



## **Offshore-Netzanschlussregeln**

**Stand: 1. März 2023**

<b>1</b>	<b>Einführung</b> .....	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>Rechtliche Rahmenbedingungen</b> .....	<b>8</b>
2.1	Vertragssprache.....	8
<b>3</b>	<b>Geltende Regeln und Normen</b> .....	<b>8</b>
3.1	Projektphasen.....	9
3.2	Abkürzungen.....	10
<b>4</b>	<b>Netzanschluss und Systemdesign</b> .....	<b>12</b>
<b>5</b>	<b>Anforderungen zur Einhaltung des Offshore Grid Code</b> .....	<b>15</b>
5.1	Robustheitsanforderungen bezüglich Spannung und Frequenz .....	15
5.1.1	Spannungs- und Frequenzanforderungen im Dauerbetrieb.....	15
5.1.2	Überspannungen und Isolationskoordination .....	15
5.1.3	Spannungsänderungen aufgrund von Schaltaktivitäten.....	16
5.1.4	Spannungsunsymmetrien .....	16
5.2	Regelbarkeit bezüglich Wirkleistung und Frequenz.....	16
5.2.1	Aktiver Stromaustausch .....	16
5.2.2	Wirkleistungsfrequenzregelung .....	17
5.3	Regelfähigkeit in Bezug auf Blindleistungsbilanz und Spannungsstabilität .....	18
5.3.1	Anforderungen an OWP im Blindleistungsaustausch bei Wirkleistungseinspeisung ..	18
5.3.2	Anforderungen an OWP im Blindleistungsaustausch bei Wirkleistungsaufnahme .....	20
5.3.3	Schaltfähigkeit des kapazitiven Ladestroms.....	20
5.3.4	Konzept zur Blindleistungs-/Spannungsregelung .....	20
5.4	Systemstörungen und Netzqualität.....	20
5.4.1	Allgemein .....	20
5.4.2	Power Quality .....	21

5.4.3	Harmonische Stabilität – OWP-Interaktion .....	21
5.5	Spezifische Anforderungen an das Verhalten von OWP/WEA bei Systemfehlern .....	22
5.5.1	Fehlerbehebung und -klärung .....	22
5.5.2	Verhalten bei Blockierung des HGÜ-Konverters.....	22
5.5.3	Verhalten im Inselbetrieb .....	22
5.5.4	Verhalten im Schwarzstart .....	23
5.5.5	Verhalten bei Frequenzabweichungen .....	23
5.5.6	Verhalten bei Stabilitätsproblemen.....	23
5.5.7	Verhalten bei störungsbedingten Spannungsabweichungen .....	23
5.5.8	Verhalten beim Kommunikationsausfall bzgl. Sollwertreaktion .....	26
5.5.9	Fehleranalyse .....	26
5.6	Neustart des Offshore-Netzes.....	27
5.7	Anforderungen an das Engpassmanagement .....	27
5.7.1	Allgemein .....	27
5.7.2	EPC-Systemautomatik .....	27
5.7.3	Maximale Wirkleistungserzeugung.....	29
5.7.4	Anforderungen an die Informationstechnik bei der Regelleistungsbereitstellung .....	30
5.8	Elektrische Schutzvorrichtungen .....	30
5.9	Fehleraufzeichnungen.....	31
5.10	Konformitätsstudien und Simulationsmodelle .....	31
5.10.1	Verfahren .....	31
5.10.2	Anforderungen an die Simulationssoftware .....	32
5.10.3	Modellanforderungen .....	32
5.10.4	Umfang der Studien .....	33
5.11	Erdungssystem .....	33
<b>6</b>	<b>Betriebserlaubnisverfahren.....</b>	<b>34</b>
6.1	Prozessübersicht .....	34

6.2	Voraussetzungen für die Erlaubnis zur Zuschaltung (EZZ) .....	34
6.3	Installationszertifikate.....	34
6.4	Voraussetzungen für die vorläufige Betriebserlaubnis (VBE) .....	35
6.4.1	Nachweis für vorläufige Betriebserlaubnis.....	35
6.4.2	Netzstudien und Nachweis der Konformität.....	36
6.5	Voraussetzungen für die endgültige Betriebserlaubnis (EBE) .....	36
6.5.1	Test der Regelbarkeit der Wirkleistungsabgabe,.....	37
6.5.2	Test der Blindleistungsabgabe .....	37
6.5.3	Test des Blindleistungsregelungsmodus .....	37
6.5.4	Tests für die Fähigkeit zur Frequenzregelung .....	38
6.5.5	Test der Systemautomatik und der schnellen Signalreaktion .....	38
6.5.6	Messung von harmonischen Emissionen .....	39
6.6	Beschränkte Betriebserlaubnis (BBE) .....	39
6.7	Testwiederholungen während des Betriebs.....	39
<b>7</b>	<b>Verbindungstechnik und Schnittstellen .....</b>	<b>40</b>
7.1	Aufteilung des technischen Umfangs (Design, Spezifikation, Lieferung, Installation, Prüfung).....	40
7.2	Liefer- und Leistungsumfang des ÜNB.....	43
7.3	Umfang der Lieferungen und Leistungen von OWP .....	43
7.4	Allgemeine Bedingungen für die Verlegung und Installation von HVAC-Kabeln .....	43
7.4.1	Direkter Anschluss an GIS / Kabelverbindung.....	43
7.4.2	Konzepte zur Kabeleinzugsvorbereitung .....	44
7.4.3	Technische Parameter für HVAC-Seekabel .....	45
7.4.4	Technische Parameter für Hochspannungs-Innenkonus-Kabelverbinder .....	46
7.5	Konstruktionsanforderungen für J-Tubes und Bellmouth.....	46
7.5.1	Bellmouth-Abdeckung .....	49
7.6	Kabel-Hang-Off.....	49

7.7	LWL-Spleißboxen und OWP-Patch-Schrank.....	49
7.8	Spezifikation der Kabeleinzugswinde.....	49
7.9	Umgang mit Schäden.....	50
7.10	OWP-Ausrüstung auf der Offshore-Station des ÜNB .....	50
7.10.1	Schutz.....	50
7.10.2	Netzurückwirkungsanalysegeräte .....	50
7.10.3	Windpark-Regler .....	51
7.10.4	Zählung.....	51
7.11	Entwurf von Hochspannungsschaltanlagen.....	52
7.12	Ein-/Ausschaltstrategie .....	52
7.13	Offshore-Hilfsversorgung .....	52
7.14	Signalaustausch zwischen OWP und dem ÜNB.....	52
7.15	LWL-Anschluss und LWL-Vermietung durch den OWP.....	53
<b>8</b>	<b>Betrieb und Netzführung .....</b>	<b>53</b>
8.1	Schaltbefugnis und Verantwortung OWP/ÜNB.....	53
8.2	Personalqualifikation und Befugnis .....	54
8.3	Kopplung von Netzanschlusspunkten .....	55
8.4	Weisungsrecht des ÜNB .....	55
8.5	Wartung .....	55
8.6	Konformitätsbewertung während des Betriebs .....	56

## Liste der Tabellen

Tabelle 1: Projektphasen aus Sicht eines OWP-Betreibers .....	9
Tabelle 2: Abkürzungsverzeichnis .....	10
Tabelle 3: Spannungsanforderungen für den Netzanschluss von Offshore-Windparks.....	15
Tabelle 5: FSM-Standardwerte.....	18
Tabelle 6: Allgemeine Annahmen zur Kurzschlussleistung im Offshore-Netz vor und nach einem Fehler .....	25
Tabelle 7: EPC-Signale und entsprechender Wirkleistungssollwert.....	28
Tabelle 8: Schnittstellenmatrix.....	40
Tabelle 9: Beispielwerte der 66-kV-Wechselstromkabel .....	45
Tabelle 10: Beispielwerte des 66-kV-Innenkonusverbinders.....	46
Tabelle 11: Entwurfparameter für das Einziehen von OWP-Seekabeln .....	48

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schematischer Aufbau der Grid Connection Systems und Darstellung der Systemgrenzen für bipoles Systeme mit DMR HGÜ ONAS.....	12
Abbildung 2: Schematischer Aufbau der Netzanschlussysteme und Darstellung der Systemgrenzen für symmetrische Monopol-HGÜ-ONAS.....	12
Abbildung 3: Beispielhafter Überblick über den Aufbau einer Hochspannungsschaltanlage .	14
Abbildung 4: Mindestabstände zwischen auffächernden J-Tubes und Bellmouth .....	47
Abbildung 5: J-Tube-Parameterdefinitionen.....	48
Abbildung 6: Definition Schalthoheit ÜNB/OWP .....	54

## 1 Einführung

Diese Offshore-Netzanschlussregel (ONAR) beschreibt die technischen und organisatorischen Mindestanforderungen, die bei der Errichtung und dem Betrieb von seeseitigen Netzanbindungen an das Netz der Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) zu erfüllen sind. Ziel dieses Dokuments ist es, Eigenschaften des Offshore-Netzes, Anforderungen aus den technischen Anschlussregeln (TAR) und die Schnittstellen mit den Offshore-Windparks (OWP), die im Folgenden als Anschlusskunden bezeichnet werden, bereitzustellen.

Die ONAR bildet die Grundlage für entsprechende vertragliche Vereinbarungen zwischen dem ÜNB und dem Anschlusskunden gemäß VDE-Anwendungsregel VDE-AR-N 4131 [I] und [I]-Anwendungsregel VDE-AR-N 4130 [II].

## 2 Rechtliche Rahmenbedingungen

Die ÜNB sind für den Betrieb, die Wartung und den Ausbau ihres Übertragungsnetzes verantwortlich. Gemäß §19 (1) EnWG [III] sind die ÜNB verpflichtet, technische Mindestanforderungen für den Anschluss von OWP an ihr jeweiliges Übertragungsnetz festzulegen.

Diese Verpflichtung wird durch die vorliegende ONAR erfüllt. Es ist die Pflicht des Anschlusskunden (OWP-Betreiber), diese ONAR einzuhalten. Die Einhaltung dieser ONAR ist im Rahmen des in diesem Dokument beschriebenen Betriebserlaubnisverfahrens in geeigneter Weise nachzuweisen.

Zusätzlich alle Anforderungen der VDE-AR -N 4131 [I] und VDE-AR-N 4130 [II] sollen vom OWP-Betreiber erfüllt werden.

### 2.1 Vertragssprache

Es gilt ausschließlich deutsches Recht.

Rechtlich bindend ist die deutsche Fassung dieser ONAR. Die englische Übersetzung hat nur rein informativen Charakter.

## 3 Geltende Regeln und Normen

Ref. Nr. + Kurztext	Titel
[I] VDE-AR-N 4131	Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik eV <i>Technische Regeln für den Anschluss von HGÜ-Systemen und über HGÜ-Systeme angeschlossene Erzeugungsanlagen</i> (VDE-AR-N

Ref. Nr. + Kurztext	Titel
	4131:2019-03), Berlin, 01.03.2019.
[II] VDE-AR-N 4130	Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik eV, <i>Technische Regeln für den Anschluss von Kundenanlagen an das Höchstspannungsnetz und deren Betrieb (TAR-Höchstspannung) (VDE-AR-N 4130:2018-11)</i> , Berlin, 01.11.2018.
[III] EnWG	Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung ( <i>Energiewirtschaftsgesetz</i> ), vom 07. Juli 2005 (BGBl. I S. 1970, 3621), durch Artikel 3 des Gesetzes vom 4. Januar 2023 (BGBl, 2023 I Nr9) geändert.
[IV] WindSeeG	Windenergie-auf-See-Gesetz vom 13. Oktober 2016 (BGBl. I S. 2258, 2310)
[V] DIN EN 50160	Deutsches Institut für Normung (DIN), <i>DIN EN 50160 „Merkmale der Spannung in Öffentlichen Elektrizitätsversorgungsnetze“</i> .
[VI] DACHCZ	Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik eV, „DACHCZ: Technische Regeln zur Beurteilung von Netzurückwirkungen“.
[VII] DIN VDE 0105-100	Deutsches Institut für Normung (DIN), DIN VDE 0105-100 "Betrieb von elektrischen Anlagen".
[VIII] DGUV-Vorschrift 3	BG ETEM, DGUV Vorschrift 3 - Unfallverhütungsvorschrift Elektrische Anlagen und <i>Betriebsmittel</i> .
[IX] DIN EN 60071-1	DIN EN 60071-1, Isolationskoordination
[X] FNN-Hinweis	VDE FNN Hinweis vom Juni 2020, „Spannungseinprägendes Verhalten von HGÜ-Systemen und nichtsynchrone Erzeugungsanlagen mit Gleichstromanbindung“
[XI] DIN EN 62271-100	<i>Hochspannungs-Schaltgeräte und -Schaltanlagen Teil 100: Wechselstrom-Leistungsschalter</i>
[XII] IT-Mindestanforderung Regelleistung	www.regelleistung.net „Mindestanforderungen an die Informationstechnik des Reservenanbieters zur Erbringung von Regelreserve“ Stand 01.03.2022

### 3.1 Projektphasen

Tabelle 1 zeigt die allgemeinen Projektphasen für den Anschluss der OWF an das ÜNB-Netz. Der ÜNB und der OWP werden sich auf einen Realisierungsplan einigen, der die folgenden Phasen im Detail umfasst.

**Tabelle 1: Projektphasen aus Sicht eines OWP-Betreibers**

1	Planungsphase	Beginn unmittelbar nach Zuschlagserteilung der Offshore-Fläche an den OWP-Betreiber. Beinhaltung von dem Projektaufbau und alle organisatorischen Konzepte zwischen OWF und TSO. In dieser Phase werden verschiedene Konzepte und Strategien ausgetauscht,
---	---------------	---

		ebenso wie erste Entwürfe, Modelle und Parameter.
2	Design-Phase	Detaillierte Abstimmung der in der Planungsphase erstellten Konzepte.
3	Bau und Installation	Installation von WEA, Fundamenten und AC-Seekabeln
4	Inbetriebnahme und Prüfung	Inbetriebnahme und Prüfung aller installierten OWP-Komponenten.
5	Betrieb	Start des OWP-Betriebes

### 3.2 Abkürzungen

Allgemeine Abkürzungen sind in Tabelle 2. Die folgenden Abkürzungen gelten zusätzlich nur für dieses Dokument.

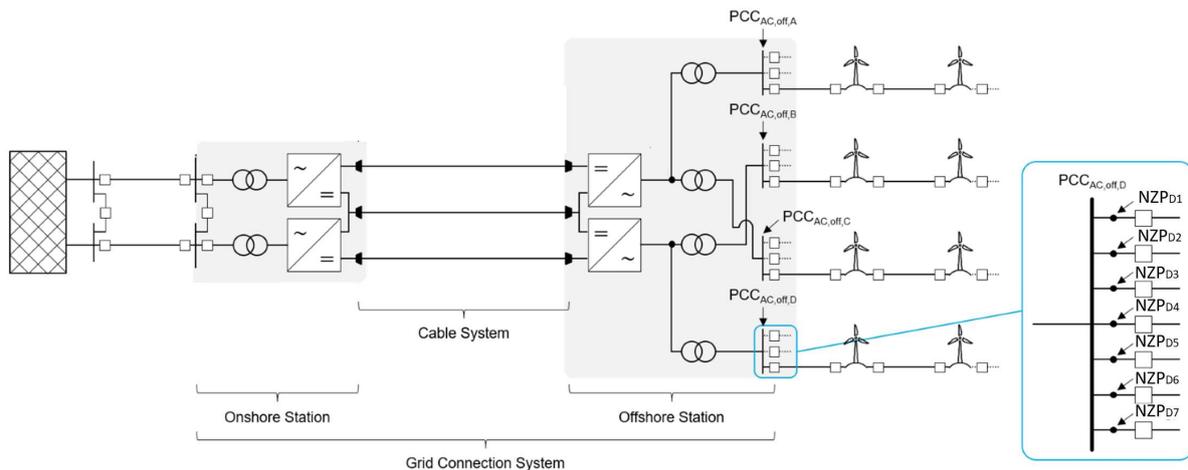
**Tabelle 2: Abkürzungsverzeichnis**

Definition	Bedeutung
AC- (Wechsel-) Stromnetz des OWP	Bezeichnet Seekabel, Stecker und alle anderen Geräte, die im Eigentum des OWP sind.
AC-Seekabel	Seekabel zwischen der WEA und der Offshore-Plattform.
AC-Plattformkabel	Das AC-Kabel zwischen dem GIS und dem AC-Seekabel auf der Offshore-Station.
Anschlusskunde	Errichter oder Betreiber des OWP
Bellmouth / EinfuhrBellmouth	Glockenförmige Öffnung, die eine Einführung für ein Seekabel ermöglicht, z. B. verwendet bei Meeresbodenende von J-Tubes oder J-Tube-Übergang zu und von Spulenstücken oder Ähnlichem.
C&P (Control and Protection)	Steuerung und Schutz
DMR	Dedizierter metallischer Rückleiter
EPC (Emergency Power Control)	Notfallsteuerung der Wirkleistung
EZZ	Erlaubnis zur Zuschaltung
FRT (Fault-Ride-Through)	Fehlerdurchfahren
FSM (Frequency Sensitive Mode)	Frequenzempfindlicher Modus
GIS	Gasisolierte Schaltanlagen
Hang-Off	System, das in Offshore-Einheiten verwendet wird, um ein Kabel durch Klemmarmierungsdrähte oben auf den J-Tubes aufzuhängen
J-Tube	In oder an der Unterkonstruktion des montierten Rohres zur Einführung eines Kabels zwischen Meeresboden und Topside, dessen Form an den Buchstaben „J“ erinnert
Konvertersystem	Beinhaltet die Onshore-Station und die Offshore-Station, also den Umfang der Stationsvergabe. Es beinhaltet nicht das DC-

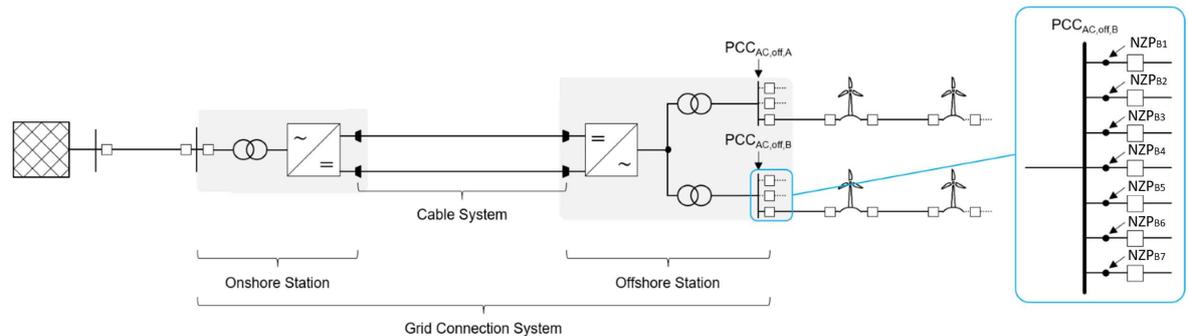
	Kabelsystem. Zusammen mit dem DC-Kabelsystem bildet es das Netzanschlussssystem.
LFSM (Limited Frequency Sensitive Mode)	Begrenzter frequenzempfindlicher Modus
LWL-Kabel (Lichtwellenleiter)	Sind Kabel und Leitungen aus Lichtwellenleitern zur Übertragung optischer Signale. Es besteht aus dem LWL-Seekabel und dem LWL-Landkabel.
NAP	Netzanschlusspunkt: Bezeichnet die seeseitige Schnittstelle des Netzanschlusssystems zum OWP
NAS	Netzanschlusssystem
NLZ	Netzleitzentrale: Das NLZ ist das Gebäude, in dem das Netzleitsystem untergebracht ist.
NZP	Netzzugangspunkt
Offshore-Station	Ist die Station auf See und umfasst alle Bauwerke, Anlagen und Anlagenteile, Betriebsmittel, Komponenten, Baugruppen, Schnittstellen und Software auf See
ONAR	Offshore-Netzanschlussregel
OWP-Kabellieferant	OWP-Auftragnehmer, der verantwortlich für das Design und Installation der 66-kV-Offshore-HVAC-Kabel ist.
OWP	Offshore-Windpark: Gruppierung einer oder mehrerer Offshore-Windenergieanlagen zur Erzeugung elektrischer Energie.
PCC (Point of Common Coupling)	Netzverknüpfungspunkt
Repeater-Station	Ortung durch Verstärkung der optischen Signale der Lichtwellenleiter, wenn die maximale Übertragungsdistanz einen kritischen Punkt erreicht. Neben den optischen Verstärkern sind hier auch die Kabelüberwachungssysteme stationiert.
ROCOF- (Rate of Change of Frequency)	Änderungsrate der Frequenz
RSW	Runder Einzeldraht
RMW	Runder Multidraht
UPS (Uninterruptible Power Supply)	Unterbrechungsfreie Stromversorgung
VSC (Voltage Source Converter)	Spannungsquellenkonverter
WEA	Windenergieanlage

## 4 Netzanschluss und Systemdesign

Im Folgenden wird der grundsätzliche Aufbau von Offshore-Netzanschlussssystem (ONAS) beschrieben. Das genaue Netzanschlusskonzept kann je nach Projekt von den hier beschriebenen Standardsystemen abweichen und wird vom ÜNB festgelegt. Abbildung 1 zeigt beispielhaft den Aufbau eines bipolen ONAS mit DMR. Abbildung 2 zeigt das Beispiel eines symmetrischen Monopol-ONAS.



**Abbildung 1: Schematischer Aufbau der Grid Connection Systems und Darstellung der Systemgrenzen für bipolares System mit DMR HGÜ ONAS**



**Abbildung 2: Schematischer Aufbau der Netzanschlussysteme und Darstellung der Systemgrenzen für symmetrische Monopol-HGÜ-ONAS**

Ein ONAS wird als HGÜ-Übertragungssystem mit mehrstufigen VSC-Stationen und einem Kabelsystem realisiert, das HGÜ-Kabel und ein Glasfaserkabel umfasst.

Die Hauptschnittstellen der Offshore-Station sind die Netzverknüpfungspunkte- AC- Offshore ( $PCC_{AC,off}$ ) und die Netzzugangspunkte ( $NZP_{A1}...NZP_{D7}$ ) der jeweiligen OWP. Der Netzanschlusspunkt (NAP) stellt die technische Schnittstelle zwischen dem OWP und dem ÜNB dar und kann auf der  $PCC_{AC,off}$  oder NZP-Ebene angewendet werden. Die Anzahl der

NAPs eines OWP hängt von der installierten Erzeugungsleistung und der Anzahl unterschiedlicher OWP-Betreiber ab.

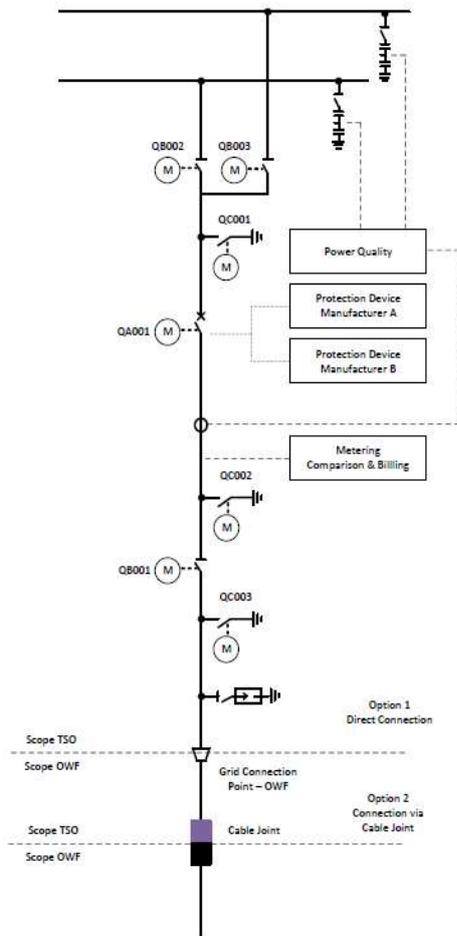
Der ÜNB legt den spezifischen NAP für den OWP fest.

Unabhängig von der Technologie des Netzanbindungssystems gelten an jedem NAP alle im ONAR definierten Netzeigenschaften und Netzdienstleistungen des Offshore-Netzes. Anforderungen der ONAR sind an jedem NAP durch den OWP zu erfüllen.

Der ÜNB ist über den Schaltzustand von WEA und AC-Seekabeln (ggf. inkl. WEA-Trafostufenschalter bzw. WEA-Trafostufenstellung und Erdungsschalter) sowie die Anzahl der angeschlossenen und betriebsbereiten WEA an jeder Sammelschiene zu informieren. Diese Informationen werden für die Betriebsführung des Offshore-Netzes verwendet. Darüber hinaus sind dem ÜNB weitere Signale bzw. Informationen zur Gewährleistung eines sicheren Netzbetriebs zu übermitteln.

Abbildung 3 zeigt eine beispielhafte Darstellung der Hochspannungsschaltanlage am NAP. Die genaue Auslegung der Hochspannungsschaltanlage ist projektspezifisch und wird vom ÜNB vorgegeben.

Die Abbildung 3 visualisiert ebenfalls die Aufteilung des Eigentumverhältnisses zwischen ÜNB und OWP.



**Abbildung 3: Beispielhafter Überblick über den Aufbau einer Hochspannungsschaltanlage**

Die Systemauslegung ist in der Planungsphase zwischen dem Anschlusskunden und dem ÜNB abzustimmen. Es beinhaltet, ist aber nicht beschränkt auf:

- WEA-Design
- AC-Seekabeldesign (Park-Layout und Kabelauslegungen)
- Erdungsdesign
- Zu messende und aufzuzeichnende Variablen
- Zu verarbeitende Signale
- Schutzschnittstellen (falls vorhanden)
- Steuersignale (falls vorhanden)
- OWP-Betriebskonzept
- Eigenschaften des Betriebsmittels (z. B. Bemessungsspannung, Kurzschlussfestigkeit, Erdungskonzept etc.)

## 5 Anforderungen zur Einhaltung des Offshore Grid Code

### 5.1 Robustheitsanforderungen bezüglich Spannung und Frequenz

#### 5.1.1 Spannungs- und Frequenzanforderungen im Dauerbetrieb

Die Netzennspannung und die daraus resultierende Dauerbetriebsspannung für den Normalbetrieb werden für jeden NAP vom ÜNB festgelegt. Für dieses Dokument gilt die Anforderung hinsichtlich der Spannung für die Spannungsebene von 66 kV und 132 kV.

Für eine Netzennspannung in der obengenannten Spannungsebene gelten die Angaben in Tabelle 3 als zusätzliche Anforderungen für den OWP-Netzanschluss.

**Tabelle 3: Spannungsanforderungen für den Netzanschluss von Offshore-Windparks**

OWP Netzennspannung $U_n$ in pu.	Betriebsspannungsbereich in pu.	Mindestbetriebszeit
1	0,85 bis 0,9	60min
	0,9 bis 1,1	unbegrenzt
	1,1 bis 1,15	30 Minuten

*Hinweis: Anforderungen an die Spannungsbereiche 0,85 bis 0,9 sowie 1,1 bis 1,15 pu. sind nur anwendbar, wenn dies ausdrücklich vom ÜNB verlangt wird.*

Hinsichtlich der zeitabhängigen Frequenzbereiche, die im stationären und quasistationären Betrieb zu regeln sind, gelten die Anforderungen der VDE-AR-N 4131 [I]. Als zusätzliche Anforderung können vom ÜNB breitere Frequenzbereiche oder längere Mindestzeiträume für den Betrieb festgelegt werden.

ROCOF-Festigkeit nach VDE-AR-N 4131 [I], Kapitel 10.2.2 ist vom OWP zu erfüllen.

Der ÜNB und der OWP können sich auf spezifische zusätzliche Anforderungen bezüglich kombinierter Frequenz- und Spannungsabweichungen einigen.

Quasistationärer Betrieb ist definiert durch einen Spannungsgradienten von weniger als 5% der Nennspannung pro Minute und einen Frequenzgradienten von weniger als 0,5% der Nennfrequenz pro Minute.

Das Rotationsfeld der WEA muss im Uhrzeigersinn orientiert sein.

#### 5.1.2 Überspannungen und Isolationskoordination

Für die Auslegung der OWP-Komponenten sind die genormten Isolationspegel nach DIN EN

60071-1 (VDE 0111-1) [IX]. Der OWP-Betreiber muss sich mit dem ÜNB über den anwendbaren Isolationspegel für die Auslegung der Komponenten abstimmen.

### **5.1.3 Spannungsänderungen aufgrund von Schaltaktivitäten**

Schalthandlungen von OWPs führen zu Spannungsschwankungen, die auf die in der VDE-AR-N 4131 [I]. Ein Beispiel ist der Anschluss eines Kabelstrangs, der nicht unter Spannung steht. Dieser Kabelstrang kann mit oder ohne WEA-Transformatoren angeschlossen werden. Ein weiteres Beispiel ist der Anschluss von WEA-Transformatoren an einem unter Spannung stehenden Kabel. In jedem Fall muss der OWP geeignete Maßnahmen an jeder WEA installieren, um Spannungsschwankungen zu verringern, um diese Anforderung erforderlichenfalls zu erfüllen.

### **5.1.4 Spannungsunsymmetrien**

Der OWP hat sicherzustellen, dass der Beitrag zu bestehenden Spannungsunsymmetrien so gering wie möglich ist. Der maximale Beitrag der WEA im ungestörten Zustand ist mit dem ÜNB abzustimmen.

Die Schiefelastanforderungen (Robustheit) sind mit dem ÜNB abzustimmen.

## **5.2 Regelbarkeit bezüglich Wirkleistung und Frequenz**

### **5.2.1 Aktiver Stromaustausch**

Beim Anschluss von WEA sind folgende Betriebszustände zu berücksichtigen:

- Normalbetrieb (inkl. Anfahren der WEA)
- Eingeschränkter Betrieb (mit Einspeiserestriktion)

Weiterhin sind in diesen Betriebszuständen geeignete Einrichtungen zur Synchronisierung, Parallelschaltung oder zum Schutz vor Überlastung am NAP vorzusehen.

Das Einschalten und der Anschluss einer WEA an das aktive Netz durch den OWP darf nur nach einer Freigabe durch den ÜNB erfolgen.

Jede einzelne WEA muss mit reduzierter Leistung regelbar sein und eine stufenlose Leistungsregelung über den gesamten Bereich von 0% - 100% Nennleistung ermöglichen.

Etwaige Power-Boost-Funktionalitäten sind vom OWP-Betreiber dem ÜNB anzukündigen, zu erläutern und vom ÜNB zu genehmigen.

Die Steuerbarkeit jeder einzelnen WEA ist in regelmäßigen Abständen durch den OWP-

Betreiber und den ÜNB zu testen, um technische Kommunikationsprobleme und damit eine Steuerunfähigkeit der WEA zu vermeiden. Der ÜNB und der OWP-Betreiber legen gemeinsam den Intervallzeitraum fest. Weiterhin soll die Regelbarkeit nach einem Software-Update der WEA- und Parkregelungsfunktion getestet werden.

Manuelle Eingriffe vor Ort sind in Abstimmung mit dem ÜNB zulässig, wenn Fernwirkrichtungen außer Betrieb sind.

Der OWP ist verpflichtet, den ÜNB ausführlich über die technischen Grundlagen des Wirkleistungsaustausches zwischen WEA und NAP zu informieren. Zu diesem Zweck sind dem ÜNB im Rahmen des Netzanschlussprüfungsverfahrens unter anderem Leistungsdiagramme zu übermitteln, die die Abhängigkeit der Ausgangsleistung von der Primärenergiequelle wie der Windgeschwindigkeit darstellen. Der OWP muss die Leistungskurve mit einem installierten Lidar-Messgerät an verschiedenen Standorten des Windparks verifizieren. Es sind mindestens zwei Geräten in einem bestehenden Windpark vorzusehen. Die Verifizierung der Leistungskurve ist während der Inbetriebnahme des OWP (alternativ während des Grid-Compliance-Tests) und nach einem Software-Update der WEA bzw. Windparksteuerung durchzuführen.

WEA müssen über den gesamten Bereich zwischen minimaler und maximaler Kurzschlussleistung, wie in diesem Dokument festgelegt, stabil betrieben werden können.

## 5.2.2 Wirkleistungsfrequenzregelung

Der OWP soll an der Wirkleistungs-Frequenz-Regelung teilnehmen können. Es wird zwischen den drei folgenden Steuerungsarten unterschieden:

- Frequenzempfindlicher Modus (FSM)
- Begrenzter frequenzempfindlicher Modus, Unterfrequenz (LFSM-U)
- Begrenzter frequenzempfindlicher Modus, Überfrequenz (LFSM-O)

Die Umsetzung aller drei Steuerungsarten muss den Vorgaben der VDE-AR-N 4131 [I].

### 5.2.2.1 Frequenzempfindlicher Modus (FSM)

Die genauen Parameter des frequenzabhängigen Modus werden von den Übertragungsnetzbetreibern in dem in VDE-AR-N 4131, Abschnitt 10.2.5.2 [I]. Sofern vom ÜNB keine abweichenden Anforderungen vorgegeben werden, sind die Defaultwerte gemäß Tabelle 4 einzustellen. Das Totband der frequenzabhängigen Anpassung der Wirkleistungsabgabe und die Statik müssen per Fernwirksteuerung mehrfach veränderbar sein.

**Tabelle 4: FSM-Standardwerte**

Parameter	Standardwert
Wirkleistungsregelbereich, bezogen auf die aktuell verfügbare Wirkleistung $ \Delta P_1 /P_{nom}$	2%
Zulässige Toleranz $\Delta f$ Toleranz	$\leq 30$ mHz
Totband $ \Delta f_{ges} $	200 MHz
Droop s	6%

Der OWP muss bei ausreichender Primärenergieversorgung für einen Zeitraum von 15 Minuten die Leistungsabgabe vollständig frequenzabhängig einstellen können.

### 5.2.2.2 Begrenzter frequenzempfindlicher Modus, Unterfrequenz (LFSM-U)

Es gilt die Anforderungen der VDE-AR-N 4131, Abschnitt 10.2.5.4 [1].

### 5.2.2.3 Begrenzter frequenzempfindlicher Modus, Überfrequenz (LFSM-O)

Es gilt die Anforderungen der VDE-AR-N 4131, Abschnitt 10.2.5.3 [1].

### 5.2.2.4 Rampenbegrenzung für die Wirkleistungsausgabe

Zur Vermeidung von systemgefährdendem Verhalten ist die Änderungsrate der Wirkleistungsabgabe am Übergang der Marktzeitintervalle aufgrund einer geplanten Änderung der Leistungsfahrpläne, die nicht vom relevanten Netzbetreiber angefordert wurde, auf 10% der maximalen Kapazität pro Minute zu begrenzen.

## 5.3 Regelfähigkeit in Bezug auf Blindleistungsbilanz und Spannungsstabilität

### 5.3.1 Anforderungen an OWP im Blindleistungsaustausch bei Wirkleistungseinspeisung

Der erforderliche Betriebsbereich für die Blindleistungsbereitstellung des OWP am NAP bei Leistungseinspeisung wird vom ÜNB gemäß den Vorgaben der VDE-AR-N 4131, Abschnitt 10.2.8.2 [1]. Der OWP wendet Mindestanforderungen des UQ/ $P_{AV}$ -Hüllkurve an, wenn keine anderen spezifischen Anforderungen seitens des ÜNB vorliegen.

Spezifische Anforderungen an die Blindleistungsregelung sind in VDE AR-N-4131, Abschnitt 10.2.9 [1] definiert. Der bevorzugte Arbeitspunkt und Blindregelungsmodus für den stationären

Austausch von Blindleistung mit Wirkleistungsabgabe wird vom ÜNB gemäß den Anforderungen des Netzes festgelegt und kann vom ÜNB jederzeit gemäß den Anforderungen des Netzbetriebs geändert werden. Der OWP muss technisch ausgestattet sein, um die Sollwertvorgaben des ÜNB in Bezug auf den Blindleistungsaustausch mit dem Netz an jedem Anschlusspunkt umzusetzen. Der OWP muss in der Lage sein, sich nach Erhalt eines neuen Sollwerts innerhalb des vom ÜNB vorgegebenen Bereichs mit gegebener Spannung am NAP in maximal 30 Sekunden anzunähern. Dieser Vorgang muss während des Betriebs jederzeit möglich sein.

Ohne weitere Vorgabe durch den ÜNB gelten folgende Anforderungen an das Regelverhalten des OWP:

- Die Sprungantwortzeit  $T_{an\_90\%}$  beträgt maximal 5s
- Die Einschwingzeit  $T_{ein}$  beträgt maximal 30s
- Die Einschwingtoleranz  $\Delta Q$  beträgt maximal  $\pm 5\%$  der maximalen Blindleistungsabgabe.
- Die zulässige Überschwingung beträgt maximal  $\Delta Q_{max} = (25\% (2s/T_{an\_90\%}) + 5\%)$  des Sollwertsprungs.

### 5.3.1.1 Blindleistungs-Spannungs-Charakteristik

In diesem Modus ist die Referenzspannung ein Eingang für den Blindleistungsregler. Der Blindleistungsregler ermittelt die erforderliche Blindleistung entsprechend der Spannung am NAP und der in der VDE-AR-N 4131 [I].

### 5.3.1.2 Blindleistungsregelungsmodus

In diesem Modus wird ein Blindleistungssollwert ( $Q_{soll}$ ) direkt an den Blindleistungsregler übergeben, wobei die Vorgaben der VDE-AR-N 4131 [I], Abschnitt 10.2.9.3 gelten.

- $Q_{soll}$  negativ : bedeutet kapazitive Blindleistung (übererregt)
- $Q_{soll}$  positiv : bedeutet induktive Blindleistung (untererregt)

### 5.3.1.3 Leistungsfaktor-Regelungsmodus

In diesem Modus müssen die WEA den Leistungsfaktor am NAP gemäß den Vorgaben der VDE-AR-N 4131 [I], Abschnitt 10.2.9.4 regeln können. Folgende Definition wird angewendet:

- $\cos\varphi_{soll}$  negativ: bedeutet kapazitive Blindleistung (übererregt)
- $\cos\varphi_{soll}$  positiv: bedeutet induktive Blindleistung (untererregt)

### **5.3.2 Anforderungen an OWP im Blindleistungsaustausch bei Wirkleistungsaufnahme**

In diesem Modus muss der OWP in der Lage sein, den Leistungsfaktor zu regeln und den Blindleistungsaustausch am NAP gemäß den Vorgaben der VDE-AR-N 4131, 10.2.8.3 sicherzustellen [I].

Das Schalten von unter Spannung stehenden Kompensationseinrichtungen ist nicht zulässig.

### **5.3.3 Schaltfähigkeit des kapazitiven Ladestroms**

Der OWP muss den maximal resultierenden kapazitiven Strom am NAP in Abhängigkeit vom AC-Seekabeldesign unter Berücksichtigung der Konfiguration des längsten Kabelabschnitts berechnen. Wird der zulässige Grenzwert nach DIN EN 62271-100, Tabelle 9 [XI] überschritten, hat der OWP entsprechende Maßnahmen zur Einhaltung dieser Vorgabe umzusetzen und sich mit dem ÜNB abzustimmen.

### **5.3.4 Konzept zur Blindleistungs-/Spannungsregelung**

Das Regelungskonzept des OWP und die Einstellwerte sind während der Planungsphase und vor der Inbetriebnahme mit dem ÜNB abzustimmen.

## **5.4 Systemstörungen und Netzqualität**

### **5.4.1 Allgemein**

Die elektrischen Komponenten des OWP sind so auszulegen und zu installieren, dass während ihres Betriebs am NAP unzulässige Interferenzen mit dem Netz des ÜNB und oder eines Dritts vermieden werden. Weiterhin dürfen Informations- und Signalübertragungen nicht störend beeinflusst werden.

Auch die Einspeisung von WEA durch den OWP ist so zu realisieren, dass Netzinterferenzen und -störungen möglichst geringgehalten werden.

OWP installiert an allen WEA Infeed-Leistungshalter zur Vermeidung von Netzurückwirkungen wie Spannungseinbrüchen, Einschaltströmen und Spannungsunsymmetrien. Die genauen Einstellungen und Werte der Geräte, z.B. bezüglich Phasenwinkelbereich, Spannungs- und Frequenzabweichungen, sind zwischen ÜNB und OWP-Betreiber abzustimmen. Zum Nachweis der zulässigen Netzurückwirkungen sind Anschluss- und Synchronisationsprüfungen mit angeschlossenem und unter Spannung stehendem HGÜ-System durchzuführen.

Die hierfür geltenden Anforderungen sind nachfolgend definiert und können den einschlägigen internationalen Normen und technischen Regelwerken entnommen werden (siehe z.B. DIN EN 50160 [V] und DA-CH-CZ [VI]).

Der OWP hat die Netzverträglichkeit seiner Anlage anhand der genannten technischen Regelwerke nachzuweisen und gegebenenfalls Abhilfe zu schaffen. Die Einzelheiten eventuell erforderlicher Abhilfemaßnahmen sind zwischen ÜNB und OWP abzustimmen.

### **5.4.2 Power Quality**

Hinsichtlich der Power-Quality gelten die Anforderungen der VDE-AR-N 4131 [I] in Kapitel 10.2.11.

### **5.4.3 Harmonische Stabilität – OWP-Interaktion**

Das Offshore-Netz weist systembedingt unterschiedliche Netzresonanzen auf. Ihre Anregung kann zu Überspannungen und -strömen führen. Dadurch kann es zu einer Überlastung von Betriebsmitteln und Schutzabschaltungen kommen.

Aufgrund der Nichtlinearität des Netzes kann das Auftreten von Instabilitäten auch zu einem stationären Zustand führen, in dem Spannungen und Ströme mit einer oder mehreren Frequenzen dauerhaft oszillieren.

Daher ist auch das frequenzabhängige Verhalten der aktiv gesteuerten sowie passiven Betriebsmittel des OWP zu berücksichtigen.

Der OWP hat sicherzustellen, dass sich jede einzelne WEA stabil verhält und im Normalbetrieb keine unzulässigen Netzurückwirkungen durch Wechselwirkung mit Netzresonanzen oder Wechselwirkung zwischen den einzelnen WEA verursacht.

Eine Implementierung der aktiven Dämpfungsfunktion in den WEA bis min. 650 Hz ist erforderlich. Dies erfolgt in Abstimmung mit dem ÜNB.

Die WEA müssen sich bei von 50 Hz abweichenden Frequenzen in einem Frequenzbereich zwischen 0...2500 Hz in jedem Betriebspunkt passiv verhalten, d.h. im Netz auftretende Schwingungen in diesem Frequenzbereich dürfen durch die WEA nicht verstärkt werden. Der Realteil der frequenzabhängigen Impedanz der WEA muss über den gesamten Frequenzbereich zwischen 0...2500 Hz positiv sein.

Der OWP stellt dem ÜNB geeignete Netzmodelle zur Verfügung, die eine Bewertung der Wechselwirkung zwischen den einzelnen Windparks im Rahmen des dynamischen Regelverhaltens aber auch eine Simulation der harmonischen Stabilität ermöglichen.

## **5.5 Spezifische Anforderungen an das Verhalten von OWP/WEA bei Systemfehlern**

### **5.5.1 Fehlerbehebung und -klärung**

Sowohl der ÜNB als auch der OWP-Betreiber werden sich gegenseitig unverzüglich über ihnen bekannt gewordene besondere Ereignisse informieren, soweit diese für den jeweils Anderen von Bedeutung sein können.

Der ÜNB und der OWP-Betreiber arbeiten im Rahmen der Störungsbeseitigung und -aufklärung zusammen.

### **5.5.2 Verhalten bei Blockierung des HGÜ-Konverters**

Bei Blockierung des HGÜ-Konverters darf die durch die WEA verursachte Grundschningsüberspannung  $U/U_n$  am NAP keine Verletzung der Obergrenze des Spannungsbandes nach dem FRT-Profil in Abschnitt 5.5.7.2 verursachen. Ebenso darf die WEA im Falle einer HGÜ-Blockierung keine Verletzung des Frequenzbandes nach VDE-AR-N 4131, Kapitel 10.2.1 [I].

### **5.5.3 Verhalten im Inselbetrieb**

Der OWP hat sicherzustellen, dass ein möglicher Inselbetrieb der Anlage (Inselbetrieb) sicher erkannt und spätestens nach dem Zeitpunkt  $t_1$  durch Trennung der WEA vom Netz beendet wird. Der Zeitpunkt  $t_1$  wird vom ÜNB bereitgestellt.

Es kann erforderlich sein und vom ÜNB verlangt werden, dass die WEA inselbetriebsfähig sind. Das bedeutet, dass die Regelung von Frequenz und Spannung innerhalb der zulässigen Grenzen gewährleistet ist. Außerdem sollen Funktionen zur Synchronisation mit dem Inselnetz implementiert werden. In diesem Fall dürfen WEA nicht abgeschaltet werden.

In beiden oben beschriebenen Betriebsfällen sind die Einzelheiten solcher Lösungen zwischen ÜNB und OWP abzustimmen.

In diesem Inselbetrieb müssen sich die WEA gemäß den Vorgaben der VDE-AR-N 4131 [I], Abschnitt 10.2.22 als Mindestanforderung verhalten können.

Der OWP muss sich selbst versorgen können.

#### **5.5.4 Verhalten im Schwarzstart**

Es gilt die Anforderungen der VDE-AR-N 4131 [I], Kapitel 10.2.20.

#### **5.5.5 Verhalten bei Frequenzabweichungen**

Es gilt die Anforderungen der VDE-AR-N 4131 [I], Kapitel 10.2.5.

Als zusätzliche Anforderung müssen WEA innerhalb ihrer Auslegungsgrenzen Momentanreserve aktivieren können. Ziel der Momentanreserve ist es, auf eine Änderung der Frequenz zu reagieren und so zur Begrenzung des maximalen Gradienten der Frequenzänderung beizutragen. Der ÜNB legt weitere Details einschließlich des zeitlichen Verhaltens der Momentanreserveregelung fest.

#### **5.5.6 Verhalten bei Stabilitätsproblemen**

WEA müssen sich bei Verlust der transienten Stabilität automatisch vom Netz trennen. Die Kriterien und das Abschaltkonzept sind je nach Projekt zwischen ÜNB und OWP abzustimmen.

Trennstelle ist immer die Endstelle jeder einzelnen WEA. Die Abschaltung von mehr WEA, als es erforderlich wäre, ist zu vermeiden.

#### **5.5.7 Verhalten bei störungsbedingten Spannungsabweichungen**

##### **5.5.7.1 Über-/Unterspannungsschutz**

In der WEA ist ein Überspannungs-/Unterspannungsschutz gemäß den Anforderungen des ÜNB zu implementieren. Die zeitliche Staffelung kann je nach Projekt unterschiedlich vereinbart werden.

Die Spannung ist an jeder WEA auf der Unterspannungsseite des Maschinentransformators zu messen. Alternativ ist auch eine Messung auf der Oberspannungsseite des Maschinentransformators zulässig. Eine zweistufige Systemautomatik gegen Überspannungen und eine einstufige Systemautomatik gegen Unterspannungen werden vom ÜNB bereitgestellt.

Zur Verdeutlichung sei darauf hingewiesen, dass die gemessenen Spannungen in den einzelnen Erzeugungseinheiten je nach Impedanz der Betriebsmittel und Stromfluss unterschiedlich sind. Das bedeutet, dass die einzelnen Überspannungs-/Unterspannungsschutzgeräte nicht gleichzeitig anregen und somit nicht gleichzeitig auslösen.

Ebenfalls ist eine gleichzeitige Auslösung nicht erforderlich.

Im Falle einer Auslösung wird die jeweilige Erzeugungseinheit abgeschaltet. Der Generator oder Umrichter muss vom Netz getrennt werden (Generatorleistungsschalter). Falls gewünscht und technisch möglich, kann der Eigenbedarf auch dann noch aus dem Hauptnetz bezogen werden, wenn sich der Umrichter nicht im Inselbetrieb befindet.

#### Anforderungen an die Systemautomatik bei Unterspannung

Die Schutzsysteme und -einstellungen für elektrische Fehler oder für Unterspannung innerhalb der WEA dürfen das dynamische Verhalten der Windenergieanlagen gemäß den in diesem Dokument festgelegten Anforderungen nicht gefährden. Für die Systemautomatik bei Unterspannung ist die Einschaltsschwelle vom ÜNB abhängig von der Anforderung in 5.1.1 (höchster Wert der drei verketteten Spannungen) festzulegen. Das Rückfallverhältnis beträgt 1,02 bzw. die Hysterese 2%.

Die Auslösung erfolgt mehrstufig nach folgendem Schema für den OWP:

- $\frac{1}{4}$  der WEA nach  $t_1$
- $\frac{1}{4}$  der WEA nach  $t_2$
- $\frac{1}{4}$  der WEA nach  $t_3$
- $\frac{1}{4}$  der WEA nach  $t_4$

Der ÜNB legt die Zeiten  $t_1 \dots t_4$  individuell fest.

#### Anforderungen an die Systemautomatik bei Überspannung

Die Schutzsysteme und -einstellungen für Überspannung innerhalb der WEA dürfen das dynamische Verhalten der Windenergieanlagen gemäß den in diesem Dokument festgelegten Anforderungen nicht gefährden.

Für die Systemautomatik bei Überspannung sollte die erste Auslöseschwelle 125% der Nennspannung  $U_n$  (niedrigster Wert der drei Spannungen) betragen. Das Rückfallverhältnis beträgt 0,98 bzw. die Hysterese 2%. Die Zeitverzögerung für die Auslösung beträgt für alle WEA 0,2s. (siehe Bild 15, VDE 4131 [I])

Die zweite Auslöseschwelle sollte 120% der Nennspannung  $U_n$  (niedrigster Wert der drei Spannungen) betragen. Das Rückfallverhältnis beträgt 0,98 bzw. die Hysterese 2%. Die Auslöseverzögerung beträgt für alle WEA 2s. (siehe Bild 15, VDE 4131 [I])

### **5.5.7.2 FRT-Anforderungen**

Hinsichtlich der FRT-Fähigkeit gelten für den OWP die Anforderungen der VDE-AR-N 4131 [I], Kapitel 10.2.12. Der ÜNB muss jedoch in der Lage sein, die FRT-Kurve für das spezifische Projekt gemäß der Anforderung in Abschnitt 5.1.1.

Die Schutzsysteme und -einstellungen für elektrische Fehler innerhalb der WEA dürfen die dynamische Spannungsregelung (ohne Bereitstellung von Blindstromsollwerten) gemäß den in 5.5.7.3.

Eine vorübergehende Blockierung des Stromrichters der WEA (z. B. durch Überstrom in diesem Bereich) ist nur in begründeten Ausnahmefällen zulässig und sollte eine Dauer von 10 ms nicht überschreiten. Außerhalb der FRT-Kurve kann der Stromrichter einer WEA aus technischen Gründen länger blockiert werden. Das endgültige Abschalten mit dem Leistungsschalter ist frühestens nach 1,5 s erlaubt.

Der ÜNB stellt auf Anfrage des OWPs Bedingungen, die am NAP in Bezug auf die FRT-Fähigkeit vor und nach einem Fehler zu berücksichtigen sind, zur Verfügung:

- Minimaler Kurzschlussstrom vor dem Fehler an jedem NAP
- Arbeitspunkt der WEA vor dem Fehler (abgegebene Wirk- und Blindleistung am NAP und Spannung am NAP)
- Minimaler Kurzschlussstrom nach dem Fehler an jedem NAP

Alternativ kann der ÜNB generische Werte angeben, die von typischen Fällen (basierend auf Erfahrungswerten) abgeleitet sind.

Die in Tabelle 5 angegebenen Werte für min. und max. Kurzschlussleistung am NAP können im Allgemeinen genutzt werden. Diese berücksichtigen den Beitrag von HGÜ sowie anderen OWP.

**Tabelle 5: Allgemeine Annahmen zur Kurzschlussleistung im Offshore-Netz vor und nach einem Fehler**

Fehlerfall	Min. Kurzschlussleistung am NAP	Max. Kurzschlussleistung am NAP
Ausfall ohne Blockierung oder Ausfall der HGÜ	$c_{min} * P_{max\ HGÜ}$	$c_{max} * P_{max\ HGÜ}$
Ausfall mit Blockierung oder Ausfall der HGÜ	0 MVA	$c_{max} * P_{max\ HGÜ}$

Der ÜNB stellt dem OWP-Betreiber  $c_{min}$  und  $c_{max}$  zur Verfügung.

### 5.5.7.3 Anforderungen Dynamischer Spannungsregelung ohne Blindstromsollwertvorgabe

Nach den Vorgaben der VDE-AR-N 4131 [I] müssen WEA als Grundvoraussetzung die Fähigkeit zur dynamischen Spannungsregelung ohne Blindstromvorgabe besitzen. Darüber hinaus sind die technischen Richtlinien der „FNN-Richtlinie: Spannungseinprägende Verhalten

von HGÜ-Systemen und nichtsynchronen Erzeugungsanlagen mit Gleichstromanbindung“ [X] zu beachten und die dort angegebenen Methoden und Verfahren einzuhalten.

#### **5.5.7.4 Anforderungen Dynamischer Spannungsregelung mit Vorgabe Blindstromsollwert**

Der ÜNB stimmt sich mit dem OWP in Bezug auf die Anforderungen an die Fähigkeit zur Blindstromeinspeisung ab.

Der ÜNB hat das Recht, die Betriebsart zwischen 5.5.7.3 oder 5.5.7.4 in VDE- AR-N 4131 [I] auszuwählen. Während des Betriebs ist eine Umschaltbarkeit zwischen den Modi nicht erforderlich.

#### **5.5.7.5 Wiederkehr der Wirkleistungseinspeisung nach Fehler**

Die Anforderungen der VDE-AR-N 4131 [I] muss erfüllt werden.

#### **5.5.8 Verhalten beim Kommunikationsausfall bzgl. Sollwertreaktion**

Falls die Kommunikation zwischen der Leitstelle des ÜNBs und dem OWP-Controller oder zwischen den WEA und dem OWP-Controller ausfällt, halten der OWP-Controller bzw. die WEA den zuletzt empfangenen Wert als Fallback-Wert für den bereitgestellten Sollwert (z. B. Wirkleistung, Spannung, Blindleistung). Der OWP informiert den ÜNB unverzüglich und ergreift alle Maßnahmen zur Wiederherstellung der Regelbarkeit.

#### **5.5.9 Fehleranalyse**

Der ÜNB führt eine systematische Fehleranalyse am NAP durch. Ebenso ist der OWP verpflichtet, eine Fehleranalyse zu erstellen. Der ÜNB stellt dem OWP die erforderlichen Power-Quality- und Schutzaufzeichnungen zur Verfügung. Auf Basis der Ergebnisse entwickelt der ÜNB in Zusammenarbeit mit den betroffenen OWPs geeignete Lösungen für vorbeugende und korrigierende Maßnahmen.

Der OWP stellt die notwendigen Informationen (Power-Quality- und Schutzdateien) für die Ursachenanalyse und Fehlerklärung zur Verfügung. Dazu gehören auch Detailinformationen (z. B. Fehlerdiagramme und Transientenmessungen) zu den einzelnen WEA. Nach Abschluss der Fehleranalyse informiert der ÜNB die betroffenen OWPs über die Ergebnisse.

## 5.6 Neustart des Offshore-Netzes

Die Wiedereinschaltung einer WEA oder das Einschalten eines Kabelstrangs nach Netztrennung ist nur nach Genehmigung durch den ÜNB zulässig. Eine automatische Wiedereinschaltung der einzelnen WEA oder des Strings ist nicht zulässig.

## 5.7 Anforderungen an das Engpassmanagement

### 5.7.1 Allgemein

Im Laufe des Betriebs kann eine zeitlich begrenzte Beteiligung des OWP am Engpassmanagementkonzept des ÜNB erforderlich sein, um einen sicheren Netzbetrieb zu gewährleisten und Anlagen vor Schäden zu schützen. Jeder OWP beteiligt sich auf Weisung des ÜNB mit der entsprechenden Leistungsanpassung und stellt alle angeforderten Informationen zur Verfügung. Der OWP muss in der Lage sein, die Leistungsabgabe in verschiedenen Betriebszuständen und aus verschiedenen Betriebspunkten auf den vom ÜNB vorgegebenen Wirkleistungssollwert (als Höchstgrenze) zu reduzieren. Der ÜNB ermittelt Wirkleistungssollwerte in den nachfolgend aufgeführten Netzregelungsverfahren. Empfangene Sollwerte, die gleichzeitig vom ÜNB empfangen werden, werden in folgender Reihenfolge priorisiert:

1. Schutzfunktion (z. B. Notstromsteuerung = EPC)
2. Stationäre maximale Wirkleistungserzeugung

### 5.7.2 EPC-Systemautomatik

Durch die EPC-Systemautomatik wird sichergestellt, dass das seeseitige und das landseitige Netz hinsichtlich der Frequenzhaltung durch den Zwischenkreis (DC-Konverter und –kabel) voneinander entkoppelt sind. Das Hauptziel der EPC-Systemautomatik ist die schnelle Reduzierung der eingespeisten Wirkleistung bei Fehlern im landseitigen Übertragungsnetz (siehe entsprechendes Kapitel der VDE-AR-N 4131 [I]).

Um diese Systemautomatik zu starten oder auszulösen, werden die Signale EPC1, EPC2, EPC3, EPC4 und EPC5 vom ÜNB an den OWP-Controller übertragen.

#### 5.7.2.1 EPC1, EPC 2, EPC 3, EPC 4 und EPC 5

Beim Empfang der verschiedenen EPC-Signale sollte die Wirkleistungsabgabe auf entsprechende Werte begrenzt werden, wie in Tabelle 6 unten gezeigt:

**Tabelle 6: EPC-Signale und entsprechender Wirkleistungssollwert**

EPC-Signaltyp	Wirkleistungs-Sollwert äquivalent mit
1	0 MW
2	25% der Wirkleistungseinspeisung $P_{AV,E}$
3	50% der Wirkleistungseinspeisung $P_{AV,E}$
4	75% der Wirkleistungseinspeisung $P_{AV,E}$
5	Abschaltung, 100% der Wirkleistungseinspeisung $P_{AV,E}$

Der durch das EPC-Signal vorgegebene finale Sollwert soll so schnell wie technisch möglich erreicht werden. Als Mindestanforderung muss die Wirkleistungsabgabe den Vorgaben der VDE-AR-N 4131 [I] entsprechen und eine Durchschnittsgeschwindigkeit von mindestens 25% der vereinbarten Wirkleistungseinspeisung pro Sekunde aufweisen. Der ÜNB ist berechtigt, eine höhere Durchschnittsgeschwindigkeit zu verlangen. Die Verzögerungszeit der EPC-Funktion muss kleiner als 100 ms sein, was bedeutet, dass die OWP's nach Empfang des EPC-Signals innerhalb von 100 ms beginnen müssen, ihre Wirkleistung zu reduzieren.

Die Leistungsreduzierung soll auch für die Signale EPC1, EPC2, EPC3 und EPC4 durchgeführt werden, wenn das jeweilige Signal nur kurzzeitig (z. B. < 1s) zu sehen ist. Die Reaktion ist also unabhängig von der Dauer oder von späteren Wiederholungen des Signals. Außerdem ist keine Reaktion erforderlich, wenn die Momentanleistung des OWP kleiner ist als die maximal zulässige Leistung der jeweiligen Stufe. In diesem Fall ist jedoch sicherzustellen, dass die Leistung zukünftig nicht über den jeweiligen Maximalwert ansteigt (z. B. durch eine höhere Windgeschwindigkeit).

Wenn ein Signal mit einer höheren Ordnung, z. B. ein EPC3-Signal, gesendet wird, nachdem bereits ein EPC2-Signal gesendet wurde, muss der OWP den entsprechenden Wirkleistungssollwert des EPC3-Signals anstelle des EPC2-Signals berücksichtigen. Das EPC3-Signal hat einen höheren Wert als das EPC2-Signal. Das bedeutet beispielhaft, dass bei einem EPC3-Signal und einem gleichzeitig aktiven EPC2-Signal (falls zutreffend) immer eine Wirkleistungsreduzierung auf 50% der vereinbarten Anschlusswirkleistung erfolgen soll.

Wenn ein EPC3-Signal gesendet wurde und ein EPC2-Signal folgt, darf das EPC2-Signal unter keinen Umständen verwendet werden. Das bedeutet, dass das EPC3-Signal mit einer maximal erlaubten Wirkleistungseinspeisung von 50% aktiv bleibt, bis der EPC-Modus über EPC5 deaktiviert wird.

### 5.7.2.2 EPC5

Mit dem EPC5-Signal wird die Wirkleistungsreduzierung wieder aufgehoben. Die Wirkleistung darf dann mit einem maximalen Gradienten von 10% der vereinbarten Anschlusswirkleistung

pro Minute auf den vom ÜNB vorgegebenen Sollwert oder einen anderen gültigen Sollwert ansteigen. Das Signal EPC5 hat einen höheren Wert als die Signale EPC1, EPC2, EPC3 und EPC4. Das bedeutet, dass bei anliegendem EPC5-Signal keine Wirkleistungsbegrenzung (mehr) erforderlich ist.

### **5.7.2.3 Priorisierung von EPC-Signalen**

Die EPC-Signale (EPC2, EPC3 und EPC4) haben einen höheren Wert als die des konventionellen Wirkleistungsmanagementsystems. Erst nach dem Erhalt des EPC5-Signals sind die Wirkleistungsmanagement-Signale wieder gültig.

### **5.7.2.4 Signalaustausch der EPC-Signale**

Für die Übertragung der Signale EPC1 bis EPC5 stellt der ÜNB dem OWP binäre Kontakte zur Verfügung. Einzelheiten sind mit OWP abzustimmen. Die Übertragung der Signale erfolgt protokolliert durch den ÜNB.

Die EPC-Signale werden an jedem NAP vorgegeben und sind für die am NAP angeschlossenen Erzeugungseinheiten anzuwenden.

Eine mögliche zukünftige Erweiterung der EPC-Funktionalität soll bei der Gestaltung der Priorisierung von EPC-Signalen berücksichtigt werden

### **5.7.3 Maximale Wirkleistungserzeugung**

Der ÜNB stellt dem OWP einen Grenzwert für die maximal zulässige Wirkleistungseinspeisung pro NAP zur Verfügung. Dieser Grenzwert entspricht einem prozentualen oder absoluten Wert bezogen auf den vermarkteten Wirkleistungseinspeisewert. Der OWP soll beliebige Sollwertvorgaben für die Wirkleistungseinspeisung mit einem vorgegebenen Gradienten umsetzen können.

Die Steigungen werden vom ÜNB vorgegeben, wobei ohne weitere Angabe ein Wert von 10% der vereinbarten Anschlusswirkleistung pro Minute gilt.

Die Wirkleistungsregelung von OWP ist so auszulegen, dass eine Reduzierung der Leistungsabgabe auf den signalisierten Wert mit einem Gradienten von mindestens 10% der vereinbarten Anschlusswirkleistung pro Minute erfolgen kann, ohne die WEA vom Netz zu trennen.

Der OWP stellt sicher, dass das vom ÜNB übermittelte Regelsignal Vorrang vor den Vorgaben anderer Zugangsberechtigter (z. B. Direktvermarkter) erhält.

Der OWP darf auf keinen Fall den vom ÜNB vorgegebenen maximalen Leistungswert, auch nicht kurzzeitig, überschreiten, da dies zu einer sofortigen Schutzabschaltung des Konvertersystems führen kann und damit zum Ausfall der Energieübertragung. Diese Anforderung gilt auch für die Erfüllung der dynamischen Anforderungen an die Wirkleistungsabgabe. Der vom ÜNB vorgegebene Grenzwert darf jederzeit unterschritten werden.

#### **5.7.4 Anforderungen an die Informationstechnik bei der Regelleistungsbereitstellung**

Um einen flexiblen und sicheren Betrieb der OWPs in verschiedenen Märkten zu gewährleisten, muss die Informationstechnologie mindestens die Anforderungen erfüllen, die in dem entsprechenden ÜNB-Anhang festgelegt sind:

- „Mindestanforderungen an die Informationstechnik des Reservenanbieters zur Bereitstellung von Regelleistung“ [XII].

### **5.8 Elektrische Schutzvorrichtungen**

Schutzkonzepte und Schutzeinstellungen an den Schnittstellen zwischen ÜNB einerseits und OWP andererseits werden einvernehmlich so vereinbart, dass eine Gefährdung des angeschlossenen Netzes und der angeschlossenen Geräte oder Anlagen ausgeschlossen ist.

Der ÜNB implementiert Schutzeinrichtungen auf der Plattform an den Netzzugangspunkten (NZZP in Abbildung 1 und Abbildung 2) für die Geräte des ÜNB und für die OWP-AC-Seekabel.

Diese Schutzeinrichtungen werden vom Übertragungsnetzbetreiber spezifiziert, installiert, in Betrieb genommen und sind Eigentum des Übertragungsnetzbetreibers. Die Schutzfunktionen sind während der Entwurfsphase zwischen OWP und dem ÜNB im Detail abzustimmen.

Der OWP hat daher die endgültig vereinbarten Schutzeinstellwerte und Schutzstudien für die NZZP-Schutzgeräte vorzulegen. Diese Einstellungen werden dann nur noch vom ÜNB eingespielt und getestet. Um die dauerhafte Funktionsfähigkeit zu gewährleisten, werden diese Schutzeinrichtungen in regelmäßigen Abständen vom ÜNB überprüft. Die Schutzprüfungen und deren Ergebnisse werden durch Prüfberichte belegt. Wesentliche Änderungen an den Schutzeinrichtungen oder deren Anpassung werden zwischen ÜNB und OWP abgestimmt.

Pro NZZP kommen zwei Schutzgeräte unterschiedlicher Hersteller zum Einsatz.

Es gelten folgende grundlegende Schutzanforderungen:

- 100% Schutz aller Komponenten in kürzester Zeit (Abschaltzeiten  $\leq 150$  ms)
- 100% Selektivität
- Ein Leistungsschalterfehlerschutz ist vorzusehen (bei Fehler eines Leistungsschalters verlängert sich die Fehlerklärungszeit auf maximal 250 ms)
- Der ÜNB legt die zulässigen Endzeiten am NZZ fest, wobei die Endzeiten im überlagerten Netz niedriger eingestellt werden können als im unterlagerten Netz
- Für die Komponenten des OWP kann die Funktion des Fernreserveschutzes des ÜNB nicht immer gewährleistet werden und insbesondere nicht für Fehler auf der Unterspannungsseite von Transformatoren (OWP-Seite)
- Beim Ausfall einer Schutzeinrichtung oder eines Leistungsschalters können auch im Höchstspannungsnetz deutlich höhere Fehlerklärungszeiten als 150 ms auftreten.

Die Schutz- und Steuergeräte sind in folgender absteigender Reihenfolge priorisiert:

1. Schutz des Netzes und der WEA
2. Frequenzregelung (Anpassung der Wirkleistungsabgabe)
3. Leistungsbegrenzung/Erzeugungsmanagement
4. Begrenzung des Leistungsgradienten

Bei der Auslegung des elektrischen Schutzes und in der Betriebsdokumentation ist auf eine klare Trennung zwischen Schutzeinrichtungen und Systemautomatiken zu achten.

## 5.9 Fehleraufzeichnungen

Bei Schutzauslösungen werden die entsprechenden Messdateien der jeweils anderen Partei zu Analysezwecken zur Verfügung gestellt. Neben den Messdateien der Schutzgeräte sollen auch ereignisbasierte hochauflösende Plots der am betroffenen NZZ installierten Netzanalysegeräte ausgetauscht werden. Das Format der Messdateien ist zwischen dem ÜNB und dem OWP abzustimmen.

Die Auswertung der Schutzauslösung erfolgt sowohl durch den OWP als auch durch den ÜNB.

Dem ÜNB wird der detaillierte Analysebericht zur Verfügung gestellt, der vor der Wiederverbindung vom ÜNB genehmigt werden muss.

## 5.10 Konformitätsstudien und Simulationsmodelle

### 5.10.1 Verfahren

Der OWP stellt dem ÜNB unmittelbar nach dem Zuschlag der ausgeschriebenen Fläche (Planungsphase) entsprechende Modelle und Netzparameter zur Verfügung. Eine detaillierte Auflistung der vom OWP bereitzustellenden Modelle und der damit verbundenen Modellanforderungen, Netzdaten und ein Zeitplan für die Einreichung durch den OWP werden vom ÜNB bereitgestellt.

### 5.10.2 Anforderungen an die Simulationssoftware

Die Simulationssoftware wird vom ÜNB vorgegeben und der Anschlusskunde hat diese Informationen zu Beginn der Planungsphase rechtzeitig vor der Durchführung der Systemstudien oder der Vergabe an Dritte beim ÜNB anzufordern. Die für die verschiedenen Studien verwendete Simulationssoftware ist im jeweiligen Ergebnisbericht einschließlich der Versionsnummer anzugeben.

### 5.10.3 Modellanforderungen

Der OWP stellt ein geeignetes Modell des gesamten Windparks und ein separates WEA-Modell (Harmonische, RMS und EMT) zur Verfügung. Für jede Studie ist ein separates Modell bereitzustellen, mit dem die Studienergebnisse reproduziert werden können. OWP soll weitere spezifische Modellanforderungen vom ÜNB anfordern.

Zusätzlich ist ein toolunabhängiges Modell vom OWP bereitzustellen. Details sind vom ÜNB zu spezifizieren.

Eine detaillierte Modellbeschreibung für die Softwareimplementierung ist bereitzustellen. Die Beschreibung muss auch alle Parameter und mögliche Parameteränderungen beschreiben.

Modellvereinfachungen sind nur zulässig, wenn sie zu keiner Ergebnisverfälschung führen. Dies ist vom OWP gegenüber dem ÜNB in Form von Berichten nachzuweisen. In diesen Berichten soll die Funktion des vereinfachten Modells im Vergleich zu dem exakten Modell nachgewiesen werden.

Die Ergebnisse der Systemstudien und Modellbeschreibungen sind in gesonderten Berichten nach den Vorgaben der Anlagen B.2 bis B.6 der VDE-AR-N 4131 [I] zu dokumentieren. Zusätzlich ist dem ÜNB ein Dokument zur Verfügung zu stellen, das alle in den Anlagen B.2 bis B.6 der VDE-AR-N 4131 [I] geforderten Daten und Geräteeinstellparameter zusammenfasst.

Der ÜNB kann über die VDE 4131 Anhänge B.2 bis B.6 hinaus zusätzliche Anforderungen an die Modelle stellen, um die zukünftige Systemstabilitätsstudien sicherzustellen.

Alle Modelle müssen validiert werden. Validierungsanforderungen sind mit dem ÜNB abzustimmen.

Treten im Laufe der OWP-Lebensdauer Änderungen hinsichtlich der Regelfunktionen, Daten und Anlagenparameter auf, die Einfluss auf bereits eingereichte Unterlagen und Modelle haben, sind diese zu aktualisieren und dem ÜNB zur erneuten Genehmigung vorzulegen.

#### **5.10.4 Umfang der Studien**

Der Umfang der vom OWP durchzuführenden Modellierungsdetails, Berechnungsszenarien und Dokumentationen wird vom ÜNB festgelegt.

Über die grundsätzlichen Anforderungen zur Konformitätssimulation in Kapitel 6.4.2 hinaus kann der ÜNB den OWP auffordern, zusätzliche oder alternative Netzsimulationen durchzuführen, wenn die Angaben zur Konformitätssimulation gemäß den Anlagen B.2 bis B.6 des VDE- AR-N 4131 [I] nicht ausreichen, um die Einhaltung der Anforderungen des ONAR nachzuweisen.

#### **5.11 Erdungssystem**

Das Erdungssystem der WEA ist vom OWP unter Berücksichtigung des Erdungssystems der Offshore-Plattform auszulegen (Planungsphase). Einzelheiten sind mit dem ÜNB abzustimmen.

## 6 Betriebserlaubnisverfahren

### 6.1 Prozessübersicht

Die zwischen ÜNB und OWP auszutauschenden Dokumente, Daten und Informationen müssen den Anforderungen der VDE-AR-N 4131, Abschnitt 4.2 entsprechen [I].

Werden während der Projektphase oder im späteren Betrieb Änderungen an der elektrischen Anlage des OWP vorgenommen, oder es treten Betriebsmittelfehler auf, die Einfluss auf die Angaben im Rahmen des Netzanschlussprüfungsverfahrens haben, so ist der ÜNB unverzüglich zu informieren.

### 6.2 Voraussetzungen für die Erlaubnis zur Zuschaltung (EZZ)

Der ÜNB erteilt eine Erlaubnis zur Zuschaltung, wenn alle notwendige Bau- und Installationsarbeiten sowie Prüfungen des gesamten ONAS abgeschlossen sind, einschließlich des Onshore-Umspannwerks, der (DC-)Exportkabel, der Offshore-Konverterplattform, der AC-Seekabel, um einen sicheren Anschluss der WEA bzw. des OWPs zu gewährleisten.

Darüber hinaus müssen die in Abschnitt 6.3 aufgeführten Zertifikate eingereicht und vom ÜNB bestätigt werden. Außerdem sind alle erforderlichen Verträge mit dem ÜNB abzustimmen und zu unterzeichnen. Weitere Vorgaben an Abstimmungen und die Prüfungen zwischen OWP-Betreiber und ÜNB sind in VDE-AR-N-4130, Abschnitt 4.2.3 festgelegt. Zum Beispiel ist vor der ersten Zuschaltung ein Signaltest in Zusammenarbeit mit dem ÜNB durchzuführen.

Mit der Erlaubnis zur Zuschaltung (EZZ) kann das parkinterne Netz und die OWP-Nebenanlage unter Spannung gesetzt werden. Der OWP darf auch Strom aus dem ÜNB-Netz beziehen. Für die Stromlieferung ist der OWP-Betreiber verpflichtet, dem ÜNB den zuständigen Stromversorger zu benennen und dem Versorger die notwendige Zählpunktnummer mitzuteilen. Der Lieferant registriert sich als Lieferant der jeweiligen Messstelle beim ÜNB.

### 6.3 Installationszertifikate

Die folgenden Zertifikate sind dem ÜNB vor der Zuschaltung vorzulegen. Der OWP ist verpflichtet, Änderungen jederzeit unverzüglich zu berichten.

- Zertifikat ÜNB-Vorschriften und Standards
- Zertifikat ÜNB Primär-technische Data
- Zertifikat ÜNB Sekundär-technische Daten
- Zertifikat ÜNB-Registrierung für die Inbetriebnahme
- Zertifikat ÜNB-Autorisierungsliste

Zertifikatsvorlagen werden dem OWP auf Anfrage zur Verfügung gestellt. Der ÜNB kann bei Bedarf neben den oben aufgeführten Zertifikaten weitere Zertifikate beim OWP-Betreiber anfordern.

## 6.4 Voraussetzungen für die vorläufige Betriebserlaubnis (VBE)

Der ÜNB erteilt eine vorläufige Betriebserlaubnis unter der Bedingung, dass die EZZ erteilt wurde und die Überprüfung der in diesem Abschnitt beschriebenen Daten, Modelle und Netzkonformitätsstudien abgeschlossen ist. Darüber hinaus ist der Umfang der Konformitätsprüfung zwischen dem Anschlusskunden und dem ÜNB abzustimmen und zu vereinbaren.

Zusätzlich benennt der OWP-Betreiber den zuständigen Stromverkäufer an der Strombörse für den OWP. Der zuständige Stromverkäufer stimmt sich beim Datenaustausch mit dem ÜNB ab, um später eine gut funktionierende Registrierung des Stromverkaufs und einen entsprechenden Kraftwerksfahrplan beim ÜNB sicherzustellen.

Mit der VBE dürfen die OWP mit der Wirkstromproduktion beginnen und diese in das Übertragungsnetz einspeisen.

### 6.4.1 Nachweis für vorläufige Betriebserlaubnis

Zur Erlangung der VBE hat der Anschlusskunde dem ÜNB folgende Daten und Studien vorzulegen:

1. Detaillierte technische Daten der WEA nach Anhang B.1 der VDE-AR-N 4131 [I]
2. Installationszertifikate für WEA, ausgestellt durch eine autorisierte Zertifizierungsstelle, soweit sie Bestandteil des Konformitätsnachweises sind;
3. Die Simulationsmodelle nach Anhang B.6 der VDE -AR-N 4131 [I] und Systemstudien, die entsprechend der Anlagen B.2 bis B.5 der VDE-AR-N 4131 [I] zu gestalten sind.

Der ÜNB kann weitere, hier nicht aufgeführte Daten anfordern.

Darüber hinaus muss der Anschlusskunde mit mehreren Netzstudien die Fähigkeit nachweisen, die statischen und dynamischen Betriebsanforderungen zu erfüllen, die in den TAR definiert oder vom ÜNB für das Konformitätsprüfungsverfahren festgelegt wurden.

Zusätzlich sollte der OWP entsprechende Zertifikate vorlegen, die die Funktionsfähigkeit der Systemautomatiken bestätigen. Solche Zertifikate sind:

1. Zertifikat des Installateurs – Systemautomatik für Spannungs- und Frequenzschutz
2. Zertifikat des Installateurs – Systemautomatik zur Überwachung der Untererregung
3. Zertifikat des Installateurs – Systemautomatik der Wirkleistungsabgabe bei Frequenzabweichung
4. Zertifikat des Installateurs – Systemautomatik für EPC

Der ÜNB kann weitere, hier nicht aufgeführte Zertifikate anfordern. Zertifikatsvorlagen werden dem OWP auf Anfrage zur Verfügung gestellt.

Schließlich stimmen der OWP und der ÜNB einen detaillierten Umfang der für die endgültige Betriebserlaubnis gemäß Abschnitt 6.5 erforderlichen Konformitätsprüfungen ab.

Unabhängig von einer Genehmigung durch den ÜNB ist der OWP verpflichtet, alle erforderlichen Maßnahmen zu ergreifen, um einen sicheren Netzbetrieb zu gewährleisten.

#### **6.4.2 Netzstudien und Nachweis der Konformität**

Die vom OWP im Rahmen des Betriebserlaubnisverfahrens durchzuführenden Studien und Konformitätsnachweise dienen dem Nachweis und der Dokumentation gegenüber dem ÜNB, dass die im ONAR geforderten grundlegenden und ggf. ergänzenden Anforderungen an das Systemverhalten erfüllt wurden:

1. Die Ergebnisse der Systemstudien und Konformitätsnachweise sind verbindlicher Bestandteil des Betriebserlaubnisverfahrens. Die erforderliche Dokumentation ist gemäß den Anforderungen des ONAR zu erstellen.
2. Der ÜNB behält sich vor, Dritte mit der Bewertung der Systemstudien, Modelle und Konformitätsnachweise zu beauftragen.
3. Die gemäß ONAR auszutauschenden Modelle und deren Eigenschaften sind vom OWP mit allen Einzelheiten zu dokumentieren und dem ÜNB zur Prüfung vorzulegen, einschließlich etwaiger Modellvereinfachungen und zugehöriger Messungen.

#### **6.5 Voraussetzungen für die endgültige Betriebserlaubnis (EBE)**

Der ÜNB erteilt ein endgültiges Betriebserlaubniszertifikat unter der Voraussetzung, dass eine VBE vorliegt und die in der VDE-AR-N 4131 [I] beschriebenen Konformitätsprüfungen, die in den folgenden Abschnitten spezifiziert werden, erfolgreich durchgeführt und vom ÜNB akzeptiert wurden.

Der ÜNB behält sich das Recht vor, zusätzliche oder alternative Testreihen durchzuführen, falls die dem ÜNB zur Verfügung gestellten Informationen zu den in diesem Abschnitt beschriebenen Konformitätstests nicht ausreichen, um nachzuweisen, dass die Anforderungen des ONAR erfüllt sind.

Auf Anfrage sind dem ÜNB auch aktualisierte anwendbare technische Daten, Simulationsmodelle und Studien gemäß Abschnitt 6.4 einschließlich der in den Konformitätstests gemessenen Werte zur Verfügung zu stellen.

Der ÜNB kann an den Konformitätsprüfungen entweder vor Ort oder von der Leitstelle aus teilnehmen. Hierzu stellt der OWP die zur Aufzeichnung aller relevanten Testsignale und Messwerte erforderlichen Überwachungseinrichtungen zur Verfügung und stellt sicher, dass die erforderlichen Vertreter des OWPs und des WEA-Herstellers während des gesamten Testzeitraums vor Ort zur Verfügung stehen.

Die zur Auswertung der verschiedenen Tests notwendigen Signale sind an den ÜNB zu übermitteln.

### **6.5.1 Test der Regelbarkeit der Wirkleistungsabgabe,**

Es ist nachzuweisen, dass der OWP mit den vom ÜNB vorgegebenen Grenzwerten betrieben werden kann. Dabei sind die im Abschnitt 5.2.1 genannten Anforderungen an die Wirkleistungsregelung nachzuweisen.

Dieser Test soll auch nachweisen, dass die Anforderungen hinsichtlich der vorrangigen Wirkleistungssollwertvorgabe durch den ÜNB in 5.2 erfüllt sind.

Die Prüfung gilt als bestanden, wenn der Nachweis gemäß VDE-AR-N 4131 [I] erbracht und vom ÜNB bestätigt wurde. Darüber hinaus ist dem ÜNB ein ausgefüllter Prüfbericht vorzulegen. Vorlage für den Prüfbericht wird vom ÜNB bereitgestellt.

### **6.5.2 Test der Blindleistungsabgabe**

Es ist nachzuweisen, dass der OWP unter den in Abschnitt 5.3.1. Bei der Prüfung der Bereitstellung von Blindleistung gelten die Parameter nach VDE-AR-N 4131 [I] als Grundvoraussetzung.

Die Prüfung gilt als bestanden, wenn die Nachweise nach VDE-AR-N 4131 [I] vorlegen und vom ÜNB bestätigt wurden. Darüber hinaus ist dem ÜNB ein ausgefüllter Prüfbericht vorzulegen. Vorlage für den Prüfbericht wird vom ÜNB bereitgestellt.

### **6.5.3 Test des Blindleistungsregelungsmodus**

Es ist nachzuweisen, dass der OWP unter den in diesem Dokument festgelegten Bedingungen betrieben werden kann

- Blindleistungsregelungsmodus mit Blindleistungs-Spannungskennlinie
- Blindleistungsregelungsmodus mit Blindleistungssollwertvorgabe
- Blindleistungsregelungsmodus mit Leistungsfaktorsollwertvorgabe

Beim Testen dieses Modus sind die Parameter nach VDE-AR-N 4131 [I] als Grundvoraussetzung zu berücksichtigen.

Die Prüfung gilt als bestanden, wenn die Nachweise nach VDE-AR-N 4131 [I] dem ÜNB bereitgestellt und vom ÜNB bestätigt wurden. Darüber hinaus ist dem ÜNB ein ausgefüllter Prüfbericht vorzulegen. Vorlage für den Prüfbericht wird vom ÜNB bereitgestellt.

#### **6.5.4 Tests für die Fähigkeit zur Frequenzregelung**

Die Ergebnisse der Tests dienen dem Nachweis, dass die dynamischen und statischen Parameter die Anforderungen nach Abschnitt 5.2.2 erfüllen sowie das Verhalten des OWP bei Frequenzabweichungen zu verifizieren.

Der Test gilt als bestanden, wenn die Nachweise nach VDE-AR-N 4131 [I] dem ÜNB bereitgestellt und vom ÜNB bestätigt wurden. Darüber hinaus ist dem ÜNB ein ausgefüllter Prüfbericht vorzulegen. Vorlage für den Prüfbericht wird vom ÜNB bereitgestellt.

##### **6.5.4.1 Frequenzempfindlicher Modus (FSM)**

Der Test zum FSM erfolgt nach den Anforderungen der VDE-AR-N 4131 [I].

##### **6.5.4.2 Überfrequenz LFSM-O**

Der Test zum LFSM-O erfolgt nach den Anforderungen der VDE-AR-N 4131 [I].

##### **6.5.4.3 Unterfrequenz LFSM-U**

Der Test zum LFSM-U erfolgt nach den Anforderungen der VDE-AR-N 4131 [I].

#### **6.5.5 Test der Systemautomatik und der schnellen Signalreaktion**

Die Funktion der Systemautomatiken ist im Rahmen der Funktions- und Inbetriebnahmeprüfung gemäß dieser ONAR zu verifizieren. Zusätzlich wird die Schnittstellenprüfung durchgeführt, um zu sehen, ob die Übertragung der EPC-Signale von der Sekundärtechnik der ÜNB zum binären Eingang des OWP-Controllers korrekt funktioniert.

Die Anforderungen an die in diesem Dokument beschriebenen EPC-Systemautomatiken sind durch Konformitätszertifikate nachzuweisen. Dazu gehört auch die Nachweise der bereits im Rahmen der VBE bestätigten Funktionalitäten.

Weiterhin sind die Funktionalitäten durch Konformitätsprüfungen (Inbetriebnahme- und Testphase) nachzuweisen, die bereits im Rahmen der VBE durch entsprechende Zertifikate bestätigt wurden.

### **6.5.6 Messung von harmonischen Emissionen**

Es werden Messungen durchgeführt, um nachzuweisen, dass der Betrieb von OWPs die an der NAP zulässigen harmonischen Emissionspegel gemäß VDE-AR-N 4131 [I].

Das Messverfahren muss den Anforderungen der VDE-AR-N 4131 [I].

### **6.6 Beschränkte Betriebserlaubnis (BBE)**

Der Anschlusskunde beantragt eine beschränkte Betriebserlaubnis, wenn die Erzeugungsanlage nicht mehr in der Lage ist, die Anforderungen aus der TAR zu erfüllen, nachdem er die EBE erhalten hat und bereits im Vollbetrieb befindet. Die Erteilung einer BBE unterliegt den Anforderungen der VDE-AR-N 4131 [I].

Wurde der Antrag des OWP auf Erteilung einer BBE abgelehnt, kann der ÜNB den Betrieb des OWPs so lange untersagen, bis die Abweichung behoben ist und der OWP nach Ansicht des ÜNB die Anforderungen wieder erfüllt.

Wenn der ÜNB die Geltungsdauer der BBE nach VDE-AR-N 4131 [I] oder ablehnt, so kann der OWP innerhalb von sechs Monaten nach Bekanntgabe der Entscheidung des ÜNB dem Regulierungsbehörde einschalten.

### **6.7 Testwiederholungen während des Betriebs**

Der ÜNB prüft die Konformität des OWP mit den Anforderungen dieser ONAR während des gesamten Lebenszyklus.

Der OWP hat sicherzustellen, dass sich WEA während ihres gesamten Lebenszyklus gemäß den ONAR-Anforderungen verhalten.

Abweichungen vom vorgelegten und geprüften Konzept sind dem ÜNB unverzüglich mitzuteilen. Diese Anforderungen gelten auch für Abweichungen von bereits genehmigten Systemstudien.

## 7 Verbindungstechnik und Schnittstellen

Der Inhalt dieses Kapitels beschreibt die vom OWP zu berücksichtigenden Schnittstellen als Planungsgrundlage. Weitere Detailinformationen und insbesondere der Kabeleinzugs- und Netzanschlussprozess sind in der Planungsphase mit dem ÜNB abzustimmen.

### 7.1 Aufteilung des technischen Umfangs (Design, Spezifikation, Lieferung, Installation, Prüfung)

Das Übersichtsdiagramm des Hochspannungssystems am NAP (Abbildung 1, Abbildung 2 und Abbildung 3) zeigt die beabsichtigte Eigentumsgränze zwischen ÜNB und OWP. Der Liefer- und Leistungsumfang wird neben den technischen Lieferleistungen in den folgenden Abschnitten detailliert beschrieben.

Tabelle 7 gibt einen Überblick über die Aufgabenverteilung.

**Tabelle 7: Schnittstellenmatrix**

1	Allgemeine Anforderungen	ÜNB	OWP
1.1	Lieferung von Geräten und Services in Bezug auf der Errichtung der Offshore-Umspannstation und der Logistik gemäß diesem Dokument und den allgemeinen Bau Normen	X	
1.2	Design, Spezifikation, Lieferung und Installation der notwendigen dauerhaften Kabeltrassen und Kabelkanäle für die Installation aller erforderlichen Kabel auf der Plattform, einschließlich des J-Tube oder eines alternativen Systems zum Einführen des Seekabels	X	
1.3	Berücksichtigung des ÜNB-Designs und –spezifikationen als Design-Input für den OWP-Umfang und -geräten		X
1.4	Gesamtverantwortung für Gesundheit, Sicherheit und Umwelt (HSE)	X	
1.5	Bereitstellung der erforderlichen Gesundheits-, Sicherheits- und Notfallsausrüstungen und -maßnahmen für alle Arbeiten, die an den Onshore- und Offshore-Standorten von eigenem Personal durchgeführt werden	X	X
1.6	Bereitstellung der Stromversorgung für die erforderlichen Installationsarbeiten zum seeseitigen Anschluss der AC-Seekabel des OWP		X
1.7	Bereitstellung eines Single Line Diagramms (SLD) mit allen elektrischen Daten		X
2	OWP-Kabeleinzug und -endverschluss	ÜNB	OWP
2.1	Allgemeine Anordnung und Kabelkorridor einschließlich Servicekorridor und Sperrzonen.	X	
2.2	Designgrundlage inkl. Kolkanalyse	X	
2.3	Designvorgaben für Bellmouth, J-Tube, Hang-Off, Kabelführung auf dem Meeresboden und auf der Offshore-Umspannstation, Tragseile, strukturelle Schnittstellen für Winden und andere Einzugsgereäte, Befestigung von AC-Seekabeln, Kurzschlusskräfte von OWPs AC-Seekabel, Erdungs-, Zugangs-, Gerüstbau- und mechanische Handhabungsanforderungen für Pull-In-Gereäte (Beschreibung des Bedarfs und Spezifikation der Anforderungen für HS-Kabeleinzugs- und Endverschlussarbeiten, einschließlich Abmessungen-, Gewichts-,		X

	Lasten-, Freiraumanforderungen, Datenblätter für Winden und Einzugsgeräte, Platzbedarf, Integrationsbedarf), Transport- und Installationskriterien (T&I) wie maximal zulässige Beschleunigung und Kräfte usw. Die Vorgabe erfolgt auf der Grundlage des bestehenden Offshore-Stationsdesigns des ÜNB.		
2.4	Design, Lieferung und Installation von Kolkschutz für OWP-Seekabel		X
2.5	Planung, Lieferung, Verlegung und Installation inkl. temporärem Kabelschutz der OWP-Seekabel inkl. LWL-Kabel zur Offshore-Station des ÜNB		X
2.6	Design, Lieferung und Installation des Kabelschutzsystems (CPS), einschließlich J-Tube-Bellmouth. Bellmouths werden an Land in der Werft installiert.		X
2.7	Kabelstützgewichte auf Kolkschutz zur Stabilisierung von Kabelschutzsystemen (CPS) von OWP. (Falls benötigt)		X
2.8	Design, Lieferung und Installation von Flanschen (an Plattform oder J-Tube geschweißt) für J-Tube-Bellmouth	X	
2.9	Lieferung und Montage von Flanschen zur Zugentlastung (Hang-Off) (an die Plattform oder J-Tube geschweißt)	X	
2.10	Lieferung und Montage des Hang-off		X
2.11	Design und Bereitstellung von Schnittstellen für Einziehvorrichtungen wie verstärktes Fundament mit Gewindelöchern oder Stützpunkte für Winden und Padeyes oder Stützpunkte für Flaschenzüge, Rollenblöcke, Rollenkästen usw.	X	
2.12	Überprüfung des Ist-Zustandes der Offshore-Station, wie z. B. J-Tubes, Fundamente, Stützpunkte usw., für die Einzugsrüstung gemäß dem Design hergestellt sind		X
2.13	Überprüfen, ob die Bedingungen auf der Plattform gegeben sind, um die OWP-Ausrüstung einschließlich der Pull-in-Ausrüstung zu installieren		X
2.14	Design, Lieferung, Installation und Demobilisierung von geeigneten Montagelehren/Adaptoren für die Decksabdeckungslehren, z. B. Decksösen und Decksverstärkungen für die Winde und Lieferung anderer notwendiger Ausrüstung		X
2.15	Bereitstellung eines Plattformzugangs für Kabeleinzuggeräte und Personal vor Ort, einschließlich Kranausrüstung für die Kabeleinzugsaktivitäten und allen erforderlichen Arbeitsbereichen	X	
2.16	Hebe- und Transportmittel für Einzugsgeräte wie z. B. Einzugskeile, Rollen, Behelfsgerüste		X
2.17	Konstruktion, Lieferung und Montage der Winde und sonstiger Seileinzugsgeräte (Quadranten, Gerüst, Hilfswinden etc.) für die Seilzuarbeiten.		X
2.18	Stromversorgung der Kabeleinzugswinde und die Hilfswinden		X
2.19	Demontage der Winde und zugehöriger Ausrüstung		X
2.20	Design, Lieferung und Installation von Tragseilen in J-Tubes.	X	
2.21	Planung, Lieferung und Inbetriebnahme des Netzanschlusspunktes / GIS zum Endverschluss der OWP- AC-Seekabel	X	
2.22	Planung, Lieferung und Montage der Kabelendverschlussbuchse am Anschlusspunkt / GIS, um OWP-AC-Seekabel anzuschließen.	X	
2.23	Lieferung und Montage des Kabelendverschlusssteckers (Stecker) für die OWP- Kabel gemäß den Anforderungen des ÜNBs		X
2.24	Design/Layout für alle OWP-AC-Seekabelroute auf der OSS	X	
2.25	Design und Lieferung von Kabelrinnen, Tragkonstruktionen, Kabeldurchführungen und Kanälen	X	
2.26	Design, Lieferung und Installation von Kabelhaltern sowie Fixierungen oder Befestigungen an Kabeltrassen/Leitern		X
2.27	Design, Lieferung und Installation der Seebefestigung der gesamten		X

	OWP-Ausrüstung einschließlich (temporärer) Pull-In-Ausrüstung basierend auf der verfügbaren Befestigungspunkte		
2.28	Design, Lieferung und Installation von Befestigungspunkten für die Seebefestigung von Pull-In-Geräten	X	
2.29	Überprüfen und Freigabe des gesamten OWP-Kabeleinzugs- und Endverschlussdesigns sowie die Planung und Installation der Seebefestigung der gesamten OWP-Ausrüstung	X	
2.30	Vorbereitung und Ausführung der Kabeleinzugsattrappe (Mock-Up) in der Werft		X
2.31	Entfernung und Entsorgung von Abfällen, die während des OWP-Kabeleinzugs und der Endverschlussarbeiten anfallen (einschließlich Kabel-Mock-Up in der Werft)		X
2.32	Spezifikation, Design, Lieferung und Installation von Erdungspunkten	X	
2.33	Design, Lieferung und Installation der Erdungsverbindung gemäß der Gesamterdungsspezifikation und -design bis zum Erdungspunkt der Offshore-Station		X
2.34	Ausstellung einer Risikobewertung und Methodenerklärung für Kabeleinzugs- und Endverschlussarbeiten		X
2.35	Erstellung von Bestandszeichnungen und Dokumentationen		X
<b>3</b>	<b>Sekundärtechnisches Anlagen- und Hilfsenergiekonzept</b>	<b>ÜNB</b>	<b>OWP</b>
3.1	Design, Lieferung, Installation und Test der erforderlichen Telekommunikationsausrüstung für den jeweiligen AC-Seekabelschaltfeld zwischen den Feldern für das Leitsystem und die Glasfaserschnittstelle von OWP	X	
3.2	Bereitstellung von Schutzkonzept und Schutzblockschaltbild		X
3.3	Design, Lieferung und Installation der Glasfaserkabel (FOC) von der Repeater-Station an Land bis zur Offshore-Station des ÜNB	X	
3.4	Design, Lieferung und Installation der Glasfaser-Spleißboxen in der Nähe der OWP-AC-Seekabel-Hang-Off	X	
3.5	Design, Lieferung und Installation von Kabelpritschen für Glasfaserkabel	X	
3.6	Designanforderungen für LWL-Kabel in OWP-Seekabel (z.B., Feuerschutzklasse)	X	
3.7	Design, Lieferung, Installation und Prüfung der LWL-Kabel, die von den WEA bis zu den LWL-Spleißboxen in der Nähe der Hang-Off-Stellen gehen (inkl. das Spleißen in die Spleißkassette des LWL-Spleißboxes)		X
3.8	Design, Lieferung und Installation der LWL-Kabel (als Verbindungskabel auf der Plattform), die von dem LWL-Spleißbox zum LWL-Patch-Schrank des OWPs auf der Plattform gehen (inkl. das Spleißen in der Spleißkassette vom LWL-Spleißbox sowie vom LWL-Patch-Schrank des OWPs)	X	
3.9	Bereitstellung eines Spleiß- und Patchplans für die Verbindung des LWL-Kabels auf der Plattform (Verbindung von LWL-Spleißbox zu LWL-Patch-Schrank)		X
3.10	Design, Lieferung, Installation und Prüfung von ÜNB-Glasfaser-Patchpanels auf der Plattform	X	
3.11	Designanforderungen für OWP-Glasfaser-Patch-Schrank und Spleißkassette	X	
3.12	Lieferung, Installation und Prüfung von OWP-Glasfaser-Patchpanels auf der Plattform		X
3.13	Erstellung einer Risikobewertung und Methodenerklärung für die Installation und Prüfung von LWL-Kabeln		X

## 7.2 Liefer- und Leistungsumfang des ÜNB

Der Liefer- und Leistungsumfang des ÜNB beschränkt sich auf die Planung und Errichtung des HGÜ-Netzes bis einschließlich der seeseitigen HGÜ-Konverterstation und der dazugehörigen Komponenten (z. B. primär- und sekundärtechnische Techniken). Alle Komponenten, die nicht in dieser ONAR aufgeführt sind, werden vom OWP bereitgestellt.

## 7.3 Umfang der Lieferungen und Leistungen von OWP

In diesem Zusammenhang ist es besonders wichtig, dass der OWP die folgenden erforderlichen Unterlagen vorlegt und die Einhaltung der beschriebenen Anforderungen während der Projektierungsphase sowie der Bau- und Installationsphase sicherstellt:

1. Abstimmung des Zeitplans (z. B. MS-Projekt) und Benennung der Verantwortlichen für die Aktivitäten.
2. Einreichung der Projektdokumentation und Eingaben gemäß 7.1. zur Überprüfung gemäß den vom ÜNB vorgegebenen Fristen im Sinne des Gesamtprojekts.
3. Frühzeitige Abstimmung notwendiger Anforderungen bzgl. HSE-Qualifikationen für die Onshore-Montagestelle und Offshore-Arbeiten.

## 7.4 Allgemeine Bedingungen für die Verlegung und Installation von HVAC-Kabeln

### 7.4.1 Direkter Anschluss an GIS / Kabelverbindung

Basierend auf dem Plattformdesign und der technischen Machbarkeit des Kabeleinzugskonzepts entscheidet der ÜNB, wie die OWP-AC-Seekabel angeschlossen werden, beide Lösungen sind machbar (siehe Abbildung 1 und Abbildung 2):

1. Direkter Anschluss von OWP-AC-Seekabeln an GIS
2. Verbindung von OWP-AC-Seekabeln auf der Plattform über eine Gießharzverbindung

Option 1: Der ÜNB stellt eine Anschlussmuffe an der Hochspannungs-GIS bereit. Der Typ wird vom ÜNB vorgegeben. Die Kabelverbinder (Stecker) werden von OWP geliefert, an den Kabeladern montiert und an die Hochspannungs-GIS angeschlossen.

Option 2: Der ÜNB stellt eine Halb-Muffe bzw. Anschlussbuchse bereit, deren Typ vom ÜNB bestimmt wird.

Die Position der Kabelverbindung befindet sich in der Nähe der J-Tubes auf einer Tragstruktur in einem isolierten Zustand und sie ist bereit für den Anschluss durch den OWP. Die mechanische Festigkeit der Kabeltragekonstruktionen ist entsprechend dem für die jeweilige Kabelkonstruktion berechneten Kurzschlussstrom auszulegen.

Alle OWP-Kabel zwischen der Verbindungsposition einschließlich der Gießharzmuffe und der Hochspannungs-GIS werden vollständig installiert und vom ÜNB auf der Werft oder dem landseitigen Montageort vollständig getestet.

Der OWP führt dann den OWP-Seekabeleinzug und Anschluss an der Kabelmuffe durch.

Das Design der Kabelpritsche wird so gestaltet, dass:

- Ein gerader Kabelweg von mind. 1 m über den Hang-Off vorhanden sein muss, bevor der ersten Biegung anliegt;
- Platz um die Kabelführung herum installiert sind, um das Kabelziehen, die Installationsarbeiten und die Handhabung zu ermöglichen, einschließlich Gestelle mit Kabelbefestigungspunkten, die stark genug sind, um den anwendbaren Kurzschlusskräften standzuhalten;
- Eine thermische Überlastung der Kabel durch die Nähe mit wärmeerzeugenden Geräten oder Leitungen verhindert wird

Bei beiden Optionen wird vom OWP ein Kabelverbinder mit Innenkonus verwendet.

#### **7.4.2 Konzepte zur Kabeleinzugsvorbereitung**

Zur Validierung der Kabeleinzugsschnittstelle sind Einzugskonzepte vom OWP (Planungsphase) zu entwickeln und mit dem ÜNB entsprechend der für OWP-Kabeleinzugskonzept definierten Meilensteine abzustimmen. Diese berücksichtigen die in diesem Dokument genannten Anforderungen und basierend auf dem bereitgestellten Layout und Infrastruktur (z. B. Stützpunkte, Kabeltrassen).

Das Kabeleinzugskonzept, die Risikobewertung und die Methodenbeschreibung müssen mindestens die folgenden Informationen enthalten:

- Gesamtübersicht der Pull-In-Fläche, Räume, Nebenanlagen
- Tragdraht und Bellmouth-Abdeckung
- Hauptarbeitsschritte als Storyboard
- Die Pull-in-Konzepte müssen auch die vom ÜNB bereitgestellten Eingangsdaten berücksichtigen, einschließlich, aber nicht beschränkt auf:
  - Windenposition, Fundament und SWL
  - Maximale Windenseillänge zwischen Winde und Hang-Off
  - Lage und Tragfähigkeit von Umlenkrollen und Stützpunkten
  - Kabelweg vom Hang-Off bis zu den Endverschlüssen inkl. Kabelfixierung
  - Befestigung der Spleißbox in der Nähe des Hang-Off
  - Maximal aufzubringende Kräfte an den Hang-Off
- Liste der Pull-In-Geräte einschließlich Gewicht, Größen, Schnittstellen zum Bauwerk
- Ausgabe von HAZID und HAZOP als Eingangsdaten für die Risikobewertung, die alle Aktivitäten abdeckt

Der ÜNB stellt dem OWP alle erforderlichen Informationen zur Erstellung eines

Einzugskonzepts zur Verfügung. Zur Erfüllung dieser Aufgabe fordert der OWP gegebenenfalls frühzeitig zusätzliche Informationen an.

Alle Energiekabelwege sind mit einer maximalen Länge von 15m nach dem Hang-Off-Flansch einschließlich einer Reservelänge für weitere OWP-Kabelendverschlussarbeiten zu berücksichtigen.

LWL-Kabelwege sind mit einer maximalen Länge von 5 m nach dem Hang-Off-Flansch zu berücksichtigen.

### 7.4.3 Technische Parameter für HVAC-Seekabel

Der Durchmesser der HVAC-Kabel für die Verbindung zwischen dem OWP und der Offshore-Station variiert je nach maximaler Übertragungskapazität, Kabeltrassenlänge und Kabelhersteller.

Für eine maximale Übertragungskapazität an Wirkleistung pro Strang, kann z. B. ein dreiadriges Einzelseekabelsystem mit max. 630-1000 mm<sup>2</sup> Leiterquerschnitt eine technische Lösung sein. Als Beispiel werden die in Tabelle 8 angegebenen Richtwerte für Durchmesser, minimaler Biegeradius, maximale Zugkraft usw. für das Basic-Design der Offshore-Station berücksichtigt.

Die Werte stellen Einschränkungen hinsichtlich des verfügbaren Platzes dar und sind von dem OWP zu berücksichtigen. Der OWP informiert den ÜNB über die endgültigen Kabeldaten.

**Tabelle 8: Beispielwerte der 66-kV-Wechselstromkabel**

Typ	Dreiadrig (armiert)	Einadrig (nicht armiert)
max. Leiterquerschnitt	3 x 630 - 1000mm <sup>2</sup>	1000mm <sup>2</sup>
Nennspannung	66kV	66kV
max. Außendurchmesser	ca. 200mm	ca. 80mm
max. zulässiger minimaler Biegeradius während des Pull-In-Betriebs (MBR_pull-in)	ca. 3500mm	N/A
Minimaler Biegeradius während des Routingsvorgangs (MBR_routing)	N / A	ca. 1700mm
Maximal zulässige Zugkraft pur	ca. 100 kN	ca. 30 kN
Maximal zulässige Zugkraft bei MBR	ca. 100 kN	
Maximal zulässiger Seitenwanddruck – über dem Sheave	ca. 35 kN	

Typ	Dreipolig (armiert)	Einpolig (nicht armiert)
Maximale Wärmeabgabe des Kabels	110 W/m	
Maximal zulässige Leitertemperatur	90 °C	

#### 7.4.4 Technische Parameter für Hochspannungs-Innenkonus-Kabelverbinder

Die folgende Tabelle 9 beschreibt die beispielhaften technischen Parameter des vom OWP zu installierenden Kabelsteckers (Steckerteil). Spezifischer Typ und Marke des Steckverbinders, soll vom ÜNB in der Design-Phase vorgegeben werden.

**Tabelle 9: Beispielwerte des 66-kV-Innenkonusverbinders**

<b>Material</b>	Cu oder Al
<b>Durchmesser über Leiter RM</b>	verseilt kreisförmig 17,5-36 mm
<b>Leitergröße</b>	35-800 mm <sup>2</sup>
<b>Durchmesser über Leiter RE</b>	fest kreisförmig 10,5-36 mm
<b>Leitergröße</b>	95-1000 mm <sup>2</sup>

#### 7.5 Konstruktionsanforderungen für J-Tubes und Bellmouth

Das folgende Kapitel beschreibt die Designanforderungen in Bezug auf J-Tubes und Bellmouths. In diesem Abschnitt genannten Werte sind nur beispielhaft und werden bei Schnittstellengesprächen im Projekt bestätigt.

Der ÜNB wird J-Tubes installieren, um die OWP-Seekabel in die Plattform zu führen. Für jedes HVAC-Kabel wird ein J-Tube benötigt. Der Abstand zwischen zwei benachbarten Bellmouths des J-Tubes beträgt  $\geq 2\text{m}$  (siehe Abbildung 4). Auffächerung von J-Tubes wird berücksichtigt, um ein Abstand von Kabel zu Kabel von  $\geq 5\text{m}$  am Rand des Kolkschutzes (Beginn der Kabelerdverlegung) zu erreichen. DNV RP 0360 wird als allgemeine Richtlinie für die Anordnung von J-Tube verwendet. Es können jedoch projektspezifische Abweichungen auftreten.

Die thermische Beanspruchung des Kabels im J-Tube muss bei der Auslegung der OWP-Seekabel berücksichtigt werden. Dabei sind die thermischen Parameter in Tabelle 8 des Kabels zu berücksichtigen.

Die endgültigen Auslegungswerte werden vom Lieferanten der Offshore-Station des ÜNB beim Austausch von Auslegungsdetails bereitgestellt und bestätigt.

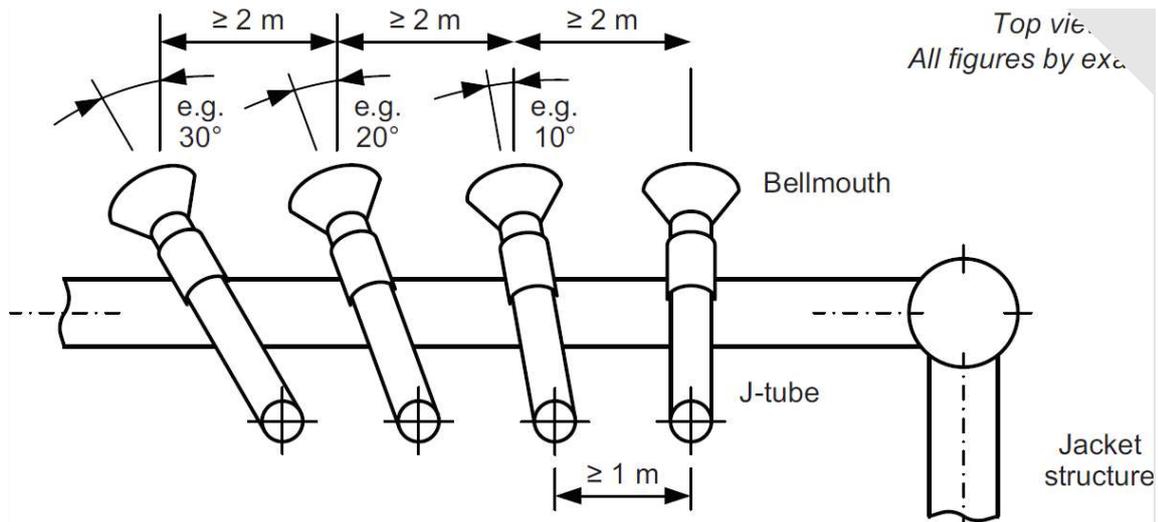
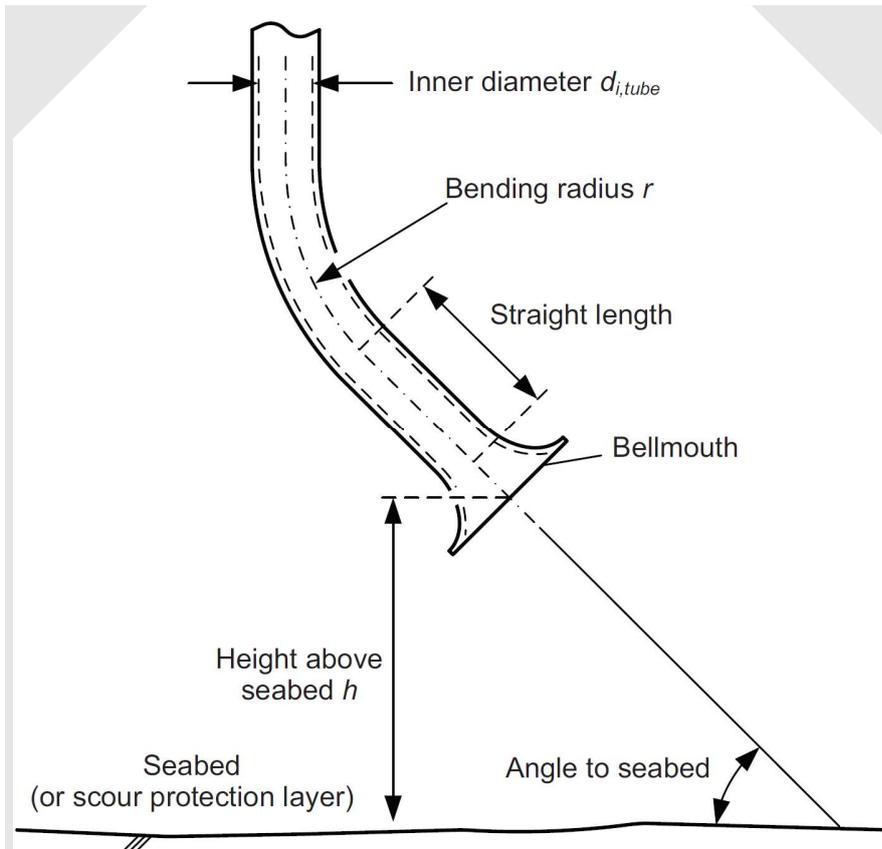


Abbildung 4: Mindestabstände zwischen auffächernden J-Tubes und Bellmouth


**Abbildung 5: J-Tube-Parameterdefinitionen**
**Tabelle 10: Entwurfsparameter für das Einziehen von OWP-Seekabeln**

Parameter	OWP-Seekabel 66 kV
Winkel zum Meeresboden	20° bis 45°
Höhe über dem Meeresboden	2 bis 2,5 ± 0,3 m
Gerade Länge des J-Tubes vor dem Bellmouth	Mindest. 1,5 m
Innendurchmesser $d_{i,Rohr}$	Mindest. 2,5-facher Gesamtkabeldurchmesser oder folgende Werte, je nachdem, welcher Wert höher ist: 500mm
Biegeradius $r_{J-Tube}$	≥4,0 m

Die endgültige Meeresboden- oder Kolksschutzschicht muss berücksichtigt werden. Die Auslegungsparameter in Tabelle 10 sind nur beispielhaft. Die endgültigen Werte werden vom Lieferanten der ÜNB-Station beim Austausch von Auslegungsdetails bereitgestellt, vereinbart und bestätigt.

### **7.5.1 Bellmouth-Abdeckung**

Das Bellmouth wird durch eine Abdeckung oder einen Stopfen verschlossen, um das Eindringen von Schmutz oder Sedimenten in die J-Tubes zu verhindern, bevor ein Kabel eingezogen wird. Die Bellmouthabdeckung wird mit dem Trageil so verbunden, dass eine einfache Bergung des Trageils inkl. Abdeckung durch ROV möglich ist.

### **7.6 Kabel-Hang-Off**

Der Hang-off ist der feste Punkt, an dem ein Unterseekabel auf der Plattform verankert ist, normalerweise an einem kreisförmigen Flansch, der oben auf das J-Tube (J-Tube-Flansch) geschweißt ist. Für jedes dreiadrige OWP-Seekabel, das auf der Plattform installiert wird, wird ein J-Tube-Flansch bereitgestellt.

Das Design des J-Tube-Flansches wird vom ÜNB vorgegeben. Bevorzugt werden standardmäßige ISO-Flanschkonstruktionen mit Lochgrößen, die für leicht verfügbare Schraubengrößen geeignet sind.

Der Kabellieferant des OWP muss die OWP-Seekabel einziehen und mit den Hang-offs dauerhaft sichern.

### **7.7 LWL-Spleißboxen und OWP-Patch-Schrank**

Die Lichtwellenleiter (LWL) des OWP-Seekabels werden an den LWL-Spleißboxen in der Nähe des Hang-offs angeschlossen. Spleißboxen werden über die dazwischenliegenden Topside-LWL-Kabel an den OWP-LWL-Patch-Schrank angeschlossen. Der OWP muss die Patch-Schränke auf der Offshore-Station basierend auf den Anforderungen von dem ÜNB entwerfen, zur Verfügung stellen, in der Werft installieren und testen. Danach gehen die Patch-Schränke in das Eigentum des ÜNBs über.

### **7.8 Spezifikation der Kabeleinzugswinde**

Der OWP installiert auf der Offshore-Station eine oder mehrere Winden, die geeignet sind, um alle OWP-AC-Seekabel von allen installierten J-Tubes direkt zum Verbindungspunkt einzuziehen.

Wenn ein direkter Einzug nicht möglich ist, müssen Kabelverbindungen (Joints) in dem Offshore-Stationsdesign berücksichtigt werden. Winden müssen vollständig installiert, in Betrieb genommen und von dem OWP in der Werft getestet werden. Bei einer Anforderung seitens des ÜNBs oder des OWPs liefert und installiert der OWP Seebefestigungen und

Schutz für die Offshore-Umgebung während der Bau- und Installationsphase.

Die vorgegebene Position der Winde(n) auf der Plattform, die entsprechenden Einzugwege und die erforderlichen Pad-Ösen, Blöcke und Fahrgestelle werden vom ÜNB vorgegeben und sollen mit dem ÜNB weiter ausgearbeitet werden.

Wenn das Design der Offshore-Station oder die Einschränkungen des Einzugpfads (Verlauf des Einzugdrahts auf der Plattform) mehr als eine Winde erfordern, ist das Versetzen der Winde (oder Teilen davon) zwischen den Positionen nur zulässig, wenn ein erneuter Test zwischen verschiedenen Positionen nicht erforderlich ist. Der OWP ist verantwortlich für das Versetzungskonzept und die Genehmigung durch den Zertifizierer.

Winde(n) müssen so konstruiert sein, dass die Winde in kleine Teile zerlegbar ist und mit einem Hubwagen leicht und ohne Demontage von Teilen der Plattform entfernt werden kann.

## **7.9 Umgang mit Schäden**

Der OWP muss alle Schäden, die der OWP oder sein Auftragnehmer auf der Plattform des ÜNB verursachen, dokumentieren (z. B. Position, Bild, Zeit) und zurückerstatten.

## **7.10 OWP-Ausrüstung auf der Offshore-Station des ÜNB**

Ziel ist es, die Anzahl der Schnittstellen auf der Offshore-Station so weit wie möglich zu reduzieren. Grund dafür ist die daraus resultierende Platzersparnis sowie entkoppelte Inspektions- und Wartungskampagnen sowie die Vermeidung von Ad-hoc-Problembehebungsmaßnahmen.

Die folgenden Abschnitte beschreiben die jeweiligen Schnittstellen im Detail.

### **7.10.1 Schutz**

Die Schutzeinrichtungen sind Eigentum des ÜNB und werden von diesem spezifiziert, installiert und in Betrieb genommen. Die Schutzgeräte sind funktionsredundant und kommen von zwei verschiedenen Herstellern. Eine automatische Wiedereinschaltung eines Leistungsschalters durch ein Schutzrelais ist nicht vorgesehen.

### **7.10.2 Netzurückwirkungsanalysegeräte**

Die Netzurückwirkungsanalysegeräte sind Eigentum des ÜNB und werden von diesem spezifiziert, installiert und in Betrieb genommen. Diese Geräte werden an ohmsch-kapazitive

Spannungsteiler der Sammelschiene angeschlossen. Dies ermöglicht eine resonanzfreie Messung der Netzurückwirkungen.

### 7.10.3 Windpark-Regler

Die Schaltschränke der Windparkregler werden nicht auf der Konverterplattform des ÜNBs installiert. Der Aufstellungsort liegt im Ermessen des OWP und kann entweder onshore oder offshore auf einer der WEA liegen. Die vom Windpark übermittelten Messwerte, sowie die vom ÜNB an den OWP gesendeten Sollwerte und Steuerbefehle werden unter Verwendung eines zwischen beiden Parteien vereinbarten Kommunikationsprotokolls nach dem Stand der Technik ausgetauscht. Anforderungen an schnelle Regelvorgänge (z. B. FRT-Verhalten) sind dezentral direkt in der Umrichtersteuerung der WEA umzusetzen. Als Grundlage sollen die deutsche Netzanschlussvorschriften VDE 4131/ 4130/ 4120 dienen. Ausnahmen von diesen Richtlinien sind bei schwerwiegenden Gründen möglich.

Der Regler muss eine definierte Reihenfolge für das Hochfahren des OWP nach a) einem Blackout im Hochspannungsnetz und b) einem großflächigen Blackout im ÜNB-Wechselstromnetzes haben. Die Anforderungen „Maßnahmenkatalogs der vier deutschen Übertragungsnetzbetreiber mit Regelzonenverantwortung zum Netzwiederaufbauplan gemäß Artikel 4 Absatz 2c sowie Artikel 23 Absatz 4c Verordnung (EU) 2017/2196 zur Festlegung eines Netzkodex über den Notzustand und den Netzwiederaufbau des Übertragungsnetzes“ sind vom Windpark-Regler zu erfüllen. Weiterhin muss ein Anfahrvorgang nach einem großflächigen Blackout automatisch, d.h. ohne Personalbedarf auf See, ablaufen. Einschränkungen (betrieblich, zeitlich hinsichtlich Blackout-Dauer, etc.) in Bezug auf das Anfahren des Windparks sind auf ein Minimum zu beschränken und dem ÜNB im Vorfeld der Inbetriebnahme zum frühestmöglichen Planungszeitpunkt mitzuteilen.

### 7.10.4 Zählung

Die Zähler zur Abrechnungs- und Vergleichszählung sind Eigentum vom ÜNB und werden vom ÜNB betrieben.

Zur Sicherstellung der Qualität der Abrechnungswerte sind bei allen NAZ Abrechnungs- und Vergleichsmessungen eingerichtet.

Der OWP hat sicherzustellen, dass nur „grüner Strom“ eingespeist wird. Soweit dies technisch nicht gewährleistet werden kann, sorgt der OWP dafür, dass die Energiemengen für den „Graustrom“ messtechnisch nach Maßgabe des Mess- und Eichgesetzes ermittelt und an den ÜNB übermittelt werden. Diese Übertragung erfolgt unter Verwendung von Edifact-MSCONS-Nachrichten.

Online-Messwerte können dem OWP zur Verfügung gestellt werden. Der genaue Umfang

muss vereinbart werden, da diese Werte standardmäßig nicht vorhanden sind. Diese Übertragung basiert auf Standardprotokollen. Der ÜNB vergibt für jeden Messpunkt eine Messstellenbezeichnung (Identifikationscode).

Einspeisepunkte sind dem ÜNB offenzulegen, damit der ÜNB gemeinsam mit dem OWP das Messkonzept entwickeln kann.

## **7.11 Entwurf von Hochspannungsschaltanlagen**

Die Auslegung der Hochspannungsschaltanlage ist projektabhängig. Der OWP berücksichtigt bei der Auslegung seiner OWP-Seekabel und LWL-Seekabel die projektspezifischen Anforderungen des ÜNB.

## **7.12 Ein-/Ausschaltstrategie**

In der Planungsphase legt der OWP eine Beschreibung der Ein-/Ausschaltstrategie vor und stimmt diese mit dem ÜNB ab.

## **7.13 Offshore-Hilfsversorgung**

Der ÜNB wird keine Hilfsstromversorgung für den OWP bereitstellen. Bei Ausfall des HGÜ-Systems oder Abschaltung des HGÜ-Systems im Zuge von Wartungs- und Reparaturarbeiten muss die WEA in der Lage sein, sich selbst und alle OWP-Anlagen dauerhaft zu versorgen.

## **7.14 Signalaustausch zwischen OWP und dem ÜNB**

Der Mindestumfang der zwischen ÜNB und OWP auszutauschenden Informationen ist in der Anlage „Datenkommunikation für Typ-2-Erzeugungsanlagen“ zu dieser ONAR definiert. Sollte sich der Umfang des erforderlichen Informationsaustausches zukünftig ändern, werden sich die Parteien rechtzeitig darüber abstimmen und dies angemessen dokumentieren.

Die Signalübertragung zwischen dem Leitsystem des OWP und dem Leitsystem des ÜNB erfolgt über eine redundant ausgelegte Protokollschnittstelle. Welches Protokoll verwendet wird, legt der ÜNB fest. Alle über die Protokollschnittstelle zu übertragenden Signale sind in der Designphase abzustimmen. Eine Signalliste wird dem OWP im Rahmen des Netzanschlussverfahrens zur Verfügung gestellt. Signale müssen mit drei Nachkommastellen verarbeitet werden können. Weitere Details sind mit dem ÜNB abzustimmen.

Der OWP muss jederzeit sicherstellen, dass die Kommunikationsschnittstelle und damit der Signalaustausch für die Sollwertvorgabe funktioniert. Um dies sicherzustellen, überwacht der OWP die leittechnische Schnittstelle zyklisch und vereinbart mit dem ÜNB ein Testverfahren

zur Verifizierung.

Beim Verlust von der Kommunikation werden relevante Signale von dem ÜNB definiert, die mit dem OWP telefonisch oder über andere Kommunikationsmethode (z. B. E-Mail) ausgetauscht werden.

Das Konzept für die WEA-Beleuchtung des Hubschrauberkorridors ist zwischen OWP und ÜNB abzustimmen.

## **7.15 LWL-Anschluss und LWL-Vermietung durch den OWP**

Bei dem in Kapitel 4 beschriebenen Anbindungskonzept verfügt der OWP über keine eigene Offshore-Plattform. Das Hochspannungs-Seekabel (mit integrierten Glasfasern) eines Strings wird direkt in die Konverterplattform des ÜNB eingeführt.

Der OWP kann vom Übertragungsnetzbetreiber Glasfasern für die Onshore-/Offshore-Kommunikation mieten. Die geschäftlichen Einzelheiten regelt der Glasfasermietvertrag. Diese kann beim ÜNB angefordert werden.

Die Anmietung von Glasfasern beinhaltet keine aktive Technologie (d.h. nur Dark Fibers). Die vom OWP eingesetzte Technologie soll daher in der Lage sein, die gesamte Distanz zwischen der Offshore-Plattform und dem Übergabepunkt an Land abzudecken. Die Dämpfungswerte der Glasfaser können auf Anfrage mitgeteilt werden. Nach der Installation des Exportkabels und dem Anschluss der LWL-Kabel misst der OWP den gesamten LWL-Kabelabschnitt und übermittelt die Messdaten an den ÜNB.

Der Anschlusspunkt an Land befindet sich normalerweise in der Nähe des Umspannwerks an Land. Es kann jedoch auch ein alternativer Anschlusspunkt zwischen OWP und ÜNB ausgerichtet werden. Der ÜNB wird an seinem Anschlusspunkt an Land einen weiteren Kabelanschlusskasten errichten. Der ÜNB wird keine Landfläche oder Stromversorgung und/oder andere Services für die eigenen Kommunikationssysteme des OWP bereitstellen. Der OWP ist für die Beschaffung aller geeigneten Voraussetzungen und Leistungen verantwortlich.

## **8 Betrieb und Netzführung**

### **8.1 Schaltbefugnis und Verantwortung OWP/ÜNB**

Im Allgemeinen hat der ÜNB die Fern- und Ortsschaltheit für alle Schalter der Hochspannungsschaltanlage auf der Offshore-Station. Schalthandlungen werden mit dem ÜNB telefonisch kommuniziert und aufgenommen. Der ÜNB verwendet Fernwirkeinrichtungen zur Sicherung gegen Wiedereinschalten. Eine lokale Bedienung der Geräte ist zu verhindern.

Die hierfür verwendeten Signal- und Verriegelungssysteme müssen zuverlässig sein. Das Interlockingskonzept wird vom ÜNB vorgegeben.

Die Grenze der Schaltheiheit für die Hochspannungsschaltanlage ist auch die Grenze der Schaltverantwortung. Der ÜNB ist für das Schalten der Hochspannungsschaltanlage auf der Offshore-Station verantwortlich (Abbildung 6).

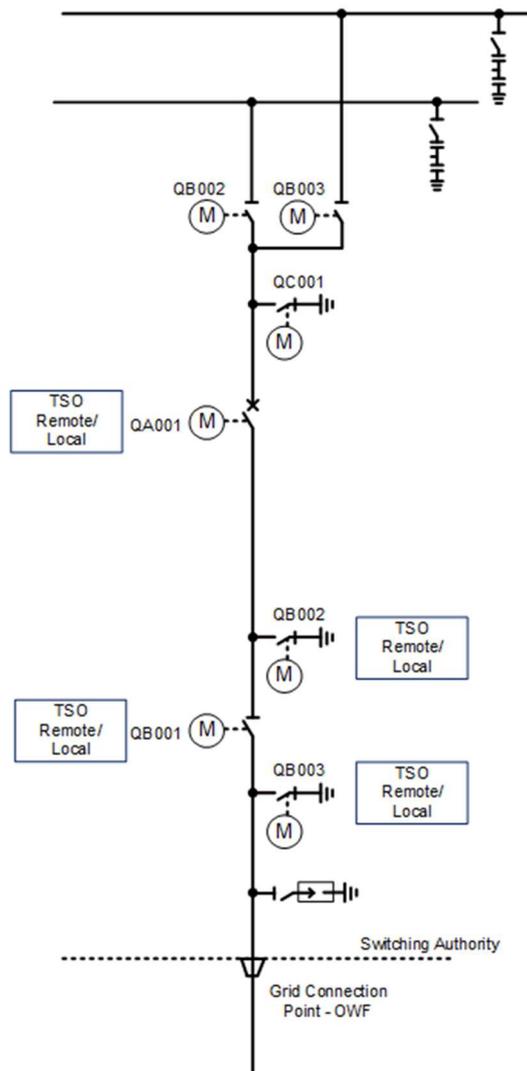


Abbildung 6: Definition Schaltheiheit ÜNB/OWP

## 8.2 Personalqualifikation und Befugnis

Die Schaltanlage und alle anderen elektrischen Anlagen des ÜNB sind nach DIN VDE 0105-100 [VII] eine abgeschlossene elektrische Betriebsstätte. Der Zugang ist nach DIN VDE 0105-100 [VII] und nur in Anwesenheit eines Anlagenverantwortlichen des ÜNB möglich. Darüber hinaus ist für den Zugang zur Offshore-Station eine zusätzliche Weisung durch den ÜNB erforderlich. Dem ÜNB steht jederzeit ein OWP-Ansprechpartner mit Schaltberechtigung für das OWP-Netz zur Verfügung. Der OWP hat für die Durchführung von Schalthandlungen

Personen mit entsprechender Schaltberechtigung und -befugnis zu benennen und deren Kontaktdaten dem ÜNB mitzuteilen.

### 8.3 Kopplung von Netzanschlusspunkten

Wenn ein OWP mehr als einen NAP hat, die an die Offshore-Station des ÜNB oder an andere Netze des ÜNB angeschlossen sind, dürfen diese NAPs ohne Zustimmung des ÜNB nicht elektrisch miteinander verbunden und betrieben werden.

### 8.4 Weisungsrecht des ÜNB

Der ÜNB ist berechtigt und verpflichtet, Maßnahmen zur Aufrechterhaltung oder Wiederherstellung einer sicheren Netzkonfiguration anzuordnen und das System von einem kritischen in einen unkritischen Zustand zu überführen.

Geplante Abschaltungen werden vom OWP rechtzeitig vorher angekündigt. Einzelheiten des Abschaltvorgangs und erforderliche Zeiten sind zwischen OWP und ÜNB im Vorfeld der Betriebsphase abzustimmen.

Die jeweils zuständige Netzleitzentrale (NLZ) des ÜNB ist berechtigt, Schaltaufträge und Weisungen an den OWP für den sicheren Betrieb zu erteilen. Der OWP hat solchen Weisungen unverzüglich Folge zu leisten. Der sichere Systembetrieb und dessen Wiederherstellung im Fehlerfall hat somit Vorrang vor den Interessen der OWPs.

Bleiben Abhilfemaßnahmen erfolglos oder besteht weiterhin die Gefahr einer Ausweitung der Störung, ist der ÜNB berechtigt, Netzbereiche vorübergehend abzuschalten, um einen sicheren Netzbetrieb aufrechtzuerhalten oder das Netz schnell wiederherzustellen.

Im Falle einer Störung setzt der OWP die entsprechenden Anweisungen unverzüglich um.

Zur Klärung der Störung o.ä. sind Betriebsdaten, Messwerte, Störungs- und Meldeprotokolle, Aufzeichnungen etc. auszutauschen.

### 8.5 Wartung

Der ÜNB und der OWP sind jeweils für die Instandhaltung der ihnen gehörenden Geräte und Systemkomponenten verantwortlich.

Alle Systemkomponenten sind nach dem Stand der Technik und den Mindestanforderungen der ÜNB instand zu halten, um einen ordnungsgemäßen und netzanschlusskonformen Betrieb zu gewährleisten.

Sicherheitsrelevante Anlagenkomponente, z.B. Leistungsschalter, Batterien,

Schutzeinrichtungen etc. sind regelmäßig nach einem Wartungsplan zu überprüfen.

## **8.6 Konformitätsbewertung während des Betriebs**

Der OWP stellt sicher, dass jede WEA während der gesamten Lebensdauer der Anlage die Anforderungen des ONAR erfüllt. Der OWP muss den ÜNB unverzüglich im Voraus über jede geplante Änderung informieren, wenn diese zur Nichteinhaltung der ONAR führt. Änderungen müssen vom ÜNB genehmigt werden. Wenn auf dem OWP eine Situation eintritt, die die Einhaltung des ONAR nicht gewährleistet, ist der ÜNB unverzüglich zu benachrichtigen.

Der OWP muss den ÜNB rechtzeitig über die geplanten Testprogramme und -verfahren informieren, die die Einhaltung der ONAR-Anforderungen demonstrieren sollen, und die vorherige Genehmigung des ÜNB einholen.