



Teil B107 Elektrische Anlagen, Energieanlagen

Prüfung und Freigabe

	Name	Org.-Einheit	Datum	Unterschrift
geprüft:	Matthias Mumme	U5TS2	19.06.2025	 <small>Matthias Mumme (19. Juni 2025 13:43 GMT+2)</small>
freigegeben:	André Kwasniewski	U5TS2	19.06.2025	

Dokumentenhistorie

Version	Datum	Autor	Art der Änderung
1.0	05.10.2022	Matthias Mumme	Erstellung des Dokuments
2.0	18.02.2025	Soeren Scheele	E-Teile aktualisiert und in B-Teile umgewandelt

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	4
1.1. Gebäudeautomation / SCADA.....	4
1.1.1. Zustandsmeldung und Bedienung.....	4
1.1.2. Schnittstelle.....	4
1.1.3. Störfall-, Meldungs- und Informationsmanagement (SCADA).....	4
1.2. Allgemeine Hinweise zum Bauablauf für Lph 8.....	5
2. Elektrische Anlagen Energieanlagen, technische Angaben.....	7
2.1. Mittelspannungsschaltanlagen	7
2.1.1. Lebenszyklus / Planungsprozess.....	8
2.1.2. Instandhaltungsanforderungen.....	10
2.1.3. Systembedingte Anforderungen	10
2.2. Transformatoren	12
2.2.1. Lebenszyklus / Planungsprozess.....	12
2.2.2. Instandhaltungsanforderungen.....	13
2.2.3. Systembedingte Anforderungen	13
2.3. Erdungskurzschließer	14
2.4. Bahnstromschaltanlagen.....	15
2.4.1. Lebenszyklus / Planungsprozess.....	15
2.4.2. Instandhaltungsanforderungen.....	18
2.4.3. Systembedingte Anforderungen	19
2.5. Stromschienenschaltanlagen	20
2.5.1. Lebenszyklus / Planungsprozess.....	20
2.5.2. Instandhaltungsanforderungen.....	23
2.5.3. Systembedingte Anforderungen	24
2.6. Unterwerks-NS-Anlage Material + 24V DC, Ladegleichrichter	25
2.7. Niederspannungsschaltanlagen	25
2.7.1. Lebenszyklus / Planungsprozess.....	25
2.7.2. Instandhaltungsanforderungen.....	30
2.7.3. Systembedingte Anforderungen	30
2.8. Stahlbau GR und Trafoschienen	32
2.9. Unterwerk Kabelanschlüsse und Kleinmaterial.....	32
2.10. Wechselrichter	32
2.10.1. Lebenszyklus / Planungsprozess.....	32

Teil B107 Elektrische Anlagen, Energieanlagen

2.10.2. Instandhaltungsanforderungen.....	37
2.10.3. Systembedingte Anforderungen	38
2.11. Batterieanlagen	39
2.11.1. Lebenszyklus / Planungsprozess.....	39
2.11.2. Instandhaltungsanforderungen.....	42
2.11.3. Systembedingte Anforderungen	42

1. Einleitung

Zu den Starkstromanlagen gehören folgende Anlagen bzw. damit verbunden Untereinrichtungen nach DIN 276, die bei der HOCHBAHN benötigt werden.

- Hoch- und Mittelspannungsanlagen
- Bahnstromtechnik 750V DC
- Stromschienenschaltanlagen
- Eigenstromversorgungsanlagen
- Niederspannungsschaltanlagen
- Beleuchtungsanlagen
- Blitzschutz- und Erdungsanlagen
- Weichenheizungsanlagen

Die DIN 276 gibt eine grobe Gliederung der technischen Anlagen vor. Die technische Beschreibung des Betreiberkonzeptes sieht eine detailliertere Gliederung vor. Diese ist den folgenden Abschnitten zu entnehmen.

Die Anforderungen an die Gebäudeautomation und das SCADA-System sind bei allen Starkstromanlagen die gleichen.

1.1. Gebäudeautomation / SCADA

1.1.1. Zustandsmeldung und Bedienung

Im SCADA System sollen die Starkstromanlagen bedient und beobachtet werden können. Die Bedienfunktionen bzw. Zustandsmeldungen der Starkstromanlagen werden vom SCADA System Kategorien zugeordnet, siehe Kapitel 1.1.3 Störfall-, Meldungs- und Informationsmanagement (SCADA).

1.1.2. Schnittstelle

Jede Starkstromanlage bekommt eine Datenschnittstelle zum übergeordneten SCADA System.

Über diese Datenschnittstelle findet die gesamte Kommunikation der Starkstromanlagen mit dem SCADA System statt.

Detaillierte Beschreibung der Datenschnittstelle siehe Kapitel 1.1.3 Störfall-, Meldungs- und Informationsmanagement (SCADA).

1.1.3. Störfall-, Meldungs- und Informationsmanagement (SCADA)

Das SCADA System der U5 dient dem Melden, der Verwaltung und der Dokumentation aller Störungen und Ereignisse aller Technischen Anlagen auf den Haltestellen und den Streckenanlagen.

1.1.3.1. Meldungsarten

Es gibt verschiedene Arten von Ereignissen, die zu Meldungen führen können. Die Meldungen innerhalb des SCADA-Systems sind je nach Ursache, Art und/oder Auswirkung in verschiedene Gruppen unterteilt, z. B.:

- [Beobachtungen](#)
Statusanzeigen der Anlagenfunktionen

- Warnmeldungen

Bei Warnmeldungen liegt kein Anlagenausfall vor. Meldungen zur vorbeugenden Instandhaltung gehören ebenfalls dazu. Warnmeldungen haben keine betrieblichen Auswirkungen.

Bei Warnmeldungen liegt grundsätzlich kein Anlagenausfall vor. Meldungen zur vorbeugenden Instandhaltung gehören ebenfalls dazu. Warnmeldungen haben keine betrieblichen Auswirkungen.

Anlagenausfälle, die noch keinen unmittelbaren betrieblichen Einfluss haben, aber bei ausbleibender Intervention durch Personal entwickeln können, sollen ebenfalls als Warnmeldung angezeigt werden.

- Alarmmeldungen

Bei Alarmmeldungen liegt eine Störung oder ein Anlagenausfall vor, der direkt betriebliche Auswirkungen hat oder bekommen kann.

- Bedienmeldungen

Wie z.B. wer hat wann welche Bedienung vorgenommen.

- Quittierung

Warn-, Stör- und Alarmmeldungen sind im SCADA System von Bediener, je nach Rolle, zu Quittieren.

- Analogwerte

mit Trendaufzeichnung und Grenzwert hinterlegung die dann eine entsprechende Meldung auslösen. Wie z.B. Fahrtenzahlen, Verfügbarkeit, Energieverbrauch etc.

Alle Meldungen beinhalten den Meldegrund die Anlagennummer, die Haltestelle, den Instandhalter und den Zeitstempel der Meldung und ggf. ihre Weiterentwicklung.

Alle Meldungen werden dem Bediener in Klartext angezeigt. Der Service Modus einer Anlage lässt sich auch über das SCADA-System für eine voreingestellte Zeit einschalten, um im Fall einer defekten Datenanbindung eine Störmeldeflut zeitlich begrenzt zu unterdrücken.

Den Anlagen können statische Eigenschaften zugeordnet werden, wie z.B. Abmessungen, Leistung, Baujahr, etc.

Alle Meldungen und Bedienhandlungen sind zu archivieren.

1.2. Allgemeine Hinweise zum Bauablauf

Folgende Hinweise sind in der Ausführungsplanung bereits zu berücksichtigen, damit in der Bauphase alle Vorgaben umgesetzt werden können.

Es sind mindestens Schrauben und Muttern mit der Festigkeitsklasse mind. 8.8 galvanisch verzinkt und bichromatisiert, einzusetzen. Das Anschließen von Befestigungselementen ist nicht zulässig.

In und am U-Bahn-Bauwerk sind nur Stahlanker mit Zulassung für Zug- und Druckzone, gerissen und ungerissen, zugelassen (z. B. für **Beton** Fabr. Fischer, Typ Zykon-Anker FZA galv. verzinkt oder nicht

Teil B107 Elektrische Anlagen, Energieanlagen

rostender Stahl oder für **Kalksand-Vollstein** Fabr. Fischer, Typ Betonschraube FBS. Für **Kalksand-Lochstein** und **Ziegel-Vollstein** Fabr. Dätwyler, Typ MMS 7,5/45.).

Anker aus nicht rostendem Stahl (A4-Material) sind im Außenbereich einzusetzen.

Als Außenbereich in Tunnelbauwerken gilt der Bereich ab oberirdischem Tunnelmund plus 20 Meter.

Alle Schrauben und Befestigungselemente sind mit den erforderlichen Anzugsdrehmomenten nach Herstellerangabe, Zulassung oder gegebenenfalls in den jeweiligen Positionen vorgeschrieben, zu montieren.

Bauteile, die über Gleise, Gleisanlagen oder über Sicherheits- und Fluchträumen montiert werden, müssen mit selbsthemmenden Ganzmetall-Sechskantmuttern, z. B. DIN 980, gesichert werden!

Für auszuführende Schweißarbeiten sind nur ausgebildete Fachkräfte abzustellen. Alle Schwarzeisenteile, Schweiß- und Schnittstellen sind durch Anstrich gegen Korrosion zu schützen.

Bei Baustellen in unterirdischen U-Bahn Anlagen, insbesondere U-Bahn Haltestellen und Tunnelbereiche, ist die Verwendung von brennbaren und explosiven Materialien nur in der jeweils notwendigen Mindestmenge zulässig, wie sie zur Durchführung der betreffenden Baumaßnahme notwendig ist.

Schutzleiter" einschl. Potential-Ausgleichsleitung gemäß VDE 0100 angewandt.

Netzform bei der Hochbahn: TN - C - S - Netz.

Nennspannung: 400 / 230 V, 50 Hz.

Die Elektromagnetische Verträglichkeit der eingesetzten Komponenten muss für den Einsatz im 750 V-Stromschienenschaltterraum ausgelegt sein.

Alle Lieferungen und Leistungen sind nach den anerkannten Regeln der Technik, insbesondere der Berufsgenossenschaftlichen Vorschriften der Verwaltungs-BG und den VDE-Bestimmungen auszuführen und dieses durch eine entsprechende Erklärung nach Ausführung des Auftrages zu bestätigen.

Es ist besonders zu beachten, dass für Arbeiten in einzelnen Schaltfeldern bei in Betrieb befindlicher Anlage die Schutzvorkehrungen nach VDE 0105 ohne großen Aufwand herstellbar sind. Die Anlage ist entsprechend den VDE-Bestimmungen 0115 und der EN 50123 – 6 (2003-09) auszuführen.

Alle Betriebsmittel für die Bahnstromversorgung in Innenräumen von Gebäuden für eine Raumtemperatur von max. 40° C auszulegen sind (Mittelspannung, Trafos, Bahnstromanlage und Kabelanlagen).

In der RUHst und in der RUEA werden einzuhaltende Vorgaben definiert, die für die Errichtung, den Betrieb und die Instandhaltung der Aufzugsanlage bei der HOCHBAHN eingehalten werden müssen. Abweichungen bedürfen der Zustimmung der Fachabteilung und des U-Bahn-Betriebs.

2. Elektrische Anlagen Energieanlagen, technische Angaben

2.1. Mittelspannungsschaltanlagen

Das Mittelspannungsnetz dient zur Versorgung der elektrischen Licht- und Kraftanlagen in Haltestellen, Betriebshöfen und Werkstätten. Es wird von den Unterwerken mit 10 kV eingespeist und von der primären und sekundären Leitstelle gesteuert und überwacht. In jeder Haltestelle befindet sich eine Abnahmestelle gemäß RUEA Ziffer 6.1.

Im Mittelspannungsnetz werden folgende halogenfreie 10 kV Kabel eingesetzt:

- VNB 10 MW AW4-Einspeisung – Einleiter 3x1x240mm² verdreht
- HOCHBAHN Haltestellen – Dreileiter 3x240mm²
- GLR Trafo-Einleiter 3x1x150mm²
- Haltestellen und Werkstrafo-Einleiter 3x1x150mm²

Die Schaltanlagen auf der Haltestelle sind üblicherweise als Ringstationen mit zwei Kabelfeldern und einem oder zwei Transformatorabgängen für die Haltestellenversorgung ausgelegt.

Die Schaltanlage im Unterwerk wird von SNH mittels einer 10kV-Spannung und UW4- oder UW6-Einspeisung versorgt. Diese bedeutet eine redundante Versorgung mit zwei oder drei Kabeln von zwei unabhängigen Sammelschienen. Um diese Versorgungssicherheit weiter nutzen zu können, soll die 10kV-Schaltanlage im Unterwerk als Einfachsammschiene mit Längskopplung ausgeführt sein. Die VNB-Einspeisung erfolgt jeweils von links und rechts mit der jeweiligen VNB-Zählung und den notwendigen Bahnstromtrafoabgängen. Die Bahnenergie ist steuerbegünstigt und ist gesondert zu zählen. Nach der HOCHBAHN-eigenen Zählung sind Trafoabgänge für den Eigenbedarf und die Haltestellenversorgung zu berücksichtigen sowie Kabelabgangsfelder zu benachbarten Haltestellen bzw. Unterwerken um eine n-1-Redundanz in der Bahnstromversorgung sicherstellen zu können.

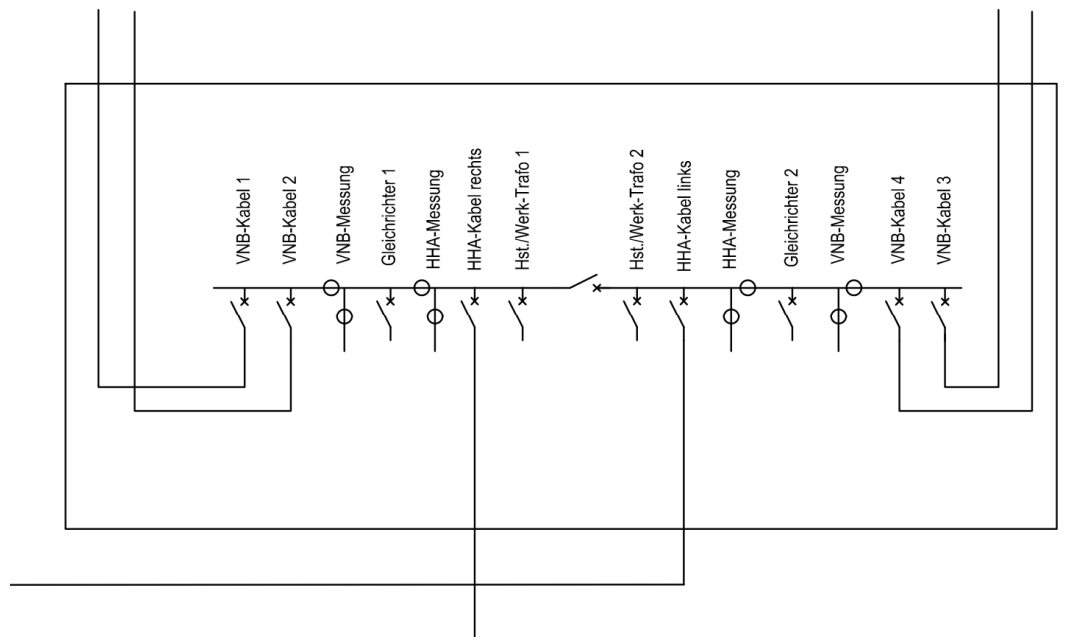


Abbildung 1: Mittelspannungsschaltanlagenkonzept (Unterwerk)

2.1.1. Lebenszyklus / Planungsprozess

Folgend werden Vorgaben bezüglich des Lebenszykluses und Planungsprozesses gegeben. Diese sind in den gesamten HOAI Planungsphasen zu berücksichtigen.

2.1.1.1. Planung / Ausführung HOAI

Alle Metallteile müssen mit einem zweifachen, dauerhaften Rostschutz-, Grund- und einem Fertiganstrich versehen, bzw. verzinkt sein.

Der Farbanstrich muss einheitlich und allseitig in einem **blauen Farbton (RAL 5015)** ausgeführt werden.

Alle Felder sind durch Bodenplatten nach unten abzuschotten. Die Schaltfelder sind so anzuordnen, dass die Mindestbiegeradien für die Kabel eingehalten werden und genügend Raum für die Montage der Endverschlüsse zur Verfügung steht.

Die Schaltanlage ist für folgende Steuerspannungen auszulegen:

Steuerspannung: **24 V DC** als Steuer- und Meldespannung

Antriebsspannung: **230 V AC** für alle Schalter-Antriebe

Die Schaltanlage muss eine typgeprüfte, fabrikfertige, metallgekapselte, trennerlosen Ausführung nach **IEC 62271 Teil 200** für folgende technische Daten sein:

- Netzennspannung 10 kV
- Bemessungsspannung 12 kV
- Bemessungsfrequenz 50 Hz
- Bemessungs-Isolationspegel 75 kV
- Bemessungs-Kurzzeitstrom ≥ 20 kA

- Bemessungs-Stoßstrom ≥ 50 kA
- Bemessungs-Kurzschlussdauer 1 s
- Bemessungs-Betriebsströme der
- Sammelschiene 630 A bzw. 1.250 A und Abgänge 630 A

Die 10 kV-Schaltanlage soll wie folgt ausgeführt werden:

- Überstromzeitschutzrelais sollen Fabrikat: ABB Typ: REF 615 oder Fabrikat: Siemens Typ: 7SJ80 sein
- Vakuum-Leistungsschalter auf Einschub mit Rollen ausfahrbar (Fabrikat: Schneider Electric Typ: HVX oder Fabrikat: ABB Typ: VD4).
- Identisch ausgerüstete Leistungsschalter müssen ohne besondere Justierarbeit gegeneinander austauschbar sein
- Im Notfall sind die Leistungsschalter auch von Hand bedienbar
- Die Erdungsschalter sollen gegen den Einschub und den Leistungsschalter verriegelt sein
- Die Beleuchtung aller Bedien-, Anzeige- und Meldekomponenten sind verdrahtungstechnisch so vorzubereiten, dass sie über ein 24 V DC Schleifenleitungspotential abgeschaltet werden können
- Alle Schaltfelder sind auf einem Doppelboden zu montieren und dauerhaft elektrisch gut leitend miteinander zu verbinden

Erdungsanlage

Jedes Unterwerk hat eine eigene Erdungsanlage, die von der "VNB Erde" getrennt betrieben wird. Die vorhandene Erdungssammelschiene ist zu erweitern. Alle neuen Anlagenteile sind mit Kabel N2XH-J 50 mm² an die Erdungssammelschiene anzuschließen.

Alle angeschlossenen Erdungsleitungen sind in einem halogenfreien Isolierstoffgehäuse anzubringen und mit je einem grün/gelb isolierten Cu-Leiter 50 mm² auf getrennte Anschlusspunkte zu führen.

2.1.1.2. Zulassung

Für die Ausführung gelten zusätzlich die "Technischen Anforderungen für den Anschluss an das Mittelspannungsnetz Hamburg" der Stromnetz Hamburg GmbH.

Die Vorlage der Konstruktionszeichnungen bei der Stromnetz Hamburg GmbH, die Einholung deren Genehmigung zum Bau und Betrieb der Mittelspannungsanlage gehören zu den Pflichten des Auftragnehmers.

Der rechnerische Nachweis (Druckberechnung), dass bei einem Störlichtbogen in der Schaltanlage keine über die Bemessung des Baukörpers hinausgehende Druckbeanspruchung auftritt ist zu leisten.

2.1.1.3. Inbetriebnahme / Abnahme

Inbetriebnahmen erfolgen unter Beteiligung des VNB's. Die Abnahme erfolgt durch einen TAB-Abnahmeberechtigten der HOCHBAHN und TAB.

2.1.1.4. Dokumentation

Die Dokumentation ist gemäß Ausschreibung zu erstellen. Die erforderlichen Dokumente sind der VDI 6026 zu entnehmen. Dies beinhaltet:

- Berechnungen

- Funktionsschemata
- Strangschema/Schaltplan
- Schnitte/Details
- Schnittstellen
- relevante Angaben für andere Planungsbeteiligte
- TAB-Dokumentation für den Netzbetreiber SNH

2.1.1.5. Lebenszyklus

Die gesamte Schaltanlage ist für eine Betriebsdauer von mindestens 30 Jahren auszulegen. Dazu gehören neben den mechanischen Teilen auch die Primärtechnik sowie Sekundärtechnik wie SPS oder Feldleitgeräte.

2.1.2. Instandhaltungsanforderungen

2.1.2.1. Wartung

Die Zugänglichkeit zur Anlagenvorderseite und Anlagenseitenflächen beschränkt sich auf befugtes Personal. Alle Arbeiten sollen von der Frontseite aus möglich sein. Ein Tausch einzelner Felder soll ebenfalls mit geringem Aufwand möglich sein. Die durch Hersteller vorgegebene Wartungsarbeiten sollen mit geringem Aufwand durchführbar sein.

2.1.2.2. Vorbeugende Instandhaltung

Für die vorbeugende Instandhaltung sind alle Meldungen und verfügbaren Messwerte der Schaltanlage mit Zeit- und Datumstempel zu protokollieren. Verschleiß und Abnutzung soll registriert werden und ferngemeldet werden.

2.1.2.3. Konkrete Vorgaben

Die eingesetzten Geräte sollen möglichst wartungsarm sein bzw. große Wartungsintervalle von 4 Jahren besitzen. Ein Tausch der einzelnen Felder soll vom Gleis aus ohne Arbeiten am Bauwerk möglich sein.

2.1.3. Systembedingte Anforderungen

2.1.3.1. Funktion

- **Störlichtbogenqualifikation IAC A FL**
- Luftisolierte Schalterfelder mit Einfachsammelschienensystem, durch Blechwände voneinander abgeschottet und getrennt druckentlastet
- Arbeiten im Kabelanschlussraum sollen auch möglich sein, wenn der andere Teil der Schaltanlage in Betrieb ist
- Die Schaltanlage soll aufgrund der redundanten VNB-Kabel mit einer Längskopplung geteilt sein. Die Funktionalität und Abgänge sind hälftig aufzuteilen.
- Wartungsarbeiten an Brandmeldern oder ähnlichen technischen Ausstattungen sollen ohne abschalten der Transformatoren möglich sein.

2.1.3.2. Verfügbarkeit

Mindestens Betriebsverfügbarkeit Kategorie **LSC 2A**.

Der U-Bahnbetrieb soll 24 h/ 7 Tage pro Woche möglich sein. Somit auch eine ununterbrochene Stromversorgung mit einer möglichst hohen Verfügbarkeit von $MTTF \geq 300.000h$ notwendig.

2.1.3.3. Normen und hausinterne Richtlinien

- IEC 62271 Teil 200

 Teil B107 Elektrische Anlagen, Energieanlagen

- Technischen Anforderungen für den Anschluss an das Mittelspannungsnetz Hamburg" der Stromnetz Hamburg GmbH
- RUEA
- RUHst
- RUT
- BOStrab
- TRStrab Brandschutz
- TRStrab EA
- TRStrab Tunnel

2.1.3.4. Nachhaltigkeit

Umweltbelastende Materialien oder Isolationsmedien sind nicht einzusetzen, wenn es Alternativen gibt (z.B. SF6 oder PVC). Die Schaltanlage soll nach dem Lebensende eine sortenreine Materialtrennung ermöglichen, um eine möglichst hohe Recyclingquote zu erreichen.

Es sollen elektrische Komponenten wie Relais und Schutzschalter zum Einsatz kommen, die eine möglichst geringe elektrische Verlustleistung haben.

2.1.3.5. Safety

Eine sichere Bedienung ist gemäß aktuellen Vorschriften immer zu Gewährleisten. Dazu zählen auch Verriegelungen, die eine Fehlbedienung blockieren. Auch bei Wartungsarbeiten an in Betrieb befindlichen Anlagenteilen ist die Personensicherheit zu gewährleisten.

2.1.3.6. Security und IT Sicherheit

Die Steuerungen der Mittelspannungsanlagen sollen, außer zum HOCHBAHN Gebäudemanagement, keine Schnittstellen zu Drittsystemen für die Instandhaltung oder Fernüberwachung besitzen.

Schutzbedarfs-Einschätzung (nach Abschnitt 3.4 „Security und IT Sicherheit“):

	Einstufung	Begründung
Vertraulichkeit	normal	Erlangen betriebsfremde Personen Steuerungs- oder Status-Informationen der Mittelspannungsanlagen, hat dies keine Auswirkungen auf den U5-Betrieb.
Integrität	hoch	Können betriebsfremde Personen die Mittelspannungsanlagen manipulieren, kann dies Betriebseinschränkungen zur Folge haben (sowohl Betrieb der Haltestelle als auch der Fahrbetrieb). Auf eine „sehr hohe“ Einstufung kann verzichtet werden, da eine n-1-Redundanz vorgesehen ist.
Verfügbarkeit	normal	Aufgrund der vorgesehenen n-1-Redundanz wäre ein Ausfall bis zu 72h akzeptabel.
Sicherheitszone	Zone 2	Aufgrund der Einstufung „hoch“ für die Integrität und der notwendigen Versorgungssicherheit der angeschlossenen Anlagen müssen sich die

		Mittelspannungsanlagen in Räumen im internen Bereich befinden.
--	--	--

2.1.3.7. Brandschutz

Vorgaben zum Brandschutz sind gem. des Brandschutzkonzeptes der HOCHBAHN einzuhalten.

2.1.3.8. Technische Schnittstellen

Die Anbindung an die Fernwirkanlage für eine Power-SCADA-Anwendung ist zu realisieren. Anlagenzustände sollen an die jeweilige GA gemeldet werden. Ebenfalls soll die Parametrierung von Geräten aus der Ferne möglich sein.

2.2. Transformatoren

2.2.1. Lebenszyklus / Planungsprozess

Folgend werden Vorgaben bezüglich des Lebenszykluses und Planungsprozesses gegeben. Diese sind in den gesamten HOAI Planungsphasen zu berücksichtigen.

2.2.1.1. Planung / Ausführung HOAI

Die Ober- und Unterspannungswicklungen müssen unter Vakuum mit Gießharz vollständig vergossen, bzw. mit einer Isolierung gleicher Güte gemäß Erläuterung nach DIN 42523 versehen

werden.

Transformatoren sind mit einem mindestens dreifache **blauen witterungsbeständigen Farbanstrich (RAL 5015)** zu versehen.

Als Transporteinrichtung sollen für Längs- und Querfahrt umsetzbare, **massive Rollen** aus Stahl mit geeigneter Aufhängung dienen. Rollenabstand entsprechend Normmittenabstand 670 mm bzw. 820 mm (ab 1 MVA) oder 1070 mm (ab 2 MVA) Rollenbreite max. 70 mm, Zugösen am Fahrgestell (Längs- und Querfahrt) sowie Anhebestellen für hydraulische Hebezeuge für das Umsetzen der Rollen, Tragösen zum Anheben und Zurrösen zum Festzurren beim Transport.

Stromrichtertransformatoren

Stromrichter-Transformatoren sind als Doppelstock-Transformatoren für 12-pulsigen Gleichrichterbetrieb auszuführen sind. Nachstehend als Gleichrichtertransformator bezeichnet.

2.2.1.2. Zulassung

Für die Ausführung gelten zusätzlich die "Technischen Anforderungen für den Anschluss an das Mittelspannungsnetz Hamburg" der Stromnetz Hamburg GmbH.

2.2.1.3. Inbetriebnahme / Abnahme

Die Abnahme erfolgt durch einen TAB-Abnahmeberechtigten der HOCHBAHN und TAB.

2.2.1.4. Dokumentation

Die Dokumentation ist gemäß Ausschreibung zu erstellen. Die erforderlichen Dokumente sind der VDI 6026 zu entnehmen. Dies beinhaltet:

- Berechnungen
- Funktionsschemata
- Strangschema/Schaltplan
- Schnitte/Details

2.2.1.5. Lebenszyklus

Die gesamte Schaltanlage ist für eine Betriebsdauer von mindestens 40 Jahren auszulegen. Dazu gehören neben den mechanischen Teilen auch die Primärtechnik sowie Sekundärtechnik.

2.2.2. Instandhaltungsanforderungen

2.2.2.1. Wartung

Die Zugänglichkeit der Transformatoren beschränkt sich auf befugtes Personal. Alle Arbeiten sollen von der jeweiligen Seite aus möglich sein. Es sind entsprechende Transformatorengehäuse in der Planung zu berücksichtigen um den Berührungsschutz zu gewährleisten. Schutzart IP21 ist mindestens zu erfüllen.

2.2.2.2. Vorbeugende Instandhaltung

Für die vorbeugende Instandhaltung sind alle Meldungen und verfügbaren Messwerte der Transformatoren mit Zeit- und Datumstempel zu protokollieren. Verschleiß und Abnutzung soll registriert werden und ferngemeldet werden.

2.2.2.3. Konkrete Vorgaben

Die eingesetzten Geräte sollen möglichst wartungsarm sein bzw. große Wartungsintervalle von 4 Jahren besitzen. Ein Tausch der Transformatoren soll vom Gleis aus ohne Arbeiten am Bauwerk möglich sein.

2.2.3. Systembedingte Anforderungen

2.2.3.1. Funktion

- Gießharz-Transformatoren
- Wartungsarbeiten an Brandmeldern oder ähnlichen technischen Ausstattungen sollen ohne abschalten der Transformatoren möglich sein

2.2.3.2. Verfügbarkeit

Der U-Bahnbetrieb soll 24 h/ 7 Tage pro Woche möglich sein. Somit auch eine ununterbrochene Stromversorgung mit einer möglichst hohen Verfügbarkeit von $MTTF \geq 300.000h$ notwendig.

2.2.3.3. Normen und hausinterne Richtlinien

- RUEA
- RUHst
- Ausführung nach: VDE 0532,
- DIN EN 50464-1,
- DIN EN 60076,
- DIN EN 61378-1,
- DIN EN 62271-202
- DIN EN 50588

2.2.3.4. Nachhaltigkeit

Transformatoren müssen mindestens die **Verlustkategorie B_k bzw. B₀ nach DIN EN 50541-1** aufweisen.

Es sollen elektrische Komponenten wie Relais und Schutzschalter zum Einsatz kommen, die eine möglichst geringe elektrische Verlustleistung haben.

 Teil B107 Elektrische Anlagen, Energieanlagen

Die Transformatoren sollen nach dem Lebensende eine sortenreine Materialtrennung ermöglichen um eine möglichst hohe Recyclingquote zu erreichen.

2.2.3.5. Safety

Eine sichere Bedienung ist gemäß aktuellen Vorschriften immer zu Gewährleisten. Auch bei Wartungsarbeiten an in Betrieb befindlichen Anlagenteilen ist die Personensicherheit zu gewährleisten.

2.2.3.6. Security und IT Sicherheit

Die Steuerungen der Transformatoren sollen, außer zum HOCHBAHN Gebäudemanagement, keine Schnittstellen zu Drittsystemen für die Instandhaltung oder Fernüberwachung besitzen.

Schutzbedarfs-Einschätzung (nach Abschnitt 3.4 „Security und IT Sicherheit“):

	Einstufung	Begründung
Vertraulichkeit	normal	Erlangen betriebsfremde Personen Steuerungs- oder Status-Informationen der Transformatoren, hat dies keine Auswirkungen auf den U5-Betrieb.
Integrität	hoch	Können betriebsfremde Personen die Steuerungen der Transformatoren manipulieren, kann dies Betriebseinschränkungen zur Folge haben (sowohl Betrieb der Haltestelle als auch der Fahrbetrieb). Auf eine „sehr hohe“ Einstufung kann verzichtet werden, da eine n-1-Redundanz vorgesehen ist.
Verfügbarkeit	normal	Aufgrund der vorgesehenen n-1-Redundanz wäre ein Ausfall bis zu 72h akzeptabel.
Sicherheitszone	Zone 2	Aufgrund der Einstufung „hoch“ für die Integrität und der notwendigen Versorgungssicherheit der angeschlossenen Anlagen müssen sich die Transformatoren in Räumen im internen Bereich befinden.

2.2.3.7. Brandschutz

Die baulichen Brandschutzanforderungen gemäß der vorgegebenen Brandabschnitte sind einzuhalten.

2.2.3.8. Technische Schnittstellen

Die Anbindung an die Fernwirkanlage für eine Power-SCADA-Anwendung ist zu realisieren. Anlagenzustände sollen an die jeweilige GA gemeldet werden. Ebenfalls soll die Parametrierung von Geräten aus der Ferne möglich sein.

2.3. Erdungskurzschließer

Keine besondere Beschreibung notwendig. Einfach einen VLD für 750V nach Norm bestellen der U-Bahnströme kurz schließen kann

2.4. Bahnstromschaltanlagen

Das Bahnstromnetz wird von dem Unterwerk mit einer Nennspannung von 750 V Gleichstrom eingespeist und ist in einzelne Speisebereiche eingeteilt. Die Länge der Speisebereiche ist von der Belastung der Strecke und der betrieblichen Flexibilität im Störfallbetrieb abhängig. Die konkreten Speiseabschnitte aufgrund der flexiblen Betriebsweise werden durch die HOCHBAHN vorgegeben.

Die Stromversorgung erfolgt vom Unterwerk zum Fahrzeug über Kabel und Stromschienen. Die Stromrückführung vom Fahrzeug zum Unterwerk erfolgt über beide Fahrschienen und Rückleitungskabel.

Bei einem 90 Sekunden-Takt mit 120m Fahrzeugen ist eine Bahnstromeinspeisung mittels Streckenschaltern je Gleis und Richtung zu realisieren. Als Reserve ist ein Umgehungsschalter vorzusehen, der jede Strecke versorgen kann.

Rückleitung

Zur Rückleitung des Bahnstromes dienen die beiden Fahrschienen und Kupfer- oder Aluminiumkabel mit halogenfreiem Außenmantel. Die Rückleitungskabel werden an die Rückleitungssammelschienen angeschlossen, die isoliert neben dem Gleiskörper aufzubauen sind.

Die Rückleitungen werden ebenfalls mit Kabel NA2XH-O 1x630 mm² realisiert.

Auf Grund des hohen Strombedarfs der jeweiligen Speisebereiche kommen Aluminium-Stahl-Verbundstromschienen zum Einsatz. Die Auslegung und Planung der Stromschienen erfolgten über den Gleisbau.

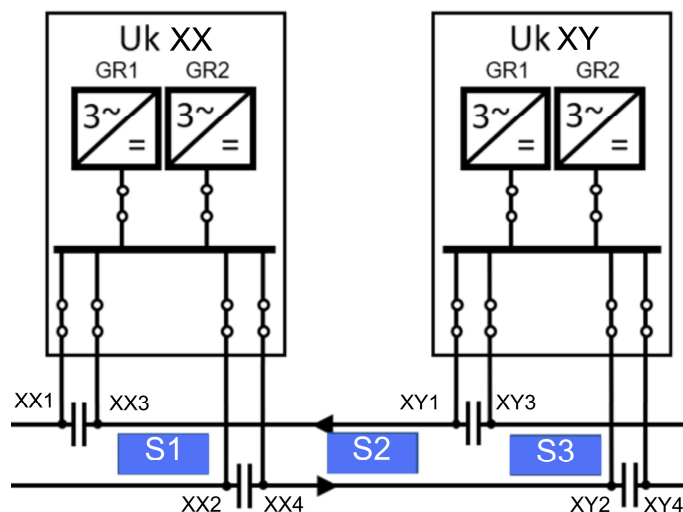


Abbildung 2: Bahnstromschaltanlagenkonzept

2.4.1. Lebenszyklus / Planungsprozess

2.4.1.1. Planung / Ausführung HOAI

Alle Metallteile müssen mit einem zweifachen, dauerhaften Rostschutz-, Grund- und einem Fertiganstrich versehen bzw. verzinkt sein.

Der Farbanstrich ist einheitlich und allseitig in einem **orange Farbton (RAL 2000)** auszuführen.

Sammelschienen und Erdungsschienen sind normgerecht zu kennzeichnen.

Die Schaltfelder sind so anzuordnen, dass die Mindestbiegeradien für die Kabel eingehalten werden und genügend Raum für die Montage der Kabelanschlüsse zur Verfügung steht.

Die Fernsteuerrelais (Prüfspannung 2kV) sind jeweils im Steuerfeld des fernsteuerbaren Schaltmittels unterzubringen.

Für die örtliche Anzeige (**Ortsmeldung**) und für die Anzeige auf der technischen Leitstelle (**Fernmeldung**) sind alle Stellungs- und Warnmeldungen über Hilfsschalter potentialfrei und zweifach auszuführen.

Die 750V-Schaltanlage ist für folgende Spannungen auszulegen:

- Hilfsspannung: **24V DC** als Steuer-, Melde- und Leuchtenspannung
- Antriebsspannung: **230V AC** für alle Leistungsschalter-Antriebe
- Nennspannung: **750V DC** für die Bahnstromversorgung
- Bemessungs-Isolationsspannung: **2000V DC**

Die Schaltanlage muss als eine typgeprüfte, fabrikfertige, metallgekapselte 750V Gleichstromschaltanlage in Schaltwagentechnik mit Umgehungssammelschiene und Ersatzschalter ausgeführt sein.

Alle Schaltfelder, das Einspeisefeld und das Rückleiterfeld, sind gegen das Bauwerk sowie gegeneinander isoliert auf einem gemeinsamen Grundrahmen aufzustellen und einzeln an der Erdungssammelschiene des Gerüstschlussschutzes zu erden.

Automatisierungsgeräte, Streckenprüfeinrichtungen, Streckenschutzgeräte usw., die feldübergreifend miteinander verbunden sind, dürfen diese Isolierung nicht aufheben.

Des Weiteren ist zu berücksichtigen, dass die Minuspole der von der HOCHBAHN bereitgestellten 24V DC Steuerspannung, der 24V DC Fernwirkspannung geerdet sind.

Die Kurzschlussfestigkeit und thermische Belastbarkeit der 750V-Sammelschienen sind entsprechend der jeweiligen Einspeisung auf **bis zu drei** 750V-Bahnstromgleichrichtern auszulegen.

In der Steuernische darf kein 750V-Potential anliegen.

Der ausfahrbare Schaltwagen muss im eingefahrenen Zustand eine elektrisch gut leitende Verbindung zum 750V-Schaltgerüst haben.

Die ausfahrbaren Schaltwagen müssen über Trennkontakte mit der 750V-Sammelschiene und den Anschlüssen für die Abgangskabel verbunden werden. Sammelnschienenraum und Kabelanschlussraum sind gegenüber dem Schaltwagen mit geeignetem Material abzuschotten.

Die Gleichstrom-Streckenschalter sind für einen Bemessungsstrom von $\geq 4,5\text{kA}$ auszulegen und mit automatischen Streckenprüfeinrichtungen auszurüsten.

Folgende Schnellschalter sind für diese Bedingungen bei der HOCHBAHN zugelassen:

- Secheron UR 46 Ede 81 S mit "Antiklebevorrichtung", e-Bod und Positionsanzeiger, Direktauslöser Typ DE3 (Einstellbereich 4-15kA)
- GE GErapiid 1x 2 6007 (Einstellbereich 7-15kA)

Grundsätzlich müssen im Notfall die Schnellschalter von Hand bedient und durch einen mechanischen Notausschalter in einen sicheren Zustand gebracht werden können.

Für jedes Streckenfeld / Ersatzschalterfeld ist ein eigenes Streckenschutzgerät einzusetzen. Zugelassen sind nur die Fabrikate der Firmen RPS, Siemens, Sécheron und Elpro.

Für jedes Streckenfeld / Ersatzschalterfeld ist eine eigene programmgesteuerte Streckenprüfeinrichtung mit Erkennung der Funktionsabläufe an den Geräten mittels Textdisplay sowie mit Fehlererkennung (unabhängig von Störspannungen und Schwankungen der Betriebsspannung) einzusetzen.

Die Streckenprüfeinrichtung muss zwingend auch bei Ausfall aller Komponenten des Streckenschutzgerätes funktionieren.

Sind die Funktionalität des Streckenschutzgerätes und der Streckenprüfeinrichtung in einem gemeinsamen System (Feldleitgerät) vereint, muss sichergestellt sein, dass bei Ausfall des Feldleitgerätes eine zweite Streckenprüfeinrichtung mittels SPS (kalte Redundanz, eingebaut im Ersatzschalterfeld) die Kurzschlussprüfung in dem gestörten Feld vollumfänglich übernimmt.

Die Umschaltung zwischen Feldleitgerät und zweiter SPS Streckenprüfeinrichtung muss im Fehlerfall vollautomatisch erfolgen.

Über das Textdisplay sind auch alle Meldungen anzuzeigen. Ferner ist diese Anzeigeeinheit mit einem Meldeumlaufpuffer mit mindestens 256 Meldungen auszustatten, der Puffer kann über das Textdisplay ausgegeben werden. Die Meldungen sind mit Datum und Uhrzeit in den Meldepuffer zu schreiben. Die interne Uhr und die Meldungen sind auch bei Ausfall der Versorgungsspannung zu puffern.

Bei Störung des Streckenschutzgerätes soll die zu überwachende Strecke sofort abgeschaltet werden. Für den Fall einer Gerüstschlussanregung im Unterwerk ist eine Mitnahmeschaltung des parallel speisenden Streckenschalters im benachbarten Unterwerk vorzusehen.

Die Gerüstschlussüberwachung ist im Ruhestromprinzip auszuführen.

Das Einspeisefeld muss u.a. die L+ Trennschalter für **bis zu drei** 750V-Bahnstromgleichrichter mit Isoliertrennwänden und elektrischer Verriegelung (Freigabe, wenn 10kV "AUS"), die Fernwirkanbindung sowie eine 750V - Überspannungsüberwachungseinrichtung entsprechend der VDE 0115, Teil 102 u. EN 50163 enthalten.

Das Rückleiterfeld muss u.a. die L- Trennschalter für **bis zu drei** 750V-Bahnstromgleichrichter mit Isoliertrennwänden und elektrischer Verriegelung, die Rückleitersammelschiene, 3 Strommesser mit Shunt und Trennverstärker enthalten.

750V-Bahnstromgleichrichter

Jeder 750V-Bahnstromgleichrichter ist nach DIN EN 50328 (VDE 0115-328):2003-09 bzw. DIN EN 50328 Berichtigung 1 (VDE 0115-328 Berichtigung 1):2010-11 auszuführen.

Der 750V-Bahnstromgleichrichter besteht aus einem Schrank. Die Türen, Seitenbleche und Transportösen müssen abnehmbar sein.

Der Farbanstrich des Schrankes ist allseitig im Farbton **RAL 2000 (orange)** auszuführen.

Für die isolierte Aufstellung und als Montageerleichterung ist der 750V-Bahnstromgleichrichter mit Kunststoffrollen auszurüsten, die allseitig mit demontierbaren Sichtblenden zu verkleiden sind.

Die Aufstellung des 750V-Bahnstromgleichrichters muss auf mitzuliefernde Schwingungsdämpfer erfolgen.

Der Drehstromanschluss ist je nach Gegebenheiten **unten/oben** und der Gleichstromanschluss ist ebenfalls je nach Gegebenheiten **unten/oben** anzuordnen. Der 750V-Bahnstromgleichrichter ist in Drehstrombrückenschaltung mit Silizium-Scheibendioden für Selbstkühlung zu liefern.

Im Anschluss an Dauerbetrieb mit Bemessungsstrom muss der 750V-Bahnstromgleichrichter den bei Sammelschienenkurzschluss auftretenden Kurzschlussstrom bis zur Auslösung des Leistungsschalters auf der 10kV-Seite für 250ms (Relais- und Schalterzeit) vertragen.

Gegen äußere und innere Überspannungen ist eine RC-Beschaltung vorzusehen. Hierbei ist zu beachten, dass bei Rückspeisung durch bremsende Fahrzeuge Spannungserhöhungen bis 1.270V auftreten.

2.4.1.2. Zulassung

Siehe Normen und hausinterne Richtlinien.

2.4.1.3. Inbetriebnahme / Abnahme

Die Abnahme erfolgt durch einen TAB-Abnahmeberechtigten der HOCHBAHN und TAB.

2.4.1.4. Dokumentation

Die Dokumentation ist gemäß Ausschreibung zu erstellen. Die erforderlichen Dokumente sind der VDI 6026 zu entnehmen. Dies beinhaltet:

- Berechnungen
- Funktionsschemata
- Strangschema/Schaltplan
- Schnitte/Details
- Schnittstellen

2.4.1.5. Lebenszyklus

Die gesamte Schaltanlage ist für eine Betriebsdauer von mindestens 30 Jahren auszulegen. Dazu gehören neben den mechanischen Teilen auch die Primärtechnik sowie Sekundärtechnik wie SPS oder Feldleitgeräte.

2.4.2. Instandhaltungsanforderungen

2.4.2.1. Funktion

-

2.4.2.2. Wartung

Die Zugänglichkeit zur Anlagenvorderseite und Anlagenseitenflächen beschränkt sich auf befugtes Personal. Alle Arbeiten sollen von der Frontseite aus möglich sein. Ein Tausch einzelner Felder soll ebenfalls mit geringem Aufwand möglich sein. Die durch Hersteller vorgegebene Wartungsarbeiten sollen mit geringem Aufwand durchführbar sein.

2.4.2.3. Vorbeugende Instandhaltung

Für die vorbeugende Instandhaltung sind alle Meldungen und verfügbaren Messwerte der Schaltanlage mit Zeit- und Datumstempel zu protokollieren. Verschleiß und Abnutzung soll registriert werden und ferngemeldet werden.

2.4.2.4. Konkrete Vorgaben

Die Felddüren müssen durch Doppelbartverschluss verschließbar sein. In den Türen der einzelnen Leistungsschalterfelder der Gleichstromschaltanlage ist je eine verschließbare,

durchgriffsichere Revisionsöffnung ca. 100mm x 100mm vorzusehen, um einen Testwiderstand an den Prüfkreis anschließen zu können (Prüfkabel: 70mm²).

Die Bediengeräte (Hebel) dürfen in keiner Stellung die Bedienung angrenzender Felder beeinträchtigen oder zu Quetschgefahren führen.

Es sind je Typ mindestens 20% Reserveklemmen vorzusehen. Es sind mindestens 20% Reserve-Fernsteuerrelais vorzusehen.

Ebenso ist die separate Mitnahmefähigkeit jedes Streckenschalters bei Gerüstschlussanregung aus dem benachbarten Unterwerk vorzusehen (Knebelschalter).

2.4.3. Systembedingte Anforderungen

2.4.3.1. Verfügbarkeit

Der U-Bahnbetrieb soll 24 h/ 7 Tage pro Woche möglich sein. Somit auch eine ununterbrochene Stromversorgung mit einer möglichst hohen Verfügbarkeit von MTTF \geq 300.000h notwendig.

2.4.3.2. Normen und hausinterne Richtlinien

- Überspannungsüberwachungseinrichtung entsprechend der VDE 0115, Teil 102 u. EN 50163
- Bahnstromgleichrichter ist nach DIN EN 50328 bzw. DIN EN 50328 Berichtigung 1
- RUEA
- RUHst
- VDV 505
- VDV 520
- VDV 525

2.4.3.3. Nachhaltigkeit

Umweltbelastende Materialien oder Isolationsmedien sind nicht einzusetzen, wenn es Alternativen gibt. Die Schaltanlage soll nach dem Lebensende eine sortenreine Materialtrennung ermöglichen um eine möglichst hohe Recyclingquote zu erreichen.

Es sollen elektrische Komponenten wie Relais und Schutzschalter zum Einsatz kommen, die eine möglichst geringe elektrische Verlustleistung haben.

2.4.3.4. Safety

Eine sichere Bedienung ist gemäß aktuellen Vorschriften immer zu Gewährleisten. Dazu zählen auch Verriegelungen, die eine Fehlbedienung blockieren. Auch bei Wartungsarbeiten an in Betrieb befindlichen Anlagenteilen ist die Personensicherheit zu gewährleisten.

2.4.3.5. Security und IT Sicherheit

Die Steuerungen der Bahnstromschaltanlagen sollen, außer zum HOCHBAHN Gebäudemanagement, keine Schnittstellen zu Drittsystemen für die Instandhaltung oder Fernüberwachung besitzen.

Schutzbedarfs-Einschätzung (nach Abschnitt 3.4 „Security und IT Sicherheit“):

	Einstufung	Begründung
Vertraulichkeit	normal	Erlangen betriebsfremde Personen Steuerungs- oder Status-Informationen der Bahnstromschaltanlagen, hat dies keine Auswirkungen auf den U5-Betrieb.
Integrität	hoch	Können betriebsfremde Personen die Steuerungen der Bahnstromschaltanlagen manipulieren, kann dies Betriebseinschränkungen zur Folge haben. Auf eine „sehr hohe“ Einstufung kann verzichtet werden, da eine n-1-Redundanz vorgesehen ist.
Verfügbarkeit	normal	Aufgrund der vorgesehenen n-1-Redundanz wäre ein Ausfall bis zu 72h akzeptabel.
Sicherheitszone	Zone 2	Aufgrund der Einstufung „hoch“ für die Integrität und der notwendigen Versorgungssicherheit der angeschlossenen Anlagen müssen sich die Steuerungen der Bahnstromschaltanlagen in Räumen im internen Bereich befinden.

2.4.3.6. Brandschutz

Die baulichen Brandschutzanforderungen gemäß der vorgegebenen Brandabschnitte sind einzuhalten.

2.4.3.7. Technische Schnittstellen

Die Anbindung an die Fernwirkanlage für eine Power-SCADA-Anwendung ist zu realisieren. Anlagenzustände sollen an die jeweilige GA gemeldet werden. Ebenfalls soll die Parametrierung von Geräten aus der Ferne möglich sein.

2.5. Stromschienenschaltanlagen

2.5.1. Lebenszyklus / Planungsprozess

2.5.1.1. Planung / Ausführung HOAI

Schaltfeld: Konstruktion und Aufbau

Es sind fabrikfertige Stahlblechschränke, geeignet für Wandaufstellung oder freie Aufstellung im Schaltraum, mit den erforderlichen Seiten- und Rückwänden auszuführen.

Auf der Frontseite befindet sich eine einteilige Tür mit zwei Drehriegelverschlüssen und Schlüsselsperre. Die Angabe des Türanschlages erfolgt nach Festlegung des genauen Aufstellungsortes.

Jedes Schaltfeld erhält eine Tragekonstruktion, auf der zwei Lasttrennschalter mit Motorantrieb montiert werden können.

Oberhalb der Lichtbogenkammern der Lasttrennschalter ist ein Schutzgrad von \geq IP30 zu gewährleisten. Dabei sind die Abstände zu geerdeten Teilen zu berücksichtigen. Die Lichtbogenkammer soll innerhalb des Schaltfeldes abgenommen werden können ohne das Dach zu entfernen.

Technische Daten:

- Nennbetriebsspannung: 750 V DC
- Bemessungsisolationsspannung: 2000 V DC
- Bemessungskurzzeitstromfestigkeit: 50 kA (I_{cw})
- Schutzart: IP 30

Aufgrund der unterschiedlichen Spannungen in der Anlage, ist der Isolation besondere Beachtung zu schenken. Dabei ist die Trennung zwischen der Steuer- und Meldespannung (230 V AC/ 50 Hz) und der Fahrspannung (750 V / DC) zu beachten.

In jedem Schaltfeld befinden sich zwei baugleiche, voneinander unabhängige, einpolige Gleichstrom-Lasttrennschalter mit Motorantrieb. Folgender Gleichstrom-Lasttrennschalter ist für den Einsatz bei der HOCHBAHN zugelassen.

Wird ein anderer Schalter angeboten, muss dieser gleichwertig sein und von der HOCHBAHN zugelassen werden. Im Angebot ist anzugeben, dass dieser Typ vom Bieter eingesetzt wird:

Jeder Gleichstrom-Lasttrennschalter ist mit einem Motorantrieb 230V, 50 Hz und mit Hilfsschaltern auszurüsten:

2 Schließer, 2 Öffner, 2 Relativkontakte, 2 Absteuerungskontakte, 1 Schließer für Nothandkurbel.

Steuerfeld: Funktion

Über das Steuerfeld erfolgt die Ansteuerung der Antriebsmotoren der Lasttrennschalter. Weiterhin enthält es erforderliche Verriegelungen und Verknüpfungen der einzelnen Antriebe.

Der normale Betrieb der Schaltanlage erfolgt über das SCADA System. Über die GA (Feldebene) sind für Befehle und Meldungen potentialfreie Kontakte zur Verfügung zu stellen, die mit den Klemmen der Steuereinheit verbunden werden.

Die Befehle (EIN/AUS) werden auf Hilfsrelais, und von diesen auf die Motorsteuerschütze für EIN bzw. AUS gegeben. Die Stellungsmeldungen kommen von den Hilfskontakten der 750 V-Lasttrennschalter. Außer den Stellungsmeldungen der beiden Schalterendlagen (EIN/AUS) wird auch der Lauf der Schalterantriebswellen durch einen Hilfsschalter gemeldet. Somit ist eine Erkennung von Fehlstellungen zwischen den definierten Endlagen möglich.

Bei Einführung der Kurbel für die Handbetätigung eines Lastschalters wird die Ansteuerung des Antriebmotors durch Hilfskontakte unterbrochen, so dass der Motorantrieb zum Stehen kommt.

Alle Motor- und Steuerkreise werden über Kleinautomaten, die mit Hilfskontakten ausgestattet sind, einzeln abgesichert.

Folgende Sammelmeldungen sollen zur Zentralen Schaltwarte übertragen werden:

- Fernsteuerung EIN/AUS
- Sicherungsautomat gefallen
- Hilfsspannung fehlt, Kurbel für Handbetätigung eingeschoben
- Steuer- und Meldespannung fehlt

Steuerfeld: Konstruktion und Aufbau

Die Konstruktion des Steuerfeldes soll identisch sein mit dem unter I. beschriebenen 750 V-Schaltfeldern. Es ist daher ein Stahlblechschrank gleichen Typs mit den erforderlichen Seitenwänden und Rückwand zu verwenden.

Die Oberseite des Steuerfeldes ist geschlossen. Das Steuerfeld in folgenden Funktionseinheiten aufzuteilen:

- Steuerspannungsversorgungseinheit
- Steuereinheit
- Übergabeeinheit (Klemmenleiste)
- Kabelanschlusseinheit (Klemmenleiste)

Das Steuerfeld ist nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik (VDE, EN, UVV) betriebsfertig zu liefern, Berührungsschutz gem. DGUV Vorschrift 3 (Unfallverhütungsvorschrift " Elektrische Anlagen und Betriebsmittel") ist einzuhalten.

Die 230 V 50 Hz-Verteilung befindet sich in einem Isolierstoffgehäuse und ist zusammen mit dem Gießharz-Trenntransformator auf einer Geräteplatte montiert. Technische Anforderungen sind:

Isolierstoffgekapselte Verteilung konform zur DIN EN 61439 in Kastenbauform für Wandaufbau.

- Schutzart IP 54
- Schutzmaßnahmen Schutzisolation nach DIN EN 61439
- Bemessungsisolationsspannung AC 690 V, DIN EN 60664
- Nennspannung 400/230 V, 50 Hz
- Steuerspannung 230 V, 50 Hz
- Kastenunterteile und Deckel aus schlagfestem Polycarbonat, Deckel transparent, wenn nicht anders angegeben, mit Schnellverschlüssen.
- Einspeisung unten/oben
- Abgänge unten/oben

Im mittleren Teil des Steuerfeldes sollen sich die Übergabeklemmenleisten befinden. Die Übergabeeinheit dient als Schnittstelle zwischen der 750 V-Schaltanlage und der Fernwirkanlage der Zentralen Schaltwarte.

Sie enthält einen Umschalter (Fernsteuerung EIN/AUS) sowie alle erforderlichen Klemmen, um die ein- und ausgehenden Steuerungen und Meldungen zentral zu verbinden

2.5.1.2. Zulassung

Siehe Normen und hausinterne Richtlinien.

Der sichere Betrieb der Lasttrennschalteranlage ist nur gewährleistet, wenn der Hersteller die für die Schaltgerätekombination gültige Norm einhält und dieses auch belegt.

Die Einhaltung gültigen, allgemein anerkannten Regeln der Technik gilt als beachtet, wenn die Bedingungen der DIN EN 61439 und **DIN EN 50122 Teil 1-3 Bahnanwendung - Ortsfeste Anlagen - Elektrische Sicherheit, Erdung und Rückleitung** eingehalten werden.

Im Hinblick auf den Personen- und Anlagenschutz muss die Schaltgerätekombination mit den eingebauten Einzelkomponenten die folgenden Kriterien sicher erfüllen:

- Ordnungsgemäß gesicherte Türen, Abdeckungen usw. dürfen sich im Fehlerfall nicht öffnen
- Anlagenteile, die eine Gefährdung verursachen können, dürfen im Fehlerfall nicht wegfliegen (dieses schließt große Teile oder Teile mit scharfen Kanten, wie z.B. Sichtfenster, Entlastungsklappen, Abdeckplatten, usw. ein)
- In der äußeren Umhüllung dürfen im Fehlerfall keine Löcher entstehen oder durchbrennen

- Vertikal angebrachte Indikatoren vor der Anlage dürfen sich im Fehlerfall nicht entzünden
- Der Schutzleiterstromkreis für berührbare Teile der Umhüllung muss auch nach einem Fehlerfall noch funktionsfähig sein

2.5.1.3. Inbetriebnahme / Abnahme

Die Abnahme erfolgt durch einen TAB-Abnahmeberechtigten der HOCHBAHN und TAB.

2.5.1.4. Dokumentation

Die Dokumentation ist gemäß Ausschreibung zu erstellen. Die erforderlichen Dokumente sind der VDI 6026 zu entnehmen. Dies beinhaltet:

- Berechnungen
- Funktionsschemata
- Strangschema/Schaltplan
- Schnitte/Details
- Schnittstellen

2.5.1.5. Lebenszyklus

Die gesamte Schaltanlage ist für eine Betriebsdauer von mindestens 30 Jahren auszulegen. Dazu gehören neben den mechanischen Teilen auch die Primärtechnik sowie Sekundärtechnik.

2.5.2. Instandhaltungsanforderungen

2.5.2.1. Wartung

Die Zugänglichkeit zur Anlagenvorderseite und Anlagenseitenflächen beschränkt sich auf befugtes Personal. Alle Arbeiten sollen von der Frontseite aus möglich sein. Ein Tausch einzelner Felder soll ebenfalls mit geringem Aufwand möglich sein. Die durch Hersteller vorgegebene Wartungsarbeiten sollen mit geringem Aufwand durchführbar sein.

2.5.2.2. Vorbeugende Instandhaltung

Für die vorbeugende Instandhaltung sind alle Meldungen und verfügbaren Messwerte der Schaltanlage mit Zeit- und Datumstempel zu protokollieren. Verschleiß und Abnutzung soll registriert werden und ferngemeldet werden.

2.5.2.3. Konkrete Vorgaben

Die Aufstellung der 750 V-Schaltfelder einschließlich des Steuerfeldes erfolgt auf einem zweiteiligen feuerverzinkten Grundrahmen aus Profil-Stahl, der durch Kunststoffwinkel und mindestens

6 mm starken Isolierstoffstreifen zum Bauwerk zu isolieren ist.

Der Grundrahmen und die Schaltanlage sind mit einem Grund und Deckanstrich, **Farbton orange (RAL 2000)** zu versehen.

Für die Messung des Potentialunterschiedes zwischen Bahnerde und Wassererde (BE/WE) wird ein Hochspannungstrenner der Firma Knick benötigt.

Das Austauschen eines Lasttrennschalter muss von der Frontseite aus möglich sein. Dazu gehört auch das Lösen von Erdungsverbindungen.

2.5.3. Systembedingte Anforderungen

2.5.3.1. Verfügbarkeit

Der U-Bahnbetrieb soll 24 h/ 7 Tage pro Woche möglich sein. Somit auch eine ununterbrochene Stromversorgung mit einer möglichst hohen Verfügbarkeit von $MTTF \geq 300.000h$ notwendig.

2.5.3.2. Normen und hausinterne Richtlinien

- Schaltgerätekombination gültige Norm
- Einhaltung der DIN EN 61439 und **DIN EN 50122 Teil 1-3 Bahnanwendung**
- Bestimmungen für Trennschalter: EN 50123, VDE 0115, EN 50124
- RUEA
- RUHst

2.5.3.3. Nachhaltigkeit

Umweltbelastende Materialien oder Isolationsmedien sind nicht einzusetzen, wenn es Alternativen gibt. Die Schaltanlage soll nach dem Lebensende eine sortenreine Materialtrennung ermöglichen um eine möglichst hohe Recyclingquote zu erreichen.

Es sollen elektrische Komponenten wie Relais und Schutzschalter zum Einsatz kommen, die eine möglichst geringe elektrische Verlustleistung haben.

2.5.3.4. Safety

Eine sichere Bedienung ist gemäß aktuellen Vorschriften immer zu Gewährleisten. Dazu zählen auch Verriegelungen, die eine Fehlbedienung blockieren. Auch bei Wartungsarbeiten an in Betrieb befindlichen Anlagenteilen ist die Personensicherheit zu gewährleisten.

2.5.3.5. Security und IT Sicherheit

Die Steuerungen der Stromschienenschaltanlagen sollen, außer zum HOCHBAHN Gebäudemanagement, keine Schnittstellen zu Drittsystemen für die Instandhaltung oder Fernüberwachung besitzen.

Schutzbedarfs-Einschätzung (nach Abschnitt 3.4 „Security und IT Sicherheit“):

	Einstufung	Begründung
Vertraulichkeit	normal	Erlangen betriebsfremde Personen Steuerungs- oder Status-Informationen der Stromschienenschaltanlagen, hat dies keine Auswirkungen auf den U5-Betrieb.
Integrität	hoch	Können betriebsfremde Personen die Steuerungen der Stromschienenschaltanlagen manipulieren, kann dies Betriebseinschränkungen zur Folge haben. Eine Gefahr für Leib und Leben entsteht aufgrund vorhandener Sicherheitsregeln nicht (z.B. Kurzschließer im Gleis setzen).
Verfügbarkeit	normal	Ein Ausfall der Stromschienenschaltanlagen bis zu 72h wäre akzeptabel, da ein Normalbetrieb uneingeschränkt aufrechterhalten werden kann.

Sicherheitszone	Zone 2	Aufgrund der Einstufung „hoch“ für die Integrität sollen sich die Steuerungen der Stromschienenschaltanlagen in Räumen im internen Bereich befinden.
------------------------	--------	--

2.5.3.6. Brandschutz

Die baulichen Brandschutzanforderungen gemäß der vorgegebenen Brandabschnitte sind einzuhalten.

2.5.3.7. Technische Schnittstellen

Die Anbindung an die Fernwirkanlage für eine Power-SCADA-Anwendung ist zu realisieren. Anlagenzustände sollen an die jeweilige GA gemeldet werden. Konkrete Vorgaben.

2.6. Unterwerks-NS-Anlage Material + 24V DC, Ladegleichrichter

Keine Besonderen Hinweisen zu beachten.

2.7. Niederspannungsschaltanlagen

2.7.1. Lebenszyklus / Planungsprozess

2.7.1.1. Planung / Ausführung HOAI

Haupt-, Hilfs- und Ersatzspeisung

Als Haupteinspeisung dient ein Anschluss an das HOCHBAHN-Mittelspannungsnetz gem. RUEA 5. Der Hauptanschluss muss alle vorhandenen Verbraucher uneingeschränkt versorgen und über Reserven verfügen. U. a. sind die Arbeitssteckdosen (als Schienensystem ausgeführt), Aufzüge und Fahrtreppen an der Haupteinspeisung, Gr. II angeschlossen.

Bei Ausfall der Haupteinspeisung erfolgt eine selbsttätige Umschaltung auf die Hilfeinspeisung. Als Hilfeinspeisung dient in der Regel ein VNB-Hausanschluss 0,4 kV gem. RUEA 7.2. Aus wirtschaftlichen Gründen ist die Leistung begrenzt. Von der Hilfeinspeisung weiterversorgt werden müssen alle für die sichere Durchführung des Betriebes erforderlichen Verbraucher.

Bei Ausfall der Haupt- und Hilfeinspeisung wird selbsttätig die Ersatzspeisung eingeschaltet. Diese muss alle für den auslaufenden Betrieb und die sichere Evakuierung der Fahrgäste erforderlichen Einrichtungen für eine ausreichende Zeit weiterversorgen. Als Ersatzspeisung dienen batteriegespeiste Wechselrichteranlagen.

Haupteinspeisung

Die Haupteinspeisung des Abschnitts Tunnel / Trog mit Kaverne und Notausstieg erfolgt aus den jeweiligen angrenzenden Haltestellen je zur Hälfte. Die Versorgungsgrenze liegt ca. auf halber Strecke.

Hilfeinspeisung

Die Hilfeinspeisung des Abschnitts Tunnel / Trog mit Kaverne und Notausstieg wird aus einem

Niederspannungs-Hausanschluss 400V des Versorgungsnetzbetreibers an der Kaverne gespeist.

Der Niederspannungs-Hausanschluss versorgt die Hilfeinspeisung über eine Zähleranlage und einen Iso-Trafo 400V / 400V.

Ersatzeinspeisung

Die Ersatzeinspeisung des Abschnitts Tunnel / Trog mit Kaverne und Notausstieg erfolgt aus den jeweiligen angrenzenden Haltestellen. Die Versorgungsgrenze liegt ca. auf halber Strecke.

Niederspannungs-Schaltanlagen

Die Haupt-, Licht-, und Kraftverteilungen sind in die Gruppen I und II unterteilt. Beide Gruppen werden von der Haupteinspeisung aus dem Mittelspannungsnetz der HOCHBAHN versorgt. Bei Ausfall der Haupteinspeisung wird von einer Hilfseinspeisung aus dem VNB-Netz nur noch die Gruppe I eingespeist.

Zur Gruppe I gehören betriebswichtige Verbraucher gemäß RUEA 7.

Alle anderen Verbraucher (Gruppe II) werden bei Ausfall der Haupteinspeisung abgeschaltet.

Die Verteilungen sind in die Gruppen I und II entsprechend RUEA 7 zu unterteilen, die einzeln von der Hauptverteilung eingespeist werden.

Alle Verteilungen sind so aufzubauen, dass die gruppenweise Freischaltung der Verbraucher einschließlich der Steuerkreise über das SCADA System und vor Ort möglich ist, ohne die Gesamtanlage freischalten zu müssen.

Die Schaltanlagen werden vorzugsweise als Isolierstoff-Wandverteilungen in Schutzklasse II (SK II) ausgeführt.

Die Verteilungen sind in Räumen für elektrische Anlagen oder in abgeschlossenen Wandnischen unterzubringen.

Jede Haltestelle ist mit Steuer- und Meldeeinrichtungen auszurüsten. Die Übergabeeinheiten sollen in der Nähe der zugehörigen Verteilungen angeordnet werden. Die Steuer- und Meldetechnik ist Leistungsumfang der Gebäudeautomation.

Niederspannungsinstallationsanlagen

Grundsätzlich sind Kabel und Leitungen mit Kunststoffaußenisolierung, halogenfrei und gemäß der europäischen Bauproduktenverordnung zu verwenden und folgende Anforderungen

aufweisen: B2 s1 d1 a1.

Damit ist gewährleistet, dass erhöhte Anforderungen im Brandfall eingehalten werden. Kabel für die Sicherheitsbeleuchtung müssen im Brandfall mindestens 30 Minuten funktionsfähig bleiben.

Die Kabel werden verlegt:

- Im Fahrgastbereich, in Verkaufsstätten und in Räumen, die für den Aufenthalt von Personen bestimmt sind, unter Putz; bei abgehängten Decken auf Kabelwannen oder in halogenfreien Kunststoffrohren. In allen übrigen Räumen auf Putz. Soweit erforderlich, in Kabelrohren, in Kabelkanälen oder auf Kabelhaltern.
- Im Bereich der Gleisanlagen erfolgt die Kabelverlegung überwiegend in Kabelwannen im Bereich des Rettungswegs bzw. in Betonkanälen.

Bei Durchdringungen von Brandwänden oder Decken werden Brandschottungen S90 für Kabel und Leitungen eingebaut.

Teil B107 Elektrische Anlagen, Energieanlagen

Maschinelle Verbraucher werden an Unterverteilungen in isolierstoffgekapselter Ausführung Schutzklasse II (SK II) angeschlossen. Alle sonstigen elektrischen Bauteile sind möglichst in Schutzklasse II auszuführen.

Bei Verwendung von Bauteilen in Schutzklasse I, muss ein Potentialausgleich mit mindestens 16 mm² realisiert werden. Es werden halogenfreie Kunststoffkabel verwendet, die an gefährdeten Stellen zusätzlich durch Kunststoffrohre geschützt werden.

Alle Anlagenteile werden ausreichend und übersichtlich gekennzeichnet.

Jeder Betriebs- und Nebenraum erhält Steckdosen nach Bedarf, jedoch mindestens eine. In Wertmarkenverkaufsräumen sind zusätzliche, an getrennten Stromkreisen liegende Steckdosen vorzusehen. In Sozialräumen sind Steckdosen nach Bedarf einzubauen.

Frostgefährdete Rohrleitungen und Einläufe werden mit einer elektrischen Begleitheizung versehen. Nach Einbau der Begleitheizung durch das Gewerk Sanitär wird eine Wärmedämmung aufgebracht. Die Anschlussstellen der Heizkabel werden gut zugänglich sein. Die Unterverteilung für die Begleitheizung ist gut zugänglich an zentraler Stelle durch das Gewerk Elektrotechnik anzuordnen. Sie erhält zusätzlich zu den erforderlichen Schaltgeräten Wahlschalter Hand/Automatik, Kontrolllampen für Betrieb und Störung für jeden Heizkreis, Amperemeter mit Sollwertmarkierung für jeden Heizkreis.

Die Meldungen werden über potentialfreie Kontakte an die übergeordnete Steuer- und Meldetechnik weitergeleitet.

Für die zentralen Steuerungen von Aufzügen, Fahrtreppen, Türen u. dgl. werden die Stromkreiszuleitungen bis zum Netzanschluss verlegt. Die Systemverkabelung der Anlagen ist Bestandteil der jeweiligen Anlage.

Technische Betriebsräume und Nebenräumen

In technischen Betriebsräumen und Nebenräumen sind Leuchten in LED-Technik anzubringen, die zu gleichen Teilen an die Gruppen I und II angeschlossen werden. In Räumen, die für den Aufenthalt von Personen bestimmt sind, können auch abgedeckte Leuchten verwendet werden.

Kabel und Leitungen

Kabel müssen halogenfrei sein und entsprechend der europäischen Bauproduktenverordnung folgende Anforderungen aufweisen:

- B2 s1 d1 a1

Bei der Dimensionierung der Kabelkanäle ist eine Platzreserve von ca. 30% zu berücksichtigen; **eine "freie Kabelrückwandverdrahtung" ist nicht zulässig**. Die farbige Verdrahtung der Steuerleitungen hat nach Vorgabe der HOCHBAHN zu erfolgen. Alle Sammelschienen, Kabel und Verbindungsleitungen sind in Kupfer auszuführen.

Es sind für spätere Umverdrahtungen **20% Klemmen- und Platzreserven** vorzusehen.

Je nach Ausführung sind Anschlussfertige, isolierstoffgekapselte oder Stahlblech-Niederspannungs-Schaltanlagen in Kastenbauform als Energie-Schaltgerätekombination (PSC) nach DIN EN 61 439 Teil 1 und Teil 2 zu liefern. Bei isolierstoffgekapselten Ausführungen sind diese in Schutzklasse II anschlussfertig für Wandaufbau liefern.

Geeignet für Innenräume und die geschützte Installation im Freien nach DIN VDE 0100, Teil 737.

Kastenunterteile und -deckel aus schlagfestem Polycarbonat, halogen- und silikonfrei, **Farbe RAL 7035**, modularer Aufbau im Grundraster von 150mm, Deckel transparent mit Schnellverschlüssen für Werkzeugbetätigung. Brennverhalten gem. DIN VDE 0471 Teil 2 Glühdrahtprüfung 960°C.

Maximale Wasseraufnahme von 10mg nach DIN 53473. Der N-Leiter ist in gleicher Stromtragfähigkeit wie die Außenleiter als EMV konformes TN-S System nach DIN VDE 0100 Teil 540 auszuführen.

Der N-Leiter ist im Bereich der Außenleiter zu führen und im gesamten Verlauf gegenüber allen leitfähigen Teilen isoliert zu verlegen.

Die zugehörigen N-Leiterklemmen müssen im Anschlussbereich der Außenleiterkabel angeordnet sein.

Die Ausführung und die Kennzeichnungen der Haupt- Sammelschienen ist wie folgt: L1, L2, L3, N und PE.

Die Leiter von Verteilerschienen sind ebenfalls mit L1, L2, L3, N und PE zu kennzeichnen.

Der PEN-Leiter des Einspeisestromkreises ist in gleicher Stromtragfähigkeit wie die Außenleiter auszuführen.

Hergestellt aus werksmäßig vormontierten, typgeprüften Komplettgehäusen oder Schaltschränken, mit entsprechenden Zubehörteilen. Bestückung mit fest eingebauten und verdrahteten Betriebsmitteln.

Für alle Zu- und Ableitungen ist ein Anschlussystem in der Form vorzusehen, dass für jeden Leiter der Abgangs- bzw. Zugangskabel ein separater Klemmpunkt vorgesehen wird.

Vorbeschriebene Schaltanlage komplett zusammengebaut und anschlussfertig auf Reihenklemmen, N-Trennklemmen und Schutzleiterklemmen verdrahtet, einschl. Flansche und Leitungseinführungsstutzen.

Die Schaltanlage ist, je nach ihrer Größe, auf einem Tragegestell oder auf Montageschienen zu liefern. Als Kabelabfangschiene ist eine C-Schiene gem. EN 50 024 C40, Profil A8, einzusetzen.

Um die elektrischen Übertragungsverluste zu reduzieren, ist nach Möglichkeit der nächstgrößere Querschnitt zu wählen, als technisch notwendig.

2.7.1.2. Zulassung

Siehe Normen und hausinterne Richtlinien.

Das Protokoll der Stückprüfung ist Bestandteil der Dokumentation und muss zur Abnahme vorliegen.

2.7.1.3. Inbetriebnahme / Abnahme

Die Abnahme erfolgt durch einen TAB-Abnahmeberechtigten der HOCHBAHN und TAB.

2.7.1.4. Dokumentation

Die Dokumentation ist gemäß Ausschreibung zu erstellen. Die erforderlichen Dokumente sind der VDI 6026 zu entnehmen. Dies beinhaltet:

- Berechnungen
- Funktionsschemata
- Strangschema/Schaltplan
- Schnitte/Details
- Schnittstellen

2.7.1.5. Lebenszyklus

Die gesamte Schaltanlage ist für eine Betriebsdauer von mindestens 30 Jahren auszulegen. Dazu gehören neben den mechanischen Teilen auch die Primärtechnik sowie Sekundärtechnik wie SPS oder andere Steuerungen.

2.7.1.6. Mess- und Zählerkonzept

Mit Blick auf die deutlich gestiegen gesetzlichen Anforderungen wie z.B. dem EEG-Gesetz, Stromsteuer etc. ist ein Zählerkonzept für jede Örtlichkeit zu erstellen. Dieses in einem Gesamtkonzept Messung und Zählung zu integrieren, Es ist in Haltestelle, Strecke und Unterwerke zu untergliedern.

Das Konzept und deren Umsetzung hat auf die Struktur und die Anzahl von Niederspannungsverteilungen, Stromkreisen und Zähleinrichtungen sowie der Zuordnung von Verbrauchern Auswirkungen und ist in der Planung zu berücksichtigen. In Abbildung 3: Konzept elektrische Messstellen Haltestellen und Abbildung 4: Konzept elektrische Messstellen Unterwerke sind die zu erfassenden Anlagen und Verteilungen aufgeführt.

U-Bahn-Haltestellen

Verbraucher	geeichte Messung	Grundlage			
		EEG	StromSt	Transp.	Sonst.
Gesamtverbr. Gr. I + Gr. II	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
öffentl. Beleuchtung ges.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Beleucht. fahrk.-pfl. Ber.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Tunnelbeleuchtung	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Gleisfeldbeleuchtung	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Weichenheizung	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Abbildung 3: Konzept elektrische Messstellen Haltestellen

Unterwerke

Verbraucher	geeichte Messung	Grundlage			
		EEG	StromSt	Transp.	Sonst.
Eigenbedarf Uk	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Heizung Uk	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Abbildung 4: Konzept elektrische Messstellen Unterwerke

2.7.2. Instandhaltungsanforderungen

2.7.2.1. Wartung

Die Zugänglichkeit zur Anlagenvorderseite und Anlagenseitenflächen beschränkt sich auf befugtes Personal. Alle Arbeiten sollen von der Frontseite aus möglich sein. Ein Tausch von Komponenten soll ebenfalls mit geringem Aufwand möglich sein. Die durch Hersteller vorgegebene Wartungsarbeiten sollen mit geringem Aufwand durchführbar sein.

2.7.2.2. Vorbeugende Instandhaltung

Für die vorbeugende Instandhaltung sind alle Meldungen und verfügbaren Messwerte der Schaltanlage mit Zeit- und Datumsstempel zu protokollieren. Verschleiß und Abnutzung soll registriert und ferngemeldet werden.

2.7.2.3. Konkrete Vorgaben

Anordnung der Anschlussklemmen leicht zugänglich vorne / unten mit ausreichendem Kabelanschlussraum.

Für die Kabelbefestigung an der Kabelzuführung sind Schellen mit Gegenwannen zu verwenden.

Um die Freischaltung der Anlage bei Störungen und für die Instandhaltung ohne Unterbrechung der Verbrauchernetze zu ermöglichen, ist für jede USV eine Handumgehung, sowie zusätzlich eine externe Handumgehung vorzusehen. Mit der, zusätzlich zur internen Handumgehung vorgesehenen, phasengleichen externen Handumgehung muss eine, für die Versorgung der Verbraucher unterbrechungslose, Freischaltung der gesamten Anlage für gefahrlose Reinigung, Wartung usw. möglich sein. Interne und externe Handumgehung müssen gegen Fehlbedienung gesichert/ verriegelt sein. Die externe Handumgehung im Verbraucherfeld muss abschließbar sein.

2.7.3. Systembedingte Anforderungen

2.7.3.1. Verfügbarkeit

Der U-Bahnbetrieb soll 24 h/ 7 Tage pro Woche möglich sein. Somit auch eine ununterbrochene Stromversorgung mit einer möglichst hohen Verfügbarkeit von $MTTF \geq 300.000h$ notwendig.

2.7.3.2. Normen und hausinterne Richtlinien

- RUHst für die Haltestellen
- RUT für die Trassierung
- RUR für die Regelquerschnitte
- RUEA für elektrische Anlagen
- DIN EN 61 439 Teil 1 und Teil
- DIN VDE 0100, Teil 737
- Brennverhalten gem. DIN VDE 0471 Teil 2
- Maximale Wasseraufnahme nach DIN 53473
- DIN VDE 0100 Teil 540 auszuführen.

2.7.3.3. Nachhaltigkeit

Umweltbelastende Materialien oder Isolationsmedien sind nicht einzusetzen, wenn es Alternativen gibt. Die Schaltanlage soll nach dem Lebensende eine sortenreine Materialtrennung ermöglichen um eine möglichst hohe Recyclingquote zu erreichen.

Es sollen elektrische Komponenten wie Relais und Schutzschalter zum Einsatz kommen, die eine möglichst geringe elektrische Verlustleistung haben.

2.7.3.4. Safety

Eine sichere Bedienung ist gemäß aktuellen Vorschriften immer zu Gewährleisten. Dazu zählen auch Verriegelungen, die eine Fehlbedienung blockieren. Auch bei Wartungsarbeiten an in Betrieb befindlichen Anlagenteilen ist die Personensicherheit zu gewährleisten.

2.7.3.5. Security und IT Sicherheit

Die Systeme sollen, außer zum HOCHBAHN Gebäudemanagement, keine Schnittstellen zu Drittsystemen für die Instandhaltung oder Fernüberwachung besitzen.

Schutzbedarfs-Einschätzung (nach Abschnitt 3.4 „Security und IT Sicherheit“):

	Einstufung	Begründung
Vertraulichkeit	normal	Erlangen betriebsfremde Personen Steuerungs- oder Status-Informationen der Systeme, hat dies keine Auswirkungen auf den U5-Betrieb.
Integrität	hoch	Können betriebsfremde Personen die Steuerungen manipulieren, kann dies Betriebseinschränkungen zur Folge haben. Auf eine „sehr hohe“ Einstufung kann verzichtet werden, da eine funktionale Redundanz vorgesehen ist.
Verfügbarkeit	normal	Aufgrund der vorgesehenen funktionalen Redundanz wäre ein Ausfall bis zu 72h akzeptabel.
Sicherheitszone	Zone 1	Die Steuerungen sollten sich in einem kontrollierten Bereich befinden oder alternativ im öffentlichen Bereich entsprechend vor Zugriff abgesichert sein.

2.7.3.6. Brandschutz

Die baulichen Brandschutzanforderungen gemäß der vorgegebenen Brandabschnitte sind einzuhalten.

2.7.3.7. Technische Schnittstellen

Die Anbindung an die Fernwirkanlage für eine Power-SCADA-Anwendung ist zu realisieren. Anlagenzustände sollen an die jeweilige GA gemeldet werden. Ebenfalls soll die Parametrierung von Geräten aus der Ferne möglich sein.

2.7.3.8. Konkrete Vorgaben

Für Installationsarbeiten in Verwaltungsgebäuden und U-Bahn Bereich gilt in bestimmten Bereichen die Leitungsanlagen-Richtlinie (LAR); Fassung November 2006, dieses ist vorher mit der Bauleitung abzustimmen.

Die Netzform ist ein TN-C-S-Netz.

Bei Arbeiten in den Technikräumen der HOCHBAHN ist die Dienstanweisung UI 2 011-00 "Verhalten in Technikräumen mit elektronischen / elektrischen Anlagen" und die Dienstanweisung TB/TI 5 005-02 "Arbeiten in TIE-Betriebsräumen" unbedingt einzuhalten.

Bei Bauarbeiten mit Staub- und Rauchentwicklung kann es in unterirdischen Anlagen zur Fehlauslösung von automatischen Brandmeldern und Feuerwehralarmen kommen. Deshalb ist mit der HOCHBAHN rechtzeitig abzustimmen, welche Meldeeinrichtungen abgeschaltet werden, wenn Arbeiten mit Staub- und Rauchentwicklung ausgeführt werden müssen (TI-Dienstanweisung UI 1 015-00).

2.8. Stahlbau GR und Trafoschienen

Keine Besonderen Hinweisen zu beachten.

2.9. Unterwerk Kabelanschlüsse und Kleinmaterial

Keine Besonderen Hinweisen zu beachten.

2.10. Wechselrichter

2.10.1. Lebenszyklus / Planungsprozess

2.10.1.1. Planung / Ausführung HOAI

Eine Versorgungsunterbrechung ist nicht zulässig. Die Anlagen müssen gemäß EN 62040-3 die Klasse VFI-SS-111 erfüllen. Überbrückungszeit bei Netzausfall, bei Weiterversorgung aller Verbraucher: 3h.

Das zeitliche Lastprofil sieht jedoch Versorgungszeiten zwischen 30min. (Bahnsteigtüren) bis 3h (Systemtechnikraum) vor.

Gemäß den Vorschriften der BOStrab übernehmen die Anlagen folgende Funktionen:

- Leit- und Zugsicherung,
- Kommunikationstechnik
- Streckenprozessrechner,
- Sicherheitsbeleuchtung und Tunnelbeleuchtung mit zulässiger Versorgungsunterbrechung: <0,5 s und
- Überbrückungszeit bei Netzausfall: 3 h.

Der Einbau der Wechselrichter-Anlagen oder USV-Anlagen erfolgt in den dafür vorgesehenen Schalträume.

Für Erdung und Potentialausgleich aller Anlagenteile der USV - Anlagen ist je eine Erdungssammelschiene mit einer ausreichenden Anzahl von Anschlüssen für 1x50 qmm auszuführen. An der PA-Schiene sind Anschlüsse herzustellen für die Zuleitung der Haupt-Erdsammelschiene, Grundrahmen, Schränke, PEN-Schiene Wechselrichterfeld, Batterie-Minus.

- Betriebsart: 'DB' nach DIN VDE 0558 Teil 1 (Dauerbetrieb)
- Zulässige Umgebungstemperatur: 0 Grad C bis +40 Grad C
- Kühlungsart: 'S' nach DIN 41751 (Luftselbstkühlung)
- Elektromagnetische Verträglichkeit:
 - Störfestigkeit nach EN 50082-2

Teil B107 Elektrische Anlagen, Energieanlagen

- Störaussendung nach EN 50081-2
- Geräuschpegel gem. EN 50091 bei Nennbetrieb
- Nennspannung: 400 / 230 V, 50 Hz
- Steuerspannung: 230 V, 50 Hz
- Zwischenkreisspannung: 220 V Gs

Gleichrichter, Wechselrichter, dazugehörige Schaltgeräte und sonstige Komponenten sind einzubauen in Stahlblechschränke mit vorderseitiger Tür, geeignet für Wandaufstellung oder freie Aufstellung im Schaltraum, mit den erforderlichen Seitenwänden und Rückwänden. Die Angabe des Türanschlages erfolgt nach Festlegung des genauen Aufstellungsortes.

(Industrierausführung). Höhe (ca. 2000mm) und Tiefe (ca. 800mm) der Einzelschränke müssen übereinstimmen.

Die Breite der Einzelschränke darf max. 1200 mm betragen, aufgrund der für die Einbringung maßgeblichen Platzverhältnisse.

Die geforderte Schutzart für die Schaltschränke ist IP 43, bei Luftselbstkühlung der Geräte ggf. IP20.

Farbanstrich der Schränke: **purpurrot; RAL 3004.**

Die Schränke sind mit Schwingmetallen isoliert zum Bauwerk auf einem mitzuliefernden, feuerverzinkten und in der Anlagenfarbe gestrichenen Grundrahmen aus U-Stahl 100 mm aufzustellen.

Kühlart: Luftselbstkühlung.

Bei den Wechselrichtern ist Fremdkühlung mit Ventilatoren mit Redundanz zulässig, bei Störungen muss eine Meldung erfolgen.

Die Einspeisung der WR bzw. USV-Anlagen erfolgt mit 5-Ader-Kabel (L1, L2, L3, PE, N), ebenso die Einspeisung des Verbraucherabgangsfeldes aus den WR- bzw. USV-Anlagen und der Niederspannungsverteilung der HOCHBAHN (externe Handumgehung). In den WR- bzw. USV-Schränken ist deshalb schon die Herstellung der HOCHBAHN-Netzform durchzuführen. Dafür ist mit dem Wechselrichter-N und dem N der Einspeisung des Gleichrichters eine Brücke zu bilden und den gemeinsamen N für den Abgang zum Verbraucherfeld zu nutzen. N und PE der Netzumgehung sind auch auf diese Klemmen zu führen.

Es sind Trenntrafos zur Potentialtrennung am Gleichrichtereingang und am Wechselrichterausgang vorzusehen.

Gesamtaufbau und Funktion der Anlagen Energieversorgung auf den Haltestellen

Jede Anlage besteht als parallel redundantes System aus:

2 getrennten USV-Anlagen, USV 1 und USV 2, bestehend aus je:

- 1 Gleichrichter, 1 Wechselrichter mit statischem und manuellem Bypass, jeweils in getrennten
- Schränken in Industrierausführung,
- 1 separaten Verbraucherabgangsverteilung, isolierstoffgekapselte Verteilung als Iso-Verteilersystem in Schutzklasse II, Kastenbauform als Wandverteiler, auf einem verzinkten Stahlrahmen montiert, z.B. Fabrikat Hensel.

Die Anlagen sind auszuführen als kundenspezifische Anlagen mit Einzelgeräten in Industrierausführung (Gleichrichter, Wechselrichter und Verbraucherabgänge jeweils in separaten Schränken / Verteilungen

Teil B107 Elektrische Anlagen, Energieanlagen

aufgebaut), Zwischenkreisspannung ausschließlich 220V GS, mit Trenntrafos mit getrennten Wicklungen im Eingang des Gleichrichters und am Ausgang des Wechselrichters. Kompaktversionen mit anderen Zwischenkreisspannungen und ohne Trenntransformatoren sind nicht auszuführen.

Die einzelne USV 1 oder 2 muss für Reinigung und Wartung freischaltbar sein. Der Betrieb muss auch bei Freischaltung oder Ausfall einer USV möglich sein. Eine Versorgungsunterbrechung ist nicht zulässig.

Überbrückungszeit durch die geteilte Batterie bei Netzausfall: $2 \times 1,5\text{h} = 3\text{h}$.

Die Batterien 1 und 2 müssen nach einer Entladung von 75% C₁₀ (auf eine Restkapazität von 25 %) innerhalb von 6 h bei voller Verbraucherlast durch eine Teilanlage alleine (USV 1 oder USV 2) wieder auf 80 % entnehmbare Kapazität aufgeladen werden können. Dies ist rechnerisch nachzuweisen.

Die Anlage wird aus der Niederspannungshauptverteilung jeweiligen Haltestelle wie folgt eingespeist:

- GR1 aus der Gruppe I der NSHV,
- GR2 aus der Gruppe II der NSHV,
- Bypässe und externe Handumgehung des Verbraucherabgangsfeldes aus der Gruppe I der NSHV.

Über die Gleichrichter wird der Gleichstromzwischenkreis versorgt, an den die Wechselrichter und die Batterie angeschlossen sind. Im Normalbetrieb sind die beiden Teilbatterien zu einer Gesamt-Batterie gekuppelt.

Die USV-Anlagen 1 und 2 teilen sich die Verbraucherlast gleichmäßig auf. Maximal müssen beide USV-Anlagen im Parallelbetrieb eine Verbraucherlast bis zur Höhe der Summe ihrer Nennleistungen versorgen können.

Bei Netzausfall werden die folgenden angeschlossenen Verbraucher über Batterie und Wechselrichter unterbrechungslos weiterversorgt:

- Leit- und Zugsicherung,
- Kommunikationstechnik
- Streckenprozessrechner,
- Weichenantriebe,
- Fahrgastinformation und Fahrgastlenkung,
- Bahnsteigtüren
- Sicherheitsbeleuchtung und Tunnelbeleuchtung,
- Steuer- und Meldetechnik des SCADA Systems.
- Steuerspannungen der Schaltanlagen 10 kV, 750 V, VNB-Schalter.

Geht eine USV in Störung, so muss die andere USV die volle Verbraucherlast bis zur Höhe der Nennleistung einer Anlage übernehmen. Geht auch die zweite USV in Störung, Überlast, oder wird ausgeschaltet, so muss über Bypass unterbrechungslos weiterversorgt werden. Nach Wegfall der Störung muss wieder unterbrechungsfrei zurückgeschaltet werden.

Gleich- und Wechselrichter sind mit Trenntransformatoren zur Potentialtrennung auszurüsten.

Auf den Fronttüren der Schränke sind Bedien- und Anzeigergeräte vorzusehen. Mit ihnen muss sich die Anlage bedienen und der Betriebszustand eindeutig erkennen lassen.

Gleichrichter

Energieversorgung auf den Haltestellen **mit** Systemtechnikraum.

Die Eingangsspannung beträgt 3 x 400 V / N / PE / 50 Hz.

Die Spannungs- und Frequenzabweichungen des Netzes gemäß Leistungsverzeichnis müssen ohne Einschränkungen des Betriebes vertragen werden können.

Ausführung mit Einschaltstrombegrenzung / Hochlaufstufe, mit geneigter Kennlinie zur Erzielung etwa gleicher Lastaufteilung bei parallelgeschalteten Geräten.

Die Gleichrichter sind am Eingang mit je einem Trenntransformator mit getrennten Wicklungen auszurüsten.

Die Transformatoren der jeweils parallelgeschalteten Gleichrichter sind zur Reduzierung der Netzurückwirkungen wie folgt auszuführen:

- Gleichrichter 1 Schaltgruppe YY
- Gleichrichter 2 Schaltgruppe DY 11

Der Leistungsteil ist in vollgesteuerter Drehstrombrückenschaltung in netzurückwirkungsarmer Schaltung auszuführen. Die Netzurückwirkungen müssen innerhalb der in VDE 0160 angegebenen Grenzen bleiben.

Die Gleichrichter sind mit Glättungseinrichtungen auszurüsten, um die Wechselstrombelastung der Batterie auf die vom Batterie-Hersteller angegebenen Grenzwerte bzw. gemäß VDE 510 zu begrenzen.

Die Gleichrichter sind für die Ladung von Bleibatterien mit IU-Kennlinie nach DIN 41773 auszulegen und sollen die Batterie nach Netzwiederkehr automatisch aufladen und danach den Ladezustand erhalten.

Nach einer Entladung von 75 % C10 (auf eine Restkapazität von 25%) sollen die Batterien 1 und 2 vom Gleichrichter einer Teilanlage alleine (USV 1 oder 2) unter voller Verbraucherlast in sechs Stunden wieder auf 80 % entnehmbare Kapazität aufgeladen werden.

Der Gleichrichter muss somit den entsprechenden Ladestrom der Batterie und gleichzeitig den Nennleichstrom des Wechselrichters liefern können.

Folgende Ladespannungen sind einzuhalten:

- Ladung: $U = 2,4 \text{ V} / \text{Zelle} = 264 \text{ V}$
- Erhaltungsladung: $U = 2,23 \text{ V} / \text{Zelle} = 245 \text{ V}$
- Ausgleichsladung in besonderen Fällen
- (von Hand einschaltbar) $U = 2,63 \text{ V} / \text{Zelle} = 290 \text{ V}$

Es ist je eine Erdschlussüberwachung für beide Teilbatterien vorzusehen, Isolationsüberwachung Fabr. Bender, A-Isometer Typ IRDH 275 oder gleichwertig.

Wechselrichter

Die Wahl der Typenleistungen muss gemäß den geforderten Leistungen und dem geforderten Kurzschlussverhalten erfolgen.

Die Wechselrichter müssen mit je einem Trenntransformator zur Potentialtrennung ausgerüstet werden.

Teil B107 Elektrische Anlagen, Energieanlagen

Die Ausgangsspannung ist sinusförmig. Der Oberschwingungsgehalt (Klirrfaktor) muss bei linearer Last < 3 % betragen.

Durch die Netzteile der systemtechnischen Komponenten der Systemtechnik GOA4 sind überwiegend kapazitive Lasten zu erwarten.

Es ist sicherzustellen, dass alle Rückwirkungen nicht linearer Verbraucher keinen unzulässigen Einfluss auf die Ausgangsspannung haben.

Abweichungen von der Ausgangsspannung von 400 / 230 V AC:

- +/- 1% statisch
- +/- 4% bei 100% Laststoss
- Regelzeit < 25 ms
- Ausgangsfrequenz 50 Hz +/- 1%
- Überlastvermögen: 125 % für 10 Minuten
- 150 % für 1 Minute

Für das Laden/Entladen der Kondensatoren auf der GS-Seite der Wechselrichter ist im Schrank hinter der Tür ein zusätzliches paralleles Voltmeter einzubauen.

Ein Ausgangskurzschluss darf nicht zur Zerstörung der Anlage oder einzelner Bauteile führen.

Gefordert werden die Betriebsarten:

- USV-Betrieb (2 als Normalbetrieb)
- Mitlaufbetrieb über den Bypass / EUE
- Weitere Betriebsmöglichkeiten über Bypass oder Handumgehungen wie bereits beschrieben

Der Wechselrichter erhält eine Elektronische Umschalteneinrichtung / Bypass (EUE).

Die Umschalteneinrichtung besteht aus einem Thyristorschalter zur unterbrechungsfreien Umschaltung und der erforderlichen Steuerelektronik.

Service- und Montagearbeiten an Wechselrichter und EUE müssen möglich sein, ohne die Versorgung der Verbraucher zu beeinträchtigen. Dafür sind Schaltgeräte zum Freischalten des Wechselrichters und für die Handumgehung (gegen Fehlbedienung verriegelt / gesichert) vorzusehen.

Die Umschaltung auf die Handumgehung und das Zurückschalten muss unterbrechungsfrei (USV-Betrieb) ablaufen.

Kurzschlussverhalten:

- Kurzschlussfest, Kurzschlussstrom $(3-4) \times I_{\text{nenn}}$ gemäß EN / VDE,
- $1,5 \times J_N$ (Statischer Überstrom) für 60 s
- $3-4 \times J_N$ (Dynamischer Überstrom) für 5 s

Bei einem Kurzschluss hinter einem verbraucherseitigen Schutzorgan muss ein Wechselrichter alleine die folgenden Schutzorgane ohne Netzhilfe auslösen können:

- NH-Sicherungen (gL-Charakteristik),
- Nennstrom: 125 A (100 kVA)
- Nennstrom: 63 A (60 kVA)

Zulässige Spannungsunterbrechung für die Verbraucher bis zur Auslösung des Schutzorgans durch den Wechselrichter, ohne Netzhilfe: < 0,5 s.

Die Abschaltung der Absicherungen mit unzulässig langem Spannungseinbruch ist nicht zulässig.

Verbraucherabgangsfeld Geeignet für 2 x 100kVA

Isolierstoffgekapselte Verteilung als Iso-Verteilersystem in Schutzklasse II, Kastenbauform für Wandaufbau, mit Klarsichtdeckeln.

Spannung: 3x400 / 230 V

In dieser Verteilung werden die USV-Anlagen über Einspeiseschalter auf die Verbraucher-Sammelschiene geschaltet. Diese Schiene ist von den USV-Anlagen freischaltbar.

Für Wartungs- und Revisionszwecke sowie im Notfall kann die Versorgung über die externe Handumgehung unterbrechungslos hergestellt werden.

Als Signaltechnikabgang im Verbraucherabgangsfeld ist ein Leistungsschalter mit Arbeitsstromauslöser für 220 VGs einzubauen. Für die Kurzschlussabschaltung des Leistungsschalters ist ein geeignetes Signal, z. B. ein Wechselrichtersignal "I dyn." zu verwenden. Um die Einflüsse von Rush-Effekten und dynamischen Laständerungen auszuschließen, soll das Signal zeitverzögert dem Leistungsschalter zugeführt werden. Die Zeitverzögerung soll im Bereich bis 500 ms einstellbar sein. Zwischen Kurzschlüssen an der Signaltechnikanlage und anderen Verbrauchern muss selektiv unterschieden werden, d. h. ein anderweitiger Verbraucher Kurzschluss darf nicht zur gleichzeitigen Abschaltung des Signaltechnikabganges führen.

Schutzart: IP 65

Zusätzlich ist ein Übergabe-Lasttrennschalter im Systemtechnikraum zu liefern, Nennstrom 80 A, im separaten Isolierstoffgehäuse Fabr. Hensel, Schutzklasse II, Kastenbauform für Wandaufbau, wie oben beschrieben, mit allem erforderlichen Zubehör, Anschlussklemmen, Kabeleinführungen, Beschriftung usw., mit ca. 50m Verbindungskabel zum Verbraucherabgangsfeld.

2.10.1.2. Zulassung

Siehe Normen und hausinterne Richtlinien.

2.10.1.3. Inbetriebnahme / Abnahme

Die Abnahme erfolgt durch einen TAB-Abnahmeberechtigten der HOCHBAHN und TAB.

2.10.1.4. Dokumentation

Die Dokumentation ist gemäß Ausschreibung zu erstellen. Die erforderlichen Dokumente sind der VDI 6026 zu entnehmen. Dies beinhaltet:

- Berechnungen
- Funktionsschemata
- Strangschema/Schaltplan
- Schnitte/Details
- Schnittstellen

2.10.1.5. Lebenszyklus

Die gesamte Schaltanlage ist für eine Betriebsdauer von mindestens 30 Jahren auszulegen. Dazu gehören neben den mechanischen Teilen auch die Primärtechnik sowie Sekundärtechnik wie SPS oder Feldleitgeräte.

2.10.2. Instandhaltungsanforderungen**2.10.2.1. Wartung**

Die Zugänglichkeit zur Anlagenvorderseite und Anlagenseitenflächen beschränkt sich auf befugtes Personal. Alle Arbeiten sollen von der Frontseite aus möglich sein. Ein Tausch von Komponenten soll

ebenfalls mit geringem Aufwand möglich sein. Die durch Hersteller vorgegebene Wartungsarbeiten sollen mit geringem Aufwand durchführbar sein.

2.10.2.2. Vorbeugende Instandhaltung

Für die vorbeugende Instandhaltung sind alle Meldungen und verfügbaren Messwerte der Schaltanlage mit Zeit- und Datumstempel zu protokollieren. Verschleiß und Abnutzung soll registriert werden und ferngemeldet werden.

2.10.2.3. Konkrete Vorgaben

Anordnung der Anschlussklemmen leicht zugänglich vorne / unten mit ausreichendem Kabelanschlussraum.

Für die Kabelbefestigung an der Kabelzuführung sind Schellen mit Gegenwannen zu verwenden.

Um die Freischaltung der Anlage bei Störungen und für die Instandhaltung ohne Unterbrechung der Verbrauchernetze zu ermöglichen, ist für jede USV eine Handumgehung vorzusehen, sowie zusätzlich eine externe Handumgehung. Mit der, zusätzlich zur internen Handumgehung vorgesehenen, phasengleichen externen Handumgehung muss eine, für die Versorgung der Verbraucher unterbrechungslose, Freischaltung der gesamten Anlage für gefahrlose Reinigung, Wartung usw. möglich sein. Interne und externe Handumgehung müssen gegen Fehlbedienung gesichert / verriegelt sein. Die externe Handumgehung im Verbraucherfeld muss abschließbar sein.

2.10.3. Systembedingte Anforderungen

2.10.3.1. Verfügbarkeit

Der U-Bahnbetrieb soll 24 h/ 7 Tage pro Woche möglich sein. Somit auch eine ununterbrochene Stromversorgung mit einer möglichst hohen Verfügbarkeit von $MTTF \geq 300.000h$ notwendig.

2.10.3.2. Normen und hausinterne Richtlinien

- RUEA
- RUHst
- Es muss die EN 62040-3 Klasse VFI-SS-111 erfüllt werden
- Störfestigkeit nach EN 50082-2
- Störaussendung nach EN 50081-2
- Geräuschpegel gem. EN 50091 bei Nennbetrieb
- Netzurückwirkungen gemäß VDE 0160 einhalten
- Die Gleichrichter sind mit Glättungseinrichtungen auszurüsten, um die Wechselstrombelastung der Batterie auf die vom Batterie-Hersteller angegebenen Grenzwerte bzw. gemäß VDE 510 zu begrenzen.
- Die Gleichrichter sind für die Ladung von Bleibatterien mit IU-Kennlinie nach DIN 41773 auszulegen

2.10.3.3. Nachhaltigkeit

Umweltbelastende Materialien oder Isolationsmedien sind nicht einzusetzen, wenn es Alternativen gibt. Die Schaltanlage soll nach dem Lebensende eine sortenreine Materialtrennung ermöglichen um eine möglichst hohe Recyclingquote zu erreichen.

Es sollen elektrische Komponenten wie Relais und Schutzschalter zum Einsatz kommen, die eine möglichst geringe elektrische Verlustleistung haben.

2.10.3.4. Safety

Eine sichere Bedienung ist gemäß aktuellen Vorschriften immer zu Gewährleisten. Dazu zählen auch Verriegelungen, die eine Fehlbedienung blockieren. Auch bei Wartungsarbeiten an in Betrieb befindlichen Anlagenteilen ist die Personensicherheit zu gewährleisten.

2.10.3.5. Security und IT Sicherheit

Die Steuerungen der Wechselrichter sollen, außer zum HOCHBAHN Gebäudemanagement, keine Schnittstellen zu Drittsystemen für die Instandhaltung oder Fernüberwachung besitzen.

Schutzbedarfs-Einschätzung (nach Abschnitt 3.4 „Security und IT Sicherheit“):

	Einstufung	Begründung
Vertraulichkeit	normal	Erlangen betriebsfremde Personen Steuerungs- oder Status-Informationen der Wechselrichter, hat dies keine Auswirkungen auf den U5-Betrieb.
Integrität	hoch	Können betriebsfremde Personen die Steuerungen der Wechselrichter manipulieren, kann dies Betriebseinschränkungen zur Folge haben. Auf eine „sehr hohe“ Einstufung kann verzichtet werden, da eine Redundanz vorgesehen ist.
Verfügbarkeit	normal	Aufgrund der vorgesehenen Redundanz wäre ein Ausfall bis zu 72h akzeptabel.
Sicherheitszone	Zone 2	Aufgrund der Einstufung „hoch“ für die Integrität und der notwendigen Versorgungssicherheit der angeschlossenen Anlagen müssen sich die Steuerungen der Wechselrichter in Räumen im internen Bereich befinden.

2.10.3.6. Brandschutz

Die baulichen Brandschutzanforderungen gemäß der vorgegebenen Brandabschnitte sind einzuhalten.

2.10.3.7. Technische Schnittstellen

Die Anbindung an die Fernwirkanlage für eine Power-SCADA-Anwendung ist zu realisieren. Anlagenzustände sollen an die jeweilige GA gemeldet werden. Ebenfalls soll die Parametrierung von Geräten aus der Ferne möglich sein.

2.11. Batterieanlagen

2.11.1. Lebenszyklus / Planungsprozess

2.11.1.1. Planung / Ausführung HOAI

Für die Gleichstromversorgung der Wechselrichter sind **wartungsarme Batterien** aus:

- **geschlossenen, glasklaren Kunststoffgefäßen**

mit:

- **Batteriepolabdeckungen**
- **rückzündungshemmenden Sicherheitsstopfen mit dazu passenden Stopfenabdeckungen**

auszuführen.

Die Gebrauchsdauererwartung der Batterien im Bereitschaftsparallelbetrieb (Ladeerhaltungsbetrieb), bei Einsatz von Ladegeräten mit I/U-Kennlinie nach DIN 41773 und einer Ladeerhaltungsspannung von ca. $2,23 \pm 1\% \text{ V/Z}$, bei 20°C beträgt mindestens 12 Jahre.

Bodenstufengestelle aus Stahl (maximal zweistufig) mit Isolierung zur Aufstellung auf keramischem Belag, angepasst an die vorgegebenen örtlichen Verhältnisse, Zubehör wie z.B. isolierte Verbindungen mit isolierten Anschlüssen zum Zusammenschalten der Zellen.

Sollte die für die zu liefernde und einzubauende Batterie vorgesehene Aufstellfläche zu gering sein, kann von einem zweistufigen Bodenstufengestell abgewichen werden.

Batterien sind über 2 verdrehte Leitungen anzuschließen. Eine kommend vom Ladegleichrichter und die andere abgehend zu den Verbrauchern. Dies führt zu einer Reduzierung des Spannungssackes, welcher bei Ausfall des Ladegleichrichters entsteht. Somit fließt der Strom stets nur in eine Richtung. Batterieleitungen sollen nicht mit Abstand nebeneinander verlegt werden. Ideal sind eine enge Verlegung und zusätzliches Verdrehen der Leitung.

Batterieanlage 220V

Für die Befestigung der isolierten Verbindungen benachbarter Zellen sind Polschrauben mit M4-Innengewinde und dazu passende isolierte Polabdeckungen zu verwenden.

technische Daten:

- Nennspannung: 220V
- U Max: 264V (2,4 V/Zelle)
- U Min: 203,5V (1,85 V/Zelle)
- Zellenzahl: 110
- Nennkapazität: siehe Position
- Entladezeit: 10 Std.

Batterieanlage 24V

technische Daten:

- Nennspannung: 24V
- U Max. 28,2V (2,35 V/Zelle)
- U Min. 22,2V (1,85 V/Zelle)
- Zellenzahl: 12
- Kapazität: siehe Position
- Entladezeit: 10 Std.

Die für die Versorgung des 24V Gleichspannungsnetzes und zur Ladung der 24V Batterien in den Unterwerken erforderliche Ladegleichrichter sind mit einer elektronischen Regelung (Thyristor-

Regelung) nach IU-Kennlinie (DIN 41773) auszurüsten. Ein Umschalter muss die Wahl der Betriebsart "Automatik" oder "Hand" für Ladung und Dauerladung bzw. Ausgleichsladung ermöglichen.

Die Geräte sollen in Stahlblech-Standgehäusen, Schutzart IP 20, mit in den Türen eingebauten Spannungsmessern und Strommessern geliefert werden. Die Gehäuse sind mit 100mm Sockel für die Kabelführung auszurüsten.

Alle Metallteile müssen mit einem zweifachen, dauerhaften Rostschutz-, Grund- und einem Fertiganstrich versehen bzw. verzinkt sein.

Der Farbanstrich ist einheitlich und allseitig in einem **grauen Farbton (RAL 7035)** auszuführen.

Die Umschalter und Sollwerteinsteller sollen hinter den Türen angeordnet werden. Mit dem Sollwerteinsteller kann nur in der Betriebsart "Hand" geregelt werden. Außerdem sind die Geräte mit Überwachungseinrichtungen für die Eingangsnetzspannung und Batterieladespannung, mit Gleichstromsicherungsüberwachungen und mit Störmeldeanzeigen für die gesamte Ladeelektronik auszurüsten [Überspannung (2,41V/Zelle), Unterspannung (1,9V/Zelle)]. **Eine Überspannung muss im Automatikbetrieb zur Abschaltung des Ladegleichrichters führen.** Die Art der Störmeldungen müssen an den Geräten erkennbar sein (z.B. Meldeleuchten bzw. Leuchtdioden mit Text).

Der Netzschalter soll mit zwei Meldekontakten für die Meldung "Ladegerät AUS" ausgerüstet sein.

Durch einen externen Kontakt muss es möglich sein den Ladegleichrichter abschalten zu können.

Es sind für spätere Umverdrahtungen **20% Klemmenreserven** vorzusehen.

Der einwandfreie Betrieb der Ladegleichrichter muss auch bei abgeklemmter Batterie möglich sein. Die eingestellte Spannung darf nicht überschritten werden und Lastschwankungen wie z.B. Schaltvorgänge dürfen nicht zum Ausfall der Stromversorgung führen.

Restwelligkeit bei abgeklemmter Batterie: max. 5%. **Die Ladegeräte müssen parallelschaltfähig sein.**

Ladegleichrichter 24V

technische Daten:

- Netzanschlussspannung: 230V
- Frequenz: 50Hz
- Ladespannung bei Pufferbetrieb: 26,8V DC (2,23 V/Zelle)
- Ladespannung bei Starkladung: **28,2V DC (2,35 V/Zelle)**
- Sekundärnennspannung: 24V DC
- Sekundärnennstrom: siehe Position
- Stellbereich für Sollwertschalter: 10A bis 30A DC
- **Achtung: L- 24V ist geerdet!**

2.11.1.2. Zulassung

Siehe Normen und hausinterne Richtlinien.

2.11.1.3. Inbetriebnahme / Abnahme

Die Abnahme erfolgt durch einen TAB-Abnahmeberechtigten der HOCHBAHN.

2.11.1.4. Dokumentation

Die Dokumentation ist gemäß Ausschreibung zu erstellen. Die erforderlichen Dokumente sind der VDI 6026 zu entnehmen. Dies beinhaltet:

- Berechnungen
- Funktionsschemata
- Strangschema/Schaltplan
- Schnitte/Details
- Schnittstellen

2.11.1.5. Lebenszyklus

Die Batterieanlagen sind auf einen Lebenszyklus von mindestens 12 Jahren auszulegen.

2.11.2. Instandhaltungsanforderungen

2.11.2.1. Funktion

Für Instandhaltungsarbeiten sind 220V Batterieanlagen zweigeteilt aufzubauen mit 2x 0,5Cn. Die Batterien sind an Batterieanschlusseinheiten (BAE) anzuschließen. Die Konstruktion hat so zu erfolgen, dass ein Spannungssack bei Ladegerätausfall vermieden wird.

2.11.2.2. Wartung

Batterien sind mit Nennstrom 2h lang zu torkeln. Die Batterie muss danach noch mindestens für 1h Kapazität haben, um Nennstrom liefern zu können.

Für Torkelarbeiten ist die Batterie dauerhaft fest an eine Anschlusseinheit mit Hartingbuchsen außerhalb des Batterieraumes zu verbinden.

2.11.2.3. Vorbeugende Instandhaltung

Eine kontinuierliche Überwachung der Batterieparameter ist notwendig um den Zustand der Batterieanlagen zu kennen. Wesentliche Einflussfaktoren die Lebensdauer einer einzelnen Batterie sind zu hohe Temperatur und Korrosionseinflüsse. Dazu sind regelmäßig Messwerte für Leitwert, Spannung und Temperatur je Zelle oder Block eines Strangs zu überwachen.

2.11.3. Systembedingte Anforderungen

2.11.3.1. Verfügbarkeit

Der U-Bahnbetrieb soll 24 h/ 7 Tage pro Woche möglich sein. Somit auch eine ununterbrochene Stromversorgung mit einer möglichst hohen Verfügbarkeit von $MTTF \geq 100.000h$ notwendig.

2.11.3.2. Normen und hausinterne Richtlinien

Laden gemäß I/U-Kennlinie nach DIN 41773.

Die DIN EN 50272-1 und DIN EN 50272-2 "Sicherheitsanforderungen an Batterien und Batterieanlagen" sind in ihrer jeweils aktuellen Fassung zu berücksichtigen.

2.11.3.3. Nachhaltigkeit

Die Batterieanlagen sollen nach dem Lebensende eine sortenreine Materialtrennung ermöglichen um eine möglichst hohe Recyclingquote zu erreichen.

Es sollen elektrische Komponenten wie Relais und Schutzschalter zum Einsatz kommen, die eine möglichst geringe elektrische Verlustleistung haben.

2.11.3.4. Safety

Eine sichere Bedienung ist gemäß aktuellen Vorschriften immer zu Gewährleisten. Auch bei Wartungsarbeiten an in Betrieb befindlichen Anlagenteilen ist die Personensicherheit zu gewährleisten.

2.11.3.5. Security und IT Sicherheit

Die Steuerungen der Batterieanlagen sollen, außer zum HOCHBAHN Gebäudemanagement, keine Schnittstellen zu Drittsystemen für die Instandhaltung oder Fernüberwachung besitzen.

Schutzbedarfs-Einschätzung (nach Abschnitt 3.4 „Security und IT Sicherheit“):

	Einstufung	Begründung
Vertraulichkeit	normal	Erlangen betriebsfremde Personen Steuerungs- oder Status-Informationen der Batterieanlagen, hat dies keine Auswirkungen auf den U5-Betrieb.
Integrität	hoch	Können betriebsfremde Personen die Steuerungen der Batterieanlagen manipulieren, kann dies Betriebseinschränkungen zur Folge haben. Auf eine „sehr hohe“ Einstufung kann verzichtet werden, da eine Redundanz vorgesehen ist.
Verfügbarkeit	normal	Aufgrund der vorgesehenen Redundanz wäre ein Ausfall bis zu 72h akzeptabel.
Sicherheitszone	Zone 2	Aufgrund der Einstufung „hoch“ für die Integrität und der notwendigen Versorgungssicherheit der angeschlossenen Anlagen müssen sich die Steuerungen der Batterieanlagen in Räumen im internen Bereich befinden.

2.11.3.6. Brandschutz

Die baulichen Brandschutzanforderungen gemäß der vorgegebenen Brandabschnitte sind einzuhalten.

2.11.3.7. Technische Schnittstellen

Die Anbindung an die Fernwirkanlage für eine Power-SCADA-Anwendung ist zu realisieren. Alle Messwerte und Anlagenzustände sind an die jeweilige GA zu melden.








Teil B107 Technische Angaben elektrische Anlagen_Energieanlagen

Abschließender Prüfbericht

2025-06-20

Erstellt:	2025-06-19
Von:	Matthias Mumme (matthias.mumme@hochbahn.de)
Status:	Signiert
Transaktions-ID:	CBJCHBCAABAAeWsarbhVSFApIPICdBSLHnhlyl7XyHr2

Verlauf für „Teil B107 Technische Angaben elektrische Anlagen_Energieanlagen“

-  Matthias Mumme (matthias.mumme@hochbahn.de) hat das Dokument erstellt.
2025-06-19 - 11:42:38 GMT
-  Dokument wurde per E-Mail zur Signatur an André Kwasniewski (Andre.Kwasniewski@Hochbahn.de) gesendet.
2025-06-19 - 11:42:44 GMT
-  Dokument wurde per E-Mail zur Signatur an Matthias Mumme (matthias.mumme@hochbahn.de) gesendet.
2025-06-19 - 11:42:44 GMT
-  Matthias Mumme (matthias.mumme@hochbahn.de) hat das Dokument mit einer E-Signatur versehen.
Signaturdatum: 2025-06-19 – 11:43:03 GMT – Zeitquelle: Server
-  André Kwasniewski (Andre.Kwasniewski@Hochbahn.de) hat die E-Mail angezeigt.
2025-06-20 - 11:42:56 GMT
-  André Kwasniewski (Andre.Kwasniewski@Hochbahn.de) hat das Dokument mit einer E-Signatur versehen.
Signaturdatum: 2025-06-20 – 11:43:05 GMT – Zeitquelle: Server
-  Vereinbarung abgeschlossen.
2025-06-20 - 11:43:05 GMT