

A photograph of a tall, white, cylindrical wind turbine tower against a clear blue sky. The tower is the central focus, with a small access door visible near the bottom. In the background, a line of trees is visible on the horizon.

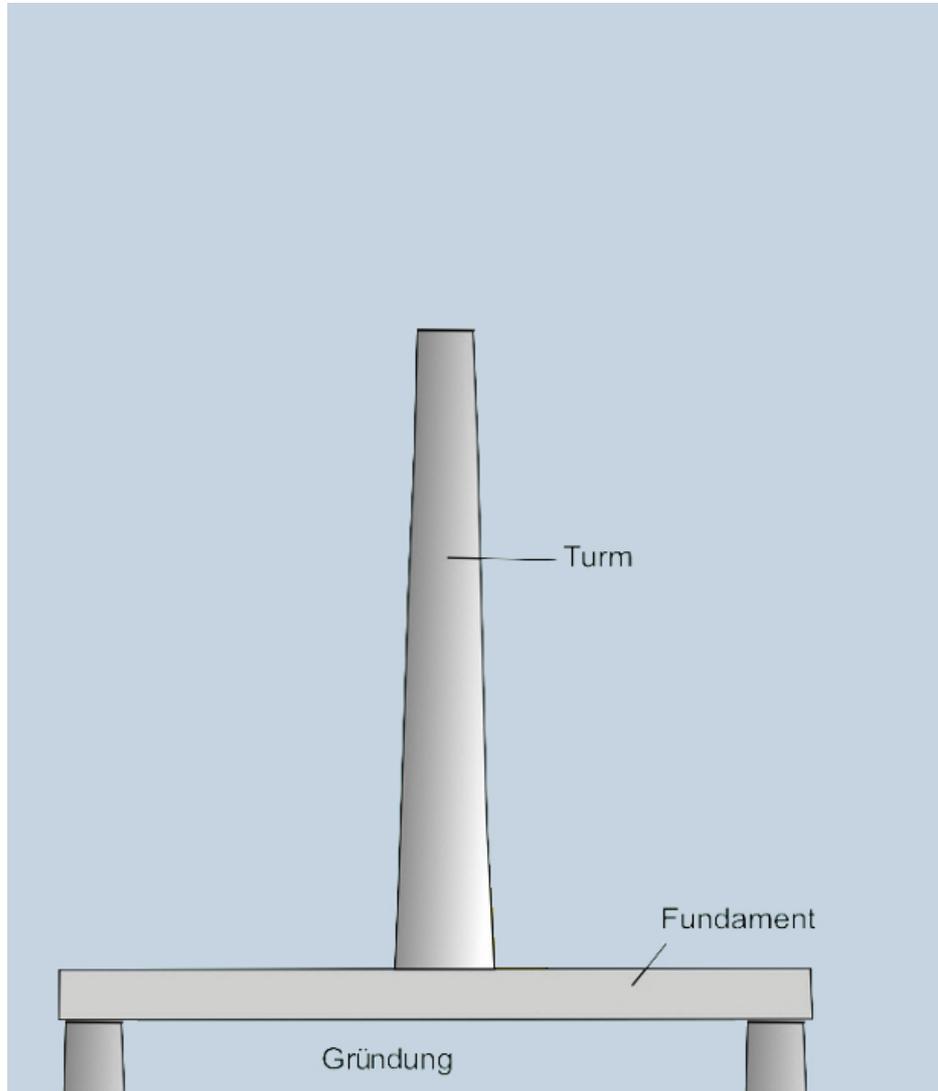
# VGB-Standard „Lebensdauermanagement für Gründung, Fundament und Turm von Onshore- Windenergieanlagen“

28. Windenergietage, Potsdam 6.11.2019

## **Inhalt**

- 1. Geltungsbereich des VGB-Standards**
- 2. Fakten zur WEA**
- 3. Motivation zur Schaffung des VGB-Standards**
- 4. Aufbau des VGB-Standards**

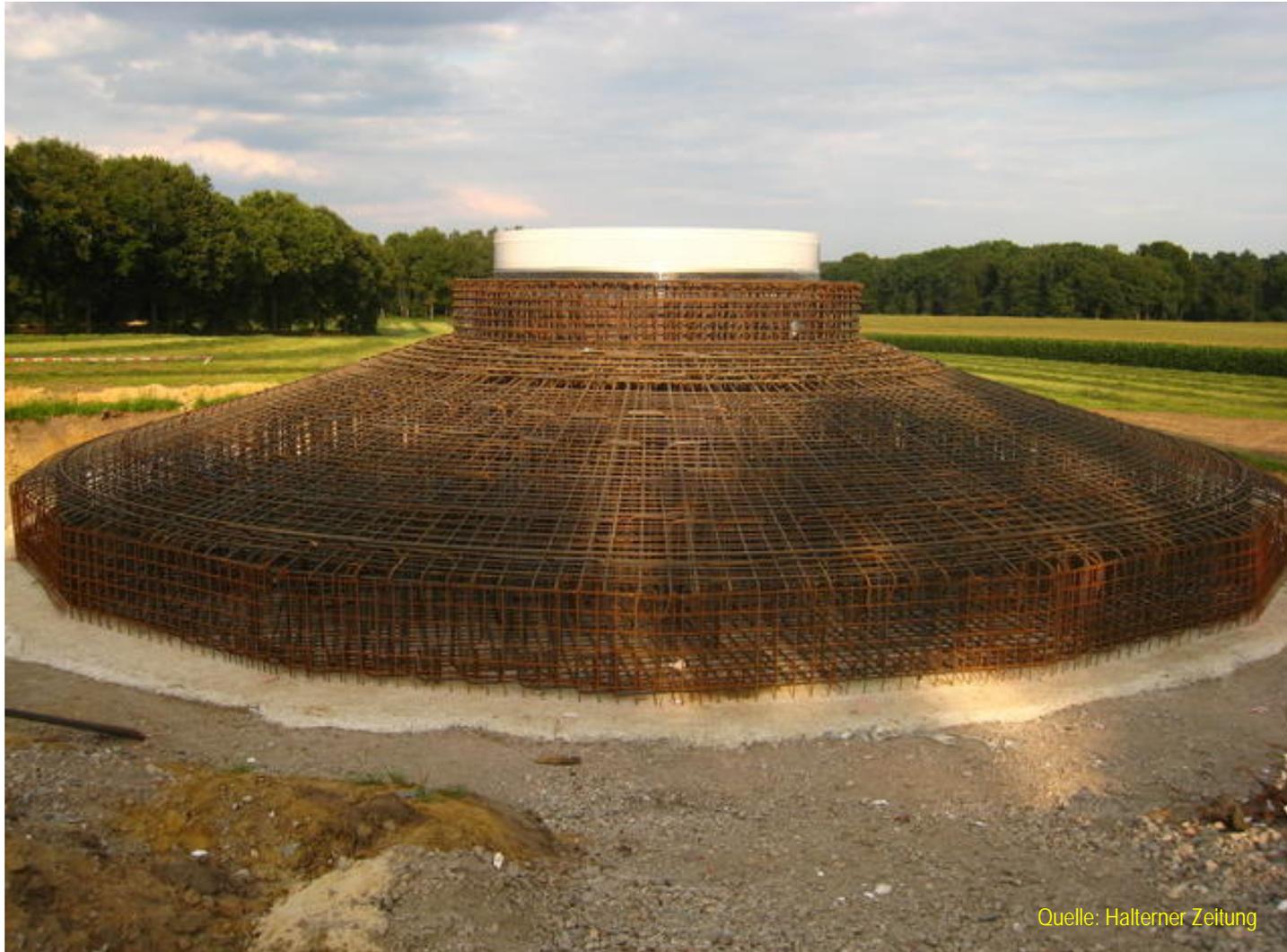
## Geltungsbereich des VGB-Standards



## Fakten

- Windenergieanlagen (WEA) sind auf eine Betriebsdauer von 20 bis 25 Jahren in Bezug auf Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Zuverlässigkeit ausgelegt.
- Einwirkungen und Lasten der WEA
  - Einwirkungen aus der Umgebung
    - Aggressive Wässer im Baugrund
    - Nutzung der umgrenzenden Flächen
    - Temperatureinwirkung
  - Lasten
    - Lasten aus dem Untergrund
    - Wind und Schwingung
    - Temperatur
- Während des Betriebs können Schäden entstehen durch:
  - Unzureichende Ausführung
  - Überlastung der WEA

## Beispielbilder: Fundament



Quelle: Halterner Zeitung

## Beispielbilder: Fundament



Quelle: Wind-Energie-Verband

## Beispielbilder: Fundament



Quelle: Windmesse

## Beispielbilder: Fundament



## Beispielbilder: Schäden am Fundament



Quelle: KTW

## Beispielbilder: Schäden am Fundament



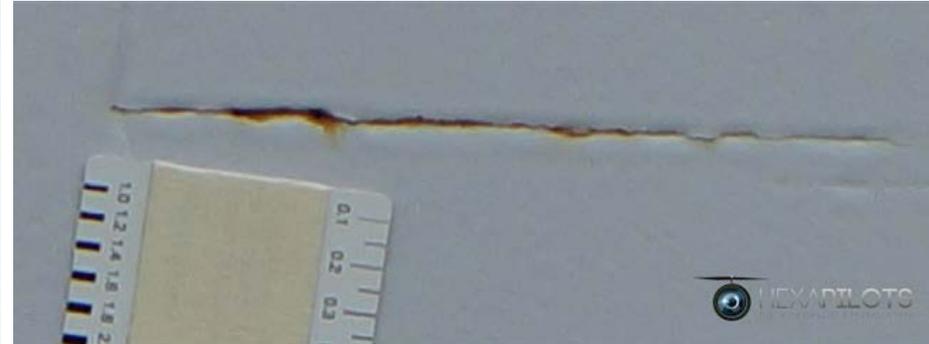
## Beispielbilder: Schäden am Fundament



## Beispielbilder: Schäden am Fundament



## Beispielbilder: Schäden am Turm



## Beispielbilder: Schäden am Turm



# Motivation zur Schaffung des VGB-Standards

# Bestehende Normen: DIBt-Richtlinie

1	Geltungsbereich.....6
2	Begriffe und Bezeichnungen.....7
2.1	Begriffe.....7
2.2	Bezeichnungen.....8
2.3	Gegenüberstellung von Begriffen und Bezeichnungen.....9
3	Bautechnische Unterlagen.....9
4	Technische Baubestimmungen.....10
5	Werkstoffe und Ausführung.....10
6	Ausführungsklassen.....11
7	Einwirkungen.....11
7.1	Allgemeines.....11
7.2	Trägheits- und Gravitationslasten.....11
7.2.1	Ständige Gravitationslasten (Eigenlasten).....11
7.2.2	Trägheitskräfte aus Massenzentrizitäten.....11
7.2.3	Erdbeben.....11
7.3	Aerodynamische Lasten.....11
7.3.1	Allgemeines.....11
7.3.2	Windbedingungen.....11
7.3.3	Einflüsse benachbarter baulicher Anlagen, Geländerauhigkeit und Topografie auf die Standortteignung.....12
7.3.4	Windlasten für den Zustand während der Montage oder Wartung.....13
7.3.5	Windlast bei Eisansatz.....14
7.3.6	Einwirkungen aus Wirbelablösungen.....14
7.4	Sonstige Einwirkungen.....14
7.4.1	Imperfektionen, Einwirkungen aus Ungleichmäßigen Setzungen.....14
7.4.2	Vorspannkraft.....14
7.4.3	Erddruck.....14
7.4.4	Schlussserdruck.....14
7.4.5	Wärmeinwirkung.....14
7.4.6	Eislasten.....15
8	Einwirkungskombinationen.....16
9	Ermittlung der Bemessungsschnittgrößen.....18
9.1	Allgemeines.....18
9.2	Gesamtdynamische Berechnung.....19
9.2.1	Allgemeines.....19
9.2.2	Anforderungen.....19
9.2.3	Berücksichtigung der Gründung.....20
9.2.4	Schnittgrößen.....20
9.3	Vereinfachte Berechnung.....22
9.3.1	Allgemeines.....22
9.3.2	Durch Wind erregte Schwingungen des Turmes in Windrichtung.....23
9.4	Wirbelerregte Querschwingungen.....23
9.5	Logarithmisches Dämpfungsdekrement.....23
9.6	Schnittgrößen für den Ermüdungssicherheitsnachweis.....24
9.6.1	Anforderungen.....24
9.6.2	Beanspruchungskollektive.....24
10	Sicherheitskonzept.....24
10.1	Allgemeines.....24
10.2	Grenzzustände der Tragfähigkeit.....24
10.3	Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit.....27

11	Nachweise für den Turm.....27
11.1	Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit.....27
11.1.1	Teilsicherheitsbeiwerte.....27
11.1.2	Festigkeitsversagen.....27
11.1.3	Stabilitätsversagen.....28
11.1.4	Ermüdungsversagen von Stahlkonstruktionen.....28
11.1.5	Ermüdungsversagen von Stahl- und Spannbetonkonstruktionen.....29
11.2	Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit.....32
11.2.1	Einwirkungskombinationen.....32
11.2.2	Teilsicherheitsbeiwert.....32
11.2.3	Verformungsbegrenzung.....32
11.2.4	Spannungsbegrenzung.....32
11.2.5	Rissbreitenbegrenzung.....32
12	Nachweise für die Gründung.....32
12.1	Gründungskörper.....32
12.1.1	Sicherheitskonzept.....32
12.1.2	Stahleinbauteile.....32
12.1.3	Stahlbetonbauteile.....32
12.1.4	Bemessung von Pfählen.....33
12.2	Baugrund.....33
12.2.1	Beschaffenheit des Baugrunds.....33
12.2.2	Sicherheitskonzept.....33
12.2.3	Flachgründungen.....34
12.2.4	Pfahlgründungen (Äußere Tragfähigkeit).....34
13	Konstruktionsdetails.....34
13.1	Ringflanschverbindungen bei stählernen Türmen.....34
13.2	Öffnungen in der Wand von Stahlrohrtürmen.....37
13.3	Scherbeanspruchte Schraubverbindungen.....38
13.4	Stahlsortenauswahl.....39
13.4.1	Einwirkungen für die Wahl der Stahlsorte.....39
13.4.2	Maßgebende Erzeugnisdicke bei Ringflanschverbindungen.....39
13.4.3	Auswahl der Stahlsorten im Hinblick auf Eigenschaften in Dickenrichtung.....39
14	Baubabnahme und Inbetriebnahme.....40
15	Wiederkehrende Prüfungen.....40
15.1	Allgemeines.....40
15.2	Umfang der Wiederkehrenden Prüfung.....41
15.3	Unterlagen der zu prüfenden Windenergieanlage.....41
15.4	Maßnahmen.....41
15.4.1	Reparaturen.....41
15.4.2	Außerbetriebnahme und Wiederinbetriebnahme.....41
15.5	Dokumentation.....42
16	Standortteignung von Windenergieanlagen.....42
16.1	Bestehende Anlagen im Falle einer Parkerweiterung/Parkänderung.....42
16.2	Neuanlagen.....42
17	Weiterbetrieb von Windenergieanlagen.....43
17.1	Anwendung der "Richtlinie für den Weiterbetrieb von Windenergieanlagen" - Beurteilung von Turm und Gründung.....43
17.2	Sachverständige.....44
18	In Bezug genommene Normen.....44

# Bestehende Normen: FGW-Richtlinie

Inhaltsverzeichnis

## Inhaltsverzeichnis

<b>1. EINLEITUNG</b> .....	<b>5</b>
<b>2. ALLGEMEINES</b> .....	<b>7</b>
2.1. Anwendungsbereich .....	7
2.2. Vorschriften und Richtlinien.....	7
2.3. Normative Verweisungen .....	8
2.4. Verweis auf Richtlinien und Anforderungen .....	10
<b>3. BEGRIFFE / DEFINITIONEN</b> .....	<b>11</b>
<b>3.1. Instandhaltungsarten und -strategien</b> .....	<b>11</b>
3.1.1 Präventive Instandhaltung.....	12
3.1.1.1 Geplante Instandhaltung .....	12
3.1.1.2 Vorausbestimmte Instandhaltung .....	12
3.1.1.3 Zustandsorientierte Instandhaltung .....	13
3.1.1.4 Voraussagende Instandhaltung .....	13
3.1.2 Korrektive Instandhaltung .....	13
3.1.2.1 Sofortige Instandhaltung .....	13
3.1.2.2 Aufgeschobene Instandhaltung .....	13
3.1.3 Prioritätenorientierte Instandhaltung .....	14
<b>3.2. Struktur der Instandhaltung</b> .....	<b>14</b>
3.2.1 Inspektion.....	15
3.2.1.1 Zustandsermittlung.....	15
3.2.1.2 Funktionsprüfung.....	16
3.2.1.3 Begehung .....	16
3.2.1.4 Sichtkontrolle .....	16
3.2.2 Wartung.....	16
3.2.3 Instandsetzung / Reparatur .....	16
3.2.4 Verbesserung.....	16
3.2.5 Dokumente für die Instandhaltung .....	16
3.2.6 Arbeitsauftrag .....	18
3.2.7 Arbeitsbericht .....	18
<b>3.3. Nachweisprüfungen</b> .....	<b>18</b>
<b>3.4. Inspektionsstellen</b> .....	<b>19</b>
3.4.1 Inspektion im Sinne DIN EN ISO/IEC 17020 .....	20
3.4.2 Inspektionsstelle.....	20
3.4.2.1 Inspektionsstelle des Typs A .....	20

Seite 3

Inhaltsverzeichnis

3.4.2.2 Inspektionsstelle des Typs B .....	20
3.4.2.3 Inspektionsstelle des Typs C .....	20
3.4.3 Dokumente für die Inspektion.....	21
3.4.4 Fachkundenachweis und Unabhängigkeitsgrad .....	21
<b>3.5. Sonstige Begriffsdefinitionen aus der Instandhaltung</b> .....	<b>21</b>
3.5.1 Fähigkeiten .....	22
3.5.2 Zustände .....	22
3.5.3 Abnutzung / Schaden.....	24
3.5.4 Sonstige Begriffe der Instandhaltung .....	24
3.5.5 Fachliche Qualifikationen .....	25
<b>3.6. Allgemeine Begriffe</b> .....	<b>27</b>
3.6.1 Grundbegriffe Informationslogistik .....	27
3.6.2 Abkürzungen.....	28
<b>4. ORGANISATION UND DURCHFÜHRUNG DER INSTANDHALTUNG</b> .....	<b>30</b>
<b>4.1. Grundsätze der Instandhaltung</b> .....	<b>31</b>
4.2. Instandhaltungs-Konzept und -grundgerüst.....	32
4.3. Instandhaltungsplan .....	33
4.4. Instandhaltungsmaßnahmen planen und beauftragen .....	33
4.5. Durchführung der Instandhaltungs-Maßnahme.....	35
4.6. Dokumentation .....	36
4.7. Operative Auswertung .....	36
<b>4.8. Strategische Auswertung</b> .....	<b>37</b>
4.8.1 Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse (FMEA) .....	38
4.8.2 Fehlerbaumanalyse (FTA) .....	39
4.8.3 LCC-Analysen.....	39
4.8.4 Gefährdungsanalysen.....	39
4.8.5 RAM- Analysen .....	39
<b>5. LITERATURVERZEICHNIS / WEITERFÜHRENDE LITERATUR</b> .....	<b>40</b>

Seite 4

## Bestehende Normen: DIN EN 61400

- DIN EN 61400-1: Windenergieanlagen - Teil 1: Auslegungsanforderungen
- DIN EN 61400-2: Windenergieanlagen - Teil 2: Anforderungen für kleine Windenergieanlagen
- DIN EN 61400-3: Windenergieanlagen - Teil 3: Auslegungsanforderungen für Windenergieanlagen auf offener See
- DIN EN 61400-4: Windenergieanlagen - Teil 4: Auslegungsanforderungen für Getriebe von Windenergieanlagen
- DIN EN 61400-11: Windenergieanlagen - Teil 11: Schallmessverfahren
- DIN EN 61400-12-1: Windenergieanlagen - Teil 12-1: Messung des Leistungsverhaltens einer Windenergieanlage
- DIN EN 61400-12-2: Windenergieanlagen - Teil 12-2: Leistungsverhalten von Elektrizität erzeugenden Windenergieanlagen mit Gondelanemometer
- DIN EN 61400-13: Windenergieanlagen - Teil 13: Messung von mechanischen Lasten
- DIN EN 61400-21: Windenergieanlagen - Teil 21: Messung und Bewertung der Netzverträglichkeit von netzgekoppelten Windenergieanlagen
- DIN EN 61400-22: Windenergieanlagen - Teil 22: Konformitätsprüfung und Zertifizierung
- DIN EN 61400-23: Windenergieanlagen - Teil 23: Rotorblätter - Experimentelle Strukturprüfung
- DIN EN 61400-24: Windenergieanlagen - Teil 24: Blitzschutz
- DIN EN 61400-25-1: Windenergieanlagen - Teil 25-1: Kommunikation für die Überwachung und Steuerung von Windenergieanlagen -Einführende Beschreibung der Prinzipien und Modelle
- DIN EN 61400-25-2: Windenergieanlagen - Teil 25-2: Kommunikation für die Überwachung und Steuerung von Windenergieanlagen - Informationsmodelle
- DIN EN 61400-25-3: Windenergieanlagen - Teil 25-3: Kommunikation für die Überwachung und Steuerung von Windenergieanlagen - Dienste-Modelle für den Informationsaustausch
- DIN EN 61400-25-4: Windenergieanlagen - Teil 25-4: Kommunikation für die Überwachung und Steuerung von Windenergieanlagen - Abbildung auf ein Kommunikationsprofil
- DIN EN 61400-25-5: Windenergieanlagen - Teil 25-5: Kommunikation für die Überwachung und Steuerung von Windenergieanlagen - Konformitätsprüfungen
- DIN EN 61400-25-6: Windenergieanlagen - Teil 25-6: Kommunikation für die Überwachung und Steuerung von Windenergieanlagen - Klassen logischer Knoten und Datenklassen für die Zustandsüberwachung
- DIN EN 61400-27-1: Windenergieanlagen - Teil 27-1: Elektrische Simulationsmodelle für die Erzeugung von Windenergie

# Bestehende Normen: GL Richtlinie

Vorschriften und Richtlinien  
IV Industriedienste

1 Windenergie



12 Richtlinie für den Weiterbetrieb von Windenergieanlagen



Ausgabe 2009

IV – Teil 1  
GL 2009

Inhaltsverzeichnis

Kapitel 12  
Seite 3

**Inhaltsverzeichnis**

12.1	Einleitung.....	12-1
12.2	Anwendungsbereich.....	12-3
12.3	Anforderungen an die Sachverständigen.....	12-5
12.4	Anforderungen an Versuche/Tests.....	12-7
12.5	Vorzulegende Unterlagen .....	12-9
12.6	Prüfmethoden.....	12-11
12.6.1	Prüfung durch ermitteltes Berechnen (analytische Methode).....	12-11
12.6.1.1	Allgemeines .....	12-11
12.6.1.2	Ablauf der Analyse .....	12-11
12.6.1.3	Wiederkehrende Prüfung .....	12-11
12.6.2	Beurteilung durch Inspektion (praktische Methode).....	12-11
12.6.2.1	Allgemeines .....	12-11
12.6.2.2	Ablauf der Inspektion .....	12-11
12.7	Stillsetzen und Wiederinbetriebnahme .....	12-13
12.8	Schrifttum der Richtlinie.....	12-15
12.A	Inspektionsliste.....	12-17

# Bestehende Normen

Windenergieanlagen 



## BÜV-Empfehlungen für die Bauüberwachung von Windenergieanlagen

**Vorwort**

Der Umfang der Überprüfung und Überwachung richtet sich nach den jeweils gültigen bauartübergreifenden und baustoffspezifischen Regelungen und Vorschriften. Der vorliegende Katalog von Empfehlungen stellt den für die Überwachung der Bauausführung von Windenergieanlagen notwendigen Umfang an Maßnahmen und Kontrollen zusammen. Dieser Katalog ist nicht abschließend, weitergehende Regelungen in den bauaufsichtlich eingeführten Baubestimmungen bleiben hiervon unberührt. Die Überwachung des maschinentechnischen Teils der Windenergieanlagen ist nicht Gegenstand dieser Empfehlungen.

Die beschriebenen Kontrollen und Einsichtnahmen für Prüfgegenstände/Unterlagen  Maßnahmen und Kontrollen  sind wie folgt definiert:

- Kontrolle: Prüfung bzw. Durchsicht auf Sinnhaftigkeit, Richtigkeit und Vollständigkeit
- Einsichtnahme: Durchsicht auf Anwendbarkeit und Plausibilität

Stand 02-2004

Ferdinandstr. 47    Telefon: 040/303 79 500    E-Mail: info@buev-ev.de  
 20095 Hamburg    Fax: 040/35 35 65    http://www.buev-ev.de

Windenergieanlagen 

## 2.0 Gründung

**2.4.6 Beton**

<b>Kontrolle:</b> <input type="checkbox"/> Festlegung des Betons <input type="checkbox"/> Größtkorn und Konsistenz <input type="checkbox"/> Betonierabschnitte und Arbeitsfugen <input type="checkbox"/> Kennzeichnung der Baustelle (DIN 1045-3 und Überwachungsstelle)	<b>Einsichtnahme:</b> <input type="checkbox"/> Arbeitsanweisungen zur Nachbehandlung
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------

**2.4.7 Fundament nach Herstellung**

<b>Kontrolle:</b> <input type="checkbox"/> Betonalter/Festigkeit bei Belastungsbeginn (ggf. Erhärtungsprüfung) <input type="checkbox"/> Oberfläche <input type="checkbox"/> Risse <input type="checkbox"/> Entwässerung <input type="checkbox"/> Fugen <input type="checkbox"/> Einbauten	<b>Einsichtnahme:</b> <input type="checkbox"/> Aufzeichnungen <input type="checkbox"/> Überwachungsbericht <input type="checkbox"/> Protokoll der Nivellierung der Fundamentsektion
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**2.4.8 Fundament vor Inbetriebnahme der Anlage**

**Kontrolle:**  
 Ggf. erforderliche Erdüberschüttung

## 3.0 Turmschaft

**3.1 Stahlturm**  
**3.1.1 Mantelbleche**

**Einsichtnahme:**  
 Abnahmeprüfzeugnisse 3.1B nach DIN EN 10204

**3.1.2 Ringflansche**

**Einsichtnahme:**  
 Abnahmeprüfzeugnisse nach:  
 SEL 072: Ultraschallprüfung  
 DIN EN 10164 Stahlerzeugnisse mit verbesserten Verformungseigenschaften senkrecht zur Erzeugnisoberfläche; Technische Lieferbedingungen

**3.1.3 Schrauben**

**Einsichtnahme:**  
 Abnahmeprüfzeugnisse 3.1B nach DIN EN 10204 (falls kein Chargenkennzeichen vorhanden)

**3.1.4 Vorgespannte Schraubenverbindungen**

<b>Kontrolle:</b> <input type="checkbox"/> Stichprobenhafte Kontrolle der Vorspannung der Schraubenverbindungen	<b>Einsichtnahme:</b> <input type="checkbox"/> Protokoll über das ordnungsgemäße Anziehen der HV-Schraubenverbindungen
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

# Aufbau des Standards

## Beteiligte



### VGB-Standard

Leitfaden für das Lebensdauer-  
management für Gründung,  
Fundament und Turm von  
Onshore-Windenergieanlagen

VGB-S-039-00-2018-02-DE  
Erste Ausgabe 2018

Herausgeber:  
VGB PowerTech e.V.

Verlag:  
VGB PowerTech Service GmbH  
Verlag technisch-wissenschaftlicher Schriften  
Deilbachtal 173, 45257 Essen

Tel.: +49 201 8128-200  
Fax: +49 201 8128-302  
E-Mail: [mark@vgb.org](mailto:mark@vgb.org)  
ISBN 978-3-86875-XXX-X (Print)  
ISBN 978-3-86875-XXX-X (eBook)



Jegliche Wiedergabe ist nur mit vorheriger Genehmigung  
des VGB PowerTech gestattet.

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

- WEA-Hersteller
- Beton-/ Hybridturm Hersteller
- Zulieferer
- Betreiber/Bauherrn
- Zertifizierer
- Bauwerkserhaltung
- Fachingenieure
- Sachkundiger Planer/  
Qualitätsüberwacher

## Leitfaden zur Schadensverhütung, zur Wartung, Instandsetzung und Verstärkung von Fundament und Turm der WEA

- Begriffe
- Alterung/Alterungsüberwachung
- Anforderungen an die beteiligten Personen
- **Präventivmaßnahmen zur Qualitätssicherung bei der Planung und Bauausführung**
- Instandhaltung
- Instandsetzung und Ertüchtigung
- Weiter- und Umnutzung der WEAs
- Rückbau
- Gesamtdokumentation/Bauwerksbuch
- **Schadensbeispiele/Instandsetzungsempfehlungen**

## Aufbau des Standards

### Präventivmaßnahmen zur Qualitätssicherung bei der Planung und Bauausführung

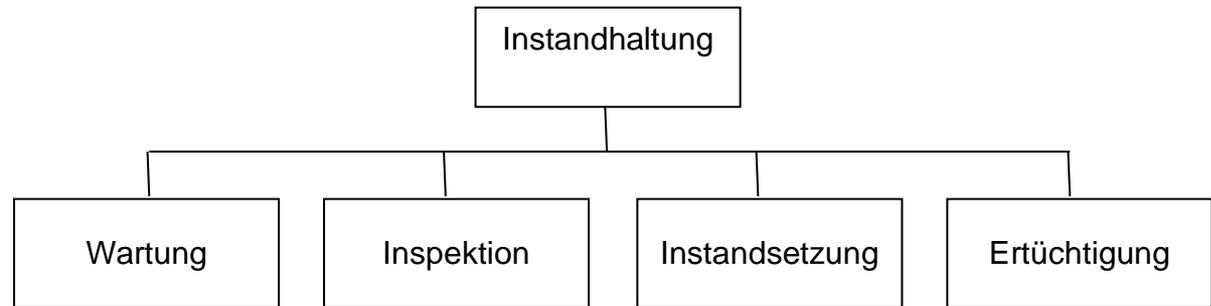
Um Schäden zu vermeiden, können erste vorbeugende Maßnahmen bei der Planung und Ausführung der WEA ergriffen werden

Konstruktions- oder Ausführungsanweisungen werden nicht gegeben, jedoch werden Impulse für die Konstruktions- und Ausführungsqualität erarbeitet



## Aufbau des Standards

### Instandhaltung



#### Instandhaltung, Kapitel 6

Maßnahmen während der Nutzungsdauer zur Sicherstellung der planmäßigen Nutzung. Die Instandhaltung umfasst die Wartung, Inspektion, Instandsetzung und Ertüchtigung des Bauwerks.

#### Wartung, Kapitel 6

Präventive Maßnahmen, die der Aufrechterhaltung der Funktionalität des Bauwerkes dienen.

#### Inspektion, Kapitel 6

Maßnahmen zur Feststellung und Beurteilung des Ist-Zustandes.

#### Instandsetzung, Kapitel 7

Ursachenbestimmung von Schädigungen und dem Ableiten der notwendigen Konsequenzen für die weitere Nutzung. Wiederherstellung des Sollzustandes zur Sicherstellung der planmäßigen Restnutzungsdauer.

#### Ertüchtigung, Kapitel 7

Steigerung der Dauerhaftigkeit bzw. Standsicherheit unter Berücksichtigung maßgebender Regeln der Technik.

## Aufbau des Standards

### Gesamtdokumentation

Für die WEA-Anlage ist ein WEA-Buch zu erstellen, in dem alle relevanten Informationen zum WEA-Bauwerk (Stammdaten, Auslegungs- und Planungsdaten, Genehmigungsunterlagen, Angaben zum Betrieb des Bauwerks) und alle durchgeführte Maßnahmen des Lebensdauermanagements einschließlich der Dokumentationsunterlagen enthalten sind.



**Dipl.-Ing. Helena Eisenkrein-Kreksch**

Sachverständige für Betoninstandsetzung und Oberflächenschutz  
Niederlassungsleiterin Engineering West, Kiwa GmbH

[helena.eisenkrein-kreksch@kiwa.de](mailto:helena.eisenkrein-kreksch@kiwa.de)

**Dr.-Ing. Thomas Eck**

Leiter Kraftwerkstechnologien und Umwelttechnik  
VGB PowerTech e.V.

[thomas.eck@vgb.org](mailto:thomas.eck@vgb.org)