

# Technische Richtlinie

## für Erzeugungseinheiten

Teil 7:

### Betrieb und Instandhaltung von Kraftwerken für Erneuerbare Energien

Rubrik B3:

Fachspezifische Anwendungserläuterung zur  
Überwachung und Überprüfung von  
**Gründung und Tragstrukturen bei Windenergieanlagen**

Revision 0

01.01.2014



Herausgeber:

FGW e.V. -  
Fördergesellschaft Windenergie  
und andere Erneuerbare Energien



# **Betrieb und Instandhaltung**

## **von Kraftwerken für Erneuerbare Energien**

### **Rubrik B3:**

#### **Fachspezifische Anwendungserläuterungen zur Überwachung und Überprüfung von Gründung und Tragstrukturen bei Windenergieanlagen**

**Revision 0**

**01.01.2014**

#### **Herausgeber:**

FGW e.V. - Fördergesellschaft Windenergie und andere Erneuerbare Energien  
Oranienburger Straße 45  
10117 Berlin

Tel.: +49 (0)30 30101505 0  
Fax: +49 (0)30 30101505 1  
info@wind-fgw.de  
www.wind-fgw.de

Der Schwerpunkt der FGW Technischen Richtlinie für Erzeugungseinheiten Teil 7 (TR7) „Instandhaltung von erneuerbaren Kraftwerken“ liegt in der Beschreibung der Prozesse und der notwendigen Dokumente und Daten. Weiterhin sind eine für alle Beteiligten eindeutige und einheitliche Kennzeichnung von Bauteilen, einheitliche Beschreibungen von Zuständen und Ereignissen und Klassierungen von Ausfällen erforderlich, um spätere Auswertungen und Analysen zu ermöglichen.

Der vorliegende Teil 7 der Technischen Richtlinien (TR7) wurde zusammen mit Betriebsführungsgesellschaften, Serviceunternehmen, Herstellern, Forschungsinstituten, Sachverständigenbüros, Zertifizierungsstellen und Versicherungen erarbeitet. Ziel ist es, Begriffe zu definieren, notwendige Prozesse und Dokumentationen im Bereich der Instandhaltung von regenerativen Erzeugungseinheiten einschließlich der dazugehörigen Infrastrukturen zu beschreiben sowie standardisierte Kommunikationsschnittstellen zum Austausch von instandhaltungsrelevanten Daten zu schaffen.

<b>Folgende Teile der Technischen Richtlinien der FGW wurden bisher herausgegeben:</b>					
<b>Teil 1:</b>	<b>Bestimmung der Schallemissionswerte</b>				
<b>Teil 2:</b>	<b>Bestimmung von Leistungskurve und standardisierten Energieerträgen</b>				
<b>Teil 3:</b>	<b>Bestimmung der Elektrischen Eigenschaften von Erzeugungseinheiten und -anlagen am Mittel-, Hoch- und Höchstspannungsnetz</b>				
<b>Teil 4:</b>	<b>Anforderungen an Modellierung und Validierung von Simulationsmodellen der elektrischen Eigenschaften von Erzeugungseinheiten und -anlagen (ab Rev.3)</b>				
<b>Teil 5:</b>	<b>Bestimmung und Anwendung des Referenzertrages</b>				
<b>Teil 6:</b>	<b>Bestimmung von Windpotenzial und Energieerträgen</b>				
<b>Teil 7:</b>	<b>Betrieb und Instandhaltung von Kraftwerken für Erneuerbare Energien</b>	Rubrik A: „Allgemeiner Teil“:		Inhalt: Definition von Begriffen, normativen Verweisungen und Beschreibungen von Prozessen und Systemaspekten	
		Rubrik B: „Fachspezifische Anwendungserläuterungen“	Rubrik B1: „Fachspezifische Anwendungserläuterung für die elektrische Infrastruktur“		Inhalt: Instandhaltung von elektrischen Betriebsmitteln, Zustandsfeststellung von elektrischen Betriebsmitteln und Anlagen in Anlehnung von VDE 109 Teil 2 in Arbeit
			Rubrik B2: „Fachspezifische Anwendungserläuterung für Nachweisprüfungen“		in Arbeit
			Rubrik B3: „Fachspezifische Anwendungserläuterungen für Gründung und Tragkonstruktionen bei Windenergieanlagen“		Inhalt: Inspektion und Sichtkontrolle, Prozessbeschreibung Überwachung und Überprüfung, Bewertung, Messverfahren, Handlungsempfehlungen, Instandsetzungsverfahren
			Rubrik B4: „Fachspezifische Anwendungserläuterungen für Antriebsstrang“		in Arbeit
			Rubrik C: „Dokumentation“		in Arbeit
		Rubrik D: „Klassierungen und Strukturierung“	Rubrik D1: „Kennzeichensystem von Windkraftwerken“		in Arbeit
			Rubrik D2: Zustands-Ereignis-Ursachen-Schlüssel für Erzeugungseinheiten (ZEUS)		Inhalt: Begriffe, Klassierung, Strukturierung und Schlüssel von Zustandsänderungen, Ereignissen und Ursachen für weiterführend Bewertungen und Verbesserungen in Betrieb und Instandhaltung
			Rubrik D3: „Globales Service Protokoll (GSP)“		Inhalt: Einheitliches Datenformat für den elektronischen Austausch von Daten im IH-Prozess
Rubrik E: „Analyse und Bewertung“		in Arbeit			
<b>Teil 8:</b>	<b>Zertifizierung der Elektrischen Eigenschaften von Erzeugungseinheiten und -anlagen am Mittel-, Hoch- und Höchstspannungsnetz</b>				

## Inhaltsverzeichnis

<b>1. EINLEITUNG .....</b>	<b>4</b>
1.1. Anforderungen .....	5
1.2. Grundsätzliche Zielsetzung der TR7 Rubrik B3 .....	6
1.3. Konstruktive Varianten .....	6
<b>2. ALLGEMEINES .....</b>	<b>8</b>
2.1. Anwendungsbereich .....	8
2.2. Gesetzliche Vorschriften .....	8
2.3. Normative Verweisungen .....	8
2.4. Verweis auf Richtlinien und Anforderungen .....	9
2.4.1. Schriften im Anwendungsbereich der Bundesrepublik Deutschland .....	9
2.4.2. Schriften im Anwendungsbereich weiterer EU-Länder .....	9
2.5. Kontinuierliche Verbesserung .....	9
<b>3. ALLGEMEINE FESTLEGUNGEN .....</b>	<b>10</b>
<b>3.1. Begriffe .....</b>	<b>10</b>
3.1.1. Inspektion und Sichtkontrolle .....	10
3.1.2. Überwachung und Überprüfung .....	11
3.1.3. Instandsetzung und Sanierung .....	12
3.1.4. Mangel und Schaden .....	13
3.1.5. Anforderungen .....	13
3.1.6. Eigenschaften von Einheiten (Bauwerk) .....	14
3.1.7. Gefährlicher Zustand .....	14
3.1.8. Ingenieurbauwerk .....	14
3.1.9. Schiefstellung .....	14
<b>3.2. Beteiligte Akteure .....</b>	<b>15</b>
3.2.1. Eigentümer .....	15
3.2.2. Betreiber .....	15
3.2.3. Betriebsführer .....	15
3.2.4. Sachverständiger .....	15
3.2.5. Gutachter .....	16
3.2.6. Sachkunde/Sachkundiger .....	16
3.2.7. Anlagenverantwortlicher .....	17
<b>3.3. Abkürzungen .....</b>	<b>17</b>
<b>3.4. Funktionsklasse .....</b>	<b>18</b>

<b>3.5. Abgeschlossene elektrische Betriebsstätte</b> .....	<b>18</b>
<b>4. PROZESS ÜBERWACHUNG UND ÜBERPRÜFUNG</b> .....	<b>20</b>
<b>4.1. Die Erste Hauptprüfung (H1)</b> .....	<b>20</b>
4.1.1. Dokumentenprüfung H1 .....	21
4.1.2. Handnahe Prüfung H1 .....	21
<b>4.2. Bauwerksüberwachung</b> .....	<b>22</b>
<b>4.3. Die Zweite Hauptprüfung (H2)</b> .....	<b>24</b>
4.3.1. Handnahe Prüfung H2 .....	24
<b>4.4. Hauptprüfung (H)</b> .....	<b>25</b>
<b>4.5. Einfache Prüfung (E)</b> .....	<b>25</b>
<b>4.6. Sonderprüfungen</b> .....	<b>25</b>
<b>4.7. Objektbezogene Schadensanalyse (OSA)</b> .....	<b>26</b>
<b>4.8. Sanierung/Instandsetzung</b> .....	<b>27</b>
<b>5. BEWERTUNG</b> .....	<b>28</b>
<b>5.1. Standsicherheit/Verkehrssicherheit/Dauerhaftigkeit</b> .....	<b>28</b>
5.1.1. Schadensbewertung „Standsicherheit“ (S) .....	28
5.1.2. Schadensbewertung „Verkehrssicherheit“ (V) .....	29
5.1.3. Schadensbewertung „Dauerhaftigkeit“ (D) .....	29
5.1.4. Zustandsbewertung .....	30
5.1.5. Gesamtnote .....	31
<b>5.2. Zuordnung zum Zustands-Ereignis-Ursachen-Schlüssel (ZEUS)</b> .....	<b>32</b>
<b>6. MESSVERFAHREN</b> .....	<b>33</b>
<b>6.1. Visuelle Prüfung</b> .....	<b>33</b>
<b>6.2. Rissbreitenmessung</b> .....	<b>38</b>
<b>6.3. Messungen der Schiefstellung des Turmes an seiner Basis</b> .....	<b>38</b>
6.3.1. Methode: .....	38
6.3.2. Messunsicherheit: .....	38
6.3.3. Durchführung der Messung: .....	38
6.3.4. Grenzwerte der Schiefstellung: .....	39
6.3.5. Randbedingungen: .....	39
6.3.6. Empfehlungen: .....	39
<b>6.4. Dynamische Bewegungsmessungen</b> .....	<b>39</b>
<b>7. HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN</b> .....	<b>41</b>
<b>8. INSTANDSETZUNGSVERFAHREN</b> .....	<b>42</b>

<b>9. FORTSCHREIBENDE AUFZEICHNUNGEN .....</b>	<b>45</b>
9.1. Überwachungen und Überprüfungen .....	45
9.2. Instandsetzungen .....	45
9.3. Empfohlene Aufzeichnungsumfang .....	45
<b>10. NORMEN UND RICHTLINIEN .....</b>	<b>46</b>

## 1. Einleitung

„Energieanlagen sind so zu errichten und zu betreiben, dass die technische Sicherheit gewährleistet ist. Dabei sind vorbehaltlich sonstiger Rechtsvorschriften die allgemein anerkannten Regeln der Technik zu beachten (Zitat aus Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) der Bundesrepublik der Bundesrepublik Deutschland, „Sicherheit und Zuverlässigkeit der Energieversorgung“, Teil 6 § 49 Anforderungen an Energieanlagen).

Eigentümer und Betreiber von Anlagen müssen (z.B. in der Bundesrepublik Deutschland nach BGB §§ 823, 836, 837, 838 und 840) sicherstellen, dass vorsätzliche oder fahrlässige Schädigungen an Personen bzw. am Eigentum Anderer ausgeschlossen werden können, da sie sich sonst nach der allgemeinen Rechtsprechung schadenersatzpflichtig machen. Dies trifft ebenso zu, wenn ein Schaden eingetreten ist und der Nachweis erbracht werden kann, dass es sich um eine fehlerhafte Errichtung bzw. mangelhafte Unterhaltung handelt.

Im Sinne der DIN EN 13306 und der DIN 31051 umfasst die Instandhaltung (IH) alle technischen und administrativen Maßnahmen sowie das Management der Maßnahmen, die zur Erkennung des Ist-Zustandes, zur Erhaltung des funktionsfähigen Zustandes, zur Rückführung in diesen und zur Steigerung der Funktionssicherheit während des Lebenszyklus einer Einheit benötigt werden. Ziel einer ordnungsgemäßen Instandhaltung ist es, den Wert des investierten Kapitals und die geforderte Verfügbarkeit sicherzustellen sowie die Anforderungen durch den Gesetzgeber zu erfüllen.

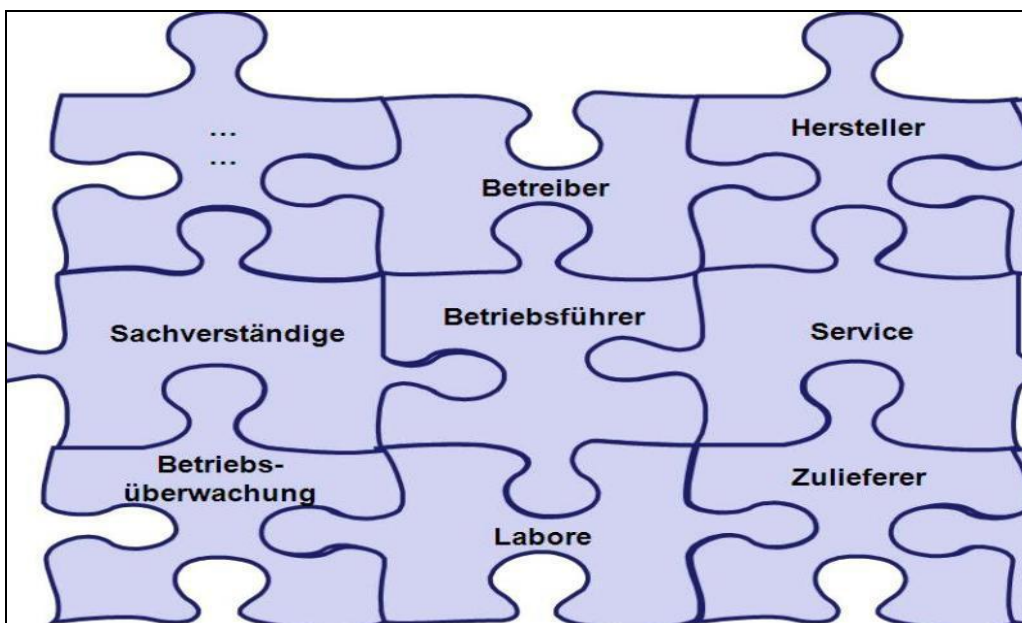


Abb.1: Prozessbeteiligte, die instandhaltungsrelevante Informationen generieren bzw. erhalten am Beispiel Windenergie

Abbildung 1 veranschaulicht die Komplexität der Kommunikation zwischen den Beteiligten an den Instandhaltungsprozessen und damit indirekt den Bedarf an einer Vereinheitlichung von Kennzeichnungen und Beschreibungen zur Vereinfachung.

Diese Dokumentation dient neben Sicherheitsaspekten auch der Priorisierung, Planung und Steuerung von Instandhaltungsmaßnahmen sowie der Analyse der Betriebs- und Instandhaltungsdaten hinsichtlich der Fortschreibung der laufenden Instandhaltungsplanung, der Optimierung der genannten Prozesse sowie zur Verbesserung der Anlagen. Der Betreiber benötigt dazu alle erforderlichen technischen Unterlagen entsprechend DIN EN 13460. Eine standardisierte Gestaltung der Dokumentation und Datenschnittstellen erleichtert die Zusammenarbeit aller Prozessbeteiligten.

### 1.1. Anforderungen

Der Betreiber einer Windenergieanlage muss gewährleisten, dass seine Bauwerke

- standsicher
- Verkehrssicher
- gebrauchstauglich
- dauerhaft

sind.

Die Einhaltung dieser Anforderungen wird durch Maßnahmen vor der Inbetriebnahme und während des Betriebs eines Bauwerks sichergestellt.

Entsprechend der Schriften des Deutschen Instituts für Bautechnik, Reihe B Heft 8 „Richtlinie für Windenergieanlagen Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung“ (DIBt-Richtlinie) ist vor Inbetriebnahme einer Windenergieanlage im Rahmen der Bauüberwachung und/oder Bauzustandsbesichtigung durch die zuständige Bauaufsicht oder den Prüflingenieur zu bescheinigen, dass die Anlage nach geprüften bautechnischen Unterlagen errichtet worden ist. Der Umfang der Maßnahmen zur Überprüfung und Überwachung kann den „Empfehlungen für die Bauüberwachung von Windenergieanlagen“ des Bauüberwachungsvereins BÜV entnommen werden.

In der Bundesrepublik sind entsprechend der Richtlinie des Deutschen Instituts für Bautechnik, Reihe B Heft 8 „Richtlinie für Windenergieanlagen Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung“ während des Betriebs durch Sachverständige in regelmäßigen Intervallen Nachweisprüfungen (wiederkehrende Prüfungen) an der Gründungs- und Tragstruktur durchzuführen

**Nachdruck, Vervielfältigung o.ä. nur mit schriftlicher Genehmigung des Herausgebers**



ren. Die Intervalle betragen höchstens 2 Jahre, dürfen jedoch auf 4 Jahre verlängert werden, wenn durch autorisierte Sachkundige eine kontinuierliche (mindestens jährliche) Überwachung der Windenergieanlage durchgeführt wird. Umfang und Auswertung der wiederkehrenden Prüfungen sind in der DIBt-Richtlinie geregelt.

In der TR7/B3 wird empfohlen, folgende Zyklen einzuhalten:

- Begehung/Besichtigung mindestens einmal im Jahr
- Hauptprüfung/einfache Prüfung mindestens alle vier Jahre

Die Fristen für die Bauüberwachung und -überprüfung regelt aber letztendlich die Gefährdungsanalyse und die Anforderungen der zuständigen Behörde. Die Prüfintervalle ergeben sich aus der gutachterlichen Stellungnahme zur Maschine (bautechnische Unterlagen).

## **1.2. Grundsätzliche Zielsetzung der TR7 Rubrik B3**

Ziel dieser fachspezifischen Anwendungen ist es

- den gesetzlichen und normativen Anforderungen Rechnung zu tragen,
- durch frühzeitiges Erkennen kostenintensive Instandsetzungsmaßnahmen zu vermeiden und
- durch Vernetzung der Prozessbeteiligten Kosten einzusparen

Um die Anforderungen des Gesetzgebers und des Auftraggebers zu erfüllen, werden

- ein Gesamtprozess der Bauwerksüberwachung, -überprüfung und -instandhaltung in ihren Abläufen mit den notwendigen Qualifikationen und in verschiedenen Eskalationsstufen empfohlen,
- dessen Teilprozesse mit den notwendigen Aufzeichnungen beschrieben,
- Empfehlungen für einen kontinuierlichen Überwachungsprozess der Gründungs- und Tragkonstruktion von Windenergieanlagen erstellt, diese - soweit sinnvoll - in die regulären betrieblichen Prozesse integriert,
- ausschreibungsgerechte Hinweise zu einer Auswahl von geeigneten Messverfahren und Qualifikation erstellt,
- eine einheitliche Sprachregelung festgelegt und
- bei Abweichungen vom Sollzustand weiterführenden Maßnahmen empfohlen.

## **1.3. Konstruktive Varianten**

Bei den Türmen von Windkraftanlagen werden folgende Bauarten unterschieden:

- der Stahlrohrturm wird in Segmenten mit beidseitigen Flanschen hergestellt und am Standort verschraubt
- Fachwerke werden aus geschweißten bzw. miteinander verschraubten Stahlprofilen hergestellt
- der Betonturm wird als Betonfertigteilturm oder als Ortbetonturm hergestellt, i.d.R. als Spannbetonkonstruktion
- der Hybridturm ist eine Kombination aus den vorgenannten Turmvarianten
- der Holzturm

Der Lasteintrag in den Baugrund erfolgt über Fundamente mit Flach- oder Tiefengründung.

Der Turmanschluss an das Fundament wird im Allgemeinen durch Fundamenteinbauteile (FET) oder Ankerkorbsysteme realisiert. Betonturmkonstruktionen werden in der Regel durch Spannglieder mit dem Fundament verspannt.