

## **Innovative Gasturbinen-Prozesse zur Steigerung von Wirkungsgrad und Wirtschaftlichkeit**

Dipl.-Ing. Sabine Ausmeier

Im Rahmen dieser Arbeit werden eine Reihe von innovativen Gasturbinen-Prozessen energetisch und technologisch untersucht und soweit möglich auch wirtschaftlich mit einer Referenzanlage verglichen. Die Berechnungen werden zum einen als Gasturbinen-Kraftwerk und zum anderen als GuD-Kraftwerk durchgeführt.

Das Ergebnis ist, dass - bei Beibehaltung einiger wichtiger Prozessparameter, wie der Turbinenein- und -austrittstemperatur der Gasturbine als auch der Schaufelwandtemperaturen sowie des zugeführten Energiestromes in die Brennkammer - bei allen innovativen Gasturbinen-Prozessen das erforderliche Druckverhältnis steigt, ebenso die Leistung und, als eigentliche Verbesserung, der Wirkungsgrad.

Im ersten Teil wird die Fremdkühlung der Turbinenbeschaufelung untersucht mit dem Ziel, Verdichter-Kühlluft und damit Verdichterleistung zu sparen und demzufolge den Gesamtwirkungsgrad der Anlage zu erhöhen. Motivation der Fremdkühlung ist, die größere spezifische Wärmekapazität von Dampf oder Wasser zu Kühlzwecken in der Gasturbine einzusetzen. Eine noch effektivere Kühlart ist, die große Verdampfungsenthalpie von Wasser zur Kühlung der Turbinenschaufeln zu nutzen, doch bedarf die Zufuhr von Wasser konstruktiver Veränderungen der Beschaufelungen, um die Temperaturspannungen in der Schaufelwand zu beherrschen. Wie erwartet, nimmt der Wirkungsgrad bei der Verdampfungskühlung den höchsten Wert an vor der Wasserkühlung und der Dampfkühlung, hingegen steigt die elektrische Leistung nur mäßig. Bei Kombianlagen ergibt sich ein weniger einheitliches Bild. Hier ist die offene Dampfkühlung der Gasturbinenschaufeln, mit oder ohne Dampfzugabe in der Brennkammer, ineffektiver als die Einspeisung des Kühldampfes in den über einen Abhitzedampferzeuger nachgeschalteten Dampfturbinen-Kreislauf. Ihr größtes Potenzial hat die Fremdkühlung bei Kühlung der Leit- und Laufräder.

Eine weitere Maßnahme zur Prozessverbesserung ist die zusätzliche Energiezufuhr durch Zwischenverbrennung in einzelnen Stufen der Turbine. Dabei wird nach den ersten Stufen erneut Brennstoff zugeführt und folglich die Temperatur in der Turbine wieder angehoben. Die gestufte Zwischenverbrennung nach der ersten und möglicherweise zusätzlich nach der zweiten Stufe erhöht insbesondere die abgegebene Turbinenleistung, den Wirkungsgrad aber nur wenig.

Jeder innovative Gasturbinen-Prozess wird hinsichtlich seiner Realisierbarkeit und seiner optimalen Einbindung in einen GuD-Prozess untersucht. Restriktionen, die sich aus den Konzepten ergeben, werden dargelegt und Lösungsmöglichkeiten für die technische Umsetzung in der Komponente und dem Prozess aufgezeigt.

Der wirtschaftliche Vergleich ist eigentlich der wichtigere, entscheidet er doch in der Regel über die technische Verwirklichung. Wie immer ist er mit den größten Unsicherheiten behaftet, dennoch ergeben sich klare Tendenzen und Aussagen.

Für alle untersuchten Varianten der geschlossenen Fremdkühlung wie auch der Zwischenverbrennung in der Turbine ergeben sich Absenkungen in den spezifischen Stromgestehungskosten bei verschiedenen Brennstoffpreisen (niedrig, mittel, hoch) für alle Betriebsarten (Spitzenlast, Mittellast, Grundlast).

Obwohl bei den Gasturbinenanlagen die Zwischenverbrennung die niedrigsten spezifischen Investitionskosten verursacht, bewirken die hohen Anlagenwirkungsgrade der fremdgekühlten Gasturbinen niedrigere spezifische Stromgestehungskosten. Für die GuD-Anlagen ergeben sich unter Berücksichtigung einer gewissen Unschärfe vergleichbar niedrige spezifische Stromgestehungskosten bei der Zwischenverbrennung und der Verdampfungskühlung. Tendenziell sinken die spezifischen Stromgestehungskosten bei der Zwischenverbrennung hin zu niedrigeren Jahreseinsatzzeiten. Hingegen rechnet sich die offene Dampfkühlung in der Gasturbine erst für mittlere Brennstoffpreise bei Mittel- oder Grundlast, in GuD-Anlagen ist sie unwirtschaftlich.