

Schwarzstartanlage und technische Anforderungen

1 Schwarzstartanlage

1.1 Einheiten der Schwarzstartanlage

Die Schwarzstartanlage umfasst im Rahmen dieses Vertrags die folgenden Einheiten der Anlage [...]:

Einheit	Netto-Einspeise- Nennleistung [MW]	Energy Identification Code (EIC)	MaStR.-Nr.
XX	<i>[P_{nenn} der Einheit]</i>	XX	XX
XX	<i>[P_{nenn} der Einheit]</i>	XX	XX

Welche der in vorstehender Tabelle enthaltenen Einheiten – ggf. alternativ zueinander und / oder als Kombination(en) – genutzt werden können, damit die Schwarzstartanlage gemäß § 6 Abs. 2 S. 3 lit. a) des Vertrags als verfügbar gilt, ist unter Ziffer 1.2 geregelt. Die unter Einhaltung aller Anforderungen aus diesem Vertrag (inkl. der maximal zulässigen Dauer zur Herstellung der Einsatzbereitschaft gemäß § 4 Abs. 6 und der Anforderungen aus § 4 Abs. 8 bzw. 12 des Vertrags) angebotene und im Netzwiederaufbau-Fall ab dem Zeitpunkt der Herstellung der Einsatzbereitschaft nach Aufforderung des ÜNB mindestens einsetzbare Leistung der Schwarzstartanlage setzt sich nach Maßgabe der Regelungen unter Ziffer 1.2 aus der / den in der vorstehenden Tabelle kursiv und fett gekennzeichneten Einheit(en) zusammen und beträgt in Summe [...] MW (diese Netto-Einspeisenennleistung am Netzanschlusspunkt wurde bei der Bewertung für die Bezuschlagung im Rahmen des diesem Vertrag vorangegangenen Beschaffungsverfahrens als technisches Bewertungskriterium „**Wirkleistung der Schwarzstartanlage (P)**“ berücksichtigt).

Weitere nach Maßgabe der Ziffer 1.2 – alternativ zueinander und / oder als Kombination(en) – nutzbare Einheiten der Schwarzstartanlage dienen somit der Redundanz. Etwaige über die o. g. „Wirkleistung der Schwarzstartanlage (P)“ hinausgehende Leistung durch Nutzung von anderen oder mehr als den in der vorstehenden Tabelle kursiv und fett gekennzeichneten Einheit(en) kann durch den ÜNB im Netzwiederaufbau-Fall unter diesem Vertrag nur nach Können und Vermögen und in Abstimmung mit dem Anlagenbetreiber eingesetzt werden.

Für die in der vorstehenden Tabelle aufgeführten Einheiten bzw. die Schwarzstartanlage gelten die in diesem Anhang 1 genannten Betriebsgrenzen. Hinsichtlich der in diesem Anhang nicht definierten Betriebsgrenzen gelten die Betriebsgrenzen gemäß des für die Schwarzstartanlage bestehenden Netzanschlussvertrages. Falls der ÜNB nicht Vertragspartner des für die Schwarzstartanlage bestehenden Netzanschlussvertrags ist, so hat der Anlagenbetreiber dem ÜNB die entsprechenden

Betriebsgrenzen mitzuteilen. Die Schwarzstartanlage hat im Übrigen die Vorgaben der technischen Anschlussrichtlinie VDE-AR-N 4120 „TAR Hochspannung“ bzw. 4130 „TAR Höchstspannung“ unter Berücksichtigung der Regelungen zum Bestandsschutz sowie die Netzanschlussregeln gemäß des vorgenannten Netzanschlussvertrags einzuhalten.

1.2 Für Verfügbarkeit der Schwarzstartanlage mindestens erforderliche Einheit(en)

Die Schwarzstartanlage gilt im Sinne des § 6 Abs. 2 S. 3 lit. a) dieses Vertrags als verfügbar, sofern mindestens folgende der unter Ziffer 1.1 aufgeführten Einheit(en) der Schwarzstartanlage einzeln bzw. gemeinsam verfügbar sind und die Systemdienstleistung Schwarzstartfähigkeit unter Einhaltung aller Anforderungen aus diesem Vertrag erbringen können:

[Hier einfügen: (Ggf. tabellarische) Auflistung aller einzelnen Einheiten oder Mindest-Kombinationsmöglichkeiten von Einheiten, die einzeln (bzw. im Fall von Kombinationen gemeinsam) alle vertraglich vereinbarten Anforderungen (inkl. der maximal zulässigen Dauer zur Herstellung der Einsatzbereitschaft gemäß § 4 Abs. 6 und der Anforderungen aus § 4 Abs. 8 bzw. 12 des Vertrags) erbringen können. Es dürfen nur einzelne Einheiten oder Kombinationsmöglichkeiten von Einheiten aufgeführt werden, die alle im Rahmen des diesem Vertrag vorangegangenen Beschaffungsverfahrens geltenden technischen Mindestanforderungen (u.a. Netto-Einspeisenennleistung am Netzanschlusspunkt in Höhe von mindestens 200 MW) sowie angebotenen Leistungsmerkmale einhalten (u.a. angebotener Blindleistungsstellbereich, Frequenzsollwertbereich, Stoßfestigkeit).]

2 Technische Anforderungen an die Schwarzstartanlage

Alle im Folgenden betragsmäßig aufgeführten technischen Anforderungen beziehen sich auf den Netzanschlusspunkt der Schwarzstartanlage.

2.1 Anforderungen an die Schwarzstartfähigkeit

- Die schwarzfallfeste Eigenbedarfs-Versorgung der Schwarzstartanlage sowie der zum Betrieb notwendigen Sekundärsysteme und technischen Einrichtungen zur Primärenergieversorgung muss im Falle eines Netzzusammenbruchs vollständig intern erfolgen (keine externen Quellen).
 - Die Schwarzstartanlage muss ohne externe Spannungsquellen aus Netzen Nennfrequenz einprägen können (netzbildend) und ein vom ÜNB definiertes / vorgegebenes Teilnetz unter Spannung setzen können. Während der Spannungsfahrt muss die Schwarzstartanlage einen Wirkleistungsfluss in Höhe der Netzverluste (bis zu 10 MW, bezogen auf Nennspannung) bereitstellen können. Es ist zulässig, dass die Schwarzstartanlage die Leistungsbereitstellung in Höhe von mindestens der Wirkleistung der Schwarzstartanlage (P) (vgl. Ziffer 1.1) im
-

Netzwiederaufbau-Fall erst ab dem Zeitpunkt bereitstellt, zu dem die Spannungsfahrt abgeschlossen ist und die Nennspannung erreicht wird.

- Die Schwarzstartanlage muss selbständig [falls ÜNB nicht (alleiniger) Anschlussnetzbetreiber der Anlage ist, kann dieser Nebensatz ggf. entfallen/angepasst werden, ohne zusätzlichen Abstimmungsbedarf mit (dritten) Stromnetzbetreibern,] den Schwarzstartprozess auf Anweisung durch den ÜNB durchführen und alle verfügbaren Einheiten gemäß Ziffer 1 anfahren können.

2.1.1 Anforderungen an die Spannungsregelung

- Der Einheitentransformator muss einschließlich eines vorgesehenen hochzufahrenden Teilnetzes unter Spannung gesetzt werden können. Zu Beginn der Spannungsfahrt muss eine möglichst geringe Generator-/Einheitenanfangsspannung ($U_{G,min}$) einstellbar sein. Gemäß Anschlussrichtlinie VDE-AR-N 4120 „TAR Hochspannung“ bzw. 4130 „TAR Höchstspannung“ Abschnitt 10.2.1.5 gilt $U_{G,min} \sim 10\%$; für Schwarzstartanlagen, die den Regelungen zum Bestandsschutz unterliegen, gilt $U_{G,min} \leq 50\%$. Die Generator-/Einheitenspannung muss in wenigen Minuten rampenförmig von $U_{G,min}$ auf 100% hochgefahren werden können. Haltepunkte in der Spannungsfahrt sind ggf. bilateral und nach Können und Vermögen mit der Schwarzstartanlage zu vereinbaren.
 - [Für Synchronmaschinen: Die Spannungsfahrt muss mit der Haupterregung durchgeführt werden, ab dem Zeitpunkt, nachdem auf das zuvor spannungslose Hochfahrnetz zugeschaltet wurde (Einschalten des Generatorleistungsschalters). Die Umschaltung auf Haupterregung erfolgt vor der Zuschaltung auf das Hochfahrnetz.]
 - Die Arbeitspunkte des Generator-/P-Q-Diagramms der Einheit müssen während der Spannungsfahrt entsprechend der vorliegenden Generator-/Einheitenspannung zur Verfügung stehen.
 - Nach dem Hochfahrvorgang muss die automatische Spannungsregelung (Spannungsregler-Modus) aktiviert werden (automatisch oder manuell), um bei Lastzuschaltungen im Netz die Spannung automatisch zu regeln.
 - Nach der Spannungsfahrt muss die Schwarzstartanlage einen Betrieb im gesamten Generator-/P-Q-Betriebsdiagramm ermöglichen.
 - Der Spannungsregler muss externe Sollwertvorgaben (Sollspannung) aus dem Leitsystem des ÜNB entgegennehmen und als Führungsgröße diesen folgen.
 - In Bezug auf die Ausregelung von Blindleistungssprüngen und die Bereitstellung von Blindleistung am Netzanschlusspunkt ohne gleichzeitige Wirkleistungsabgabe sind die Anforderungen der technischen Anschlussrichtlinie VDE-AR-N 4120 „TAR Hochspannung“
-

bzw. 4130 „TAR Höchstspannung“ (Kapitel 10.2.1.5) unter Berücksichtigung der Regelungen zum Bestandsschutz zu erfüllen.

2.1.2 Anforderung an den [Anlagenregler der Netzfrequenz im Netzwiederaufbau]

- Die Verluste bei dem Hochfahren der Spannung müssen durch den Generator bzw. die Einheit gedeckt werden und die Inselnetzfrequenz muss bei der Spannungsfahrt geregelt werden. Die Regelung darf nicht zu Schwingungen der durch den Generator bzw. die Einheit eingprägten Inselnetzfrequenz führen.
- In dem Hochfahrnetz (Inselnetz) müssen Wirklasten von bis zu [Stoßfestigkeit in MW, die im Gebot angegeben wurde] MW und einem $\cos(\phi) = 0,8$ (induktiv als auch kapazitiv) zugeschaltet werden können, dabei darf die Inselnetzfrequenz im Rahmen des dynamischen Einschwingvorgangs unmittelbar nach einer Lastzuschaltung ausgehend von Frequenzen im Bereich von 50,0 bis [51,0 oder 52,5, wie im Gebot angegeben] Hz nicht um mehr als 1 Hz absinken ($\Delta f_{\max} \leq 1 \text{ Hz}$). Die Frequenz in dem Inselnetz muss durch den [Anlagenregler der Netzfrequenz im Netzwiederaufbau] der schwarzstartfähigen Einheit geregelt werden und sich oberhalb von 49 Hz stabilisieren. Es darf nicht zu ungedämpften oder schlecht gedämpften Schwingungen der Frequenz kommen. Der [Anlagenregler der Netzfrequenz im Netzwiederaufbau] muss zusätzlich über eine Frequenzstatik verfügen. Die Frequenzstatik sowie die Bezugsgrößen sind mit dem ÜNB abzustimmen.
- Der [Anlagenregler der Netzfrequenz im Netzwiederaufbau] der Schwarzstartanlage muss in der Lage sein, eine Netzfrequenz nach Vorgabe des ÜNB im Bereich von 49,0 Hz bis [51,0 oder 52,5, wie im Gebot angegeben] Hz einzustellen.
- [Für Synchronmaschinen: Es muss als [Anlagenregler der Netzfrequenz im Netzwiederaufbau] ein proportionaler Drehzahlregler in Betrieb sein. Falls eine zusätzliche unterlagerte Leistungsregelung vorhanden ist, muss der proportionale Drehzahlregler in einer Summenschaltung mit dem Leistungsregler (mit Frequenz-Statik-Aufschaltung) am Ausgang verknüpft sein.]
- Sollten im Rahmen von Betriebsversuchen gemäß § 8 des Vertrages unzulässige Interaktionen des [Anlagenreglers der Netzfrequenz im Netzwiederaufbau] auftreten, werden die Vertragspartner diese analysieren und das weitere Vorgehen abstimmen.
- Zu Beginn des Netzwiederaufbaus ist es die Aufgabe der Schwarzstartanlage, Frequenz und Spannung gemäß den Vorgaben des ÜNB zu regeln und einzustellen. Der ÜNB gibt dafür eine Frequenz oder einen Leistungssollwert sowie eine Sollspannung vor. Im Falle einer Leistungssollwertvorgabe muss der [Anlagenregler der Netzfrequenz im Netzwiederaufbau] externe Sollwertvorgaben aus dem Leitsystem des ÜNB entgegennehmen und ihr als

Führungsgröße anhand der im [Anlagenregler der Netzfrequenz im Netzwiederaufbau] eingestellten Statik folgen. [Für Synchronmaschinen: Eine für den [Anlagenregler der Netzfrequenz im Netzwiederaufbau] ggf. erforderliche Umrechnung auf einen Drehzahlsollwert muss in der Schwarzstartanlage erfolgen.] Falls eine Umrechnung der externen Sollwertvorgabe erforderlich ist, sind die Umrechnungsfaktoren mit den ÜNB abzustimmen.

2.2 Anforderungen an die Inselbetriebsfähigkeit

- Schwarzstartanlagen müssen über die Fähigkeit zum Eigenbedarfsbetrieb i.S.d. Art. 2 Nr. 44 RfG-VO verfügen.
- Für den Netzwiederaufbau ist die Übertragung von aktuellen Betriebsdaten (Generator- bzw. Einheitenklemmspannung, Generator- bzw. Einheitenstrom usw.) erforderlich (siehe Anhang 2).
- Ein sicherer Betrieb der Schwarzstartanlage nach Netzschtaltung muss auch bei geringfügiger Abgabe von Wirkleistung an das Netz möglich sein (also nahe $P = 0$, zu Beginn des Netzwiederaufbaus stellt sich zunächst nur ein geringfügiger Wirkleistungsfluss in Höhe der Netzverluste gemäß der Angabe unter Ziffer 2.1 ein).

2.3 Anforderungen an die Einrichtungen der Schutz- und Leittechnik

- Der Blockschutz / Anlagenschutz und die Leittechnik muss das Einschalten eines Generator-/Einheitenleistungsschalters auf spannungslose Netzteile ermöglichen (nach dem Hochfahren des Generators / der Einheit im Bereich der Nennfrequenz). Der Generator-/Einheitenschalter muss auf Spannung Null zugeschaltet werden können.
 - Ein Generator-/Einheitenunterspannungsschutz oder eine andere Schutzfunktion zum Schutz vor Unterspannungen darf während der Spannungsfahrt nicht auslösen. Wenn erforderlich, muss (müssen) diese Schutzfunktion(en) während der Spannungsfahrt deaktiviert sein und nach der Spannungsfahrt wieder aktiviert werden.
 - [Für Synchronmaschinen mit statischer Erregeranlage: Beim Überstromzeitschutz (UMZ-Schutz) muss die Funktion zur Unterspannungshaltung aktiviert sein.]
 - Die Bedingungen zur automatischen Umschaltung von Spannungsregelung in Erregerstromregelung müssen so unempfindlich wie möglich gegenüber Netzereignissen im Netzwiederaufbau (z. B. Transformator-, Leitungs- oder Lastschaltungen) eingestellt sein.
 - Beim Zuschalten von Transformatoren entstehen Inrush-Ströme. Diese dürfen nicht zur Abschaltung der Schwarzstartanlage führen. Es muss eine Einrichtung zur Inrushstrom-Stabilisierung im Anlagenschutz vorhanden sein.
 - [Für Pumpspeicherkraftwerke: Abweichend von den regulären automatischen Maßnahmen des
-

Systemschutzplans gilt im Netzwiederaufbau-Fall Folgendes:

- Der Blockschutz ist in Abstimmung mit dem ÜNB so einzustellen, dass vorhandene Pumpen bis zu einer Frequenz von 47,5 Hz am Netz verbleiben, eine automatische Abschaltung oberhalb dieser Frequenz also nicht erfolgt.
- Darüber hinaus sollen die Schutzeinstellungen so eingestellt werden, dass sich keine weiteren, nicht angewiesenen Maschinen automatisch zuschalten und synchronisieren.]
- Meldungen von Schutzeinrichtungen müssen dem operativen Wartenpersonal der Schwarzstartanlage rückgemeldet werden. Meldungen, die für den Schwarzstart potentiell kritische Situationen implizieren (z.B. Schiefast), sind dem ÜNB unverzüglich anzuzeigen und die Anlage bei Gefährdung sofort abzustellen. Richtwerte werden mit dem Betreiber der Schwarzstartanlage abgestimmt.

2.4 Anforderungen an den erweiterten Blindleistungsstellbereich der Schwarzstartanlage

- Im Netzwiederaufbau-Fall muss die Schwarzstartanlage zunächst auf Anforderung des ÜNB ein kompensiertes Hochfahrnetz mit der Spannungsfahrt unter Spannung setzen können. Die Kompensation des Hochfahrnetzes ist dabei so ausgelegt, dass sie bei Nennspannung zu einer Blindleistungsabgabe der Schwarzstartanlage im Bereich von bis zu 60 Mvar spannungshebend (übererregt) führt. Während der Spannungsfahrt (Spannung kleiner Nennspannung) ist die Blindleistungsanforderung des Netzes dementsprechend geringer.
- Nach Abschluss der Spannungsfahrt (ab Erreichen der Nennspannung bzw. Zielspannung der Spannungsfahrt) muss der Blindleistungsstellbereich der Schwarzstartanlage nahe $P = 0$ mindestens einen Bereich von [Übererregt, wie im Gebot angegeben] Mvar spannungshebend bis [Untererregt, wie im Gebot angegeben] Mvar spannungssenkend aufweisen.