



SONDERDRUCK

Innovatives Sicherheits-Upgrade für Brennerschnellschluss- und Regelarmaturen mit neuartiger Dichtheitskontrolleinrichtung für flüssige Brennstoffe in Energieerzeugungsanlagen

Uwe Krabbe und Stephan Simon
KÜHME Armaturen GmbH, 44894 Bochum / Germany
Tel.: +49 (0) 234 / 298 02 – 0
krabbe@kuehme.de simon@kuehme.de



Veröffentlicht in:
Kraftwerkstechnik 2017 - Strategien, Anlagentechnik und Betrieb
Michael Beckmann, Antonio Hurtado.
Freiberg: SAXONIA Standortentwicklungs- und -verwaltungsgesellschaft mbH, 2017
ISBN 978-3-934409-79-8

Innovatives Sicherheits-Upgrade für Brennerschnellschluss- und Regelarmaturen mit neuartiger Dichtheitskontrolleinrichtung für flüssige Brennstoffe in Energieerzeugungsanlagen

Uwe Krabbe und Stephan Simon

1.	Einleitung	2
2.	Grundlagen, Normen und gesetzliche Richtlinien	2
3.	Neue automatische Dichtheitskontrolle für Öl-Schnellschluss-ventil-Kombinationen	5
4.	Innovative Hybridarmatur in Brennerarmaturen-Stationen	6
5.	Die gezielte Überholung und Modernisierung der Armatur im Herstellerwerk	9
6.	Fazit und Zusammenfassung	11
7.	Quellen	12

Das Konzept der Brennstoffzufuhr und das sichere sowie zuverlässige Regeln und Absperren des Brennstoffes ist ein sehr wichtiger Bestandteil in der Sicherheitsphilosophie einer Energieerzeugungsanlage.

Die Rahmenbedingungen durch Gesetze und technische Vorschriften werden immer anspruchsvoller, sowohl für Neuanlagen als auch für bestehende Anlagen. Gleichzeitig müssen Betriebs- und Investitionskosten für den kostengünstigen Betrieb einer Anlage beobachtet werden. Der nachfolgende Beitrag konzentriert sich auf bestehende Anlagen und die Brennstoffversorgung. Bei bestehenden Anlagen ist es ratsam, die Brennstoffversorgung mit Upgrades (Modernisierungen) auszurüsten und regelmäßige Instandhaltungen gemäß den Herstellerangaben durchzuführen. Gerade hinsichtlich der sich schnell ändernden Situation in der Energieversorgung müssen solche Anlagen immer häufiger an- bzw. abgefahren werden. Dadurch werden die Anlagenkomponenten weitaus stärker beansprucht als dies zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme der Fall war.

Für den Bereich der Brennstoff-Schnellschluss-Systeme werden nachfolgend drei Modernisierungsmaßnahmen vorgestellt:

- die neue automatische Dichtheitskontrolle für Sicherheitsabsperreinrichtungen für flüssige Brennstoffe,
- die Hybridarmatur, die den sicheren und zuverlässigen Schnellschluss sowie die Regelung des Volumenstromes in einer einzelnen Armatur vereinigt,
- die gezielte Überholung und Modernisierung der Armatur im Herstellerwerk.

Die sich daraus ergebenden Vorteile werden nachfolgend betrachtet.

1. Einleitung

Die Herausforderung beim Upgrade bzw. Nachrüsten bestehender Anlagen besteht darin, dass bei diesen Maßnahmen nicht nur eine Effizienzsteigerung, sondern auch der Platzbedarf und die Bedienungsfreundlichkeit sowie ergonomische Gesichtspunkte berücksichtigt werden müssen.

Die Zugänglichkeit einzelner Armaturen und Instrumente insbesondere für spätere Wartungen ist sehr wichtig. Die Einbindung eines Upgrades, z. B. durch die automatische Dichtheitskontrollereinrichtung in den bestehenden Prozess, muss ohne großen Aufwand umgesetzt werden können. Das Einsparpotenzial an Armaturen reduziert die Fehlermöglichkeiten in den Anlagen.

Der Gesetzgeber ist bestrebt, durch neue Gesetze und Vorschriften die Energieerzeugungsanlagen sicherer zu machen. Die Betreiber müssen diesen Vorgaben folgen, haben aber ein sehr starkes Interesse daran, durch die technologische Weiterentwicklung die Effizienz ihrer Anlagen zu steigern. Für innovationssorientierte Armaturenhersteller bedeutet dies, den neuen Herausforderungen immer einen Schritt voraus zu sein [1].

2. Grundlagen, Normen und gesetzliche Richtlinien

Bei der Zuführung von Brennstoffen in einem Kraftwerk müssen definierte Parameter eingehalten werden. Da die Brennstoffzuführung heutzutage überwiegend automatisiert erfolgt, muss sie bei Bedarf absolut sicher unterbrochen werden. Dies ist u. a. dann der Fall, wenn eines der Sicherheitskriterien der Verbrennungsanlage (z. B. Druckabfall im System) anspricht [2] [3].

Daher sind in Brennstoffzuführungssystemen Schnellschluss- und Regeleinrichtungen integriert, die eine Unterbrechung des Brennstoffzuflusses zu jedem Zeitpunkt sicher und zuverlässig gewährleisten. Die Brennstoffzufuhr darf erst wieder freigegeben werden, wenn die Dichtheitsprüfung erfolgreich nachgewiesen wurde [4] [5] [6].

Die grundlegende und charakteristische Brennstoffzuführung in einem Kraftwerk mit Kohlefeuerung und Ölzündfeuerung zeigt die nachfolgende Abbildung 1.

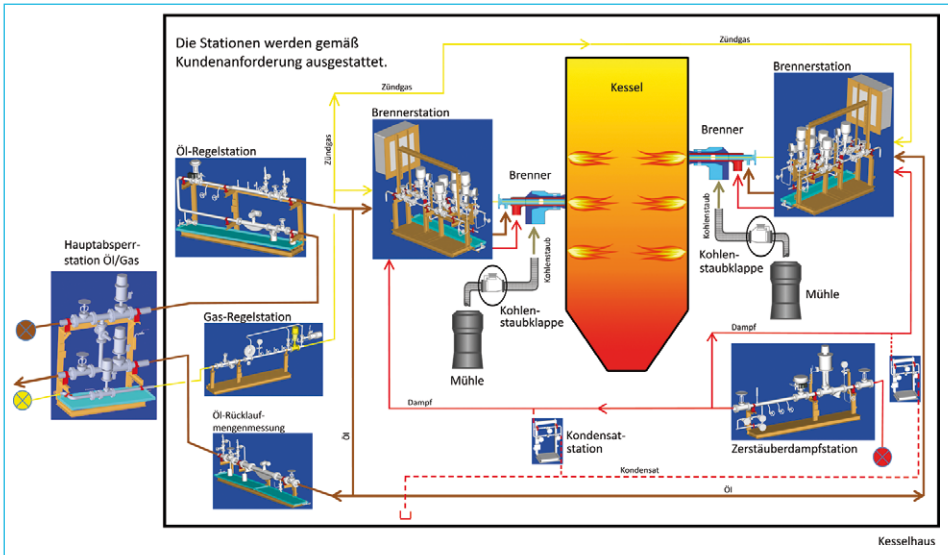


Abb. 1: Darstellung der Brennstoffzuführung in einem Kohlekraftwerk
(Quelle: KÜHME Armaturen GmbH)

Nicht nur bei der Projektierung und Planung von Feuerungssystemen in Kraftwerken und deren zugehörigen Regel- und Absperrsystemen sind die einschlägigen Gesetze, Vorschriften und technischen Regelwerke unbedingt einzuhalten, sondern auch bei Nachrüstungen und Wartungen. Dies sind unter anderem:

Gesetzesebene

- | | |
|----------------------------------|---|
| Maschinenrichtlinie 2006/42/EG | Europäisches Gesetz, welches in nationale Gesetze umgesetzt wurde zur Festlegung von Anforderungen an Maschinen, die innerhalb Europas in Verkehr gebracht werden [7] |
| Druckgeräterichtlinie 2014/68/EC | Europäisches Gesetz, welches in nationale Gesetze umgesetzt wurde zur Festlegung von Anforderungen an Druckgeräte, die innerhalb Europas in Verkehr gebracht werden [8] |
| Gasgeräterichtlinie 2009/142/EG | Europäisches Gesetz, welches für das Inverkehrbringen sowie die Inbetriebnahme von Geräten und Ausrüstungen gilt, die gasförmige Brennstoffe umwandeln [9] |

Festlegungen für die Anlagenausführung

- | | |
|------------------------|---|
| EN 12952-8; EN 12953-7 | Norm, welche die technische Ausführung von Gasfeuerung und Ölfeuerungen fest legt [2] [3] |
|------------------------|---|

EN 746	Norm mit Festlegungen zur Ausführung von industriellen Thermoprozessanlagen [10]
DVGW Arbeitsblatt G 497	Verdichteranlagen [11]
VD-TÜV AM 451-97/3	Sicherheitstechnische Anforderungen an kombinierte Gasturbinen- und Dampfkesselanlagen bei Gasfeuerungen [12]

Festlegung zur Produktausführung

EN ISO 23553-1	Norm mit Festlegungen für Sicherheits-, Regel- und Steuereinrichtungen für Ölbrenner und Öl verbrennende Geräte [4]
EN 161	Automatische Absperrventile für Gasgeräte (Drücke bis 5 bar) [5]
EN 16678	Sicherheits- und Regeleinrichtungen für Gasbrenner und Gasbrennstoffgeräte – Automatische Absperrventile für einen Betriebsdruck über 5 bar bis einschließlich 63 bar [6]
EN 14382	Sicherheitseinrichtungen für Gas-Druckregelanlagen und –einrichtungen – Gas-Sicherheitsabsperreinrichtungen für Betriebsdrücke bis 100 bar [13]

Vorschriften für besondere Anforderungen

ATEX 2014/34/EU	Europäisches Gesetz, welches die Ausführungsrichtlinien beinhaltet für Produkte, die in explosiven Bereichen eingesetzt werden [14]
DIN EN IEC 61508/61511	Internationale Norm mit Festlegungen zur Einstufung der funktionalen Sicherheit von Geräten [15]
DIN EN ISO 10497 (Fire Safe)	Richtlinien zur Festlegung der Funktionsanforderung an Armaturen, die auch noch unter starker Feuereinwirkung gewährleistet sein müssen [16]
TA-Luft/VDI 2440/EN 15848	Regelung, welche Leckagemenge an Armaturen maximal in die Atmosphäre emittiert werden darf, z. B. durch eine Undichtigkeit am Spindeldichtsystem [17]

Vorschriften für den Betrieb von Anlagen

EN 12952-7; Anhang C	Wasserrohrkessel und Anlagenkomponenten, Teil 7: Anforderungen an die Ausrüstung für den Kessel, Anhang C: C2 Wartung und Instandhaltung [18]
DVGW Arbeitsblatt G 495	Gasanlagen - Betrieb und Instandhaltung [19]
DIN EN IEC 61508/61511	Internationale Norm mit Festlegungen zur Einstufung der funktionalen Sicherheit von Geräten [15]

Gemäß den geltenden Vorschriften und Normen müssen die eingesetzten Geräte und Absperr- bzw. Regelarmaturen ihre Eignung und Verlässlichkeit in umfangreichen, intensiven Tests im Zuge einer Baumusterprüfung nachweisen. Die entsprechende Belegung erfolgt anhand von Baumusterprüfzertifikaten über unabhängige benannte Stellen, bei zertifizierten Absperr- und Regelarmaturen nach dem Sicherheits-Integritätslevel mit dem SIL-Zertifikat.

3. Neue automatische Dichtheitskontrolle für Öl-Schnellschlussventil-Kombinationen

In der EN 12952-8 [2] werden in Kapitel 4.4. u. a. die Anforderungen an die Sicherheits-Absperrereinrichtung vor jedem Brenner klar definiert. Gemäß dieser Norm ist es zwingend erforderlich, dass an jeder Schnellschlusseinrichtung im eingebauten Zustand eine Dichtheitsprüfung in regelmäßigen Zeitintervallen möglich sein muss.

Die meisten Anlagenbetreiber, die ihre Feuerungsanlagen (bzw. -einrichtungen) auf einem hochmodernen Niveau ausgerüstet haben, führen diese Dichtheitskontrollen i. d. R. nach dem Abschalten der Brenner automatisiert durch.

Bei der Betrachtung von Anlagen mit gasförmigen Brennstoffen lässt sich diese Anforderung durch diverse bereits bewährte Ausrüstungselemente bewerkstelligen. Für flüssige Brennstoffe hingegen waren entsprechende Ausrüstungselemente bisher noch nicht verfügbar.

Die Forderung nach automatischen Dichtheitskontrolleinrichtungen (DKE) für flüssige Brennstoffe ist in den letzten Jahren von Sachverständigen bzw. Anlagenbetreibern intensiviert worden.

Als erfahrener Hersteller von hochwertigen Sicherheitsabsperreinrichtungen hat sich KÜHME dieser technischen Herausforderung gestellt und eine neue automatische DKE speziell für flüssige Medien entwickelt (Abbildung 2). Bereits Ende 2015 wurde die erste neue Anlage mit der KÜHME DKE für ein hochmodernes Kohlekraftwerk in Polen geliefert. Die Anlage enthält über 24

Brenner, die mit Heizöl EL betrieben werden. Alle eingebauten Sicherheits-Schnellschlussventil-Kombinationen wurden mit einer automatischen DKE ausgerüstet. Die KÜHME DKE wurde speziell so konzipiert, dass sie besonders einfach und problemlos bei bestehenden Anlagen nachgerüstet werden kann. Damit besteht hier die Möglichkeit für Betreiber, ihre Anlagen noch sicherer und zuverlässiger zu machen [2] [4].



Abb. 2:
Automatische Dichtheitskontrolle für flüssige Brennstoffe an einer Schnellschlussventil-Kombination
(Quelle: KÜHME Armaturen GmbH)

4. Innovative Hybridarmatur in Brennerarmaturen-Stationen

Bei der Planung und Erstellung von Energieerzeugungsanlagen hat man früher mit Schnellschlussventilen und mit separaten Regelventilen für die Mengenregelung sowie die Druckregelung geplant (Abbildung 3), da man davon ausging, dass sich schnell schließende Ventile (Schließzeit von < 1 Sekunde) und Regelventile mit einer Stellzeit von mindestens fünf Sekunden niemals miteinander kombinieren lassen (Abbildung 5). Im Laufe der Zeit sind aber durch Umweltauflagen und auch aus Platz- und Kostengründen Anforderungen entstanden, die Anlagenplaner und Armaturenhersteller zum Umdenken gebracht haben.

Um diesbezüglich eine gesteigerte Kompaktheit und Übersichtlichkeit in den Anlagen zu erzielen, sind zwei Ventiltechnologien intelligent neu kombiniert worden. Die Schnellschlussventil-Technologie mit einer Schließzeit von kleiner 1 Sekunde sowie die Regelventil-Technologie mit einer selektiv regelbaren Stellzeit und Ventilposition, boten sich hierzu an. Mit der Kombination der beiden Einzelfunktionen ist es möglich, eine Armatur einzusparen und damit die Kompaktheit und Übersichtlichkeit deutlich zu verbessern. Diese neuartige Armaturenart wird als Hybrid-Armatur bezeichnet (Hybrid = System, bei welchem zwei Technologien miteinander kombiniert werden, Abbildung 4 und 6). Die Einsatzvoraussetzung für diese neue Bauart ist eine entsprechende Bauteilprüfung auf der Grundlage der maßgeblichen Gesetzes-, Vorschrifts- und Regelwerksebene, sowohl für flüssige als auch für gasförmige Brennstoffe, welche durchgeführt, bestanden und zertifiziert wurde [4] [20].

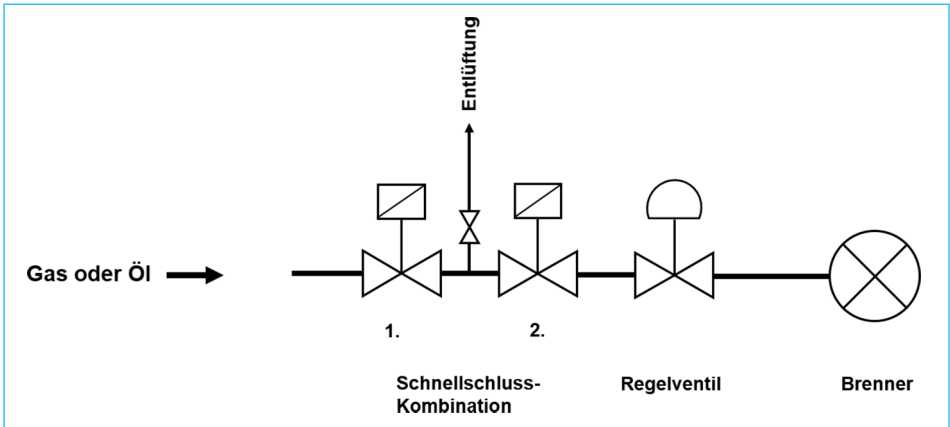


Abb. 3: Konventionelle Armaturenordnung
(Quelle: KÜHME Armaturen GmbH)

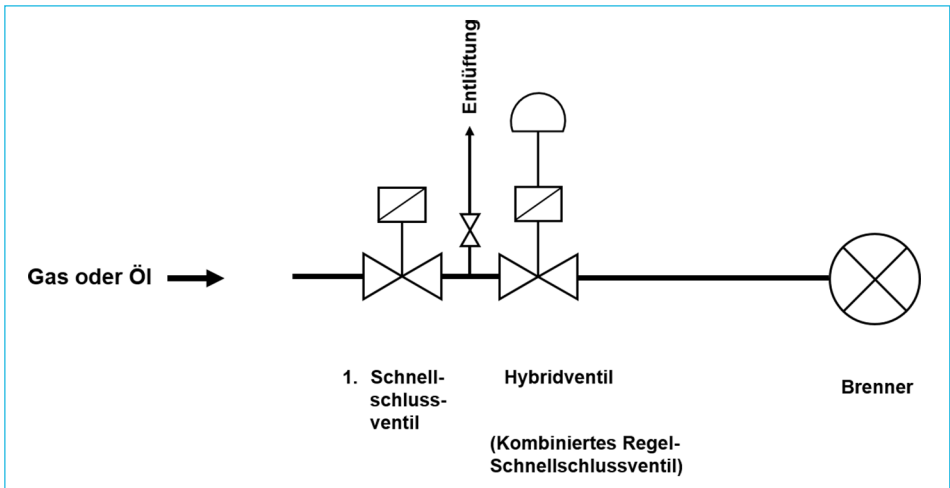


Abb. 4: Neue moderne Armaturenordnung
(Quelle: KÜHME Armaturen GmbH)

Vorteile der Hybridarmatur:

- Verringerung der Gesamtbaulänge der Armaturenstation
- Einsparung von Ersatzteilen
- Revisionsarbeiten nur noch für eine Armatur
- Höhere Verfügbarkeit der Anlage
- Bei Neuanschaffung Kostenersparnis
- Regelkegel und Regelcharakteristik auf Kundenanforderung genauestens ausgelegt/ausgeführt (keine vorgegebenen Kv-Wert-Sprünge bei der Regelkegelauswahl)

- Zwei Funktionen in einem Ventil
- Umrüstung einer Altanlage ist immer möglich

Das Hybridventil ist auch optimal für das Upgraden von bestehenden Anlagen geeignet. Bei einer Umrüstung in Bestandsanlagen wird eine der beiden Schnellschlussventile in der Doppelabsperrung (Abbildungen 7 und 8) gegen das neue Hybridventil ausgetauscht. Dadurch kann jeder einzelne Brenner einer bestehenden Anlage individuell geregelt werden. Die Performance der Anlage wird deutlich verbessert [2] [3] [4] [5] [6].



Abb. 5:
Öl-Kombination mit Hybridventil in
einer Brennerstation
(Quelle: KÜHME Armaturen GmbH)



Abb. 6: Gas-Hybridventile
(Quelle: KÜHME Armaturen GmbH)



Abb. 7:
Öl-Brenner-Armaturenstation mit Hy-
brid-Armatur
(Quelle: KÜHME Armaturen GmbH)



Abb. 8:
Gas-Brenner-Armaturenstation mit Hybrid-Armatur
(Quelle: KÜHME Armaturen GmbH)

5. Die gezielte Überholung und Modernisierung der Armatur im Herstellerwerk

Die Wartung bzw. Generalüberholung von Sicherheitsabsperreinrichtungen im Herstellerwerk bietet mehr Alternativen als die Wartung vor Ort in der Anlage. Armaturen, die sich bereits viele Jahre bewährt haben, werden durch die Generalüberholung in einen Neuzustand versetzt. Der Preisvorteil gegenüber Neu-Armaturen ist beachtlich. Die Kosten für die Generalüberholung betragen je nach Armaturentyp, Nennweite und Nenndruck nur 35 % bis 50 % des Neupreises. Da die alten Armaturen nicht entsorgt werden müssen, entstehen weitere Kosteneinsparungen. Im Sinne eines aktiven Umweltbewusstseins werden durch das Armaturenrecycling die natürlichen Ressourcen geschont. Im Herstellerwerk besteht die Möglichkeit, die Sicherheitsabsperreinrichtung so nachzurüsten, damit sie mit den gültigen Baumusterprüfungen übereinstimmt. Alle eingeschickten Armaturen durchlaufen alle Fertigungs- und Prüfstationen im Werk wie neu gefertigte Armaturen, sodass dem Kunden nach der Überholung eine neuwertige Armatur zurückgeschickt wird [2] [15] [18] [19].

Der Umfang der Arbeiten beinhaltet das Folgende: Die angelieferten Armaturen werden einer umfassenden Eingangskontrolle unterzogen. Nach der Demontage werden alle Bauteile durch schonendes Sandstrahlen der Oberfläche gereinigt und auf Verschleiß und sonstige Schäden untersucht. Grundsätzlich erneuert werden alle Dichtelemente, Edelstahl-Faltenbälge, Führungsbuchsen, Schließfedern, Magnetventile, Endschalter sowie andere Zubehörteile. Die Ventilsitze werden neu eingeschliffen, Ventilspindeln rolliert oder geschliffen und nicht reparierbare Teile ausgetauscht. Die Armaturen werden montiert und auf dem Prüfstand auf Funktion und Dichtheit geprüft. Nach der Neulackierung werden die Zubehörteile und neue Typenschilder mit einer gültigen Zulassungsnummer angebaut. Es folgt die letzte Qualitätskontrolle und die Freigabe zum Versand. Die Generalüberholung im Herstellerwerk beinhaltet

eine Garantie. Das bedeutet für den Betreiber, dass eine Anlage immer dem letzten technischen Stand entspricht.

Nachfolgend sind einige Aufnahmen solcher Armaturen aufgeführt (Abbildungen 9 bis 12).



Abb. 9: Gas-Sicherheitsabsperreinrichtung: Vorher – Nachher
(Quelle: KÜHME Armaturen GmbH)



Abb. 10: Öl-Sicherheitsabsperreinrichtung Vorher – Nachher
(Quelle: KÜHME Armaturen GmbH)



Abb. 11: Koksgas-Sicherheitsabsperreinrichtung Vorher – Nachher
(Quelle: KÜHME Armaturen GmbH)



Abb. 12: Gichtgas-Sicherheitsabsperreinrichtung Vorher – Nachher
(Quelle: KÜHME Armaturen GmbH)

6. Fazit und Zusammenfassung

Mit den oben geschilderten Praxisbeispielen wird deutlich, dass innovative Lösungen in den Bereichen Upgrade, Nachrüstung und Wartung von Sicherheitsabsperreinrichtungen für den Betrieb von bestehenden Anlagen unerlässlich sind.

Diese Maßnahmen sind entscheidend für:

- die Steigerung der Flexibilität beim schnelleren An- und Abfahren der Anlage sowie bei der Änderung des Brennstoffbandes,
- die Erhöhung der Anlagenverfügbarkeit, da die wichtigen Sicherheits-Schnellschluss-Systeme in einen Neuzustand gebracht werden und
- die Erfüllung der gültigen gesetzlichen Anlagen und Regelwerke, da die bestehenden Armaturen entsprechend aufgewertet werden (SIL, ATEX, EN-Normen, ISO 15848) [14] [2] [3] [4] [5] [6] [10] [13] [15] [16] [18] [20] [17].

Berechnungen von durchgeführten Modernisierungen zeigen, dass sich diese Maßnahmen in kürzester Zeit – nach bis zu zwei Jahren – amortisieren.

7. Quellen

- [1] Wiesner, Thomas; Mönning, Wolfgang: Armaturen in Wärmekraftwerken. Essen: Vulkan Verlag, 2011.
- [2] EN 12952-8:2002. Wasserrohrkessel und Anlagenkomponenten, Teil 8: Anforderungen an Feuerungsanlagen für flüssige und gasförmige Brennstoffe für den Kessel. Europäische Norm, 08/2002.
- [3] EN 12953-7:2002. Großwasserraumkessel, Teil 7: Anforderungen an Feuerungsanlagen für flüssige und gasförmige Brennstoffe für den Kessel. Europäische Norm, 07/2002.
- [4] EN ISO 23553-1:2014. Sicherheits-, Regel- und Steuereinrichtungen für Ölbrenner und Öl verbrennende Geräte – Spezielle Anforderungen – Teil 1: Automatische und halbautomatische Ventile. Europäische Norm, 01/2014.
- [5] EN 161:2013. Automatische Absperrventile für Gasbrenner und Gasgeräte (Drücke bis 5 bar). Europäische Norm, 02/2013.
- [6] Entwurf EN 16678:2013. Sicherheits- und Regeleinrichtungen für Gasbrenner und Gasbrennstoffgeräte – Automatische Absperrventile für einen Betriebsdruck über 500 kPa bis einschließlich 6.300 kPa. Europäische Norm, 2013. Vorgesehen als Ersatz für DIN 3394-1:2004-05. Automatische Stellgeräte - Teil 1: Stellgeräte zum Sichern, Abblasen und Regeln für Drücke über 4 bar bis 16 bar. Europäische Norm, 05/2004.
- [7] Maschinenrichtlinie 2006/42/EG. Europäisches Gesetz, welches in nationale Gesetze umgesetzt wurde zur Festlegung von Anforderungen an Maschinen, die innerhalb Europas in Verkehr gebracht werden. Europäische Richtlinie, 05/2006.
- [8] Druckgeräte Richtlinie 97/23/EC (1997). Richtlinie des Europäischen Parlaments und Rates zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedsstaaten über Druckgeräte. Europäische Richtlinie, 05/1997.
- [9] Gasgeräte Richtlinie 2009/142/EG. Richtlinie des Europäischen Parlaments und Rates über Gasverbrauchseinrichtungen. Europäische Richtlinie, 11/2009.
- [10] EN 746:2010. Industrielle Thermoprozessanlagen, Teil 2: Sicherheitsanforderungen an Feuerungen und Brennstoffführungssysteme. Europäische Richtlinie, 08/2010.
- [11] Arbeitsblatt G 497. Verdichteranlagen, Technische Regel, DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V., 01/2008.
- [12] VD-TÜV Merkblatt 451-97/3, 06/97. Sicherheitstechnische Anforderungen an kombinierte Gasturbinen- und Dampfkesselanlagen bei Gasfeuerungen – Ausrüstung. VD-TÜV Merkblatt, 06/1997.
- [13] EN 14382:2009. Sicherheitseinrichtungen für Gas-Druckregelanlagen und -einrichtungen – Gas-Sicherheitsabsperreinrichtungen für Betriebsdrücke bis 100 bar. Europäische Norm, 07/2009.
- [14] ATEX 2014/34/EU. Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten für Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen (ATEX-Richtlinie, Maschinenrichtlinie). Europäische Richtlinie, 02/2014.
- [15] DIN EN 61508:2010. Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektronischer Systeme – Teil 1: Allgemeine Anforderungen (IEC 61508-1:2010). Europäische Norm. 02/2011.
- [16] DIN EN ISO 10497:2010. Prüfung von Armaturen - Anforderungen an die Typprüfung auf Feuersicherheit (API American Petroleum Institut – API 607 = ISO 10497). Europäische Norm. 06/2010.
- [17] Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (2002). Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft) vom 24. Juli 2002, GMBL. S. 511, Absatz 5.2.6.4, 07/2002. In Verbindung mit: VDI 2440:2000-11. Emissionsminderung - Mine-

ralölraffinerien, Abschnitt 3.3.1.3. Technische Regel VDI. 11/2000. DIN EN ISO15848-1:2015-11; Industriearmaturen - Mess-, Prüf- und Qualifikationsverfahren für flüchtige Emissionen - Teil 1: Klassifizierungssystem und Qualifikationsverfahren für die Bauartprüfung von Armaturen. Europäische Norm, 11/2015

- [18] EN 12952-7:2010. Wasserrohrkessel und Anlagenkomponenten, Teil 7: Anforderungen an die Ausrüstung für den Kessel, Anhang C: C2 Wartung und Instandhaltung. Europäische Norm. 06/2010.
- [19] Arbeitsblatt G 495. Gasanlagen – Betrieb und Instandhaltung. Technische Regel, DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V., 11/2015.
- [20] DIN EN 334:2009. Gas-Druckregelgeräte für Eingangsdrücke bis 100 bar. Europäische Norm. 07/2009.