

## VGB-Standard

# Speisewasser-, Kesselwasser- und Dampfqualität für Kraftwerke / Industriekraftwerke

VGB-S-010-T-00;2011-12.DE

Dritte Ausgabe 2011

(vormals VGB-R 450 L)

Herausgegeben vom  
VGB PowerTech e.V.

Zu beziehen bei:

VGB PowerTech Service GmbH

Verlag technisch-wissenschaftlicher Schriften

Postfach 10 39 32, 45039 Essen

Tel. +49 201 8128-200

Fax +49 201 8128-329

E-Mail: [mark@vgb.org](mailto:mark@vgb.org)

ISBN 978-3-86875-371-4



Jegliche Wiedergabe ist nur mit vorheriger Genehmigung des VGB gestattet.

[www.vgb.org](http://www.vgb.org)



### **Urheberrechtsvermerk**

*VGB-Standards, hier im Weiteren als „Werk“ bezeichnet und alle in diesem Werk enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt.*

*Der Begriff „Werk“ umfasst dabei sowohl diese Datei als PDF-Datei als auch die Inhalte. Der Urheberrechtsschutz umfasst das Werk als Ganzes als auch Teile bzw. Ausschnitte.*

*Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechts ist ohne schriftliche Genehmigung des VGB PowerTech e.V. unzulässig und strafbar. Dies gilt auch für herkömmliche Vervielfältigungen (darunter Fotokopien, Nachdruck), Übersetzungen, Mikroverfilmungen, jegliche Form von Digitalisierung, die Aufnahme in elektronische Datenbanken oder automatisierte Dateisysteme und Internet-Sites sowie für Vervielfältigungen auf CD-ROM oder andere digitale Medien, so auch das Einstellen des Datenträgers bzw. seiner Inhalte in Netzwerke und das Kopieren auf Festplatten und einer damit verbundenen Vervielfältigung.*

*Die Weitergabe dieses Dokumentes sowie von Ausdrucken oder Kopien oder auch Teilen dieses Werkes an Dritte ist nicht gestattet.*

### **Haftungsausschluss**

*VGB-Standards beinhalten Erfahrungen und Empfehlungen des VGB PowerTech e.V. und seiner Gremien, die den Wissensstand zum Veröffentlichungszeitpunkt wiedergeben. Sie besitzen grundsätzlich keinen Anspruch auf Vollständigkeit, da nicht auf alle Details eingegangen werden kann und kontinuierliche Entwicklungen erfolgen. VGB-Standards können verwendet werden, um zwischen Besteller und Lieferant eindeutige Festlegungen zu treffen. Die Verantwortung für die Verwendung von VGB-Standards liegt immer bei den Nutzern. Haftungsansprüche gegenüber den Autoren oder gegenüber VGB PowerTech e.V. sind grundsätzlich ausgeschlossen.*

## Vorwort zur Ausgabe 2011

VGB PowerTech präsentiert hiermit einen überarbeiteten europäischen VGB-Standard für Speisewasser-, Kesselwasser- und Dampfqualität für Kraftwerke / Industriekraftwerke. Dieser neue VGB-Standard ersetzt die frühere "VGB-Richtlinie für Speisewasser-, Kesselwasser- und Dampfqualität für Kraftwerke / Industriekraftwerke", Ausgabe April 2006.

Der vorliegende VGB-Standard stellt die Summe der gesammelten Erfahrungen aus der Kraftwerkschemie dar und ist die Arbeit einer VGB Projektgruppe unter dem Technischen Ausschuss Chemie.

An der Erarbeitung und Neufassung dieses VGB-Standards waren

- Karol Daucik, DONG Energy Power, DK
- Dr. Hans-Jürgen Krabbe, RWE Power
- Dr. Frank Udo Leidich, Alstom Power Systems
- Armin Maier, TÜV Süd
- Prof. Dr. Herwig Maier, EnBW Kraftwerke AG
- Adelja Markert, Vattenfall Europe Generation
- Siegfried Neuhaus, E.ON New Build and Technology
- Karen Opolka, Vattenfall Europe Generation
- Dr. Dittmar Rutschow, VGB PowerTech e.V.
- Michael Rziha, Siemens AG
- Hans-Günter Seipp
- Erik Flemming Smitshuysen, DONG Energy Power, DK
- Dr. Anke Söllner, Siemens AG
- Dr. Karsten Normann Thomsen, Vattenfall A/S Thermal Engineering, DK
- Thomas Vogt, TÜV Süd
- Dr. Andreas Wecker, VGB PowerTech e.V.

beteiligt. Ihnen sowie allen Mitarbeitern, die an der Revision dieses VGB-Standards aktiv mitgearbeitet haben, gilt unser besonderer Dank. Die VGB-Geschäftsstelle nimmt ergänzende Informationen und Verbesserungsvorschläge für spätere Ausgaben dieses VGB-Standards gern entgegen.

Dieser VGB-Standard deckt alle Druckbereiche ab, die bei Kesseln zur Erzeugung von Wärme, Dampf und/oder Elektrizität anstehen. Im Allgemeinen betrachtet der VGB-Standard sowohl den Dauer-/Volllastbetrieb jener Kessel wie auch deren Anfahrbetrieb. Das Konzept der Aktionsschwellenwerte („action levels“) ermöglicht eine flexible Betrachtung, um die Anforderungen der im Wasser-Dampf-Kreislauf verwendeten Materialien mit ökonomischen Belangen zu verbinden.

Der VGB-Standard gibt keine absoluten Grenzwerte von chemischen Parametern vor, sondern zeigt zulässige Betriebsbereiche auf, in deren Rahmen eine minimale Korrosion innerhalb des Wasser-Dampf-Kreislaufes und damit eine optimale Lebensdauer der Anlage erreicht werden.

Essen, im Dezember 2011

VGB PowerTech e.V.

## Vorwort zur Ausgabe 2006

EPPSA, FDBR und VGB PowerTech präsentieren hiermit eine europäische **Richtlinie für Speisewasser-, Kesselwasser- und Dampfqualität für Kraftwerke / Industriekraftwerke**. Diese neue Richtlinie ersetzt die frühere "VGB-Richtlinie für Kessel-Speisewasser, Kesselwasser und Dampf von Dampferzeugern über 68 bar zulässigem Betriebsüberdruck", Ausgabe Oktober 1988.

Die vorliegende Richtlinie ist die Arbeit eines gemeinschaftlichen europäischen Fachausschusses mit Vertretern von EPPSA, FDBR und VGB aus den meisten EG-Ländern. Die Fachausschüsse dieser Organisationen haben diskutiert und sich auf diese Richtlinie geeinigt. An der Erarbeitung und Neufassung dieser Richtlinie waren

- P. Colman, ESB
- K. Daucik, Elsam Engineering
- M. de Wispelaere, Laborelec
- D. Foussat, Alstom Power Boilers
- C. Fraikin, C.M.I. Utility Boilers
- B. Hausmann, FDBR
- M. Herberg, Alstom Power Boiler
- L. Höhenberger, TÜV Süddeutschland
- B. Hughes, px limited Teesside Power Station
- Dr. S. Kemppinen, Foster Wheeler Energia
- T. Ruohola, Kvaerner Power
- Dr. U. Staudt, VGB PowerTech
- Dr. R. Svoboda, Alstom Power
- U. Teutenberg, Babcock Hitachi Europe
- Dr. R. Truppat, VGB PowerTech
- Dr. U. Vogt, TÜV Süddeutschland
- R. Wulff, Siemens Power Generation

beteiligt. Ihnen sowie allen Mitarbeitern, die an der Revision dieser Richtlinie aktiv mitgearbeitet haben, gilt unser besonderer Dank.

Die VGB-Geschäftsstelle nimmt ergänzende Informationen und Verbesserungsvorschläge für spätere Ausgaben dieser Richtlinie gern entgegen.

Es sei angemerkt, dass diese Richtlinie alle Druckbereiche abdeckt, die bei Kesseln zur Erzeugung von Wärme, Dampf und/oder Elektrizität anstehen. Im Allgemeinen betrachtet die Richtlinie sowohl den Dauer-/Volllastbetrieb jener Kessel wie auch die Inbetriebnahme. Dabei werden zum ersten Mal „action levels“ angewandt. Dieses

Konzept ermöglicht eine flexible Betrachtung, um die Anforderungen der im Wasser-Dampf-Kreislauf verwendeten Materialien mit ökonomischen Belangen zu verbinden.

Es sei darauf hingewiesen, dass diese Richtlinie keine absoluten Grenzwerte von chemischen Parametern liefert, sondern bevorzugt realistische Anwendungsfelder von zulässigen Betriebsbereichen aufzeigt, im Hinblick auf eine minimale Korrosion innerhalb des Wasser-Dampf-Kreislaufes und damit eine optimale Lebensdauer der Anlage zu erreichen. Anlagenspezifische Zugeständnisse zu verschiedenen Parametern mögen diese Richtlinie ergänzen.

Benutzen Sie ***cum grano salis*** als auch ***respice finem!***

*mit einem Körnchen Salz*

*bedenke das Ende!*

Essen, im April 2006

VGB PowerTech e.V.

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Vorbemerkungen, Geltungsbereich .....</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>Definitionen und Abkürzungen.....</b>	<b>12</b>
<b>3</b>	<b>Wasser-Dampf-Kreislaufsystem.....</b>	<b>15</b>
3.1	Speisewasser / Speisewassersystem .....	16
3.2	Dampferzeuger / Kesselwassersystem.....	17
3.3	Turbine / Dampfsystem.....	19
3.3.1	Gegendruckturbinen .....	20
3.4	Kondensat / Kondensationssystem.....	20
3.4.1	Nebenkondensate.....	20
3.4.2	Rückgeführtes Betriebskondensat.....	21
<b>4</b>	<b>Kesseltypen, Werkstoffe und Wasserchemie.....</b>	<b>21</b>
4.1	Kesseltypen .....	21
4.1.1	Wasserrohrkessel .....	22
4.1.1.1	Durchlaufkessel .....	22
4.1.1.2	Umlaufkessel (Trommelkessel).....	22
4.1.1.3	Abhitzekeessel.....	22
4.1.2	Großwasserraumkessel / Flammrohrkessel (Hilfs- oder Anfahrkessel) ....	23
4.1.3	Abgaskessel, Prozessgaskühler und Dampferzeuger von solarthermischen Anlagen .....	23
4.2	Werkstoffe .....	23
4.2.1	Eisenwerkstoffe .....	23
4.2.2	Nichteisenmetalle .....	24
4.2.2.1	Kupferlegierungen .....	24
4.2.2.2	Aluminiumlegierungen .....	25
4.2.2.3	Titan.....	25
4.2.2.4	Sonderlegierungen .....	25
4.3	Physikochemische Prozesse .....	25
4.3.1	Grundlagen der Werkstoffbeständigkeit.....	26
4.3.2	Ablagerungen .....	27
4.3.2.1	Ablagerungen aus dem Wasser.....	27
4.3.2.2	Ablagerungen aus dem Dampf .....	28
4.3.3	Korrosion im Wasser-Dampf-Kreislauf.....	31
4.4	Physikochemische Prozesse an Bauteilen .....	32
4.4.1	Dampferzeuger .....	32
4.4.1.1	Erosionskorrosion / Spannungsrisskorrosion im Austrittssammlerzulauf..	32
4.4.1.2	Hide-out / Negativer Hide-out .....	32
4.4.1.3	Flüchtige Alkalisierung / Verteilungsgleichgewicht.....	33
4.4.1.4	Wasserabscheidung in Kesseltrommeln.....	33

4.4.1.5	Wassereinspritzung zur Temperaturregelung.....	34
4.4.1.6	Überhitzer .....	35
4.4.2	Dampfturbine .....	35
4.4.2.1	Turbineneintrittsventile.....	36
4.4.2.2	Turbinenregelräder .....	36
4.4.2.3	Turbinenlaufschaufeln im Bereich erster Kondensation.....	36
4.4.2.4	ND-Laufschaufel-Fußbereich / Schaufeleinhängungen im Rotor.....	37
4.4.2.5	ND-Turbinen-Leitschaufelträger.....	37
4.4.2.6	Anzapf-/Entnahmeleitungen .....	37
4.4.3	Turbinenkondensatoren.....	38
4.4.3.1	Oberflächenkondensatoren (Berohrung dampfseitig) .....	38
4.4.3.2	Luftkondensatoren .....	38
4.4.4	Kondensatreinigungsanlage (KRA).....	39
4.4.5	ND- und HD-Vorwärmer heizdampfseitig.....	40
4.4.6	Speisewasserbehälter .....	40
<b>5</b>	<b>Behandlung von Wasser-Dampf-Kreisläufen .....</b>	<b>41</b>
5.1	Reinigung .....	41
5.1.1	Zusatzwasseraufbereitung.....	41
5.1.2	Kondensatreinigung.....	41
5.1.3	Absalzung.....	42
5.1.3.1	Absalzung bei Umlaufkesseln und Großwasserraumkesseln .....	42
5.1.3.2	Absalzung bei Durchlaufkesseln.....	42
5.1.3.3	Absalzung bei Wärmeaustauschern .....	43
5.2	Entgasung und Sauerstoffentfernung .....	43
5.2.1	Entgasung .....	43
5.2.2	Sauerstoffentfernung .....	44
5.3	Konditionierung.....	44
5.3.1	Speisewasserkonditionierung .....	44
5.3.1.1	Speisewasserkonditionierung mit flüchtigen Alkalisierungsmitteln (AVT) .....	44
5.3.1.2	Speisewasserkonditionierung nur mit Sauerstoff (Neutralfahrweise).....	46
5.3.1.3	Speisewasserkonditionierung mit Alkalisierungs- und Oxidationsmitteln (OT) .....	46
5.3.1.4	Kesselwasserkonditionierung .....	47
5.3.1.5	Alkalische oder Phosphat-Konditionierung (Feststoffalkalisierung) .....	49
5.3.1.6	Konditionierung ausschließlich mit flüchtigen Alkalisierungsmitteln.....	50
5.3.1.7	Organische Konditionierungsmittel .....	52
<b>6</b>	<b>Chemische Spezifikation .....</b>	<b>54</b>
6.1	Aktionsschwellenwerte-Kontrollsystem (action levels).....	54
6.2	Betrieb mit salzfreiem Speisewasser.....	57
6.2.1	Anforderungen an Speisewasser für Durchlaufkessel .....	57
6.2.2	Anforderungen an Speisewasser für Umlaufkessel .....	59
6.2.3	Anforderungen an Kesselwasser für Umlaufkessel .....	61
6.2.4	Anforderungen an Dampf für Kondensationsturbinen.....	67

6.3	Betrieb mit salzhaltigem Speisewasser .....	68
6.3.1	Allgemeines .....	68
6.3.2	Zusatzwasser / zu berücksichtigende Wasserparameter.....	68
6.3.3	Rückführkondensate.....	68
<b>7</b>	<b>Chemische Parameter und deren Bedeutung im Wasser-Dampf-Kreislauf .....</b>	<b>75</b>
7.1	pH-Wert, Alkalinität .....	75
7.1.1	pH-Wert .....	75
7.1.2	Alkalinität (Säurebindungsvermögen) .....	76
7.2	Leitfähigkeit .....	77
7.3	Sauerstoff .....	79
7.4	Härte (Summe der Erdalkalien) .....	79
7.5	Phosphate .....	79
7.6	Kieselsäure.....	79
7.7	Eisen und Kupfer .....	80
7.8	Natrium .....	80
7.9	Kohlenstoffdioxid .....	81
7.10	Organische Substanzen .....	82
<b>8</b>	<b>Analytische Kontrolle des Betriebs .....</b>	<b>82</b>
8.1	Wasser- und Dampfprobenahme.....	82
8.2	Probenahmen und Parameter.....	83
8.3	Qualitätskontrolle der Messungen .....	91
8.4	Erläuterung zur optimalen Betriebsweise – Definition des N-Normalbetriebswertes .....	92
8.5	Überwachung und Berichterstattung.....	96
<b>9</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>98</b>
9.1	Innere Reinigung und Konservierung .....	98
9.1.1	Innere Reinigung .....	98
9.1.2	Konservierung.....	98
9.2	Betrieb oberhalb der Aktionsschwelle 3.....	99
9.3	Abschreckende Beispiele .....	100
9.4	Statistische Vorgehensweise .....	103
9.4.1	Bestimmung des N-Normalbetriebswertes .....	104
9.4.2	Das Kasten-Diagramm .....	107
9.4.3	Datenmodellierung.....	107
9.4.4	Überprüfung zweier berechneter Verteilungen .....	109
<b>10</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>114</b>
10.1	Mitgeltende VGB-Standards, Richtlinien und Merkblätter.....	114
10.2	Mitgeltende Normen .....	114
10.3	Literatur .....	115