

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

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 | 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

1	Vorbemerkungen, Geltungsbereich	15
1.1	Ziel und Zweck der Kraftwerkschemie	16
2	Definitionen und Abkürzungen.....	18
2.1	Definitionen.....	18
2.2	Abkürzungen	21
3	Wasser-Dampf-Kreislaufsystem.....	22
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
4	Dampferzeugertypen, Werkstoffe und Wasserchemie	30
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
5	Behandlung von Wasser-Dampf-Kreisläufen	59
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
6	Chemische Spezifikation	79
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
7	Chemische Parameter und deren Bedeutung im Wasser-Dampf-Kreislauf.....	103
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
8	Analytische Kontrolle des Betriebs	114
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
9	Anhang	129
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
10	Literaturverzeichnis.....	147
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
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)