

vgbe-Standard

# Planung und Betrieb von Kühltürmen

VGBE-S-135-00-2024-05-DE  
(vormals VGB-R-135 und VGB-R 129)



# VGBE-Standard

## Planung und Betrieb von Kühltürmen

VGBE-S-135-00-2024-05-DE

Erste Ausgabe 2024

(vormals VGB-R 135 und VGB-R 129)

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 978-3-96284-352-6 (Print, Deutsch)  
ISBN 978-3-96284-353-3 (E-Book, Deutsch)  
ISBN 978-3-96284-354-0 (Print, Englisch)  
ISBN 978-3-96284-355-7 (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.*

## Vorwort

Der vorliegende neue vgbe-Standard „Planung und Betrieb von Kühltürmen“ soll die alten Richtlinien VGB-R 135 „Planung von Kühltürmen“ und VGB-R 129 „Empfehlungen über den Winterbetrieb von Kraftwerks-Naßkühltürmen“ ersetzen. Er bezweckt die Zusammenfassung vorhandener Informationen über wesentliche Gesichtspunkte dieses Sachgebietes für Planer und Betreiber. Dabei stehen nicht mehr allein Naturzugkühltürme im Fokus, vielmehr behandelt der neue Standard auch Kühltürme und Zellenkühlanlagen mit saugenden oder drückenden Ventilatoren in allen Bau- und Betriebsweisen der Energieanlagentechnik. Diese werden im erweiterten einleitenden Kapitel „Kühlbetriebsarten und Kühlverfahren“ beschrieben.

Vollständig überarbeitet und erweitert wurden die Kapitel zu Aufstellung, Berechnungsverfahren, Komponenten und Schutzmaßnahmen von Kühltürmen, in denen auch Sonderfälle wie z.B. Hybridkühltürme und Abgaseinleitung berücksichtigt werden.

Neu erarbeitet wurden die Kapitel „Energieeffizienz bei Auslegung und Betrieb von Rückkühlanlagen“ und „Hygienische Aspekte“, denen vor dem Hintergrund der notwendigen Energieeinsparung und der Legionellenproblematik besondere Bedeutung zukommen.

Das Kapitel zu Empfehlungen über den Winterbetrieb berücksichtigt nun auch die Besonderheiten von Kühltürmen mit Ventilator und von Zellenkühlern.

Im Zusammenhang mit den VGB/VGBE-Standards VGB-S-610 „BTR Bautechnik bei Kühltürmen“ und VGBE-S-455 „Kühlwassersysteme und Kühlwasserbehandlung“ stellt der vorliegende Standard einen Beitrag zum erweiterten Verständnis von Planung, Auslegung und Betrieb von Verdunstungskühlanlagen dar. Spezifische Betriebszustände und -anforderungen sowie technische Fakten werden – im Einvernehmen von Herstellern und Betreibern – in abgestimmter Form beschrieben, um einheitliche technische, wirtschaftliche, wettbewerbsneutrale und wettbewerbsfördernde Voraussetzungen für vergleichbare Angebote zu erreichen und um die Zusammenarbeit zwischen den Beteiligten bei der Planung von Kühlturmanlagen zu erleichtern.

Die vollständige oder auszugsweise Anwendung der Richtlinie muss zwischen Besteller und Lieferant vereinbart werden. Ein Zwang zur Anwendung besteht nicht. Eine Haftung, auch für die sachliche Richtigkeit der Darstellung, ist ausgeschlossen. Patentrechtliche und andere Schutzrechte sind vom Anwender eigenverantwortlich zu klären.

Einschlägige Normen und Vorschriften sind in jedem Fall einzuhalten.

Essen, im Januar 2024

vgbe energy e.V.



## Autoren

Die Bearbeitung dieses Standards erfolgte durch eine Arbeitsgruppe, denen folgende Personen aus den vgbe-Gremien TC Kühle Systeme, vormals TG Kühle Technik in Kraftwerken, und der Hersteller und Planer angehörten:

Dr.-Ing. Christian Geil, KSB Service GmbH

Sebastian Hahn, PreussenElektra GmbH

Pascal Hoffmann, EDF (F)

Bernhard Koritsch, KSB Service GmbH

Dr. Jürgen Maltzahn, Hewitech GmbH

Thomas Meyer, Haritz + Röhring GmbH

Dr. Manfred Roth, ENEXIO Service GmbH

Christoph Thummet, vormals Envi Con Engineering GmbH

Michael Tober, Iqony Solutions GmbH

Jörg Weber, Siemens Energy Global GmbH

Dr. Nina Woicke, vormals ENEXIO Water Technologies GmbH

Heiko Woizick, RheinEnergie AG

Peter Zimmermann, John Cockerill Hamon

Wolfgang Czolkoss, vgbe energy e.V

Der vgbe energy e.V. bedankt sich bei Ihnen sowie allen anderen, die an der Revision dieser Richtlinie aktiv mitgearbeitet haben, und den beteiligten Unternehmen.

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Allgemeine Hinweise .....</b>	<b>9</b>
1.1	Geltungsbereich.....	9
1.2	Gesetze, Vorschriften, Richtlinien und Empfehlungen .....	9
<b>2</b>	<b>Kühlbetriebsarten und Kühlverfahren .....</b>	<b>10</b>
2.1	Kühlbetriebsarten.....	10
2.1.1	Durchlaufkühlung.....	10
2.1.2	Ablaufkühlung .....	11
2.1.3	Kreislaufkühlung .....	12
2.1.4	Kombinierte Durchlauf-, Ablauf- und Kreislaufkühlung .....	13
2.1.5	Abflutkühler.....	14
2.2	Kühlverfahren .....	16
2.2.1	Nasskühlung / Verdunstungskühlung .....	16
2.2.2	Trockenkühlung .....	17
2.2.3	Hybridkühlung.....	19
2.3	Kühlturmbauarten .....	21
2.3.1	Naturzugkühlturm .....	21
2.3.2	Ventilatorkühlturm.....	23
2.3.3	Ventilatorunterstützte Naturzugkühltürme.....	25
2.3.4	Arten der Luftführung.....	26
2.3.4.1	Gegenstromprinzip .....	26
2.3.4.2	Kreuzstromprinzip.....	27
2.3.4.3	Sonderbauformen.....	28
2.3.5	Doppelblockkühltürme .....	28
2.3.5.1	Entscheidungsgründe zu Doppelblockkühltürmen .....	29
2.3.5.2	Gesichtspunkte für die Ausführung.....	30
2.3.5.3	Betrieb und Instandhaltung .....	31
<b>3</b>	<b>Aufstellung von Kühltürmen.....</b>	<b>32</b>
3.1	Einfluss durch benachbarte Bauwerke und durch die Umgebung .....	32
3.2	Einfluss auf benachbarte Bauwerke und auf die Umgebung .....	34
<b>4</b>	<b>Berechnungsverfahren und Kennwerte.....</b>	<b>35</b>
4.1	Berechnungsverfahren für die Dimensionierung und das Betriebsverhalten von Nasskühltürmen .....	35
4.2	Kühlturmkenwerte.....	38
4.3	Besonderheiten Hybridkühlturm.....	38
<b>5</b>	<b>Kühlturmkomponenten und Kühlwasserpumpen.....</b>	<b>41</b>
5.1	Bautechnischer Teil .....	41
5.1.1	Mantel (Kühlturmschale).....	41
5.1.2	Warmwasserzuführung und -verteilung .....	42

5.1.3	Einbautragkonstruktion .....	42
5.1.4	Becken.....	43
5.1.5	Auslaufbauwerk .....	43
5.2	Kühltechnischer Teil .....	44
5.2.1	Tropfenabscheider .....	44
5.2.2	Wasserverteilung .....	45
5.2.3	Kühleinbauten.....	46
5.2.4	Windleitwände .....	47
5.3	Maschinentechnischer Teil .....	48
5.3.1	Ventilatoren .....	48
5.3.2	Getriebe .....	50
5.3.3	Wellen.....	51
5.3.4	Motoren .....	52
5.4	Kühlwasserpumpen .....	52
5.4.1	Auslegung der Kühlwasserpumpen .....	52
5.4.2	Zulaufverhältnisse.....	53
5.4.3	Pumpenbauarten .....	55
5.4.4	Regelung der Kühlwasserpumpen.....	56
5.4.5	Absperrorgane .....	57
5.4.6	Betrieb der Kühlwasserpumpen.....	57
5.5	Schall und Schallschutz.....	58
5.5.1	Bewertungsgrößen der Schallquellen: .....	58
5.5.2	Herausragende Geräuschquellen bei Kühltürmen: .....	60
5.5.3	Maßnahmen zur Schallreduzierung: .....	61
5.6	Wartung und Reinigung .....	63
<b>6</b>	<b>Kühlwasser .....</b>	<b>65</b>
<b>7</b>	<b>Schutzmaßnahmen.....</b>	<b>67</b>
7.1	Allgemeine Maßnahmen .....	67
7.2	Schutzmaßnahmen für Betonbauten .....	67
7.3	Schutzbehandlung der Bauhölzer .....	68
7.4	Schutzmaßnahmen für Bauteile aus Kunststoffen .....	68
7.5	Oberflächenschutz der Stahlbauteile .....	69
7.6	Brandschutz.....	70
7.7	Weitere Schutzmaßnahmen .....	73
7.7.1	Schutzmaßnahmen gegen vagabundierende Ströme.....	73
7.7.2	Blitzschutz .....	73
7.7.3	Flugwarnbefeuerng.....	74

<b>8</b>	<b>Kühltürme mit Abgaseinleitung.....</b>	<b>75</b>
8.1	Öffnung(en) für den Abgaskanal in der Kühlturmschale .....	76
8.2	Beschichtung und Korrosionsschutz.....	76
8.3	Abgaskanal.....	77
<b>9</b>	<b>Energieeffizienz bei Auslegung und Betrieb von Rückkühlanlagen ..</b>	<b>78</b>
9.1	Allgemeines .....	78
9.2	Grundlagen .....	78
9.2.1	Beispielhafter Kühlkreislauf .....	78
9.2.2	Arbeitsmaschinen im Kühlkreislauf: Ventilatoren und Pumpen.....	80
9.2.3	Wirkungsgrade von Motoren und Frequenzumformern .....	82
9.2.4	Getriebe .....	84
9.3	Konzeption des Gesamtkühlkreislaufes.....	84
9.3.1	Typische Planungsparameter .....	84
9.3.2	Einfluss der Planungsparameter auf den Kühlkreislauf .....	85
9.4	Energieeinsparung im Betrieb der Pumpen .....	89
9.4.1	Pumpenbetrieb .....	89
9.4.2	Drehzahlregelung .....	90
9.4.3	Verschleiß.....	91
9.4.4	Automatisierung.....	91
9.5	Energieeinsparung im Betrieb der Kühlturmanlage .....	92
9.5.1	Wartungszustand.....	92
9.5.2	Energieeinsparung durch eine thermische Leistungssteigerung .....	92
9.5.3	Energieeinsparung durch optimierten Betrieb einer mechanisch belüfteten Kühlturmanlage.....	93
9.5.4	Vergleich der Leistungsanpassung mit polumschaltbaren Motoren gegenüber Motoren mit FU-Regelung .....	94
<b>10</b>	<b>Hygienische Gesichtspunkte.....</b>	<b>97</b>
10.1	Gesundheitliche Risiken / Mikrobiologische Aspekte.....	97
10.2	Makrobiologische Aspekte.....	98
10.2.1	Algen- und Mooswachstum .....	98
10.2.2	Schnecken und Muscheln.....	98
10.3	Gegenmaßnahmen.....	99
10.3.1	Wartungs- und Reinigungsmaßnahmen .....	99
10.3.2	Konstruktive Maßnahmen.....	100
10.3.3	Wasserbehandlung.....	100
10.4	Biozideinsatz .....	100

<b>11</b>	<b>Winterbetrieb.....</b>	<b>102</b>
11.1	Allgemein .....	102
11.2	Zellenkühltürme .....	104
11.2.1	Betriebsweise im Winter .....	104
11.2.2	Anfahren der Anlage im Winter / Wiederanfahren .....	104
11.2.3	Zellenkühltürme, saugend in Gegenstrombauweise .....	104
11.2.4	Zellenkühlturm mit saugenden Ventilatoren im Kreuzstrom.....	105
11.2.5	Zellenkühltürme mit drückend angeordneten Ventilatoren.....	106
11.3	Hybridkühltürme.....	106
11.4	Naturzugkühltürme .....	107
11.4.1	Naturzugkühltürme (Gegenstrom und Kreuzstrom) .....	107
11.4.2	Naturzugkühltürme mit drückend angeordneten Ventilatoren.....	108
<b>12</b>	<b>Literatur .....</b>	<b>109</b>