

# DIN ISO 16079-2:2022-06 (D)

## Zustandsüberwachung und -diagnostik von Windenergieanlagen - Teil 2: Überwachung des Antriebsstrangs (ISO 16079-2:2020)

---

Inhalt	Seite
Nationales Vorwort .....	6
Nationaler Anhang NA (informativ) Literaturhinweise .....	7
Vorwort .....	8
Einleitung .....	9
1 Anwendungsbereich.....	13
2 Normative Verweisungen .....	13
3 Begriffe .....	13
4 Abkürzungen .....	14
5 Analyse der Ausfallarten und Symptome (FMSA) .....	14
5.1 Allgemeines .....	14
5.2 Der FMSA-Prozess .....	15
6 Deskriptoren zur Fehlererkennung.....	16
6.1 Allgemeines .....	16
6.2 Deskriptortypen .....	17
6.3 Auf Prozessparametern basierende Deskriptoren — Betriebswerte .....	18
6.3.1 Allgemeines .....	18
6.3.2 Messen von Prozessparameterdeskriptoren .....	19
6.4 Drehzahlmessung und drehzahlbasierte Deskriptoren .....	19
6.4.1 Allgemeines .....	19
6.4.2 Messen der Drehzahl.....	19
6.5 Auf Schwingungen basierte Deskriptoren .....	20
6.5.1 Verweisung auf andere Normen.....	20
6.5.2 Allgemeines .....	20
6.5.3 Messung von Schwingungen .....	21
6.5.4 Aufnehmer für Schwingungsmessungen .....	21
6.5.5 Befestigung von Schwingungsaufnehmern .....	23
6.6 Auf der Messung von Spannungswellen basierte Deskriptoren .....	23
6.6.1 Allgemeines .....	23
6.6.2 Messen von Spannungswellen.....	24
6.6.3 Aufnehmer für die Messung von Spannungswellen .....	25
6.6.4 Befestigung von Spannungswellenaufnehmern .....	25
6.7 Auf Fremdpartikeln im Schmieröl basierende Deskriptoren .....	25
6.7.1 Allgemeines .....	25
6.7.2 Auf Fremdpartikeln im Öl basierende Deskriptoren .....	26
6.7.3 Sensoren für Fremdpartikel im Öl.....	26
7 Überwachungsintervall für Deskriptoren.....	27
7.1 Verweisung auf andere Normen.....	27
7.2 Einflussfaktoren für das Überwachungsintervall.....	27
8 Benachrichtigungskriterien für Deskriptoren .....	29
8.1 Verweisung auf andere Normen.....	29
8.2 Allgemeines .....	29

8.3	Festlegung von Warn- und Alarmgrenzen für Deskriptoren in neuen Windenergieanlagen .....	30
8.4	Festlegung von Warn- und Alarmgrenzen für eine Windenergieanlage unter normalen Betriebsbedingungen.....	30
8.5	Festlegung von Alarmgrenzen nach dem Austausch von Komponenten .....	30
9	Handhabung von veränderten Betriebsbedingungen — das Konzept des Betriebszustandscontainers.....	31
9.1	Allgemeines.....	31
9.2	Beispiel für die Nutzung der Wirkleistung als Betriebszustand.....	31
10	Positionen für Aufnehmer .....	32
10.1	Verweisung auf andere Normen und Leitfäden.....	32
10.2	Position des Schwingungsaufnehmers.....	33
10.3	Position der Spannungswellenaufnehmer.....	34
10.4	Position der Sensoren für Fremdpartikel im Öl.....	34
10.5	Beispiel für Benennungskonventionen und Aufnehmerpositionen.....	34
11	Bezugswerte — Erstaufzeichnung der Daten für die Diagnose zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme.....	36
11.1	Allgemeines.....	36
11.2	Dauer der zeitlichen Signalverläufe für die Bezugswertaufzeichnung .....	36
11.3	Wiederholpräzision und Stabilität der Aufzeichnungen des zeitlichen Signalverlaufs.....	36
11.4	Abtastrate des zeitlichen Signalverlaufs für die Bezugswertaufzeichnung .....	37
11.5	Erstprüfung der Bezugswertdaten — Empfehlungen.....	37
12	Diagnose von Fehlern und ihren Ursachen.....	37
12.1	Verweisung auf andere Normen.....	37
12.2	Allgemeines.....	38
12.3	Komponentendaten.....	38
12.4	Zeitliche Signalverläufe als Rohdaten für eine detaillierte Diagnose .....	38
12.5	Regelmäßige Aufzeichnung .....	38
12.6	Aufzeichnung auf Anforderung.....	39
13	Prognose .....	39
13.1	Verweisung auf andere Normen.....	39
13.2	Allgemeines.....	39
13.3	Typ I — Ausfalldatenbasierte Prognose — statistikbasiert .....	40
13.4	Typ II — Beanspruchungsbasierte Prognose — modellbasiert .....	41
13.5	Typ III — Datengestütztes Verfahren — zustandsbasiert.....	41
14	Überprüfung der Auslegung des Zustandsüberwachungs- und Diagnosesystems .....	42
14.1	Verweisung auf andere Normen.....	42
14.2	Allgemeines.....	42
14.3	Bewertung der Effektivität des Zustandsüberwachungssystems.....	42
14.4	Kosten-Nutzen-Analyse .....	44
14.4.1	Allgemeines.....	44
14.4.2	Einfaches Modell.....	44
14.4.3	Erweitertes Modell .....	45
Anhang A (informativ) Detaillierte Informationen zu schwingungsbasierten Deskriptortypen .....		48
A.1	Zeitbereichsbasierte Deskriptoren.....	48
A.2	Frequenzbereichsbasierte Schmalbanddeskriptoren .....	48
A.2.1	Allgemeines.....	48
A.2.2	Durch Merkmalsextraktion erzeugte frequenzbereichsbasierte Deskriptoren .....	50
A.3	Vorverarbeitung von zeitlichen Signalverläufen vor der Frequenzanalyse .....	51
A.3.1	Allgemeines.....	51
A.3.2	Erneute drehwinkelsynchrone Abtastung des zeitlichen Signalverlaufs .....	52
A.3.3	Mittelung des Zeitbereichs.....	53
A.4	Auf anderen Analyseverfahren basierte Merkmalsextraktion .....	54
A.4.1	Allgemeines.....	54

A.4.2	Demodulation — Hüllkurventechnik.....	54
A.4.3	Cepstrum-Analyse .....	55
A.5	Deskriptormesszeit .....	56
Anhang B (informativ) FMSA des Antriebsstrangs.....		58
Literaturhinweise .....		61

## Bilder

Bild 1	— Zusammenhang zwischen diesem Dokument und ISO 16079-1 .....	10
Bild 2	— Ablauf der Zustandsüberwachung und Diagnose: Auslegungsphase und Nutzungsphase der Anwendung auf eine Maschine .....	10
Bild 3	— Zusammenhang zwischen der Überwachungsstrategie, der Diagnosestrategie und der Prognosestrategie.....	11
Bild 4	— Beispiel für die Entwicklung eines mechanischen Ausfalls.....	18
Bild 5	— Typische Darstellung von Frequenzbereichen für Ausfallarten bei einer Windenergieanlage .....	20
Bild 6	— Anhand von drei unterschiedlichen Deskriptortypen erkannter gleicher Lagerfehler.....	28
Bild 7	— Beispiel für einen Trend vor und nach dem Austausch der Kupplung an der schnelllaufenden Welle .....	31
Bild 8	— Zwei Arten der Implementierung von prozessabhängigen Alarmgrenzen .....	32
Bild 9	— An Übergängen zwischen Komponenten und Werkstoffen wird das Schwingungssignal reflektiert und gedämpft.....	33
Bild 10	— Befestigungspositionen für Aufnehmer am Antriebsstrang einer Windenergieanlage .....	34
Bild 11	— Stabilitätskriterien für die Aufzeichnung von zeitlichen Signalverläufen.....	37
Bild 12	— Veranschaulichung des grundlegenden RUL-Konzepts.....	40
Bild 13	— Beispiel für die Beziehung zwischen Fehlern/Symptomen/Deskriptoren.....	43
Bild 14	— Prozessübersicht für die Kosten-Nutzen-Analyse.....	46
Bild A.1	— Vergleich des Signal-Rausch-Verhältnisses für einen Zeitbereichs-Bandpassfilter (rot) und eine DFT mit Hamming-Gewichtung (blau) .....	50
Bild A.2	— Beispiel für die Extraktion von Merkmalen aus einem Autoleistungsspektrum.....	51
Bild A.3	— Darstellung des Verschmierens als schwarze Spektralkomponenten im Vergleich zu ordnungsbasierten Komponenten in Rot .....	52
Bild A.4	— Darstellung des Prinzips der erneuten drehwinkelsynchronen Abtastung.....	53
Bild A.5	— Darstellung der Zeitbereichsmittelung mit und ohne Auslöserreferenz.....	53
Bild A.6	— Darstellung des Hüllkurvenprozesses, entweder anhand der Hilbert-Transformation oder der selektiven Hüllkurvenerkennung .....	55

<b>Bild A.7 — Darstellung der Cepstrum-Technik.....</b>	<b>56</b>
---------------------------------------------------------	-----------

**Tabellen**

<b>Tabelle 1 — Abkürzungen und deren Erläuterungen.....</b>	<b>14</b>
-------------------------------------------------------------	-----------

<b>Tabelle 2 — Vorlage für die Implementierung der FMSA.....</b>	<b>15</b>
------------------------------------------------------------------	-----------

<b>Tabelle 3 — Aufnehmerposition und Bezeichnung nach IEC 61400-25-6 .....</b>	<b>35</b>
--------------------------------------------------------------------------------	-----------

<b>Tabelle B.1 — Implementierung der FMSA (Beispiel).....</b>	<b>58</b>
---------------------------------------------------------------	-----------