

# Fachbeitrag

28.03.2013

## Hochtemperaturventile in modernen Hochleistungskraftwerken

In Zeiten verschärfter, umweltrechtlicher Anforderungen und Verknappung der Rohstoffe ist es wichtiger denn je, effektiv und umweltschonend mit den vorhandenen Ressourcen umzugehen, insbesondere bei der Energieerzeugung.

Durch die technologische Weiterentwicklung der Kraftwerke ist es Spezialisten gelungen den Wirkungsgrad einer Anlage von ca. 30% auf 45 bis 50% anzuheben. Was in etwa eine Halbierung des CO<sub>2</sub>-Ausstosses bei gleicher produzierter Strommenge bedeutet. Erreicht wurde diese beachtliche Wirkungsgradsteigerung im Wesentlichen durch den Betrieb des Kraftwerkes bei höheren Drücken und Temperaturen.

Diese Anhebung der Dampfparameter auf Temperaturen bis zu 750°C und Drücken bis zu 500bar erfordert zugleich eine beanspruchungsgerechte Qualifizierung und Optimierung von geeigneten Werkstoffen und Kraftwerkskomponenten und somit auch der Absperrventile, welche dieser außergewöhnlichen Belastung über eine Laufzeit von ca. 40-50 Jahre standhalten müssen.

### Besondere Anforderungen an die Absperrventile

Für einen sicheren Betrieb der Ventile ist es im ersten Schritt notwendig, die richtige Werkstoffauswahl zu treffen. In der Regel kommen für Temperaturen bis 630°C Stähle mit 9 bis 12% Chromanteil zum Einsatz (Beispiel Werkstoff 1.4901 bzw. ASTM A182 Grade F92). Für Temperaturen über 700°C werden nur noch Nickelbasislegierungen, wie 2.4663 (Alloy 617) eingesetzt. Diese Legierungen sind sehr teuer und deren schwierige Bearbeitung bedarf eines sehr großen Fertigungs-Know-hows.

Um ein höchstes Maß an Sicherheit der Kraftwerkskomponenten zu gewährleisten, werden die Werkstoffanforderungen der EN- und VdTÜV-Normen zusätzlich durch spezifische Kraftwerksspezifikationen erhöht.

Beim Anfahren und Herunterfahren eines Kraftwerkes werden die Rohrleitungskomponenten sowie die Armaturen sehr großen Temperaturdifferenzen ausgesetzt. Diese Temperaturdifferenzen beanspruchen die Werkstoffe und können aufgrund unterschiedlicher Wärmeausdehnungen der einzelnen Armaturenbauteile zu unerwünschte Spannungen führen. Eine weitere Gefahr besteht darin, dass sich die Ventilspindel in der Aufwärmphase weniger stark ausdehnen kann, als das Ventilgehäuse, was zur Folge hätte, dass der Ventilkegel vom Ventilsitz etwas abhebt und es zu einer inneren Leckage kommt. Folglich muss bei der Werkstoffauswahl der Armaturenbauteile unbedingt darauf geachtet werden, dass die verwendeten Werkstoffe gleiche Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweisen. Um das Abheben des Ventilkegels bei Temperaturänderung auszuschließen, empfiehlt es sich, die Schließkraft des Ventilkegels über ein Federpaket einzuleiten, welches die Wärmedehnungsdifferenzen ausgleicht.

Doch nicht nur die metallischen Werkstoffe einer Armatur müssen den extrem hohen Drücken und Temperaturen standhalten, sondern auch die Dichtungselemente, insbesondere die Packung, welche den Spindelschaft dynamisch zur Atmosphäre hin abdichtet. In der Regel kommen hier Packungen aus Graphit zum Einsatz. Graphit beginnt jedoch unter Vorhandensein von Luftsauerstoff ab 550°C zu oxidieren, weshalb es ratsam ist, die Spindelabdichtung in einen Bereich zu verlagern, an dem die Temperaturen deutlich geringer sind und somit gar keine Oxidationsgefahr mehr besteht. Dies kann durch eine Verlängerung der Spindelführung mit zusätzlichen Kühlrippen geschehen.

Nicht zuletzt müssen die Schweißverbindungen genau betrachtet werden. Gerade die hochwarmfesten Werkstoffe wie 1.4901 sind beim Schweißen gegen Heißrissbildung sehr empfindlich. Auch wenn die Armatur selbst keine Schweißnaht aufweist, muss beachtet werden, dass beim Einschweißen der Armatur in die Rohrleitung, diese Schweißnaht einer Wärmenachbehandlung unterzogen werden muss, welche über die Dauer von mindestens einer halben Stunde (je nach Nahtgröße) bei ca. 750°C stattfindet.

Besonders hohe Anforderungen an die Schweißnaht gelten bei sogenannten Schwarz-Weiß-Verbindungen, welche häufig beim Übergang von der Prozessrohrleitung zur Instrumentierrohrleitung auftreten. Damit die schwer herzustellende Schweißverbindung nicht auf der Baustelle erfolgen muss, wird diese spezielle Verbindung bei Erstabsperrenten für die Messleitung bereits an der Armatur vorgenommen, indem beispielsweise ein kurzes Rohrstück im Werkstoff 1.4952 an das Ventilgehäuse aus 1.4901 angeschweißt wird. Die Herstellung solcher Schweißnähte erfordert umfassendes Know-how beim Schweißen sowie bei der Wärmenachbehandlung und muss durch eine Schweißverfahrensprüfung nachgewiesen werden.

### **Forschungs- und Entwicklungsprojekte**

Um innovative hochfeste Kessel- und Rohrleitungswerkstoffe unter extremen Beanspruchungen zu beobachten und zu testen wurden bereits vor einigen Jahren Forschungs- und Entwicklungsprojekte ins Leben gerufen.

Aus den gewonnenen Erkenntnissen sollen Bauteile, wie Sicherheits-, Regel- und Absperrarmaturen, Dichtungen oder Beschichtungssysteme entwickelt werden, die auch bei Temperaturen von über 700°C zuverlässig und wirtschaftlich eingesetzt werden können.

Eines dieser Projekte ist COMTES700 (Akronym für "Component Test Facility for a 700°C Power Plant"). Das Projekt wurde im Juli 2004 begonnen und durch die enge Zusammenarbeit zwischen europäischen Kraftwerksbetreibern und Kraftwerksherstellern ermöglicht. Nach erfolgreicher Herstellung und Einbau der Komponenten in das Kraftwerk Scholven, Gelsenkirchen/Deutschland, der E.ON Kraftwerke GmbH, wurde diese Testanlage vom Juli 2005 bis Dezember 2011 betrieben.



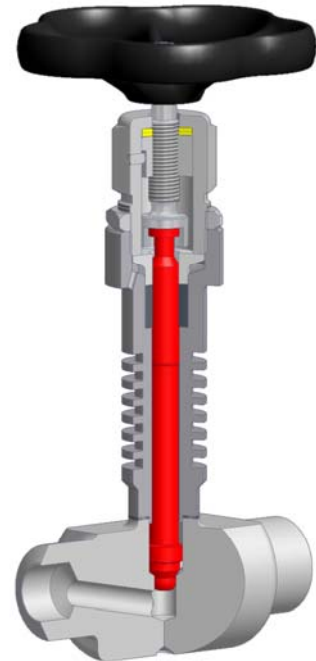
**Bild 1:** AS-Schneider Doppel-Absperrventil eingebaut in Versuchsanlage COMTES700 für einen Langzeit-Designtest bei 700°C (Isolierung entfernt)

## **AS-Schneider A4-Serie - Entwicklung für das Forschungsprojekt COMTES700**

Bereits im Juni 2004 erhielt AS-Schneider den Auftrag von der ALSTOM Power Boiler GmbH ein Absperrventil zu entwickeln, welches in der Versuchsanlage COMTES700 zum Einsatz kommen soll und Temperaturen bis 750°C bei 400bar standhalten kann.

Die hohen Anforderungen an das Ventildesign sowie die sehr schwierige mechanische Bearbeitbarkeit des Werkstoffes Alloy 617 stellten unser Entwicklungsteam vor eine besondere Herausforderung.

Auch die Materialbeschaffung gestaltete sich kompliziert. Für das Forschungsprojekt gab es spezielle Materialspezifikationen (Alloy 617mod), wodurch das Material nicht mehr auf dem üblichen Weg beschafft werden konnte. Jeder Komponentenhersteller musste seinen Materialbedarf vorab bei der ausführenden Stahlschmiede anmelden. Für die spätere Herstellung nicht geplanter Bauteile, mussten sich die einzelnen Komponentenlieferanten gegenseitig mit übrig gebliebenem Material aushelfen.



**Bild 2:** AS-Schneider A4-Serie

Basierend auf der VGB-Richtlinie R 107 L "Bestellung und Ausführung von Armaturen in Wärmekraftwerken" wurde das Pflichtenheft für die AS-Schneider A4-Serie erstellt.

### **Wesentliche Punkte waren:**

- Alle verwendeten Werkstoffe müssen für die hohen Temperaturen geeignet sein und müssen gleiche Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweisen, um bei Temperaturwechsel, von Raumtemperatur bis 750°C, Materialspannungen und Undichtigkeiten am Ventilsitz auszuschließen.
- Das Ventiloberteil soll am Ventilgehäuse fest verschweißt sein um eine mögliche Undichtigkeit überhaupt nicht entstehen zu lassen.
- Das Ventil soll über eine metallische Rückdichtung verfügen, welche bei voll geöffnetem Ventil die Packung (Spindelabdichtung zur Atmosphäre) vollkommen entlastet.
- Die Packung und das Spindelgewinde müssen einen ausreichenden Abstand vom Ventilgehäuse haben, damit die Temperatur an diesen Bauteilen deutlich geringer und somit ein sicherer Betrieb auch bei 750°C gewährleistet ist.
- Die Schließkraft des Ventilkegels muss über ein Federpaket eingeleitet werden, welches Wärmedehnungsdifferenzen einzelner Bauteile ausgleichen kann, um das Abheben des Ventilkegels bei Temperaturänderung auszuschließen.
- Oberhalb der Packung muss eine Entlüftungsbohrung vorhanden sein, über welche bei undichter Packung der heiße Dampf weg vom Handrad geleitet wird.

*(Hinweis: 750°C heißer Dampf ist direkt an der Leckagestelle unsichtbar. Erst in einiger Entfernung ist dieser soweit abgekühlt, dass er in der Luft kondensiert und als solcher sichtbar wird.)*

### **Auf das AS-Schneider Entwicklungsteam ist einfach Verlass!**

Bei der Suche nach der perfekten Lösung wagten sich unsere Ingenieure auf technisches Neuland vor. In enger Zusammenarbeit mit ALSTOM wurden die vorgegebenen Anforderungen mit neuesten Technologien in Einklang gebracht und die entstandenen Prototypen im Rahmen eines Langzeit-Designtestes bei 700°C in der COMTES700-Anlage erfolgreich getestet.

Mittlerweile ist die AS-Schneider A4-Serie in unterschiedlichen Werkstoffen wie 1.4901 (P92) und Alloy 617 erhältlich und hat sich in vielen Kraftwerken der neuen Generation erfolgreich bewährt.

**Weitere Informationen erwünscht? Dann kontaktieren Sie uns bitte unter der Mailadresse [kontakt@as-schneider.com](mailto:kontakt@as-schneider.com). Wir freuen uns auf Ihren Beitrag.**

#### **Kontaktdaten:**

Armaturenfabrik Franz Schneider GmbH + Co. KG  
Markus Häffner  
Leitung Konstruktion & Entwicklung  
Bahnhofplatz 12  
74226 Nordheim  
Deutschland / Germany