

Technischer Bericht

Auftraggeber

Leipziger Verkehrsbetriebe (LVB) GmbH
Georgiring 3
04103 Leipzig

Projekt

Planung G UW Paunsdorf (LVB)

Projektnummer

P23-0086 2

Leistungsbezeichnung

**Lph6 - Vergabeunterlage für das transportable
Gleichrichterunterwerk (tGUW) 5 der LVB**

Version

1.1 vom 14.06.2024

SIGNON Deutschland GmbH

ein Unternehmen der Deutsche Bahn AG
Elisabeth-Schwarzhaupt-Platz 1
10115 Berlin, Germany
T +49 30 247387-13
F +49 30 247387-11
info@signon-group.com

Commerzbank

IBAN:
DE58 2708 0060 0120 3058 00
BIC: COBADEFFXXX

Geschäftsführung

Holger Rosenberger,
Gerd Hübner

Sitz der Gesellschaft

Berlin | HRB: 152338 B

USt.-Id.Nr.

DE - 1 57 35 34 18

Ihre Ansprechpartner

für technische Fragen:

Herr Frank Schumann
T +49 30 247387-502
F +49 30 247387-11
frank.schumann@signon-
group.com

Standort

Elisabeth-Schwarzhaupt-Platz 1
10115 Berlin

für kaufmännische Fragen:

Herr Gerd Hübner
T +49 30 247387-224
F +49 30 247387-11
gerd.huebner@signon-group.com



Änderungsübersicht

Version	Datum	Bearbeiter	Prüfer	Änderung
1.1	14.06.2024	Gerlach, Karsten, Höfig, Pascal, Zemann, Ralf		

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	5
1.1	Übersicht	5
1.2	Abgrenzung	5
2	Transportables Gleichrichterunterwerk (tGUW).....	6
2.1	Allgemeines	6
2.1.1	Prinzipieller Aufbau	6
2.1.2	Umweltbedingungen	7
3	Modul-Container	8
3.1	Allgemeines	8
3.2	Gliederung	8
3.3	Ausführung des tGUW	8
3.4	Berstschutz/Druckentlastung.....	9
3.5	Transport, Montage und Aufstellung	9
4	Elektrotechnische Ausrüstung.....	11
4.1	Grundsätzliche Anforderungen	11
4.2	Innenkabelanlage tGUW	11
4.3	Anbindung an das Mittelspannungsnetz	12
4.4	Anbindung an das Niederspannungsnetz	12
4.5	Anbindung an das Gleichspannungsnetz.....	13
4.6	Mittelspannungsschaltanlage	13
4.7	Gleichrichtertransformator	14
4.8	Eigenbedarfstransformator	14
4.9	Gleichrichter-Rückleiter-Einheit	15
4.10	Gleichspannungsschaltanlage.....	15
4.11	Streckenabgangszellen	15
4.12	Eigenbedarfsanlage	16
4.13	Leit- und Fernwirktechnik	16
4.14	Energie-Daten-Management-System.....	17
4.15	Videotechnik	18
4.16	Tiefenerder	19
4.17	Schutztechnik.....	19
	4.17.1 Allgemeines	19
	4.17.2 Zusammenfassung der Auslösebedingungen	21
	4.17.3 Verriegelungen.....	21
4.18	Innenerdungsanlage	22

4.19	Außenerdungsanlage und Blitzschutz.....	22
4.20	Hinweise zur EMV.....	22
5	Anlagenverzeichnis	24
6	Planungsgrundlagen	25
7	Abkürzungsverzeichnis.....	26

1 Einleitung

1.1 Übersicht

Die vorliegende Unterlage beschreibt die Anforderungen für die Errichtung eines neuen transportablen Gleichrichterunterwerks (tGUW) in Containerbauweise für den Einsatz bei den Leipziger Verkehrsbetrieben (LVB). Das hier geplante tGUW wird bei der LVB als tGUW 5 bezeichnet (/0-1/).

Das transportable Gleichrichterunterwerk soll zum Einsatz kommen, wenn beispielsweise stationäre GUV auf Grund von längerfristigen Störungen oder Baumaßnahmen nicht verfügbar sind, wenn Leistungsverschiebungen einen Stützbetrieb erforderlich machen oder wenn die Versorgung anderer Gleichspannungs-Verbraucher notwendig wird.

1.2 Abgrenzung

Diese Planung beinhaltet die technischen Anforderungen an die Ausführung des transportablen Gleichrichterunterwerks einschließlich der zu installierenden Anlagenkomponenten sowie die Lieferung des tGUW 5 an die LVB.

Die Anschlüsse an Fahrleitung und Gleis, an das Mittelspannungsnetz sowie die Bereitstellung der Aufstellfläche sowie zugehörige notwendige Kabelanschlüsse liegen in der Verantwortung des Betreibers, sind nicht Bestandteil dieser Planung und werden in Abhängigkeit von der Örtlichkeit bearbeitet.

2 Transportables Gleichrichterunterwerk (tGUW)

2.1 Allgemeines

Die technische Ausrüstung des tGUWs ist in einem Modul-Container aus Stahl unterzubringen.

2.2 Prinzipieller Aufbau

Die Unterbringung sämtlicher Anlagenteile erfolgt in einem Container, wobei dieser hinsichtlich der Abmessungen und Masse so zu gestalten ist, dass ein Transport im öffentlichen Verkehrsraum möglich ist. Der Container darf nur so groß sein, dass ein Transport auf Anhänger/Tiefelader ohne Ausnahmegenehmigung möglich ist. Es wird davon ausgegangen, dass diese Forderung erfüllt ist, wenn der Container nicht breiter als 3,00 und nicht höher als 3,50 m ist. Die Container-Länge sollte auf 8,00 m begrenzt werden. Die Gesamtmasse einschließlich Transportgerät darf 40 t nicht überschreiten.

Die Anlagen sind auf kleinstem Raum in kompakter Bauweise unterzubringen. Die Gestaltung des Grundrisses dient als Vorschlag. Die maximalen Abmessungen der technischen Ausrüstungen (Transformatoren, Zellengrößen etc.) sind dabei zwingend einzuhalten.

Übergangsstellen vom Inneren zur Umgebung sind so zu gestalten, dass Gefährdungen der Anlage für und durch Unbefugte ausgeschlossen sind. Dies betrifft unter anderem die Kabeldurchführungen für den Anschluss an Fahrleitung und Gleis, die Mittelspannungseinspeisung, die Be- und Entlüftungsöffnungen und Druckentlastungsöffnungen.

Grundsätzlich ist eine natürliche Belüftung zu realisieren. Die vorgesehene Zwangsbelüftung ist so zu realisieren, dass die Anforderungen der Sechsten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm – TA Lärm /1-1/) eingehalten werden, wobei hier eine Aufstellung im Wohngebiet zu berücksichtigen und die Grenzwerte für Nachtstunden (max. 35 dB(A)) einzuhalten sind. Überschreitungen durch einzelne kurzzeitige Geräuschspitzen mit bis zu 20 dB(A) sind zulässig. Die Einhaltung dieses Geräuschpegels ist im Rahmen der Inbetriebsetzung nachzuweisen. Die Zwangsbelüftung darf nicht zu Unterdruck führen, so dass beim Betrieb der Belüftung alle Türen zu öffnen gehen.

Alle Anlagenteile im Container sind mit einem Schutzgrad IP 20 (entsprechend EN 60529) zu errichten. Es sind in der Bahnenergieversorgung übliche Komponenten zu verwenden.

Die Farbgebung ist mit dem Auftraggeber entsprechend des Corporate Design der LVB zu vereinbaren und auszuführen. Die Außenflächen dürfen keine grobe Riffelung aufweisen.

Das transportable Gleichrichterunterwerk ist begehbar zu realisieren. Alle Bedienhandlungen müssen innen möglich sein. Das tGUW wird auf Streifenfundamenten aufgestellt. Die Dachlast soll für die Lagerung von Material ausgelegt sein.

Das Gesamtsystem muss für einen Außentemperaturbereich von -25°C - $+40^{\circ}\text{C}$ geeignet sein. Eine Erhöhung der Innentemperatur durch Sonneneinstrahlung muss ausgeschlossen werden.

Das tGUW muss die sich aus der 26. BImSchV ergebenden Forderungen hinsichtlich elektromagnetischer Felder erfüllen. Eine Messung zum Nachweis der magnetischen Flussdichte um das Gleichrichterunterwerk ist durchzuführen. Für diese Messung ist eine erhöhte Belastung auszuwählen. Die Messung dient der Kontrolle der Einhaltung der gesetzlich geforderten Grenzwerte.

Das tGUW 5 erhält eine Mittelspannungsschaltanlage mit SF6-freien Isoliermedium (/0-2/).

Am tGUW sind an zwei gegenüberliegenden Seiten Anschlussmöglichkeiten für einen Erder vorzusehen. In Abhängigkeit des Aufstellortes wird eine vorhandene Erdungsanlage genutzt oder ein separater Tiefenerder errichtet.

Über geeignete Schnittstellen sind alle für den Betrieb und die Wartung bzw. Reparatur notwendigen Informationen so bereitzustellen, dass diese über die Fernwirktechnik und auch mit einem mobilen Computer ausgelesen werden können. Dazu erforderliche Spezialsoftware ist mitzuliefern.

Es ist eine einfache und übersichtliche Handbedienung der Anlage zu ermöglichen. An den Bedienstellen ist mit Beschriftungen eine sichere Bedienung sicher zu stellen.

Revisionsöffnungen, die nur zu Wartungs- und Montagearbeiten genutzt werden, müssen nicht über Klappen oder Türen erreichbar sein. Das Öffnen dieser darf allerdings nicht mit handelsüblichem Werkzeug möglich sein.

Im Bereich der Kabelzuführungen der Mittelspannungs- und Gleichspannungskabel sind in der Außenwand verschiedene Öffnungen für Wartungszwecke und Montagehandlungen vorzusehen. Die Bedienung der Wartungsöffnungen erfolgt von außen. Die Öffnungen sind mit LVB-Schließsystem auszustatten.

Die Mindestnutzungsdauer des zu liefernden tGUW ist mit 25 Jahren anzusetzen.

2.3 Umweltbedingungen

Die Aufstellung des tGUW erfolgt unter folgenden Bedingungen (EN 50125-2, EN 50125-3):

Höhe über dem Meeresspiegel: ca. 120 m über NN → Klasse A1

Witterung: gemäßigtes Klima → Klimaklasse T1

3 Modul-Container

3.1 Allgemeines

Auf äußere Anbauten am Container soll weitestgehend verzichtet werden, um einen möglichst einfachen Transport beim Umsetzen des tGUWs zu erreichen.

Es ist zu beachten, dass das tGUW auch im öffentlichen Straßenraum aufgestellt werden muss. Es darf diesbezüglich weder durch z.B. Kabeleinführungen oder die Druckentlastung (Störlichtbögen Mittelspannungsschaltanlage) eine Gefährdung für Personen/Passanten entstehen.

Der Container ist so zu konzipieren, dass er auf eine befestigte Oberfläche (Streifenfundamente, Schotterschicht etc.) gestellt werden kann. Ein Einlassen des Bodenbereiches in den Untergrund ist nicht gewünscht.

3.2 Gliederung

Der Container ist in zwei Räume zu gliedern:

- Schaltraum und
- Transformatorraum.

Im Bodenbereich des Schaltraumes ist eine Kabelführungsebene anzuordnen, die durch einen aufgeständerten Doppelfußboden zu realisieren ist.

Der Container ist durch je eine Zugangstür am Schaltraum und am Transformatorraum zu erschließen. Die Türen sind als Notausgänge zu betrachten und dementsprechend mit Panikbeschlägen/-schlössern auszurüsten.

3.3 Ausführung des tGUW

Als Container ist ein Modulbau-Raumcontainer zu verwenden.

Die Containergröße ist im Wesentlichen von den technischen Anlagen abhängig. Folgende Außenmaße liegen der Planung zugrunde:

Länge:	8.000 mm
Breite:	3.000 mm
Höhe:	3.400 mm

Der Container ist als verschweißte Stahlkonstruktion aus Hohl-, Kant- und Walzprofilen herzustellen und an den Rahmenecken mit Verstärkungen auszuführen. Wände, Dach und Boden sind zudem mit einer mineralischen Wärmedämmung zu versehen. Des Weiteren sind die Wand- und Dachbereiche mit Metall-Lochplatten zur Schallabsorption zu bekleiden. Zur Befestigung der technischen Ausrüstung, Installationen etc. sind C-Montageprofile im Wand-, Boden- und Deckenbereich zu verwenden.

Das Containerdach muss begehrbar mit einer integrierten Regenwasserführung aus innenliegenden Rinnen und Fallrohren ausgeführt werden. Das Dach ist mit verstärkter Dachplattform für eine Dachlast bis 250kg/m² (für Lagerung von Baustelleinrichtung und Material) auszulegen und muss für das Aufstellen einer Videoüberwachung bei beengten Platzverhältnissen geeignet sein.

Die Einführung der Kabel sowie die interne Verkabelung und Leitungsführung im Schaltraum werden durch eine Kabelführungsebene im Bodenbereich (Doppelboden) mit einer lichten Höhe von ca. 0,30 m realisiert. Im Transformatorraum ist kein Doppelfußboden vorgesehen.

Alle von außen zugeführten Kabel werden durch den Containerboden in das tGUW eingeführt.

Zum Einbau bzw. Austausch der technischen Ausrüstung muss eine einfache Demontierbarkeit gewährleistet werden. Dazu sind die Stirnwände des Containers demontierbar auszuführen.

Die Trenn- bzw. Innenwand zwischen den beiden Räumen ist raumhoch durchgängig auszuführen, um eine unterschiedliche Klimatisierung der Räume zu ermöglichen.

Als Außentür ist je eine endbehandelte wärme gedämmte Aluminiumtür im Schaltraum und im Transformatorraum einzubauen. Die Türverriegelung erfolgt mittels Panikschloss nach dem Schließsystem des Auftraggebers. Vor der Tür des Schaltraumes ist eine demontierbare Treppe mit Handlauf vorzusehen, um den Höhenunterschied zwischen Gelände und Doppelboden zu überwinden. Am Transformatorraum ist keine Treppe erforderlich, da es hier keinen Doppelboden gibt.

Die Räume erhalten keine natürliche Belichtung. Als künstliche Belichtung sind Lichtbänder aus LED-Lampen mit integrierter Notbeleuchtung in den Deckenbereichen anzuordnen.

Der Container ist mit einer Elektroheizung auszustatten.

Auf Grund der kompakten Bauweise des Containers wird neben der natürlichen Lüftung eine maschinelle Lüftung mit Ventilatoren vorgesehen. Diese Geräte sollen stufenweise temperaturgesteuert eingeschaltet und entsprechend der aktuell anfallenden Abwärmemenge geregelt werden.

Im Außenbereich sind an jeder Seite oben eine in der Containerwand integrierte Außenbeleuchtung und bedarfsweise Videoüberwachung mit Wurfchutz vorzusehen, vorzugsweise im Bereich der Türen bzw. Klappen. Die Außenbeleuchtung ist mit Bewegungssensor auszurüsten.

Die Außengestaltung des Stahl- Containers erfolgt durch eine Farbbeschichtung in zwei Farben. Die Farben sind gemäß des mit dem Stadtplanungsamt abgestimmten Farbkonzeptes für GUV-Gebäude der LVB auszuführen.

Folgende Farben sind vorgesehen:

Fassade, Dach: lichtgrau, RAL 7035

Türen, Lüftungselemente: lichtgrau, RAL 7035

Sockel: dunkelgrau, RAL 9023

3.4 **Berstschutz/Druckentlastung**

Die Druckentlastung bei einem Störlichtbogen in der Mittelspannungsanlage erfolgt nach oben und wird über eine Druckentlastungsklappe in der Wandfläche nach außen abgeführt. Die Öffnungsgröße der Klappe ist durch den Errichter der Anlage zu berechnen und entsprechend auszuführen.

Die Klappe ist selbstschließend auszuführen. Bei der Anordnung der Klappe am Container ist darauf zu achten, dass keine Gefährdung für Passanten entsteht.

3.5 **Transport, Montage und Aufstellung**

Die Transport- und Montageleistungen des tGUWs sind vom Auftragnehmer in Abstimmung mit dem Auftraggeber zu organisieren. Das betrifft in besonderem Maß die Feststellung der Befahrbarkeit des Unterwerksstandortes mit Tiefladefahrzeugen, Montagekränen u. ä. und die Einleitung dazu notwendiger Maßnahmen.

Für die Transporte und Umsetzungen des tGUWs ist durch den AN eine Anleitung zu Erstellen und dem AG zu übergeben. Inhalt der Anleitung müssen alle Handlungsschritte sein, die für Außerbetriebnahme, Abbau, Transport, Wiederaufstellung und Inbetriebnahme, sowie Wartung und Pflege notwendig sind (z.B. erforderliche Anschlagmittel, Transportsicherungen etc.).

Der tGUW-Container muss so ausgeführt werden, dass eine Aufstellung mit möglichst geringem Aufwand möglich ist. Die notwendigen Mindestanforderungen für die Aufstellung bzw. Gründung des Containers sind seitens AN zu definieren (z.B. Ebenheit und Beschaffenheit der Fläche) und statische Vorgaben aufzustellen (Anzahl und Lage der Lastabtragungspunkte, sowie bauliche Umsetzung).

Dabei ist zu beachten, dass die Bereiche der Kabeleinführungen im Container-Boden bei der Aufstellung freigehalten werden müssen. Diese Einführungen und der notwendige Tiefbau dürfen die Standsicherheit des Containers nicht beeinträchtigen.

Des Weiteren ist die flexible Einsetzbarkeit des tGUWs sowohl im öffentlichen Straßenraum (befestigte befahrbare Flächen), als auch in Bereichen unbefestigter Flächen zu berücksichtigen.

Im direkten Umfeld des tGUW ist eine Einfriedung des Containers als Vandalismus-Schutz vorgesehen.

4 Elektrotechnische Ausrüstung

4.1 Grundsätzliche Anforderungen

Die technische Ausrüstung des transportablen Gleichrichterunterwerks besteht aus einer Mittelspannungsschaltanlage (MSA, SF6-frei), dem Gleichrichtertransformator, der Gleichrichter-Rückleiter-Einheit und der Gleichspannungsschaltanlage. Weiterhin sind periphere Anlagen zum Betrieb des tGUW vorhanden. Dies sind die Eigenbedarfsanlage (mit Pufferung) und das Melde-/Bedienfeld einschließlich Fernwirkanbindung. Zur Eigenbedarfsanlage gehört auch die technische Ausrüstung des Containers wie Beleuchtung, aktive Lüftung und Heizung.

Das DC-Speisekonzept sieht zwei Streckenabgangsfelder vor, wobei ein Parallelbetrieb mit vorhandenen Unterwerken möglich sein soll.

Im Vergleich zu einem stationären Unterwerk bedarf auf Grund des geringeren verfügbaren umbauten Raumes die Erfüllung der folgenden Anforderungen teilweise spezieller Lösungen: Das tGUW muss begehbar sein, die Anschlüsse an die Mittel- und Niederspannung sowie Fahrleitungen und Gleise sind über Durchführungen im Containerboden zu ermöglichen. Seitliche Kabeldurchführungen sind zwar technisch möglich, jedoch aus Kabelschutzgründen zu vermeiden. Die Anlage muss in der Lage sein, zwei Nennspannungen – DC 600 V oder DC 750 V gemäß EN 50163 – nach Umklemmen zu gewährleisten. Die Isolationsspannung ist nach EN 50124-1 zu bemessen, der Schutzgrad IP 20 nach DIN EN 60529 ist zu gewährleisten.

Alle Darstellungen (Anordnung der Räume und Zellen, Aufstellungen) sind als möglicher Planungsstand zu verstehen, angegebene Abmessungen der technischen Einbauten (Transformatoren, Zellen, Schränke) gelten jedoch in Verbindung mit den Abmessungen des Containers verbindlich. Ein Transport des Containers muss mit geringstmöglichem Aufwand möglich sein (siehe Abschnitt 3.5).

4.2 Innenkabelanlage tGUW

Zur Kabelanlage des tGUW gehören die Lieferung und die Montage sämtlicher für den Betrieb notwendiger Kabel und Leitungen zwischen den Anlagenteilen, einschließlich aller Befestigungs- und Einbaumaterialien (Montagematerialien) und Kabelführungen. Das sind u. a. folgende Kabelverbindungen:

- Mittelspannungsschaltanlage und Gleichrichtertransformator,
- Gleichrichtertransformator und Gleichrichter,
- Gleichrichter und Gleichspannungsschaltanlage,
- Gleichrichter und Eigenbedarfstransformator (als Rucksacktransformtor),
- Eigenbedarfstransformator und Niederspannungsverteilung,
- Niederspannungsverteilung und Ladegleichrichter,
- Batterie, Ladegleichrichter und DC-110-V-Verteilung,
- Zählerschrank, Ortsnetztrenntransformator und Niederspannungsverteilung,
- schaltschrankinterne Kabelverbindungen der einzelnen Schaltanlagen,
- Steuer-, Melde-, Versorgungs-, und Kommunikations-Kabelanlagen,

- Leitungen für die komplette Elektroinstallation des Unterwerks, inklusive Sicherheitsbeleuchtung, Rettungsschilder, Außenbeleuchtung und General-AUS,
- interne Erdungsanbindungen.

Weiterhin gehören zur Innenverkabelung die Verbindungskabel für Steuerung und Meldung zwischen Gleichspannungsschaltanlage, Gleichrichtern, Transformatoren, Mittelspannungsschaltanlage, Zählerschrank, Niederspannungsverteilung, Batterie, Ladegerät, DC-110-V-Verteilung, General-AUS, Schließkontakte in den Außentüren zu Steuerschrank und Fernwirkunterzentrale sowie sonstige Verbindungen innerhalb des Unterwerkes.

Aufgrund der beengten Platzverhältnisse sind die Biegeradien der Kabelanlagen besonders zu berücksichtigen, ggf. sind besonders biegsame Kabelanlagen vorzusehen (kleine Biegeradien). Bedarfsweise sind die Kabelanschlüsse an den Anlagen teilweise abgewinkelt auszuführen.

In Bereichen von Kabelkreuzungen erfolgt die Kabelführung der Mittelspannungs- und Starkstromkabel über Kabelbühnen bzw. Kabelpritschen zur kreuzungsfreien Querung der Kabelanlagen. Allgemein sollen bei der Kabelverlegung die Belange der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) berücksichtigt werden.

Außerdem muss aus Wartungs- und Instandhaltungsgründen der Zugriff auf die Kabel zu jeder Zeit sichergestellt sein. Dies ist in der Werkplanung zum Container zu berücksichtigen.

Die Niederspannungs- und Kommunikationskabel sind auf bzw. in Kabelführungen zu verlegen. Im Schaltraum sowie im Transformatorraum sind diese Kabel in Kabelkanälen anzuordnen.

Alle direkt im Unterwerk zu verlegenden Kabel sind nach DIN EN 50575 (Stand 02-2017) halogenfrei auszuführen. Die Mäntel der Leistungskabel entsprechen in ihrem Brandverhalten mindestens den Anforderungen nach DIN EN 60332-1-2, Klasse E_{CA}. Kabelanlagen für die Sicherungsanlagen und für die Notbeleuchtungen sind für einen Funktionserhalt im Brandfall von mindestens 30 min ausgelegt.

4.3 Anbindung an das Mittelspannungsnetz

Die Anbindung des tGUW an das Mittelspannungsnetz (3~AC 10 kV) erfolgt über Kabel, die von unten in den Container eingeführt werden. Es sind keine speziellen Kabeleinführungssysteme zu verwenden, allerdings muss der Nagetierschutz sichergestellt werden. Die Erreichbarkeit der Kabelanschlüsse zur Montage bei aufgestelltem tGUW ist durch eine entsprechende Anordnung der Kabelabgänge zu gewährleisten. Im Bereich der Kabelzuführungen ist in der Containerwand eine verschließbare Klappe anzuordnen.

Je nach örtlicher Gegebenheit sind ein oder zwei 10-kV-Systeme anzuschließen, die in der Mittelspannungsschaltanlage einzeln oder gemeinsam zur Versorgung genutzt werden können.

Das tGUW muss auch in Mittelspannungsringen der Netz Leipzig GmbH einsetzbar sein. Die Nachrüstbarkeit eines aktiven Oberschwingungsfilters ist baulich und technisch vorzusehen.

4.4 Anbindung an das Niederspannungsnetz

Fällt das speisende Mittelspannungsnetz aus, soll die Energieversorgung des Eigenbedarfs des tGUW ersatzweise über das AC-400-V-Netz des Energieversorgers erfolgen. Dazu erfolgt die Anbindung über Kabel, die von unten in den Container eingeführt werden. Es sind keine speziellen Kabeleinführungssysteme zu verwenden, allerdings muss der Nagetierschutz sichergestellt werden. Die Erreichbarkeit der Kabelanschlüsse zur Montage bei aufgestelltem tGUW ist durch eine entsprechende Anordnung der Kabelabgänge zu gewährleisten.

4.5 Anbindung an das Gleichspannungsnetz

Die Anbindung des tGUW an die Straßenbahnstrecke erfolgt über die von den beiden Streckenabgangsschaltern mit Schnellschaltern kommenden Speisekabel und die im Rückleiterfeld anzuschließenden Rückleiterkabel. Dazu sind zwischen dem Unterwerk und den Speisepunkten bzw. Rückleiteranschlusspunkten jeweils Kabel 4x1x500 mm² Al mit konzentrischem Schirm entsprechend VDV-Schrift 515 vorzusehen. Alle Kabelschirme der Gleichstromspeisekabel sind auf einen Schluss Schirm-Erde, Schirm-Leiter und auf Schirmunterbrechung zu überwachen.

Die Verlegung der Gleichspannungskabel und die Einführung in den Container sind vor der Aufstellung des Containers unter der Prämisse vorzubereiten und durchzuführen, dass die Mindestbiegeradien nicht unterschritten werden. Die Erreichbarkeit der Kabelanschlüsse zur Montage bei aufgestelltem tGUW ist durch eine entsprechende Anordnung der Kabelabgänge zu gewährleisten. Im Bereich der Kabelzuführungen ist in der Containerwand eine verschließbare Klappe anzuordnen.

Der Anschluss an die Speisepunkte der Fahrleitung sowie die Gleise erfolgt nach den Schaltungsvorgaben des Betreibers (Vorgaben der LVB, nicht Inhalt dieser Planung).

4.6 Mittelspannungsschaltanlage

Die Mittelspannungsschaltanlage ist als SF₆-gasfreie Schaltanlage aufzubauen. Neben den beiden Kabeleinspeisefeldern mit Lasttrennern ist der Transformatorabgangsschalter (der gleichzeitig die Funktion des Kuppelschalters übernimmt) mit Leistungsschalter und Trennschalter unterzubringen. Weiterer Bestandteil der Mittelspannungsschaltanlage ist ein luftisoliertes Messfeld mit von der Netz Leipzig GmbH beigestellten Messwandlern für die Verrechnungsmessung.

Die Mittelspannungsschaltanlage ist mit einem Druckabsorber auszurüsten. Die Druckentlastung aus der Anlage erfolgt durch einen zur Anlage passendes Druckabsorbersystem nach oben in den Schaltanlagenraum.

Für den Verbund der drei gasisolierten Felder (SF₆-frei) ist nur dann eine kompakte Lösung mit einem gemeinsamen Gasraum zu finden, wenn sich dies aus Platzgründen nicht vermeiden lässt. Ansonsten sind die einzelnen Felder mit jeweils eigenem Gasraum auszuführen.

Das Messfeld muss (aufgrund der aktuell bei Siemens verfügbaren Schaltschrankkonfigurationen) mit Kabelanschlüssen in das Messfeld angebunden werden. In der Messzelle sind zur Erdung der spannungsführenden Schienen und in Richtung Kupplung Erdungsfestpunkte vorzusehen. Der sichtbare Teil des Druckabsorbersystems ist in RAL 1015 (hellelfenbein) zu lackieren.

Bestandteil der Leistungen zur MS-Schaltanlage ist der rechnerische Nachweis (Berstschutzberechnung) zur Druckentlastung.

Die Mittelspannungsschaltanlage muss den Technischen Anschlussbedingungen der Netz Leipzig GmbH entsprechen und unter anderem mit Kurzschlussanzeigern in den beiden Kabeleinspeisefeldern ausgerüstet werden.

Es ist ein Zählerplatz gemäß den technischen Anschlussbedingungen der Netz Leipzig GmbH für die Verrechnungsmessung vorzusehen. Die Technik für die Messwertübertragung ist mit zu installieren. In der Messzelle sind zur Erdung der Mittelspannungssammelschiene (nach Übergabe) Erdungsfestpunkte vorzusehen. Die Mittelspannungsschaltanlage ist mit Schaltfehlerschutz auszuführen.

Entsprechend der Verordnung (EU) 2024/573 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 7. Februar 2024 über fluorierte Treibhausgase dürfen ab dem 1.01.2026 keine SF₆-Gase mehr in Schaltmitteln (10 kV/20 kV) eingesetzt werden. Aus diesem Grund wird die Mittelspannungsschaltanlage des tGUW 5 mit SF₆-freien Schaltmitteln ausgerüstet.

4.7 Gleichrichtertransformator

Der Gleichrichtertransformator ist als Trockentransformator auszuführen. Die Leistung muss 1250 kVA (bei $U_2 = 510 \text{ V}$) betragen. Die Primärspannung beträgt $U_1 = 10,2 \text{ kV} \pm 5 \times 2,0 \%$. Hier sind mehrere Anzapfungen zur Anpassung an die im Mittelspannungsnetz tatsächlich vorhandene Spannung vorzusehen.

Die Sekundärspannungen betragen $U_2 = 510 \text{ V}$ bzw. 666 V . Hier sind mehrere Anzapfungen vorzusehen, um die Nennspannung im DC-Netz je nach Einsatzgebiet mit 600 V bzw. 750 V zur Verfügung stellen zu können. Die Schaltgruppe Yy0d5 ermöglicht den Betrieb der Gleichrichter im 12-Puls-Betrieb.

Das Umklemmen aller Kabel am Transformator muss ohne Kabelverlängerungen möglich sein. An den ober- und unterspannungsseitigen Sammelschienen sind ausreichend dimensionierte Erdungsfestpunkte ($\varnothing 25 \text{ mm}$) vorzusehen, ggf. sind gekröpfte Erdungsfestpunkte zu verwenden.

Der Transformator ist so zu dimensionieren, dass die Gleichrichter entsprechend ihrer Bemessung gemäß der Belastungsklasse VI nach EN 50328, Tabelle 5, mit einem Basisgleichstrom $I_{Bd} = 2200 \text{ A}$ ($2 \times 1100 \text{ A}$) betrieben werden können und der Eigenbedarf des tGUW sichergestellt ist.

An den ober- und unterspannungsseitigen Sammelschienen sind ausreichend dimensionierte Erdungsfestpunkte ($\varnothing 25 \text{ mm}$) vorzusehen. Wenn es wegen der Erreichbarkeit erforderlich ist, sind gekröpfte Erdungsfestpunkte zu verwenden. Im Transformatorraum sind links und rechts der Tür Potentialausgleichsschienen (PAS) zum ober- und unterspannungsseitigen Erden des Transformators vorzusehen, welche ebenfalls mit je einem Erdungsfestpunkt ($\varnothing 25 \text{ mm}$) ausgerüstet werden.

Im Transformatorraum ist an der Wand auf der Oberspannungsseite des Gleichrichtertransformators ein dreipoliger Innenraum-Erdungsschalter für 12 kV (nach EN 62271-1, EN 62271-102, Klassen M1, E1) mit Motorantrieb vorzusehen. Es ist eine Verriegelung des Motorantriebes des Erdungsschalters im Transformatorraum zum dreipoligen Erdungsschalter im zugehörigen Transformatorabgangsfeld der Mittelspannungsschaltanlage sicherzustellen, bevorzugt mittels Sperrmagneten am Antrieb. Der Antrieb ist am Innenraum-Erdungsschalter in Richtung Tür hin anzuordnen. Dies ist bei der Werkplanung bezüglich Aufstellung des Transformators zu berücksichtigen. Die Bedienung des Not-Handantriebs erfolgt mittels Handkurbel und muss aus Richtung Tür möglich sein. Die elektrische Bedieneinheit des Antriebes im Transformatorraum ist vor der Absperrstange anzuordnen und mit einer Sicherung vor zufälliger Schaltung zu schützen.

Für die Eigenbedarfsversorgung des tGUW ist ein separater Transformator vorgesehen, welcher an den Abgängen der Sekundärseite des Gleichrichtertransformators anzuschließen ist.

4.8 Eigenbedarfstransformator

Die Eigenbedarfsversorgung des tGUW erfolgt über einen Eigenbedarfstransformator (Dyn5, Nennleistung 20 kVA). Dieser ist zum Anschluss an der Unterspannungsseite des Gleichrichtertransformators auszuführen (als Rucksacktransformator). Die Primärspannung beträgt $U_1 = 510 \text{ V}$ bzw. 666 V ; die Sekundärspannung beträgt $U_2 = 230 \text{ V}$. Die Primäranschlüsse am Eigenbedarfstransformator müssen - in Analogie zu den Anforderungen an den Gleichrichtertransformator - umklemmbar sein.

Alternativ kann der Eigenbedarf auch, sofern möglich, als direkter Spannungsabgriff für AC 230 V am Gleichspannungstransformator erfolgen (optional extra Spannungsabgriffe notwendig).

4.9 Gleichrichter-Rückleiter-Einheit

Das tG UW ist mit einem Gleichrichter in 12-Puls-Schaltung und mit einem Basisstrom von mindestens 2200 A (2x 1100 A), welcher nach der Belastungsklasse VI nach DIN EN 60146 überlastbar sein muss, auszurüsten.

Der Anschluss der Rückleiter an die Gleise erfolgt über vier Kabel vom NA2XS(F)2Y 1 kV 1 x 500 RM/35 oder mehrere Kabel mit Querschnitt zwischen 120 mm² und 240 mm². Für die Rückleiterkabel ist keine Kabelüberwachung vorgesehen.

Die Rückleitereinheit ist mit zwei Rückleiterabgängen zu berücksichtigen mit jeweils einer Anschlusslasche für 2 Kabel je 500 mm². Die Kabel müssen so mit der Rückleitersammelschiene verbunden werden, dass die Verbindung nur mit Werkzeugen gelöst werden kann.

Optional können die Rückleiterkabel auch über die Streckenfelder nach außen geführt werden (parallel zu den Speisekabeln). Die Kabelanschlüsse müssen über eine Tür in der Containerwand, zum montagefreundlichen Anschluss der Kabel, von hinten zugänglich sein.

In der Rückleitereinheit erfolgt die Messung der Spannung zwischen Rückleitersammelschiene und der Bauwerkserde (BWE), mit zwei hinterlegten Werten für Warnung und Auslösung. Die Anzeige erfolgt über ein Melde- und Bedienfeld. Weiterhin ist hier der Gerüstschlussschutz für die komplette Gleichspannungsschaltanlage vorzusehen.

Die Gleichrichtereinheiten (2x B6) sowie die Rückleitereinheit inklusive der Technik für die Einspeisung in die Gleichspannungsschaltanlage sind in einem Schaltschrank unterzubringen.

4.10 Gleichspannungsschaltanlage

Die Gleichspannungsschaltanlage ist für eine Nennspannung $U_n = \text{DC } 600 \text{ V}$ bzw. DC 750 V auszulegen. Sie ist einschließlich der Gleichrichter im Container isoliert aufzustellen und mit einer Gerüstschlussschutzeinrichtung zu versehen. Diese überwacht über ein Stromrelais den Strom zwischen den Feldgerüsten der Gleichspannungsschaltanlage und dem Potential des Containers. Weiterhin ist eine Fehlerspannungsüberwachungseinrichtung zwischen der Rückleitersammelschiene und der Haupterdungsschiene („Wassererde“) mit zwei hinterlegten Werten für Warnung und Auslösung vorzusehen. Die Türen der Gleichspannungsschaltanlage dürfen auch im geöffneten Zustand keine anderen Anlagenteile berühren können.

Der Einbau der Strom- und Spannungsrelais ist vorzugsweise im Rückleitungsfeld zu realisieren.

Die Dimensionierung der Isolationsspannung für DC 750 V hat nach EN 50124-1, Kriterium OV2, zu erfolgen.

Die Rückleitung der Gleichstrombahn und die Wassererde sind galvanisch zu trennen.

4.11 Streckenabgangszellen

Es sind zwei Streckenabgänge vorzusehen. Kabelabgangstrenner sind nicht erforderlich, wenn die GS-Schalter in Trennstellung gebracht werden können. Die Schalter sind für einen Nennstrom von $I_n = 2,6 \text{ kA}$ analog zu den anderen tG UW der LVB auszulegen.

Der Anschluss an die Fahrleitung erfolgt je Streckenabgang über zwei Kabel NA2XS(F)2Y 1 kV 1 x 500 RM/35. Die Überwachung der Kabel auf einen Schluss Schirm – Erde, Schirm – Leiter und Schirmunterbrechung wird gefordert, wobei beide Kabel mit einem Überwachungsgerät gemeinsam überwacht werden können. Die Überwachungsarten Schirm – Erde und Schirmunterbrechung müssen sich einzeln deaktivieren lassen. Die Kabelschirme sind jeweils über eine 20-A-Sicherung an das Kabelüberwachungsgerät anzuschließen.

Die Kabelanschlüsse müssen über eine Tür in der Containerwand, zum montagefreundlichen Anschluss der Kabel, von hinten zugänglich sein.

Die sichere Erkennung von Kurzschlüssen auf der Strecke ist für einen ordnungsgemäßen und sicheren Betrieb der Anlage zwingend erforderlich. Diese Aufgabe übernehmen die Überstromauslöser der Streckenabgangsschalter. Voraussetzung dafür ist ein ausreichend großer Unterschied zwischen maximalem Betriebsstrom $I_{B,max}$ und minimalem Kurzschlussstrom $I_{K,min}$. Die minimalen Kurzschlussströme und unter Berücksichtigung der bei 50 °C erhöhten Widerstandswerte für Fahrleitung und Gleise rechnerisch zu bestimmen und durch praktische Kurzschlussversuche nachzuweisen.

Die Streckenabgänge sind mit einem kombinierten digitalen Schutz- und Bediengerät auszurüsten. Mit diesem erfolgen die Bedienung und die Realisierung der Schutzfunktionen. Weiterhin sind eine Streckenprüfautomatik und die Möglichkeit der Nachrüstung eines Mitnahmeschutzes vorzusehen. Der Schnellschalter muss sich über die Fernwirktechnik bedienen lassen. Stellungsmeldungen, die Meldungen der Kabelüberwachung sowie Fehler- und Störmeldungen müssen ebenfalls über die Fernwirktechnik übertragen werden. Ein Blindschaltbild mit Schalterstellungen ist auf dem Display anzuzeigen.

Streckenabgangsstrom und Sammelschienenenspannung sind zu messen und zur weiteren Verarbeitung einschließlich der Übertragung über die Fernwirktechnik zur erfassen.

Alle sicherheitsrelevanten Verriegelungen sind direkt zu verdrahten.

4.12 Eigenbedarfsanlage

Die Eigenbedarfsanlage stellt die für Betrieb und Wartung der Station notwendige Energie zur Verfügung. Die Spannungsebenen sind DC 110 V für die Steuerung und AC 230 V für Beleuchtung, Lüftung, Heizung und den Anschluss ortsveränderlicher Betriebsmittel. Die Steuerspannung muss unterbrechungsfrei zur Verfügung stellen, sie ist mittels Akkumulator zu puffern (über separaten Batterieschrank). Dadurch muss ein Spannungsausfall von zwei Stunden überbrückt werden können.

Im Batterieschrank ist neben den Akkumulatoren auch ein entsprechender Ladegleichrichter mit vorzusehen. Um den Ladegleichrichter im Fall eines Fehlers schnell ersetzen zu können, ist eine Anschlussmöglichkeit für einen gesonderten (externen) Ladegleichrichter vorzusehen. In die Tür des Batterieschranks sind die Anzeigen für Ladespannung, Gerätestrom, Batteriestrom und Ladestrom einzubauen.

Anlagen zur Belüftung und Heizung sind dann vorzusehen, wenn diese wegen des geforderten Einsatzbereiches erforderlich sind. Dabei sind die Forderungen zur Geräuschentwicklung zu beachten.

Neben dem Eigenbedarfstransformator ist eine separate Ortsnetzeinspeisung (über die Netz Leipzig) mit einem Trenntransformator (Dyn5, Nennleistung 10 kVA) als sekundäre Speisung vorgesehen. Diese dient der Sicherstellung der Eigenbedarfsversorgung bei Ausfall der Mittelspannung (damit Ausfall des Eigenbedarfstransformators) um die Steuerfunktionen im tGUW aufrechterhalten zu können sowie bei der Revision der MS-Schaltanlage. Die Umschaltautomatik zwischen Eigenbedarfstransformator und Ortsnetz muss zur Reduzierung von Verlusten den Ortsnetztrenntransformator beidseitig (primär- und sekundärseitig) abschalten, so dass bei Betrieb mit Eigenbedarfstransformator der Ortsnetztrenntransformator beidseitig vom Netz getrennt ist.

Das Anliegen der Ortsnetzspannung ist zu überwachen und über eine Fernmeldung „Ortsnetz Spannung fehlt“ an die Leitstelle der LVB zu übertragen. Ebenso ist die Stellung der Umschaltautomatik an die Leitstelle der LVB zu übertragen.

4.13 Leit- und Fernwirktechnik

Zur Steuerung und Rückmeldung der wichtigsten Funktionen ist eine Verbindung zur Leitstelle vorgesehen. Im tGUW wird eine Datenkopplung mittels RTU eingerichtet.

Es ist eine Ethernet-Anbindung über das Protokoll IEC 60870-5-104 und eine serielle Anbindung über R232 über das Protokoll IEC 60870-5-101 herzustellen. Die Trennung vom Internet muss gewährleistet sein. Bei der LVB ist die Funktion der Systeme von Fa. ABB und INSYS MICROELECTRONICS GmbH (MoRoS-Geräte) schon erprobt. Ist der Einsatz einer anderen Technik vorgesehen, so ist eine vorherige Funktionserprobung und Teststellung notwendig.

Die Anbindung von den Schutzgeräten der Mittelspannungsschaltanlage soll direkt an die RTU erfolgen. Die Kopplung soll mittels IEC-Protokoll erfolgen. Eine Bus-Anbindung ist möglich, aber sicherheitsrelevante Verbindungen sind hart zu verdrahten.

Über die ZSPS und das Display müssen das Schaltbild des tG UW, das Schalt-Protokoll und die anstehenden Meldungen abrufbar und anzeigbar sein.

Als Fernwirkunterstation ist eine Hutschienen RTU (Fabrikat ABB) im zentralen Steuer- und Meldefeld zu installieren.

Derzeit ist der Aufbau eines Mitnahmeschutzes und ferngesteuerter Schalterferntriebe (SFA) nicht vorgesehen, es muss aber grundsätzlich möglich sein, für jeden der Streckenabgänge einen Mitnahmeschutz (Vorbereitung Schnittstellen/Klemmpunkte, potentialfreie Kontakte, Software, Dokumentation) und bis zu acht Ansteuergeräte für SFA zu installieren.

Die Integration des tG UW in die Schaltbilder der Energieleitstelle erfolgt gesondert durch den Auftraggeber (bzw. in dessen Auftrag) und ist nicht Bestandteil der vorliegenden Spezifikation. Dies betrifft ebenso alle in diesem Abschnitt aufgeführten Kabelverbindungen außerhalb des tG UW.

Eine Datenübertragung mittels Mobilfunk (4G/5G) soll betriebsfertig im tG UW installiert werden.

4.14 Energie-Daten-Management-System

Seitens der LVB wird ein auf der ISO-Norm 50001 basierendes Energiedaten-Management-System (EMS) aufgebaut, das die Überwachung, Messung und Analyse von Energiedaten unterstützt. Dieses soll weiterhin die Möglichkeit bieten, durch ein Lastmanagement in die Steuerung der Unterwerkskomponenten einzugreifen.

Die Schaltanlagen des tG UW sind für die Anbindung und Daten-/Befehlsübertragung zum/vom Energie-Management-System der LVB vorzubereiten. Hierfür sind folgende Funktionen des Energiedaten-Management-System für das tG UW zu berücksichtigen:

- Datenaufnahme der Energiewerte von den in der Anlage "Grunddaten Energiedaten-Management-System" (siehe Unterlage 03_03_04) angegebenen Datenquellen,
- Visualisierung, Steuerung und Überwachung der bereitgestellten Daten
- Speicherung der Minuten-Messwerte (Mittelwerte, Min/Max-Werte) für mindestens 10 Tage - maximal 14 Tage,
- Anzeige der Energiewerte in einer Übersichtsmaske und entsprechende Berechnungen (Gesamtwertanzeigen und pro Abgang je nach Verfügbarkeit der Energiewerte),
- Umrechnung der Energiewerte (kWh in EUR und CO₂ nach gemeinsam festzulegenden Umrechnungsfaktoren,
- Anzeige der Energiewerte in Kurvenform selektiv nach einzugebendem Zeitbereich,
- Grenzwertüberwachungen mit entsprechender Meldung,
- Möglichkeit zur Definition und Hinterlegung von Standardberichten (z.B. Tagesverlauf, Wochenverlauf, Einzelwertverläufe),
- Lastmanagement (Möglichkeit für automatisierte, zeit- oder ereignisgesteuerte Schalthandlungen im Einflussbereich der Unterwerksteuerung).

- bei betrieblicher Notwendigkeit müssen die Lastmanagement-Funktionen deaktivierbar sein

Alle zu übertragenden Werte, Befehle und Meldungen sind im Zuge der Werkplanung zu vereinbaren. Diese müssen auch nachträglich nach gesonderter Vereinbarung implementiert werden können.

Durch den AN ist bei der technischen Ausführung der Schaltanlagen zu klären, welche zusätzliche Technik zur Messwerterfassung in der geforderten Qualität und Genauigkeit notwendig ist (zusätzliche Wandler, zusätzliche Messkerne, usw.). Messwandler sind grundsätzlich so zu dimensionieren, dass eine Messgenauigkeit von 1% bezogen auf die jeweilige Nennspannung/Nennstrom der Anlage (nicht des Wandlers oder der Erfassungsbaugruppe) sichergestellt ist. Diese Genauigkeit ist ebenso der Energieberechnung zu Grunde zu legen.

Bei der schwellwertgetriebenen Messwertübertragung ist generell ein integratives Verfahren anzuwenden. Bei dem integrativen Schwellwertverfahren werden die Differenzen des aktuell erfassten Wertes (X_i) und des zuletzt übertragenen Wertes (X_0) addiert und mit dem Erfassungszyklus Dt (in s) gewichtet. Ist der Betrag dieses Wertes größer als die parametrisierte Schwelle S , wird der Messwert spontan nach folgender Formel übertragen:

$$I = | \text{Summe}(X_i - X_0) Dt | > S$$

Erfolgt keine durch das integrative Schwellwertverfahren ausgelöste Übertragung, so ist spätestens nach einer Minute ein Wert zu übertragen.

Die Daten der Batterie-Anlage müssen nicht erfasst werden.

Es ist zwingend eine automatische Synchronisation der Uhrzeit erforderlich. Dies kann per Protokoll SNTP über die RTU (Uhrfunktion), über DCF77 oder GPS erfolgen. Kommt eine separate DCF77- oder GPS-Funkuhr zum Einsatz, ist eine Antenne für die Funkuhr zu liefern und zu montieren.

Die anfallenden Daten sollen im tG UW über den Rechner des Energiedaten-Management-System vorverarbeitet werden, um Datenvolumen zu verringern. Für jede Minute soll ein Durchschnittswert der Leistung sowie der Minimal- und Maximalwert gespeichert werden. Die Daten sollen über die vorhandene Netzwerkverbindung zum Leitsystem übertragen werden.

Eine direkte Verbindung der Netzwerksegmente Netzleitsystem und Stationstechnik ist aus Gründen der Netz-Werksicherheit nicht erlaubt. Die Daten könnten z. B. mittels transparenter Datentypen über das IEC-60870-5-104-Protokoll durch die RTU hindurch übertragen werden, andere Lösungen sind möglich.

In der hier zu realisierenden Phase des Energiedaten-Management-Systems ist es nicht vorgesehen, automatische Ab-/Umschaltungen durch das Energie-Management-System vorzunehmen. Es muss möglich sein, solche Funktionen zu einem späteren Zeitpunkt nachzurüsten oder zu aktivieren.

Die beiliegende Datenliste "Grunddaten Energiedaten-Management-System" (siehe Unterlage 03_03_04) ist bei der Kalkulation und technischen Umsetzung zu berücksichtigen, in Abstimmung mit dem AG.

Das gelieferte EMS muss zur Verwendung in Energie-Management-Systemen nach DIN EN ISO 50001 zertifiziert sein. Die notwendigen Abstimmungen sind durch den AN während der Werkplanung mit dem AG zu führen.

4.15 Videotechnik

Zur Überwachung des tG UW und dessen Umfeldes ist Videotechnik am tG UW einzusetzen. In den Nischen der Außenbeleuchtung oder in separaten Nischen sind entsprechende Videokameras mit Signalübertragung in das tG UW aufzubauen und zu betreiben. Im tG UW sind die aufbereiteten Videosignale über die Fernwirktechnik des tG UW an die Leitstelle der LVB weiterzuleiten.

Eine Übertragung der Videosignale mittels Mobilfunk (4G/5G) soll betriebsfertig im tGUW installiert werden.

4.16 Tiefenerder

Zur Gewährleistung des Personen- und Anlagenschutzes ist am jeweiligen Aufstellort eine Verbindung der Erdsammelschiene und des Containers mit dem Erdreich („Wassererde“) vorzunehmen. Der Anschluss des Containers an den dazu erforderlichen Tiefenerder ist baulich vorzubereiten (nicht Inhalt dieser Planung).

4.17 Schutztechnik

4.17.1 Allgemeines

Grundsätzlich wird hinsichtlich des Schutzzieles zwischen Personen- und Anlagenschutz unterschieden, wobei immer beide Schutzziele erreicht werden sollen. Die Schutzeinrichtungen müssen somit gleichzeitig dem Personen- und Anlagenschutz dienen. Die einzelnen Schutzeinrichtungen überwachen verschiedene Anlagenteile des Gleichrichterunterwerks. Im Ergebnis bewirken die Schutzeinrichtungen bei ihrem Ansprechen ein Abschalten des speisenden Schaltgerätes oder verhindern ein Zuschalten des Schaltgerätes.

So soll z.B. bei einem Gerüstfehler primär eine thermische Zerstörung von Anlagenteilen verhindert werden (Anlagenschutz). Eine solche thermische Zerstörung würde allerdings auch Personen gefährden, damit dient deren Verhinderung auch dem Personenschutz. Diese Bedingungen werden nachfolgend als Auslösebedingungen benannt und sind in der Zusammenfassung dargestellt.

Zur Gewährleistung des Anlagen- und Personenschutzes dienen verschiedene Verriegelungsbedingungen, die in den folgenden Abschnitten zusammengefasst sind.

Statischer Überstromschutz/Kurzschlusschutz (Primärschutz):

Für den sicheren Betrieb ist die Erkennung von maximalen Stromwerten bei Kurzschlüssen und Betriebsfällen (z. Bsp. Gleichzeitige Anfahrt von mehreren Fahrzeugen im Speiseabschnitt) erforderlich. Der Schutz soll in diesen Fällen durch den statischen Überstromauslöser der einzelnen Gleichstromschnellschalter gewährleistet werden (Primärschutz). Die Überstromauslöser müssen so eingestellt werden, dass ein Kurzschluss bis zum Ende des Speiseabschnittes erkannt wird.

Stromsprungschutz (ΔI , di/dt) als Sekundärschutz:

Der Stromsprungschutz (di/dt -Schutz, auch ΔI -Schutz) arbeitet als Ergänzungsschutz zum schnelleren Abschalten bei unterwerksnahen Kurzschlüssen (Sekundärschutz). Die Auslösung erfolgt über das Schutzgerät des Streckenabgangsfeldes. Der eigentliche Kurzschlusschutz erfolgt primär über die Überstromauslöser der Gleichstromschnellschalter.

Die Auslösung (unterwerksnah und unterwerksfern) ist intern mit zwei Zählern getrennt zu zählen.

Unabhängiger Maximalstromzeitschutz (UMZ):

Der Maximalstromzeitschutz (gerichtet) registriert länger andauernde Stromflüsse, die untypisch für den planmäßigen Betriebsfall sind. Auch hier erfolgt die Auslösung über das Schutzgerät des Streckenabgangsfeldes.

Gerüstschlusschutz und Potentialüberwachung:

Die komplette Gleichspannungsschaltanlage wird isoliert aufgestellt, wobei eine definierte Verbindung zwischen Gerüst und BWE hergestellt wird. In diese Verbindung wird ein Stromrelais

eingebaut, welches den bei einem Gerüstfehler fließenden Strom registriert. Tritt ein Gerüstschluss auf, so muss das tGUW bis auf die beiden Mittelspannungseinspeisezellen frei geschaltet werden.

Die Rückleitung der Gleichstrombahn und die BWE sind elektrisch voneinander getrennt. Durch die Potentialüberwachung ist die Spannung zwischen Rückleitung (Rückleitersammelschiene) und BWE (Haupterdungsschiene) zu überwachen. Überschreitet die gemessene Spannung zwischen Bahnerde und BWE einen Wert von 60 V wird eine Meldung an die Zentrale ausgelöst (ohne Schalthandlung). Bei einer Überschreitung des Wertes von 90 V muss das gesamte Unterwerk ausschließlich der beiden Leistungsschalter in den Mittelspannungseinspeisezellen ausgeschaltet werden. Dies muss durch die SPS realisiert werden und an die Fernwirkhauptzentrale gemeldet werden.

Mitnahmeschutz:

Da derzeit kein Parallelbetrieb des Unterwerkes mit einem Nachbarunterwerk vorgesehen ist, wird kein Mitnahmeschutz im Unterwerk installiert.

Alle Streckenfelder müssen die Nachrüstung eines Mitnahmeschutz (Befehlsabgabe und Befehlsannahme zum/vom korrespondierenden Schalter) hinsichtlich Montageplatz und Befehlsverarbeitung ermöglichen.

Kabelschutz:

Die Speisekabel müssen auf Isolationsfehler (Schluss zwischen Schirm und Leiter) und Mantelfehler (Schluss zwischen Schirm und Erde) überwacht werden. Ein Mantelfehler muss durch die SPS zu einer Meldung an die Zentrale führen; ein Isolationsfehler zusätzlich zum Abschalten des Kabels führen.

Mit einem Kabelüberwachungsgerät werden immer alle Abgangskabel eines Streckenabgangsfelds gleichzeitig überwacht. Eine Abschaltung erfolgt somit immer für alle angeschlossenen Kabel am Streckenabgang. Ein Fehler im Kabelüberwachungsgerät (Störung) muss ebenfalls eine Meldung auslösen.

Bei einem Schirmfehler muss die Zuschaltung des Streckenabgangs möglich sein.

Fahrdrahtschutz:

Die Fahrdrahtschutzeinrichtung soll das thermische Verhalten der Fahrleitung nachbilden und bei einer Überschreitung der zulässigen Fahrleitungstemperatur die Speisung unterbrechen. Der Fahrdrahtschutz soll mit dem thermischen Überlastschutz des Schutzgerätes realisiert werden, wobei sich das thermische Verhalten der Fahrleitung je nach deren Bauweise (Einfach- oder Kettenwerkfahrleitung, Fahrdraht- und Tragseilquerschnitt) einstellen lassen muss. Die Streckenabschnitte sollen nach Abkühlung des Fahrdrahtes automatisch wieder zugeschaltet werden.

General-AUS:

Eine Betätigung der General-AUS-Taster im tGUW oder ein General-AUS-Befehl über die Fernsteuerung hat eine Abschaltung aller Leistungs-/Lasttrennschalter der MSA ab der Kupplung (die Einspeisefelder der MSA bleiben weiter in Betrieb) und der Schnellschalter der GSA zur Folge.

Als General-AUS-Taster sind Not-Aus-Taster zu verwenden, die als rote Pilztaster einrasten und blockieren. Sie müssen vor Ort wieder freigegeben werden. Deren Anbringung im Schaltraum soll ca. 1,60 m über dem Fußboden erfolgen, um so eine Verwechslung mit einem Lichtschalter zu verhindern.

Bei einer Ausschaltung über die Fernwirkung muss auch die Einschaltung wieder über die Fernwirkung erfolgen können.

4.17.2 Zusammenfassung der Auslösebedingungen

In der nachfolgenden Tabelle 1 sind die sich aus den vorangegangenen Punkten ergebenden Auslösebedingungen für den Leistungsschalter (Kupplung, Transformatorabgangsschalter) der Mittelspannungsschaltanlage sowie die Leistungsschalter der Gleichspannungsschaltanlage (Streckenabgangsschalter) und das zugehörige primäre Schutzziel angegeben.

Tabelle 1: Auslösebedingungen

Schalter im tGUW	Auslösebedingung	Schutz
Kupplung / GR-Transformatorabzweig (Leistungsschalter)	Gerüstschluss	Personenschutz
	General-AUS	Personenschutz
	Gleichrichterfehler	Anlagenschutz
	Transformatorfehler	Anlagenschutz
Streckenabzweig	Kurzschluss (direkte Auslösung)	Personenschutz
	Gerüstschluss	Personenschutz
	General-AUS	Personenschutz
	Kurzschluss (indirekte Auslösung)	Anlagenschutz
	Kabelfehler (Isolationsfehler)	Anlagenschutz

4.17.3 Verriegelungen

Es muss ein sicherer Schaltfehlerschutz, auch gegen Fehlbedienungen, sichergestellt sein. Alle Trenner dürfen nur lastfrei geschaltet werden. Dies dient der Vermeidung von Lichtbögen und somit dem Personen- und Anlagenschutz. Mit dem Ziel des lastfreien Schaltens sind die in Tabelle 2 aufgeführten Verriegelungen zu realisieren. Verriegelungen müssen auch bei mechanischer Betätigung wirksam sein.

Tabelle 2: Verriegelungsbedingungen

Schalter im tGUW	Verriegelung (schaltbar nur bei...)
Dreistellungstrenner im Einspeisefeld MSA	ausgeschaltetem Dreistellungstrenner im Einspeisefeld MSA
Dreistellungstrenner in Kupplung / GR-Transformatorabzweig MSA (Leistungsschalter)	ausgeschaltetem Leistungsschalter im Übergabefeld MSA (Kupplung / GR-Transformatorabzweig)
Erdungstrenner Transformator	ausgeschaltetem Leistungsschalter am GR-Transformatorabzweig MSA, hergestellter Verriegelung zwischen Erdungstrenner und Dreistellungstrenner am GR-Transformatorabzweig MSA
Trenner (GR) zu Einspeisung GSA	ausgeschaltetem Leistungsschalter in Kupplung / GR-Transformatorabzweig MSA, geschlossenem Trenner im Rückleiterfeld GSA
Trenner (GR) zu Rückleitung GSA	ausgeschaltetem Trenner im Einspeisefeld GSA

Weitere Verriegelungen zum Schutz vor Fehlbedingungen können sich aus der Gleichspannungsschaltanlage ergeben und sind im Rahmen der Werkplanung und der Anlagendokumentation darzustellen.

4.18 Innenerdungsanlage

Das tGUW wird im Schaltraum mit einer Haupterdungsschiene (HES) ausgestattet. Über die HES erfolgt auch die Anbindung an die Außenerdungsanlage des tGUW (auftrennbar zu Messzwecken).

Die Erdungsanbindungen der Schaltanlagen und der zu erdenden Bauteile an die HES werden als Kabelanbindungen ausgeführt. In den beiden Räumen des tGUW ist der Einsatz von punktuellen Potentialausgleichsschienen (PAS) vorgesehen, welche mittels Kabel an die HES angebunden werden.

Über die HES werden alle notwendigen elektrotechnischen Anlagen und Metallteile des Containers in die Erdungsmaßnahme einbezogen.

Die Trennung der elektrotechnischen Anlagen des tGUW zum Ortsnetzanschluss wird über einen Ortsnetztrenntransformator realisiert. Das Erdsystem des vorhandenen Ortsnetzanschlusses wird dabei nicht mit dem Erdsystem des tGUW verbunden. Der Sternpunkt der Sekundärseite des Ortsnetztrenntransformators wird in die Erdung innerhalb des tGUW einbezogen (Errichtung TT-Netz).

Der Sternpunkt der Sekundärseite des Eigenbedarfstransformator wird an die HES angebunden, so dass hier ein definiertes Erdniveau mit der Außenerdungsanlage erzielt wird.

4.19 Außenerdungsanlage und Blitzschutz

Für den Betrieb des tGUW wird eine Außenerdung benötigt, welche hier informativ mit Aufgeführt wird, da diese nicht zum Lieferumfang des tGUW gehört.

Die Außenerdungsanlage ist aus rostfreiem Bandmaterial und ringförmig um den Container-Aufstellort aufzubauen. Zusätzlich kommen Tiefenerder zum Einsatz, welche unmittelbar an die Außenerdung angebunden werden. Bei der Errichtung der Außenerdungsanlage sind die Angaben aus der VDV 525 zu beachten.

Die Verbindung der Außenerdungsanlage mit der HES erfolgt mittels mehrerer Kabel (auftrennbar zu Messzwecken).

Die Herstellung der Außenerdungsanlage erfolgt im Zuge der Vorbereitung der Aufstellfläche für das tGUW (nicht Inhalt dieser Planung).

An zwei Punkten sind Aufführungen vom Außenerder nach oben zu führen, zum äußeren Anschluss der Containerhülle (abhängig von den Anschlusspunkten am Container). Die Aufführungen sind an den Anschlusspunkten am Container zu verschrauben, so dass die äußere Containerhülle direkt mit der Außenerdungsanlage verbunden ist (äußerer Blitzschutz). Jede Aufführung erhält eine Trennstelle für Messzwecke.

4.20 Hinweise zur EMV

Die elektromagnetische Verträglichkeit umfasst die Teilbereiche der technischen Beeinflussung von elektrischen bzw. elektronischen Geräten untereinander (EMV) sowie die Wirkung von elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern auf Menschen und Umwelt (EMVU).

Anforderungen zur EMV können aus Normen und Richtlinien abgeleitet werden, unter anderen aus der bahnspezifischen Normengruppe DIN EN 50121, der 26. Verordnung zur Durchführung (26. BImSchV) und der entsprechenden Verwaltungsvorschrift (26.BImSchVVwV), sowie der DGUV Regel 103-013.

In der Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV (26. BImSchVVwV) werden technische Möglichkeiten zur Minimierung von elektrischen und magnetischen Felder aufgezeigt, die im Zuge der Werksplanung so weit wie technisch möglich umzusetzen sind.

Da die 26. BImSchV nur für Gleichstromanlagen ab 2000 V gültig ist und sich im tGUW nur Anlagen unterhalb dieser Spannungsebene befinden, erfolgt keine Berücksichtigung für Gleichfelder im öffentlichen Bereich.

Für Niederfrequenzanlagen (50 Hz) gilt die 26. BImSchV für Anlagen ab 1000 V Nennspannung. Die Mittelspannungsebene ist mit der Oberspannungsseite der Traktionstransformatoren (10 kV) im tGUW vorhanden.

Alle anderen Anlagen im Niederfrequenzbereich haben einen Nennspannungswert unterhalb des Grenzwertes von 1000 V und brauchen nicht in die Betrachtung einbezogen werden.

Im Zuge der Werksplanungen zum tGUW ist eine Berechnung möglicher elektromagnetischer Felder zu erstellen und dem AG in Papierform und digital zu übergeben.

Für das tGUW ist im Zuge der Erstinbetriebnahme eine EMV-Messung zur Nachweisführung durchzuführen. Die Messergebnisse sind dem AG in Papierform und digital zu übergeben.

5 Anlagenverzeichnis

Unterlage	Bezeichnung	Maßstab	Blatt
1	Grundriss, Schnitt und Ansichten tGUW	1:50	1
2a	Übersichtschaltplan, schematisch, tGUW	--	1

6 Planungsgrundlagen

- /0-1/ E-Mail von Carsten Gräser vom 29.04.2024, Betreff: GUW -Programm, Protokoll BB vom 25.04.24, Abschnitt Lieferung tGUW 5
- /0-2/ E-Mail von Ronny Gebhardt vom 08.05.2024, Re: tGUW 5, Unterlagen für Fömi.-Antrag, Inhalt: Information zur MS-Anlage für das tGUW 5
- /1-1/ TA Lärm, Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm vom 26. August 1998

- /2-1/ Technische Anschlussbedingungen für den Anschluss an das Mittelspannungsnetz der Netz Leipzig GmbH (TAB Mittelspannung der Netz Leipzig GmbH, Datum: 18. April 2019
- /2-2/ Technische Anschlussregeln Mittelspannung (VDE-AR-N 4110), Stand November 2018
- /2-3/ Technische Anschlussbedingungen TAB 2019 für den Anschluss an das Niederspannungsnetz (TAB 2019), Stand: Oktober 2019
- /2-4/ Ergänzende Bedingungen der Netz Leipzig GmbH zur Niederspannungs- und Niederdruckanschlussverordnung (NAV und NDAV), gültig ab 1. Mai 2019
- /2-5/ Verordnung über Allgemeine Bedingungen für den Netzanschluss und dessen Nutzung für die Elektrizitätsversorgung in Niederspannung (Niederspannungsanschlussverordnung – NAV), vom 1. November 2006 (BGBl. I S. 2477), die zuletzt durch Artikel 3 der Verordnung vom 30. Oktober 2020 (BGBl. I S. 2269) geändert worden ist
- /2-6/ Ergänzung der Technischen Anschlussbedingungen für den Anschluss an das Niederspannungsnetz der Netz Leipzig GmbH, Stand: 01.06.2023
- /2-7/ Technische Anschlussregeln Niederspannung (VDE-AR-N 4100), Stand April 2019

7 Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Erläuterung
AG	Auftraggeber
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V.
EB	Eigenbedarf
EMV	Elektromagnetische Verträglichkeit
EN	europäische Normen
FW	Fernwirk
GR	Gleichrichter
GS	Gleichspannung
GSA	Gleichspannungsanlage
G UW	Gleichrichterunterwerk
IEC	Internationale Elektrotechnische Kommission
KV	Kabelverteilerschrank (für Speisung)
LVB	Leipziger Verkehrsbetriebe
MS	Mittelspannung
MSA	Mittelspannungsanlage
Netz Leipzig	Netz Leipzig GmbH
NS	Niederspannung
NSA	Niederspannungsanlage
OK FFB	Oberkante Fertigfußboden
OKV	Oberirdischer Kabelverteilerschrank
ON	Ortsnetz
RBL	Rechnergestütztes Betriebsleitsystem
RTU	Remote Terminal Unit (Fernsteuereinheit)
RV	Rückleiterverteiler (für Rückleitung)
SächsBO	Sächsische Bauordnung
SPS	Speicherprogrammierbare Steuerung
TAB	Technische Anschlussbedingungen
tG UW	transportables Gleichrichterunterwerk
Trafo	Transformator
UV	Unterverteilung
ZAS	Zähleranschluss säule
ZSPS	zentrale Speicherprogrammierbare Steuerung

---Ende des Dokumentes---