



Fachbericht

Dipl.-Ing. Jochen Loos
Dipl.-Wirtschaftsing. (FH), Dipl.-Informationswirt (FH)
Markus Tuffner, Bosch Industriekessel GmbH



BOSCH
Technik fürs Leben

Entwicklungsgeschichte der Wasserstands- begrenzung in Dampf- und Heißwasserkesseln

Einleitung

Dampfkesselanlagen mit einem festgesetzten, niedrigsten Wasserstand wurden vor Einführung schnell regelbarer Feuerungen sowie automatisierter Begrenzungseinrichtungen vom Heizer per Hand betrieben. Durch ein Schauglas außerhalb des Kessels wurde das Niveau des Wasserstandes festgestellt und die Speisung per Hand zu- oder abgeschaltet. Bei Ausfall der Speisung wurde die Brennstoffzufuhr, ebenfalls in der Regel per Hand, unterbunden. Bei Feststofffeuerungen musste hierzu der Rost vom Brennstoff befreit werden.

Mit der Einführung von Wasserstandsregeleinrichtungen wurde dieser Vorgang automatisiert. Bei Anlagen mit Öl- oder Gasfeuerung wirkten diese Einrichtungen direkt auf die Brennstoffzufuhr. Bei Versagen der Wasserstandsregeleinrichtung, die meistens auf Schwimmerbasis mit Magnetkraftübertragung funktionierte, wurde die Brennstoffzufuhr automatisch eingestellt. Diese Einrichtungen wurden aus Wartungs- und Einstellgründen in der Regel außen am Kessel in besonderen Tauchbehältern angebaut.

Mit zunehmender Automatisierung von Dampfkesselanlagen und dem Drang nach einem Betrieb ohne ständige Beaufsichtigung, wurde die Entwicklung von verfeinerten Wasserstandsregel- und -begrenzungseinrichtungen Anfang der 70er Jahre vorangetrieben und auf dem Leitfähigkeitsprinzip realisiert.

Nachdem anfänglich bei Einsatz der ersten leitfähigkeitsgesteuerten Einrichtungen insbesondere die Sicherheit gegen Isolationsfehler nicht gegeben war, wurden zum Teil bewährte Konzepte, auf dem Schwimmerprinzip arbeitend, mit diesen neuen leitfähigkeitsgesteuerten Einrichtungen gekoppelt.

Mit der Verbesserung der Isolationsfähigkeit, als auch der elektrischen Schaltung durch Einsatz zweikanaliger Systeme wurde auf diese Kopplung mit mechanischen Geräten verzichtet und ein Betrieb ohne tägliche Prüfungen ermöglicht. Prüfungen durch Sachverständige hatten jedes halbe Jahr zu erfolgen. Als konsequente Weiterentwicklung wurde Ende der 70er Jahre die absolut selbstüberwachende Wasserstandsbegrenzungseinrichtung auf Elektrodenbasis entwickelt und serienmäßig zum Einsatz gebracht. Diese Einrichtungen bedürfen keinerlei täglicher Prüfung mehr, auch nicht der Sachverständigenprüfung nach einem halben Jahr. Dies allerdings unter der Voraussetzung, dass die Einrichtungen im Kessel innenliegend angeordnet sind.

Funktionsweise der verschiedenen Geräte

Bisher bekannte und angewandte Bauarten sind

- ▶ Mechanische Schwimmer-Wasserstandsbegrenzer mit Übertragung des Signals durch magnetisch betätigte Schaltkontakte:
 - a) mit Handprüfeinrichtung
 - b) mit elektromechanischer Prüfeinrichtung
- ▶ Wasserstandsbegrenzer-Einrichtung, auf Leitfähigkeitsbasis arbeitend:
 - a) Einfache Einrichtungen mit automatischen Prüfungen in vorgegebenen Zeitintervallen
 - b) Zweikanalige Einrichtungen
 - c) Selbstüberwachende Einrichtungen

Schwimmer-Wasserstandsbegrenzer

Die Schwimmer-Wasserstandsbegrenzer arbeiten nach dem Auftriebsprinzip einer Schwimmerkugel, welche an einer Stange mit einem Magnet angebracht ist. Der Magnet wird in einem Führungsrohr geführt, an dessen Außenseite Magnetsperrschalter angelegt werden. Bei Vorbeilaufen des Magnetes an den Magnetsperrschaltern wird mittels Magnetkraft die Schließ- bzw.

Öffnungsfunktion umgelegt und bewirkt eine elektrische Schaltung, welche zur Verriegelung der Feuerung bzw. für die Alarmgebung verwendet werden kann. Die Prüfung dieser Einrichtung kann mittels Handmagnet in vorgegebenen Zeitintervallen erfolgen. Durch Magnetkraft wird die Schwimmerkugel unter den tatsächlich vorhandenen Wasserspiegel heruntergedrückt und Wassermangel vorgetäuscht, was zur Sicherheitsabschaltung der Feuerung und der Kesselanlage führen muss.

Um diesen Vorgang auch fernbedienen zu können, wurden anstatt der Handmagnete später Elektromagnete eingesetzt.

Der Einbau dieser Einrichtungen wurde anfänglich außenliegend an besonderen Einbautöpfen vorgenommen. Die Verbindungsleitung zwischen den außenliegenden Schwimmerkörpern und der Kesseltrommel erfolgte mittels elektrisch abgesicherten Ventilen mit Endschaltern. Eine tägliche Prüfung und Reinigung der Tauchflasche musste erfolgen, um Schlammabsetzungen, welche Wasser vortäuschen, sicher zu verhindern.

Bild 1: Schwimmer-Wasserstandsbegrenzer – das Prüfen der Sicherheitsschaltung und das tägliche Durchblas-Reinigen sind vorgeschrieben

Magnetschalter

Schwimmer im Schutzrohr muss täglich gereinigt werden

Zweipunktregelung des Wasserstandes

Niedrigwasserstand



Bild 2: Einfache Elektrode – tägliche Zwangsprüfung durch Einblasen von Stickstoff

kurzzeitige Stickstoffzufuhr →

ca. 3 bar über Kesselbetriebsdruck senkt den Wasserspiegel im Schutzrohr und simuliert Wassermangel zur Funktionsprüfung des Sensors

Zweipunktregelung des Wasserstandes

Niedrigwasserstand



Einfache Elektroden-Einrichtungen mit täglicher Prüfung

Auf Leitfähigkeitsbasis arbeitende einfache Elektroden-Wassermangelsicherungen bedürfen aufgrund ihres niedrigeren Sicherheitsgrades insbesondere was die Isolationsüberwachung betrifft, einer täglichen Zwangsprüfung. Diese erfolgt durch Einblasen von Stickstoff in das umhüllende Schutzrohr der Elektrode. Der eingeblasene Stickstoff senkt das Wasservolumen im Schutzrohr und die Elektrode verliert den Wasserkontakt. Wenn der Wasserspiegel bis unter die Elektrodenspitze abgesenkt ist, führt dies zur Zwangsabschaltung der Kesselanlage bzw. zur Signalgabe.

Zweikanalige Elektroden-Wasserstandseinrichtungen

Von dem Gedanken ausgehend, dass zwei Einrichtungen in der Regel nicht zum absolut gleichen Zeitpunkt versagen, wurden zweikanalige Einrichtungen konzipiert. Bei diesen Einrichtungen wurde bereits die Isolation der Elektrode ständig mit überwacht, der elektrische Schaltteil unterlag jedoch keiner Überwachung. Diese Einrichtungen müssen in Zeiträumen von maximal einem

halben Jahr durch den Sachverständigen einer Technischen Überwachungsorganisation auf ihre Funktion durch Absenken des Wasserstandes und Registrieren des Abschaltpunktes regelmäßig geprüft werden.

Selbstüberwachende Elektroden-Wasserstandseinrichtungen

Diese Begrenzungseinrichtungen haben in der Regel eine aufwendig gebaute Elektrode mit einem Elektroschaltteil, welches die Elektrode permanent auf Isolationsschluss überwacht und auch den elektrischen Schaltteil als solchen permanent in Zeiträumen von ca. 15 ... 20 Sekunden auf ordnungsgemäße sicherheitstechnische Funktion selbst prüft. Bei dieser Einrichtung ist keine tägliche Überprüfung notwendig und auch die Sachverständigen-Prüfung im Halbjahresrhythmus kann entfallen. Diese Anlagen werden in der Regel durch den Service des Kesselherstellers durch Betätigen vorgesehener Prüfknöpfe auf ihre ordnungsgemäße Arbeitsweise geprüft.

Bild 3: Zweikanalige Elektroden-Wasserstandseinrichtung – das System wird mindestens alle 6 Monate vom TÜV funktionsgeprüft



Bild 4: Selbstüberwachende Elektroden-Wasserstandseinrichtung – keine Wartung, keine Funktionsprüfung erforderlich



Bild 5: Elektrodensystem im Schutzrohr – Isolationsstrecke zwischen Elektroden und Schutzrohr dauerhaft gewährleistet



Die Sicherheitselektrode als Niedrigwasserstandsbegrenzer ist zur Mitte hin geneigt; Berührungskontakt mit dem Schutzrohr ausgeschlossen

Zusammenfassung

Der Einsatz von Schwimmer-Wasserstandsbegrenzern wurde durch die modernen Elektrodengeräte weitgehend ersetzt.

Durch die zunehmende Betriebsweise von Dampfkesselanlagen ohne ständige Beaufsichtigung war der Sicherheitsgrad der Schwimmergeräte, verursacht durch die mechanischen Schwächen, als auch der Notwendigkeit der gewissenhaften täglichen Prüfungen nicht mehr vertretbar.

Insbesondere mit zunehmendem Alter dieser Schwimmer-Wasserstandsbegrenzer steigt die Gefahr des Versagens dieser Geräte stetig schleichend an.

Verursacht wird dies durch ein Nachlassen der Magnetkraft des Geber- sowie des Umschaltmagneten im Magnetsperrschalter.

Die an diesen mechanisch arbeitenden Wasserstandsbegrenzern erkannten Mängel führten Anfang der 70er Jahre zur Entwicklung der Elektroden-Wasserstandsgeräte.

Bei allen Elektrodeneinrichtungen war bei deren Entwicklung die Sorge des Masseschlusses zwischen Elektrode und umgebendem Kesselkörper Hauptpunkt der Entwicklung und Überprüfungen.

Aufgrund des Arbeitsprinzipes der Leitfähigkeit kann ein Fehler in der Isolation der Elektrode, d. h. der elektrischen Trennung zwischen Elektrodenpol und Masse, Wasser vortäuschen und bei Eintritt eines echten Wassermangelfalles durch Nichtabschalten zu gefährlichen Zuständen kommen.

Durch die Entwicklung einer Isolationsüberwachungseinrichtung konnte der reine Isolationsfehler elektrotechnisch sicher beherrscht werden.

Das Anliegen der Elektrode an dem umgebenden Schutzrohr wurde bei den ersten Elektrodeneinrichtungen durch Kunststoff-zentrierkreuze versucht, was sich jedoch nicht bewährt hat, da durch Belagbildung auf diesem Kunststoffkreuz eine leitfähige Strecke entstehen kann und dadurch wiederum eine elektrische Verbindung zwischen Masse und Elektrode eintritt.

Bei den Einrichtungen nach 4 – selbstüberwachende Elektrode – wird aufgrund dessen auf den Einbau jeglicher Zentrierkreuze verzichtet, sondern wird durch eine Begrenzung der Elektrodenstablänge auf maximal ca. 600 mm sowie Querneigung der Elektroden zum Mittelpunkt hin bzw. durch Vergrößerung des Schutzrohres ein so großer Abstand zwischen Schutzrohr und Elektrode erzeugt, dass ein Anliegen der Elektrodenstäbe am Schutzrohr bei ordnungsgemäßem Einbau und dessen anschließender Überprüfung mit Sicherheit ausgeschlossen werden kann. In 30 Jahren wurden 30000 Kesselanlagen mit diesem System installiert, und es konnte kein Wassermangelvorfall oder keinerlei Unregelmäßigkeit auf das Versagen dieser Einrichtung zurückgeführt werden.

Bei einer großen Anzahl betriebener Altanlagen, die in früheren Jahren entweder mit Schwimmer-Wasserstandsbegrenzern oder mit Begrenzern in zweikanaliger Bauweise ausgerüstet waren, wurde durch Einbau von selbstüberwachenden Elektroden ebenfalls der Sicherheitsgrad erheblich erhöht.

Wassermangelschäden werden in der Regel heute nur noch von Alteinrichtungen, welche auf dem Schwimmerprinzip arbeiten, bekannt.

Ausgenommen sind natürlich neben elektrotechnische Manipulationen durch Einlegen von Brücken etc., welche jedoch unabhängig vom jeweiligen Geberprinzip bei allen Sicherheitseinrichtungen

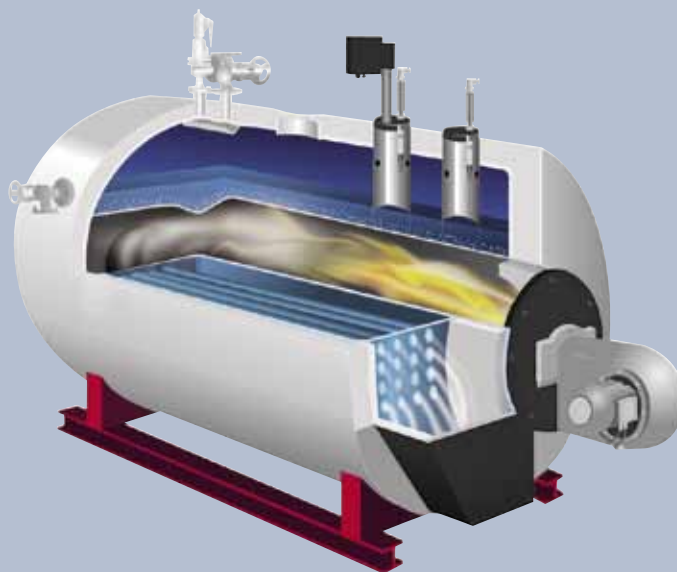
möglich sind und durch entsprechende Instruktionen des Bedienungs- und Wartungspersonals unbedingt verboten sein müssen, auch grobe Verstöße gegen die vorgegebenen Anforderungen an die Wasserqualität. Massive Fett- oder Härteeinbrüche beeinträchtigen die Funktion der Elektrode. Einbrüche dieser Form können mit dem heutigen Stand der Sensorik sicher erkannt werden und damit kontaminierte Wässer rechtzeitig vor Kesseleintritt abgeleitet werden.

Obwohl die Erfahrung zeigt, dass die Einrichtungen in selbstüberwachender Ausführung den höchstmöglichen Sicherheitsgrad gewährleisten, gibt es Zusatzbeschaltungen für besonders ängstliche Anwender, welche die Elektroleitstrecke zwischen Schutzrohr und Wassermangelelektrode permanent überwachen und bei Überschreiten der maximal zulässigen Leitfähigkeit auf dieser Strecke die Wasserstandsbegrenzereinrichtung ebenfalls zur sicheren Seite hin abschalten.

Diese Einrichtung wird jedoch in der Bundesrepublik Deutschland aufgrund der vorerwähnten Erfahrungen und Maßnahmen beim Elektrodeneinbau nicht angewandt.


In anderen Ländern werden zum Teil noch einfachste Elektroden-einrichtungen ohne jeglichen Sicherheitsstandard angewandt. Bei diesen Anlagen muss eine dauerhafte Beaufsichtigung durch Beobachtung des Wasserstandsglases erfolgen, da im Fehlerfall keine selbsttätige Abschaltung erfolgt.

Bild 6: Schnitt durch einen modernen Dreizug-Dampfkessel mit eingebauten Elektrodensystem im Schutzrohr



Systemvergleich der angewandten Bauarten			
1. Schwimmer-Wasserstandsbegrenzer		2. Elektrode mit Stickstoff-Prüfung	
Vorteile	Nachteile	Vorteile	Nachteile
Leichte Justage des Schaltpunktes	Empfindlich gegen Korrosion	Überprüfung auf anliegende Elektrode am Schutzrohr bzw. auf Kurzschluss	Die Überprüfung erfolgt in der Regel nur im 24-Stunden-Rhythmus, so dass für diesen sehr langen Zeitraum keine Sicherheit gegeben ist, da in der Regel die Elektrode auf einfacher Bauart beruht, als auch der elektrische Schaltteil nicht selbstüberwachend ist.
Keine Längenbegrenzung des Abstandes zwischen abzugreifendem Niveau und Lage des Schaltkopfes	Sicherheitsfunktion läßt nach längerer Einbauzeit durch Magnetkraftverlust nach	Keine einfache Manipulationsmöglichkeit der Schaltpunkte durch Festeinbau	Das Einblasen von Stickstoff führt zu erhöhten sicherheitstechnischen Maßnahmen bei Befahren des Kessels zum Zwecke der Revision, Spülen – Erstickungsgefahr!
Minimaler elektrotechnischer Aufwand für die Auswertung des Schaltsignals	Mechanisch bewegte Teile im Magnetsperrschalter können notwendige Schaltungen durch Schwergängigkeit verhindern	Dauerhafte Überwachung der Kesselwasserqualität und Sicherheitsabschaltung bei nichtleitenden Ablagerungen auf der Elektrode bzw. bei Öleinbrüchen	Mechanisch bewegte Einrichtungen zur Zufuhr von Stickstoff, wie Magnetventile etc.
Sehr preiswert	Schaltsicherheit abhängig von Absinkgeschwindigkeit		Hoher Verbrauch an Stickstoff bei kürzeren Prüfintervallen als 24 h
	Schaltsicherheit abhängig von Umgebungstemperatur		Überwachung ausreichenden Stickstoffvorrates zur Durchführung der Prüfung notwendig
	Leichte Manipulationsmöglichkeit von Nichtsachkundigen durch Verändern der Lage der Magnetsperrschalter		
	Tägliche Prüfung zur Erkennung evtl. eintretender Unregelmäßigkeiten notwendig		
	Bei außenliegendem Einbau tägliches Durchspülen des Tauchbehälters		
	Die normalerweise angewandten Prüfmethoden schließen trotz erfolgreicher Prüfung einen Wassermangelvorfall kurz nach Prüfung erfahrungsgemäß nicht aus		
	Wassermangelschäden bei langsamer Wasserabsinkgeschwindigkeit durch fehlende Zusatzkräfte, wie sie bei schneller Bewegung des Schwimmermagnetes auftreten		

Systemvergleich der angewandten Bauarten			
3. Elektroden-Wasserstandsgeräte in zweikanaliger Bauweise		4. Selbstüberwachende Elektroden-Wasserstandsbegrenzer-Einrichtungen	
Vorteile	Nachteile	Vorteile	Nachteile
Keine mechanisch bewegten Bauteile	Der elektrische Teil überwacht sich nicht selbst, so dass bei Ausfall beider Kanäle es unbemerkt zu Wassermangelvorfällen kommen kann	Keine mechanisch bewegten Bauteile	Höhere Anschaffungskosten
Keine einfache Manipulationsmöglichkeit der Schaltpunkte durch Festeinbau	Höheres Wasserniveau im Kessel kann in der Regel nur durch Kürzen des Elektrodenstabes erreicht werden	Keine Manipulationsmöglichkeit der Schaltpunkte durch Festeinbau	Höheres Wasserniveau im Kessel kann in der Regel nur durch Kürzen des Elektrodenstabes erreicht werden
Dauerhafte Überwachung der Kesselwasserqualität und Sicherheitsabschaltung bei Ablagerungen auf der Elektrode bzw. Öleinbrüchen etc.		Dauerhafte Überwachung der Kesselwasserqualität und Sicherheitsabschaltung bei Ablagerungen auf der Elektrode bzw. Öleinbrüchen etc.	
Preiswert		Periodische Eigenprüfung auch des elektrischen Schaltteils in Intervallen von 15 ... 20 Sekunden	
		Der Isolator der Elektrode sowie der elektrische Schaltkreis können mit je einem separaten Prüfkнопf eindeutig funktionsgeprüft werden	
		Sicherheit bei Drahtbruch bzw. Kurzschluss der Elektrodenzuleitung	



Produktionsstätten:
Werk 1 Gunzenhausen
Bosch Industriekessel GmbH
Nürnberger Straße 73
91710 Gunzenhausen
Deutschland

Werk 2 Schlungenhof
Bosch Industriekessel GmbH
Ansbacher Straße 44
91710 Gunzenhausen
Deutschland

Werk 3 Bischofshofen
Bosch Industriekessel Austria GmbH
Haldenweg 7
5500 Bischofshofen
Österreich

www.bosch-industrial.com

© Bosch Industriekessel GmbH | Abbildungen nur
beispielhaft | Änderungen vorbehalten | 07/2012 |
TT/SLI_de_FB-Entwicklungsgeschichte_01