

vgbe-Standard

# Speisewasser-, Kesselwasser und Dampfqualität für Kraftwerke/Industriekraftwerke

VGBE-S-010-00-2023-08-DE  
(vormals VGB-S-010-T-00;2011-12.DE)



# vgbe-Standard

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

VGBE-S-010-00-2023-08-DE  
(vormals VGB-S-010-T-00;2011-12.DE)

Herausgeber:  
vgbe energy e.V.

Verlag:  
vgbe energy service GmbH  
Verlag technisch-wissenschaftlicher Schriften  
Deilbachtal 173 | 45257 Essen

Tel.: +49 201 8128-200  
E-Mail: [sales-media@vgbe.energy](mailto:sales-media@vgbe.energy)

ISBN 978-3-96284-327-4 (Print, Deutsch)  
ISBN 978-3-96284-328-1 (E-Book, Deutsch)  
ISBN 978-3-96284-329-8 (Print, Englisch)  
ISBN 978-3-96284-330-4 (E-Book, Englisch)

Alle Rechte vorbehalten, vgbe energy.

[www.vgbe.energy](http://www.vgbe.energy) | [www.vgbe.services](http://www.vgbe.services)

### **Urheberrechtsvermerk**

*vgbe-Standards, hier im Weiteren als „Werk“ bezeichnet, und sämtliche im Werk enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Es liegt in der alleinigen Zuständigkeit von vgbe energy, die Nutzungsrechte wahrzunehmen.*

*Der Begriff „Werk“ umfasst die vorliegende Publikation sowohl in gedruckter als auch in digitaler Form. Der Urheberrechtsschutz umfasst dieses Werk als Ganzes als auch Teile bzw. Ausschnitte.*

*Jede Nutzung außerhalb der Grenzen des Urheberrechts ist ohne schriftliche Genehmigung des vgbe energy unzulässig. Dies gilt für jede Form von Vervielfältigung, Übersetzung, Digitalisierung sowie Veränderung.*

### **Haftungsausschluss**

*vgbe-Standards sind Empfehlungen, deren Anwendung freigestellt ist. Sie berücksichtigen den zum Zeitpunkt der jeweiligen Ausgabe herrschenden bekannten Stand der Technik. Sie erheben jedoch keinen Anspruch auf Vollständigkeit und Richtigkeit.*

*Die Anwendung erfolgt auf eigene Verantwortung und auf eigene Gefahr.*

*vgbe energy e.V. schließt insoweit jegliche Haftung aus.*

*Die deutschsprachige Version dieses vgbe-Standards ist für Übersetzungen die maßgebliche Referenzausgabe.*

### **Hinweis zur Behandlung von Änderungsvorschlägen**

*Änderungsvorschläge können an die E-Mail-Adresse **vgbe-standard@vgbe.energy** gesendet werden. Zur eindeutigen Zuordnung des Inhalts sollte die Betreffzeile die Kurzbezeichnung des betreffenden Dokuments enthalten.*

*Anmerkung: Grundsätzlich wird in deutschsprachigen Texten als Dezimaltrennzeichen das „Kommazeichen“ verwendet mit dem „Punkt“ als Tausendertrennzeichen. In Grafiken mit Ursprung aus dem englischsprachigen Raum kann das Zeichen „Punkt“ als Dezimaltrennzeichen verwendet sein mit dem „Kommazeichen“ als Tausendertrennzeichen.*

## Vorwort

vgbe energy e.V. legt hiermit eine überarbeitete Fassung des vorherigen VGB-Standards VGB-S-010 für Speisewasser-, Kesselwasser- und Dampfqualität für Kraftwerke/Industriekraftwerke vor. Er ersetzt die bisherige Ausgabe 2011.

Der Standard fasst die neuesten und aktuellsten Erfahrungen aus der Wasser-Dampf-Chemie weltweit zusammen und ist das Ergebnis einer internationalen Arbeitsgruppe des vgbe-Fachausschusses „Chemie und Emissionsschutz“ (CEC).

In dieser Arbeitsgruppe wurden über 80 Einzelthemen identifiziert und abgestimmt, die überarbeitet, präzisiert oder auch als neue/zusätzliche Informationen integriert wurden, um die aktuellsten Informationen, den Stand der Technik und die neuesten technischen Entwicklungen zu berücksichtigen.

Da hier eine Vielzahl an detaillierten Hintergrundinformationen und Erklärungen gegeben wird, ist dieser Standard sicherlich viel mehr, als gemeinhin erwartet werden würde. Wir empfehlen daher, ihn sehr detailliert und sorgfältig zu lesen, um ein notwendiges tieferes und besseres Verständnis für das komplexe Thema namens „Wasser-Dampf-Kreislauf-Chemie“ zu bekommen. Eine Reduzierung dieses Standards auf eine Reihe einfacher Tabellen mit Grenz- und Auslösewerten, ist weder möglich noch angemessen.

Es muss noch einmal betont werden, dass dieser Standard auch für alle Arten von Industriekraftwerken mit Prozessdampferzeugung und für alle Druckbereiche gültig und anwendbar ist.

Die folgenden Mitarbeiter waren beteiligt:

- Blerim Bislimi, BASF SE
- Karla Georgi-Krugger, LEAG
- Dr. Wolfgang Hater, Kurita Europe GmbH
- Christiane Holl, Hydro-Engineering GmbH
- Dr. Hermann Kempen, Kurita Europe GmbH
- Chandarith Luy, EDF
- Karen Opolka, LEAG
- Michael Rziha, PPChem AG
- Anthony Senecat, Engie-Laborelec S.A.
- Jörg Sperling, Consultant
- Dr. Thomas Vogt, TÜV SÜD Industrie Service GmbH
- Dr. Anne Wiesel, EnBW AG
- Dr. Andreas Wecker, vgbe energy e.V.

Ihnen und allen anderen, die aktiv an der Überarbeitung dieses Standards mitgewirkt haben, sei an dieser Stelle herzlich für ihren Einsatz gedankt. Die vgbe-Geschäftsstelle nimmt gerne Kommentare, weitere Informationen und Verbesserungsvorschläge für die nächste Revision entgegen.

Der Leser sollte sich darüber im Klaren sein, dass dieser Standard alle Druckbereiche abdeckt, die bei Heizkesseln zur Erzeugung von Wärme, Dampf und/oder Elektrizität angewendet werden. Im Allgemeinen deckt er sowohl den stationären Betrieb/Volllastbetrieb als auch den Anfahrbetrieb und den flexiblen Betrieb/Zyklusbetrieb ab. Dieses Konzept ermöglicht einen flexiblen Ansatz, um die Anforderungen an die für den Wasser-Dampf-Kreislauf verwendeten Materialien mit den wirtschaftlichen Bedürfnissen des Anlagenbetreibers zu kombinieren.

Es ist darauf hinzuweisen, dass dieser Standard keine absoluten Grenzwerte für chemische Parameter vorgibt, sondern vielmehr akzeptable Bereiche für einen zulässigen Betrieb im Hinblick auf minimale Korrosion innerhalb des Wasser-Dampf-Kreislaufs und eine optimierte Lebensdauer der Anlage. Anlagenspezifische Vorgaben zu verschiedenen Parametern können diese Vorgaben ergänzen.

Essen, im August 2023

vgbe energy e.V.\*

\* vgbe energy e.V. ist seit April 2022 der neue Name des VGB PowerTech.

**Inhalt**

<b>1</b>	<b>Vorbemerkungen, Geltungsbereich .....</b>	<b>15</b>
1.1	Ziel und Zweck der Kraftwerkschemie .....	16
<b>2</b>	<b>Definitionen und Abkürzungen.....</b>	<b>18</b>
2.1	Definitionen.....	18
2.2	Abkürzungen .....	21
<b>3</b>	<b>Wasser-Dampf-Kreislaufsystem.....</b>	<b>22</b>
3.1	Speisewasser / Speisewassersystem.....	23
3.2	Dampferzeuger / Kesselwassersystem.....	25
3.3	Turbine / Dampfsystem.....	26
3.3.1	Gegendruckturbinen .....	28
3.4	Kondensat / Kondensationssystem.....	28
3.4.1	Nebenkondensate.....	28
3.4.2	Rückgeführtes Betriebskondensat .....	28
3.4.3	Entsalzung / MSF .....	29
<b>4</b>	<b>Dampferzeugertypen, Werkstoffe und Wasserchemie .....</b>	<b>30</b>
4.1	Dampferzeugertypen .....	30
4.1.1	Wasserrohrkessel .....	30
4.1.1.1	Durchlaufkessel .....	30
4.1.1.2	Umlaufkessel (Trommelkessel).....	31
4.1.1.3	Abhitzekeessel .....	31
4.1.2	Hilfskessel .....	32
4.1.3	Industriedampferzeuger für Prozessdampf in der verarbeitenden Industrie (Zellstoff und Papier, Chemie, Raffinerien usw.).....	33
4.1.3.1	Spezialdampferzeuger in der chemischen Industrie .....	34
4.1.3.2	Dampferzeuger in der Lebensmittelindustrie .....	35
4.1.4	Elektrokessel .....	35
4.1.4.1	Eintauch-Heizelement (Heißwasserkocher/-kessel) .....	36
4.1.4.2	Elektrodentyp, Hochspannung.....	36
4.2	Werkstoffe .....	37
4.2.1	Eisenwerkstoffe .....	37
4.2.2	Nichteisenmetalle .....	38
4.2.2.1	Kupferlegierungen .....	38
4.2.2.2	Aluminiumlegierungen .....	39
4.2.2.3	Titan.....	39
4.2.3	Sonderlegierungen und andere neue Werkstoffe .....	39
4.3	Physikochemische Prozesse .....	40
4.3.1	Grundlagen der Werkstoffbeständigkeit.....	41
4.3.2	Ablagerungen .....	42

4.3.2.1	Ablagerungen aus dem Wasser.....	42
4.3.2.2	Ablagerungen aus dem Dampf.....	43
4.3.3	Korrosion im Wasser-Dampf-Kreislauf.....	46
4.3.4	Kraftwerke mit ultra-überkritischen Dampfparametern.....	47
4.4	Physikochemische Prozesse an Bauteilen .....	47
4.4.1	Dampferzeuger .....	47
4.4.1.1	Erosionskorrosion / Spannungsrisskorrosion im Austrittssammlerzulauf..	47
4.4.1.2	Hide-out / Negativer Hide-out .....	48
4.4.1.3	Flüchtige Alkalisierung / Verteilungsgleichgewicht.....	49
4.4.1.4	Wasserabscheidung in Kesseltrommeln .....	49
4.4.1.5	Wassereinspritzung zur Temperaturregelung .....	50
4.4.1.6	Überhitzer .....	50
4.4.2	Dampfturbine .....	51
4.4.2.1	Turbineneintrittsventile.....	51
4.4.2.2	Turbinenregelräder .....	52
4.4.2.3	Turbinenlaufschaufeln im Bereich erster Kondensation.....	52
4.4.2.4	ND-Laufschaufel-Fußbereich / Schaufeleinhängungen im Rotor.....	52
4.4.2.5	ND-Turbinen-Leitschaufelträger.....	53
4.4.2.6	Anzapf-/Entnahmeleitungen .....	53
4.4.3	Turbinenkondensatoren.....	53
4.4.3.1	Oberflächenkondensatoren (Berohrung dampfseitig) .....	53
4.4.3.2	Luftkondensatoren .....	54
4.4.4	Kondensatreinigungsanlage (KRA).....	55
4.4.5	ND- und HD-Vorwärmer heizdampfseitig.....	57
4.4.6	Speisewasserbehälter .....	57
<b>5</b>	<b>Behandlung von Wasser-Dampf-Kreisläufen .....</b>	<b>59</b>
5.1	Reinigung .....	59
5.1.1	Zusatzwasseraufbereitung.....	59
5.1.2	Kondensatreinigung.....	59
5.1.3	Absalzung.....	60
5.1.3.1	Absalzung bei Umlaufkesseln und Großwasserraumkesseln .....	60
5.1.3.2	Absalzung bei Durchlaufkesseln.....	60
5.1.3.3	Absalzung bei Wärmeaustauschern .....	61
5.2	Entgasung und Sauerstoffentfernung .....	61
5.2.1	Entgasung .....	61
5.2.2	Sauerstoffentfernung .....	62
5.3	Konditionierung.....	63
5.3.1	Speisewasserkonditionierung .....	63
5.3.1.1	Alkalisierungsmittel (AVT).....	63
5.3.1.2	Nur Sauerstoffbindemittel (Neutralfahrweise) .....	64
5.3.1.3	Alkalisierungs- und Oxidationsmittel (OT).....	65
5.3.2	Kesselwasserkonditionierung .....	66

5.3.2.1	Alkalische oder Phosphat-Konditionierung (Feststoffalkalisierung) .....	69
5.3.2.2	Konditionierung ausschließlich mit flüchtigen Alkalisierungsmitteln.....	71
5.3.3	Organische Konditionierungsmittel .....	74
5.3.3.1	Alkalisierende Amine .....	76
5.3.3.2	Filmbildende Amine (FFA) .....	76
5.3.3.3	Sauerstoffbindemittel .....	77
5.3.3.4	Andere Chemikalien .....	78
<b>6</b>	<b>Chemische Spezifikation .....</b>	<b>79</b>
6.1	Aktionsschwellenwerte-Kontrollsystem (action levels).....	79
6.2	Betrieb mit salzfreiem Speisewasser .....	83
6.2.1	Anforderungen an Speisewasser für Durchlaufkessel .....	83
6.2.2	Anforderungen an Speisewasser für Umlaufkessel .....	85
6.2.3	Anforderungen an Kesselwasser für Umlaufkessel .....	87
6.2.4	Anforderungen an Dampf für Kondensationsturbinen.....	93
6.3	Betrieb mit salzhaltigem Speisewasser .....	94
6.3.1	Allgemeines .....	94
6.3.2	Grenzwerte und Kontrollparameter.....	95
6.3.3	Prozessdampf-Kondensatrückführung.....	95
6.3.4	Rückführkondensate.....	96
<b>7</b>	<b>Chemische Parameter und deren Bedeutung im Wasser-Dampf-Kreislauf.....</b>	<b>103</b>
7.1	pH-Wert, Alkalinität .....	103
7.1.1	pH-Wert .....	103
7.1.2	Alkalinität (Säurebindungsvermögen) .....	104
7.2	Leitfähigkeit .....	105
7.3	Sauerstoff .....	107
7.4	Härte (Summe der Erdalkalien) .....	108
7.5	Phosphate .....	108
7.6	Kieselsäure.....	108
7.7	Eisen und Kupfer .....	109
7.8	Natrium .....	109
7.9	Kohlenstoffdioxid .....	110
7.10	Organische Substanzen .....	111
7.10.1	Allgemein.....	111
7.10.2	Organische Stoffe aus dem Rohwasser (natürliche organische Stoffe)..	112
7.10.3	Organische Stoffe aus Kondensatrückläufen.....	113
7.10.4	Organische Stoffe aus der Chemikaliendosierung.....	113
<b>8</b>	<b>Analytische Kontrolle des Betriebs .....</b>	<b>114</b>
8.1	Wasser- und Dampfprobenahme.....	114
8.2	Probenahmen und Parameter .....	114

8.3	Qualitätskontrolle der Messungen .....	122
8.4	Erläuterung zur optimalen Betriebsweise – Definition des N-Normalbetriebswertes .....	123
8.5	Überwachung und Berichterstattung.....	127
<b>9</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>129</b>
9.1	Innere Reinigung und Konservierung .....	129
9.1.1	Innere Reinigung .....	129
9.1.2	Konservierung .....	129
9.2	Betrieb oberhalb der Aktionsschwelle 3 .....	130
9.3	Abschreckende Beispiele .....	131
9.4	Statistische Vorgehensweise .....	134
9.4.1	Bestimmung des N-Normalbetriebswertes .....	136
9.4.2	Das Kasten-Diagramm .....	138
9.4.3	Datenmodellierung.....	139
9.4.4	Überprüfung zweier berechneter Verteilungen .....	140
9.5	Analytische Verfahren für den Wasser-Dampf-Kreislauf.....	144
<b>10</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>147</b>
10.1	vgbe/VGB-Standards, -Richtlinien und -Merkblätter fortlaufend .....	147
10.2	International Association for the Properties of Water and Steam (IAPWS) Technical Guidance Documents (TGD) in force .....	148
10.3	Mitgeltende Normen fortlaufend .....	148
10.4	Literatur .....	149

**Herausgeber:**  
vgbe energy e. V.  
Deilbachtal 173  
45257 Essen  
Deutschland

**Verlag:**  
vgbe energy service GmbH  
Deilbachtal 173  
45257 Essen  
Deutschland

t +49 201 8128-0  
e sales-media@vgbe.energy

**be informed**

[www.vgbe.energy](http://www.vgbe.energy)  
[www.vgbe.services](http://www.vgbe.services)

Alle Rechte vorbehalten. All rights reserved.

ISBN 978-3-96284-327-4 (Print, Deutsch)  
ISBN 978-3-96284-328-1 (E-Book, Deutsch)

ISBN 978-3-96284-329-8 (Print, Englisch)  
ISBN 978-3-96284-330-4 (E-Book, Englisch)