

**Frischdampf-  
Sicherheitsventile in  
Kernkraftwerken mit  
Druckwasserreaktor**

## Einleitung

Abgesehen vom Einsatz in Druckhaltesystemen finden eigenmedium-gesteuerte Sicherheitsventile Sempell-Typ VS99 vor allem im Dampfkreislauf von Kernkraftwerken und konventionellen Kraftwerken Anwendung. Mehr als 200 dieser Armaturen sind in deutschen und westeuropäischen Druck- und Siedewasserreaktoren installiert und erfüllen teils länger als 25 Jahre sicher ihre Aufgabe.

Sicherheitsventile in einem modernen Druckwasserreaktor mit einer Leistung von beispielsweise 1300 MW haben bei 86 bar Satttdampfdruck eine Abblaseleistung von 2000 t/h. Wenn ein Sicherheitsventil dieser Leistungsgröße sehr schnell öffnet, so wirken aus der Beschleunigung des Dampfes erhebliche Kräfte auf Rohrleitungen und deren Halterungen. Speziell für große Leistungen wurde daher ein gedämpft öffnendes Sicherheitsventil Sempell-Typ VS99 K entwickelt (Bild 1).

## Konstruktion

Die wesentlichen konstruktiven Merkmale der in Bild 1 gezeigten Armatur sind identisch mit den Merkmalen des Sempell-Typs VS99, das im Zusammenhang mit der Volumenkompensator-Absicherung beschrieben wurde.

Gehäuse (1) und Deckel (2) sind geschmiedet und über Dehnschrauben (8) verbunden. Gekammerte Spiraldichtungen (7), (11) und (12) dichten nach außen ab. Der Zylinder (5) ist am Deckel (2) zentriert und mit den Schrauben (9) und Muttern (10) verbunden. Das Spiel zur Gehäusebohrung ist so bemessen, daß einerseits die Muttern (10) an der Gehäusewand drehgesichert sind, andererseits aber genügend Luft zwischen Gehäuse (1) und Zylinder (5) verbleibt, um leicht demontieren zu können. Sollte sich das Gehäuse (1) unter extremen Rohrleitungskräften verformen, sind durch diese Maßnahme auch unerwünschte Deformationen des Zylinders (5) ausgeschlossen, und die Leichtgängigkeit der Armatur ist sichergestellt.

Im Unterschied zur Konstruktion des Sicherheitsventils VS99 ist der Zylinder (5) der hier gezeigten Konstruktion in Topfform ausgebildet. Wie später noch erläutert wird, hat dies Auswirkungen auf das Öffnungsverhalten des Ventils.

Der Kegel (3) ist über ein mit vergrößertem Spiel geschnittenes Gewinde mit der Spindel (6) verbunden. Die Spindel (6) ist in einen Ringkolben (4) gesteckt. Beim Öffnungsvorgang greift der Ringkolben (4) unter einen Kragen am oberen Ende der Spindel (6).

Kegel (3) sowie Spindel (6) und Ringkolben (4) sind über Nut und Feder bzw. über Verzahnung drehgesichert.

Obere und untere Führungen des Ringkolbens sowie die Dichtfläche im Zylinder sind gepanzert, ebenso die Dichtflächen zwischen Kegel und Gehäuse.

Das im Bild gezeigte Ventil enthält als Sonderausstattung eine Vakuumpfeder, ferner eine berührungslose Stellungsanzeige für die AUF- und ZU-Anzeige sowie zur analogen Messung des Hubes.

## Funktion

Während des normalen Betriebes ist das Ventil geschlossen. Als Dichtkraft steht die Druckdifferenz zwischen Ventileintritt und -austritt, das Eigengewicht der bewegten Teile und in der gezeigten Ausführung auch die Kraft der Vakuumpfeder zur Verfügung. Über Spalte und Auffüllbohrungen stehen die Betätigungsräume C, D, E mit dem Gehäuseraum in Verbindung, so daß sämtliche Innenteile stets auf Dampftemperatur erwärmt sind.

Werden an der Steuerbohrung Ö angeschlossene Steuerventile geöffnet, wird der Druck in den Räumen C, E oberhalb des Kolbens (4) abgebaut. Da im Raum D unterhalb des Kolbens nach wie vor der volle Systemdruck ansteht, bewegt sich der Kolben nach oben, und das Sicherheitsventil öffnet.

Dieser Sachverhalt ist schematisch in Bild 2 wiedergegeben. Der schematischen Darstellung ist weiterhin zu entnehmen, daß Steuerventile im hier gezeigten Fall dreifach redundant parallel angeordnet sind. Vor jedem Steuerventil ist eine Absperrarmatur installiert, mit der für Reparatur- und Servicearbeiten ein Steuerstrang abgesperrt werden kann. Diese Absperrarmaturen sind zwangsverriegelt, so daß jeweils nur ein Steuerstrang abzusperrern ist.

Werden die Steuerventile an der Steuerbohrung Ö geschlossen (Bild 3), werden die Räume C, E des Sicherheitsventils VS99 K wieder auf das Druckniveau der abzusichernden Rohrleitung aufgefüllt, und das Ventil schließt.

In Bild 4 ist das Öffnungsverhalten eines Sicherheitsventils Sempell-Typ VS99 K mit einer Abblaseleistung von 2000 t/h Sattdampf bei 88 bar Ansprechdruck wiedergegeben. Es handelt sich um die Ergebnisse eines Versuches bei 56 bar auf einem Großarmaturenprüfstand.

Die Zeit, in der das Ventil voll öffnet, beträgt 0,3 Sekunden. Diese Zeit ist etwa 3-fach länger als die Öffnungszeit eines gleich großen Sicherheitsventils Typ VS99. Die Dämpfungswirkung kommt dadurch zustande, daß mit beschleunigter Bewegung des Ventilkolbens der Druck  $p_D$  unterhalb des Kolbens absinkt und somit eine Verlangsamung der Bewegung erzeugt.

Dem Bild 5 ist die Schließfunktion des Ventils zu entnehmen. Trotz zunehmender Druckdifferenz am Kegel schließt das Ventil nahezu linear mit einer Geschwindigkeit von etwa 0,3 m/s.

## Steuerung

Zur Steuerung des Sicherheitsventils VS99 K kommen Dampfsteuerventile Typ VS66 oder Magnetsteuerventile Typ EMS bzw. DMS zum Einsatz.

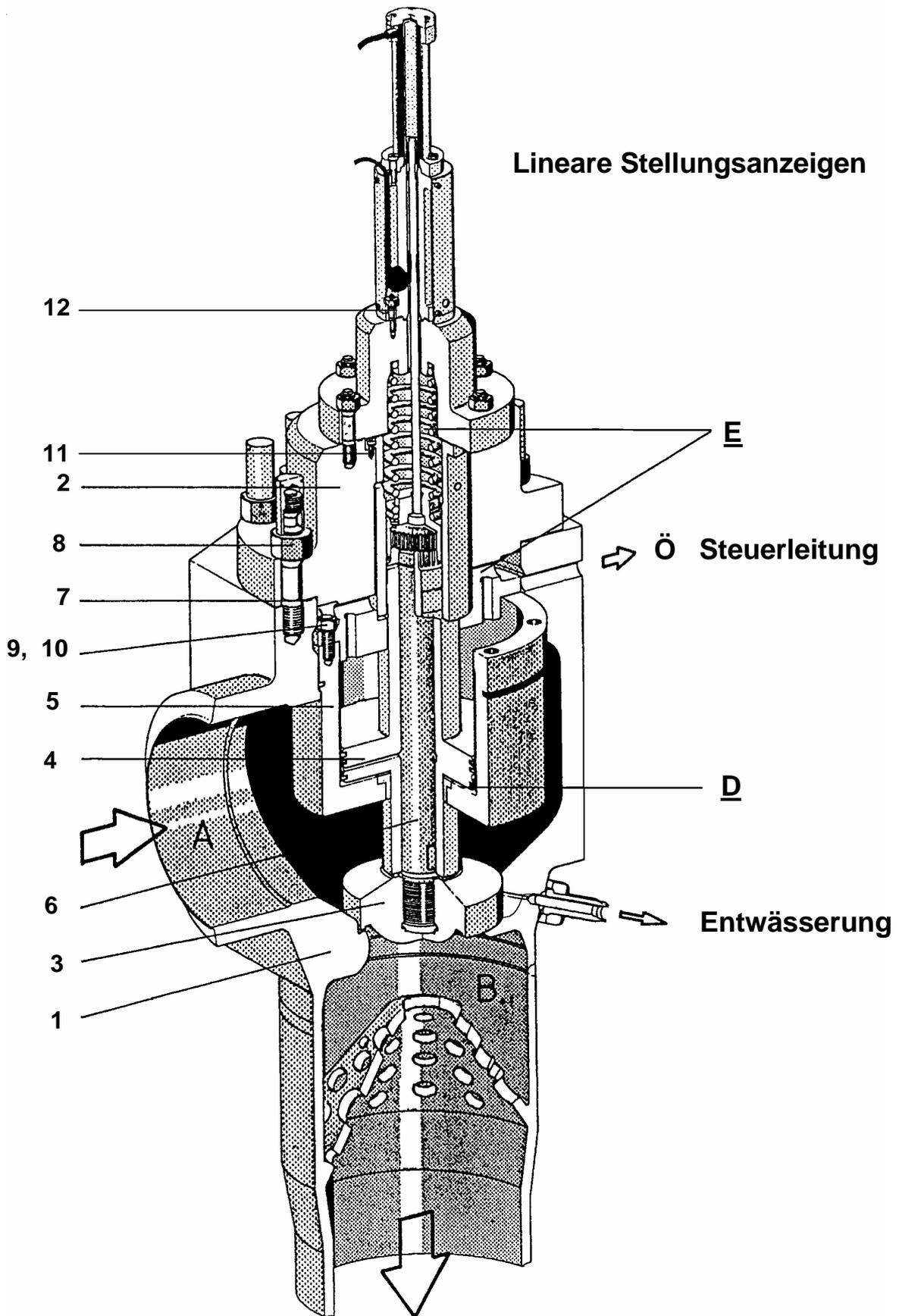
Das Dampfsteuerventil VS66 (Bild 6) kommt auch im Druckhaltersystem zum Einsatz. Sein funktioneller Vorteil liegt darin, daß keinerlei Fremdmedium benötigt wird.

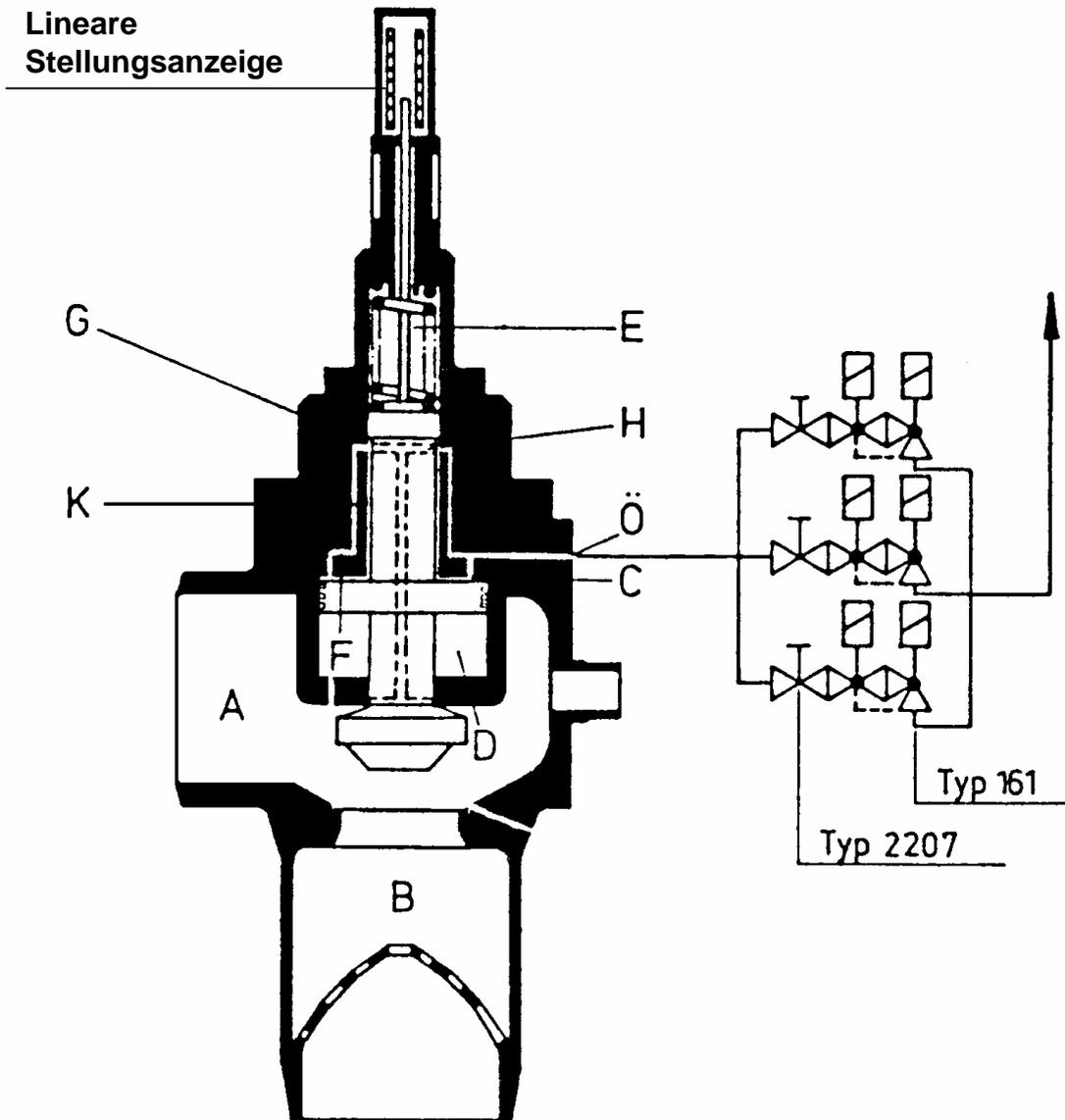
Überschreitet in der FD-Leitung der Systemdruck den mit der Feder eingestellten Ansprechdruck des Magnetventils, so öffnet dieses. Der Raum bis unterhalb der Prallplatte füllt sich mit Dampf und schiebt mittels Prallplatte den Rückschlagkegel (5) des Rückschlagventils. Somit wird die Steuerleitung zur Abblaseseite hin geöffnet und die Stellräume des Hauptventils VS99K werden im Druck abgesenkt, bis die Öffnungsbewegung eingeleitet wird.

Als Alternative und in dem gezeigten Fall kommen Magnetsteuerventile zum Einsatz, entweder als Doppel- (Bild 7) oder Einzelventil (Bild 8). Bei Sicherheitsventilen sind die Magnete üblicherweise im Ruhestromprinzip eingesetzt, d. h. daß das Steuerventil im stromlosen Zustand öffnet.

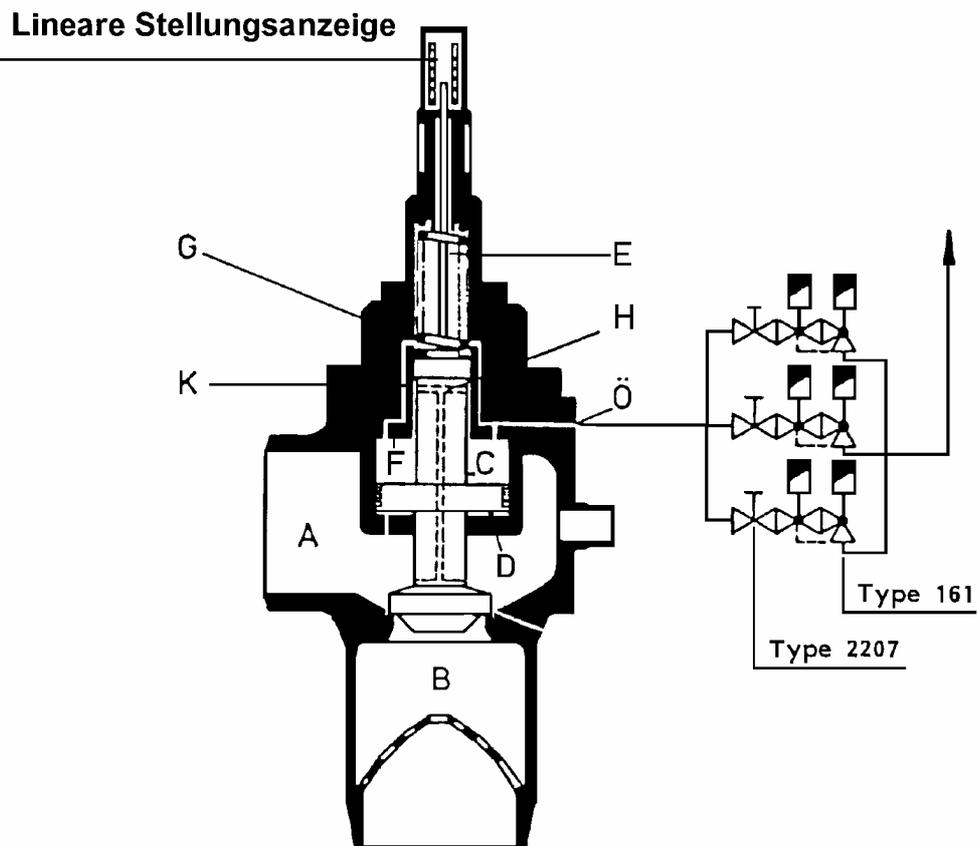
Das vorgestellte Magnetventil hat einen Vorsteuerkegel, der den Hauptentlastungskegel betätigt. Somit können die erforderlichen Kräfte der Magnete und deren Leistungsaufnahme und Massen klein gehalten werden.

Steuerventile haben wesentliche Bedeutung für die sichere Funktion von Sicherheitseinrichtungen. Steuerventile Sempell-Typen VS66 und EMS wurden daher umfangreichen Dauertests im Sempell-Labor unterzogen. Das Magnetventil EMS wurde darüber hinaus nach den Regeln der IEEE-Spezifikation getestet, so daß eine störfallfeste Ausführung verfügbar ist, die einer Dampftemperatur bis 157 °C über 20 Stunden und einer radiologischen Belastung von 132 mal 10<sup>6</sup> rad standhält.





KWU – Typ / Anlagenkennzeichen	Ventilstellung
VS99	Geöffnet – Druckentlastung
Typ 2207	Geöffnet
Typ 161	Ruhestromprinzip Geöffnet, Magnet stromlos 



KWU – Typ / Anlagenkennzeichen	Ventilstellung
Typ VS99	Geschlossen – Betriebsstellung
Typ 2207	Geöffnet
Typ 161	Ruhestromprinzip Geschlossen, Magnet bestromt 

