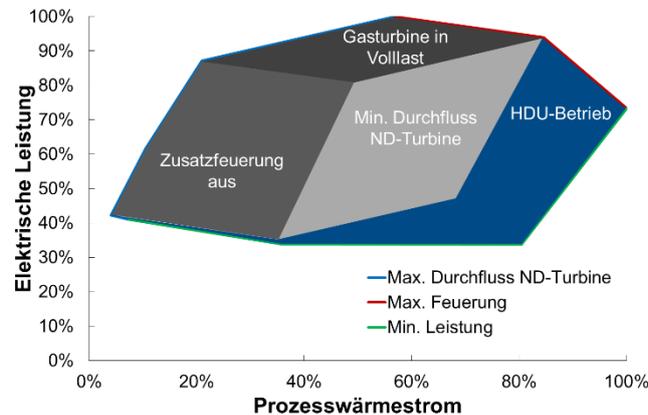
¹ Technische Universität München, Lehrstuhl für Energiesysteme, Boltzmannstraße 15, 85748 Garching, Tel.: +49 89 289 16272, Fax: +49 89 289 16271, www.es.mw.tum.de, {steffen.kahlert|spliethoff}@tum.de

Anschließend werden unter der Berücksichtigung der technischen Betriebsgrenzen Parameterstudien durchgeführt. Exemplarisch für die Lastdynamik der Anlage wird die Sekundärregelleistung untersucht, die einer Laständerung in 5 min entspricht. So kann gezeigt werden, welche Lastwechsel mit dem GuD-Kraftwerk möglich sind und welcher Anlagenteil limitierend für die Lastdynamik ist.

Ergebnisse

Möglicher Lastbereich

Der Betriebsbereich wird durch die Mindestlast der Gasturbine begrenzt. Die Zusatzfeuerung erweitert den Lastbereich hin zu hohen thermischen Leistungen. Vor allem ein variables Verhältnis von



Stromerzeugung zu Wärmeauskopplung ist eine Anforderung an heutige KWK-Anlagen. Die Entnahmekondensationsturbine ermöglicht unterschiedliche elektrische Leistungen bei der gleichen Wärmelast. In Kombination mit dem Betriebsgrenzen der Gasturbine ergibt sich der in Abb. 2 dargestellte Lastbereich. Die Nutzung der Hochdruckumleitung (HDU) der Dampfturbine ermöglicht eine weitere Absenkung der elektrischen Leistung bei hohen Prozessdampfmassenströmen.

Abbildung 2: Lastbereich der untersuchten KWK-GuD-Anlage

Lastdynamik der KWK-Anlage

Die Gasturbine zeigt eine sehr gute Regelbarkeit der Leistung. Der nachgeschaltete Wasserdampfkreislauf gibt eine Änderung des Wärmeeintrags nur stark verzögert weiter. Die Zusatzfeuerung lässt es zu, durch ein Übersteuern der Feuerungswärmeleistung die Trägheit des Dampferzeugers weitestgehend zu kompensieren. Dazu muss aber der Maximalwert und der maximale Gradient der Feuerungswärmeleistung beachtet werden. Für die Bereitstellung von Regelenergie kann ein großer Teil des Lastbereichs genutzt werden. Allerdings muss die Fahrweise des Blocks im wärmegeführten Betrieb eine ausreichende Laständerung zulassen. Bei der Lastdynamik ist vor allem die Leittechnik des Kraftwerks von zentraler Bedeutung, weil eine gute Regelbarkeit der Blockleistung und der wichtigsten Prozessparameter garantiert werden muss. Vor allem die Prozessdampfversorgung muss auch im dynamischen Betrieb gesichert sein. Hierbei ist die Regelung der Entnahmekondensationsturbine und speziell das Zusammenspiel des Entnahmeventils mit dem Turbineneintrits- und dem Hochdruckumleitventil entscheidend.

Potential und Grenzen der Flexibilisierung

Die dynamischen Simulationen zeigen, dass kostengünstige leittechnische Maßnahmen eine Flexibilisierung von Industriekraftwerken zulassen. Vor allem KWK-GuD-Anlagen mit Entnahmekondensationsturbine können einen hohen Anteil ihrer Stromerzeugung kurzfristig an die Anforderungen des Netzes anpassen ohne eine Unterbrechung der Prozessdampfversorgung. GuD-Industriekraftwerke können daher sowohl kurzfristig über Regelleistung die Netzfrequenz stabilisieren als auch über längere Zeiträume ihre elektrische Erzeugung anheben. Neben der technischen Machbarkeit spielt die wirtschaftliche Betrachtung der stromgeführten Betriebsweise eine zentrale Rolle. Dabei zeigt sich, dass der aktuelle Strommarkt kaum Anreize für eine systemdienliche Fahrweise bietet. Eine Anpassung des Strommarkts wäre notwendig, um das Flexibilitätspotential von industriellen KWK-Anlagen vollständig zu nutzen.

Referenzen

- [1] Bundesnetzagentur, 2015, „Kraftwerksliste der Bundesnetzagentur“, Stand 10/2015
- [2] Umweltbundesamt (D), 2015, „Datenbank Kraftwerke in Deutschland“, Stand 09/2015