



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Strassen ASTRA

RICHTLINIE
ENERGIEVERSORGUNGEN
DER NATIONALSTRASSEN

Ausgabe 2021 V1.00
ASTRA 13020

Impressum

Autoren / Arbeitsgruppe

Renato Kundert	(ASTRA N-ST, Vorsitz)
Jean-Paul Schnetz	(ASTRA N-ST)
Bernard Crausaz	(ASTRA N-ST)
Günter Hofer	(ASTRA I-FU)
Michael Ritler	(ASTRA I-EP-Z)
Roland Hürlimann	(ESTI)
Walter Bstieler	(ESTI)

Übersetzung (Originalversion in Deutsch)

Herausgeber

Bundesamt für Strassen ASTRA
Abteilung Strassennetze N
Standards und Sicherheit der Infrastruktur SSI
3003 Bern

Bezugsquelle

Das Dokument kann kostenlos von www.astra.admin.ch herunter geladen werden.

© ASTRA 2021

Abdruck - ausser für kommerzielle Nutzung - unter Angabe der Quelle gestattet.

Vorwort

Das ASTRA ist Eigentümerin von Stark- und Schwachstromanlagen. Diese Anlagen versorgen die Betriebs- und Sicherheitsausrüstungen in Tunnel und der offenen Strecke mit elektrischer Energie.

Mit dieser Richtlinie regelt das ASTRA den Umgang mit den Besonderheiten der Energieversorgungsanlagen im Hoch- und Niederspannungsbereich bei der Planung und Realisierung in Objekten der Nationalstrassen unter Einhaltung der geltenden Gesetze und Verordnungen.

Über die verschiedenen Aus- und Umbauphasen von Tunnel- und Strassenobjekten hinweg soll die Richtlinie eine einheitliche Ausführung der Energieversorgungen und einen einheitlichen Betrieb und Unterhalt gewährleisten. Dazu werden grundsätzliche und allgemein gültige Prinzipien, Randbedingungen und Ausführungsarten vorgegeben.

Durch die Vereinheitlichung der Stromversorgungskonzepte für die Bauwerke wird die Sicherheit für Personen und Bundeseigentum erhöht.

Bundesamt für Strassen

Jürg Röthlisberger
Direktor

Inhaltsverzeichnis

	Impressum	2
	Vorwort	3
1	Einleitung	6
1.1	Zweck der Richtlinie	6
1.2	Geltungsbereich	6
1.3	Adressaten	6
1.4	Inkrafttreten und Änderungen	6
2	Ziele der Energieversorgungen	7
2.1	Grundsätzliche Ziele	7
2.2	Übersicht der Vorschriften für Energieversorgungen der Nationalstrassen	7
2.3	Verwendete Begriffe	8
3	Allgemeine Vorgaben	9
3.1	Schutzmassnahmen	9
3.1.1	Allgemein	9
3.1.2	Personenschutz	9
3.1.3	Sachenschutz	9
3.1.4	Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD).....	9
3.1.5	Absicherung und Phasenaufteilung bei 1-poligen Verbrauchern	10
3.2	Elektrische Betriebsräume	10
3.3	Rohr- und Kabeleinführungen in elektrische Betriebsräume	10
3.4	Erdbebensicherheit	10
3.5	Baustellen Provisorien, Rückbau	11
3.6	Eigentumsgrenze Netzebene 5	11
3.7	Erdungskonzept	11
3.8	Parallelführung von Leitungen	11
3.8.1	Hochspannungsleitungen bei Nationalstrassen	11
3.8.2	Bahnanlagen bei Nationalstrassen	11
4	Energieversorgungskonzepte	12
4.1	Energieeffizienz und Umweltschutz	12
4.2	Energieversorgung Tunnel.....	12
4.3	Auswahl der Energieversorgungskonzepte	12
4.4	Energieversorgungskonzepte	13
4.5	Notstromversorgung	14
4.5.1	Verbraucher im Tunnel	14
4.5.2	Verbraucher auf offene Strecke	15
4.5.3	BSA-Zentralen in Werkhöfen und Stützpunkten	15
4.6	Energiemessungen	15
4.6.1	Messung Verteilnetzbetreiber (VNB)	15
4.6.2	Messungen ASTRA	15
5	Technische Vorgaben	17
5.1	Auslegung der Transformatoren	17
5.2	Blindstromkompensation	17
5.3	Notstromanlage	17
5.3.1	Unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV) bis 2 kVA	17
5.3.2	Unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV) > 2 kVA	17
5.4	Energieerzeugungsanlagen	18
5.4.1	Dieselerzeuger	18
5.4.2	Photovoltaikanlagen.....	19

Anhänge	21
Glossar	29
Literaturverzeichnis	31
Auflistung der Änderungen.....	33

1 Einleitung

1.1 Zweck der Richtlinie

Mit der Richtlinie werden die Energieversorgungen der Nationalstrassen vereinheitlicht und standardisiert.

Ergänzend zu den geltenden Gesetzen und Verordnungen definiert die Richtlinie die technischen Vorgaben für die Energieversorgungen. Die Richtlinie regelt den Umgang mit relevanten Normen.

Es werden Prinzipien aufgezeigt, um die Versorgungssicherheit mit elektrischer Energie zu optimieren.

Die Energieeffizienz der Energieversorgungen sowie aller elektrischen Ausrüstungen sind für das ASTRA sehr wichtig. Diese Richtlinie soll das Bewusstsein dafür bei allen Beteiligten in allen Projektphasen fördern.

1.2 Geltungsbereich

Die Richtlinie gilt für die Planung, die Realisierung, den Betrieb und den Unterhalt der Energieversorgung der Nationalstrassen in Tunneln und auf der offenen Strecke.

1.3 Adressaten

Die Richtlinie richtet sich an:

- Fachspezialisten des ASTRA (EP, FU, PM, Betrieb etc.);
- Fachspezialisten der Gebietseinheiten;
- Planer und Unternehmungen, die im Auftrag des ASTRA Leistungen an Energieversorgungsanlagen erbringen;
- Inspektoren und Kontrollstellen.

1.4 Inkrafttreten und Änderungen

Die Richtlinie tritt am 30.06.2021 in Kraft. Die „Auflistung der Änderungen“ ist auf Seite 33 dokumentiert.

2 Ziele der Energieversorgungen

2.1 Grundsätzliche Ziele

Diese Richtlinie definiert die technischen Vorgaben an die Energieversorgungen.

Mit dieser Richtlinie werden die folgenden Ziele verfolgt:

- Identifikation der geltenden Gesetze, Verordnungen, Normen und Vorgaben;
- Definition der technischen Anforderungen;
- Definition von Energieversorgungskonzepten;
- Erhöhung der Energieeffizienz.

2.2 Übersicht der Vorschriften für Energieversorgungen der Nationalstrassen

Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über relevanten Vorgaben für die Energieversorgungen auf den Nationalstrassen. Im weiteren sind die ASTRA Standards zu berücksichtigen: <https://www.astra.admin.ch/astra>

Tab. 2.1 Übersicht Gesetze, Weisungen ESTI, Normen

Energieversorgung	
Geltende Gesetze	<ul style="list-style-type: none"> • Energieverordnung, EnV; SR 730.01 • Elektrizitätsgesetz, EleG; SR 734.0 • Starkstromverordnung, StV; SR 734.2 • Verordnung über das Plangenehmigungsverfahren für elektrische Anlagen, VPeA; 734.25 • Niederspannungsinstallationsverordnung, NIV; SR 734.27 • Leitungsverordnung, Lev; SR 734.31 • Stromversorgungsgesetz, StromVG; SR 734.7 • Stromversorgungsordnung, StromVV; SR 734.71
Weisungen ESTI	<ul style="list-style-type: none"> • Nr. 219: Weisung Energieerzeugungsanlagen (EEA) im Parallel- oder im Inselbetrieb mit dem Niederspannungsverteilnetz • Nr. 233: Weisung Photovoltaik-Energieerzeugungsanlagen (PV-EEA) • Nr. 235: Richtlinie für die Eingabe von Planvorlagen • Nr. 239: Weisung Anschlussleitungen zu Niederspannungs-Installationen • Nr. 247: Grundsätze für Schaltungen nach Auslösen von Hochspannungsleitungen >1 kV • Nr. 248: Richtlinien Erdbebensicherheit der elektrischen Energieverteilung in der Schweiz • Nr. 322: Erstellung und Kontrolle elektrischer Starkstromanlagen von Nationalstrassen • Nr. 240: Erläuterungen zur Leitungsverordnung (LeV) vom 30.03.1994 • Nr. 407: Weisung Tätigkeiten an oder in der Nähe von elektrischen Anlagen
Geltende Normen	<ul style="list-style-type: none"> • SN EN 50160: Merkmale der Spannung öffentl. Netzte • SN EN 50522: Erdung von Starkstromanlagen mit Nennwechselspannungen über 1 kV • SN EN 61230: Arbeiten unter Spannung - Ortsveränderliche Geräte zum Erden oder Erden und Kurzschließen • SN EN 61936-1+A1: Starkstromanlagen mit Nennwechselspannungen über 1 kV • NIN 2020; SN 411000:2020 • SIA 197/2 Projektierung Tunnel – Strassentunnel • Technische Regeln zur Beurteilung von Netzzrückwirkungen D-A-CH-CZ
Weitere Vorgaben	<ul style="list-style-type: none"> • TAB-EVU: Technische Anschlussbedingungen der Energieversorgungsunternehmen (WVCH)

2.3 **Verwendete Begriffe**

In der Richtlinie werden die Begriffe aus den ESTI-Weisungen Nr. 100 «Fachbegriffe, Schalt- und Arbeitsaufträge» verwendet (www.esti.admin.ch).

Weitere Begriffe sind im Glossar dieser Richtlinie aufgeführt.

3 Allgemeine Vorgaben

Elektrische Installationen müssen nach den anerkannten Regeln der Technik erstellt, geändert, in Stand gehalten und kontrolliert werden. Sie dürfen bei bestimmungsgemäsem und möglichst auch bei voraussehbarem unsachgemäßem Betrieb oder Gebrauch sowie in voraussehbaren Störungsfällen weder Personen noch Sachen gefährden (Art. 3 NIV).

3.1 Schutzmassnahmen

3.1.1 Allgemein

Die Grundanforderungen, denen elektrische Anlagen genügen müssen, sind in den Art. 4 bis Art. 19 der Starkstromverordnung enthalten.

Die Schutzmassnahmen in elektrischen Anlagen von Nationalstrassen sind unter Beachtung folgender Aspekte festzulegen:

- Die Wirksamkeit des Leitungsschutzes bei langen Leitungen ist zu überprüfen. Im Falle eines Kurzschlusses am Leitungsende muss der auftretende Strom die vorgeschalteten Überstromschutzrichtungen innert 5 s zum Auslösen bringen (NIN 4.1.1.3.2.2+3);
- Eine oder mehrere Erdungen des PEN-Leiters oder des Schutzleiters der Speiseleitung (analog zur Erdungsleitung von Niederspannungsinstallationen in Gebäuden) können die automatische Abschaltung der Stromversorgung verbessern.

3.1.2 Personenschutz

Die maximal zulässige Berührungsspannung von 50 V darf auch bei schlechten Erdungsbedingungen nicht länger als 5 s überschritten werden.

3.1.3 Sachenschutz

Die Infrastrukturanlagen sind soweit voraussehbar von Umwelteinflüssen zu schützen. Die elektrischen Ausrüstungen dürfen auch im Ereignisfall nicht Ursache von Folgeereignissen werden (z.B. Brand, Stromausfall, Fehlfunktionen).

3.1.4 Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD)

Es gelten die folgenden Anforderungen:

Arbeiten mit elektrischen Geräten:

- RCD ist obligatorisch (Bemessungsdifferenzstrom max. 30 mA)

Signalisation:

- RCD ist nicht zu empfehlen. Werden dennoch RCD-Schalter eingesetzt, sind solche mit Bemessungsdifferenzstrom von mindestens 300 mA zu wählen.

Ortsfeste Anlagen:

- RCD wird nicht verlangt. Werden jedoch RCD eingesetzt, sind solche mit mindestens 300 mA Bemessungsdifferenzstrom zu wählen.

Anlagen im Tunnelfahrraum, die nur für instruierte Personen zugänglich sind, müssen nicht mit Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen ausgerüstet werden.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, dass die Isolation durch Differenzstrom-Überwachungsrelais (RCM) überwacht wird.

3.1.5 Absicherung und Phasenaufteilung bei 1-poligen Verbrauchern

Bei speziellen Fällen (z.B. Durchfahrtsbeleuchtung) ist es zulässig, das 3-polige Abgänge 1-polig unterbrochen werden können (es müssen nicht alle Polleiter gemeinsam unterbrochen werden). Dabei dürfen keine 3-poligen Leitungsschutzschalter verwendet werden.

3.2 Elektrische Betriebsräume

Für elektrische Betriebsräume gelten Art. 34 bis Art. 39 der Starkstromverordnung. Zusätzlich gelten die folgenden Anforderungen:

- Hochspannungsräume:
 - Türen sind mit einer Schliessvorrichtung (jederzeit von innen ohne Schlüssel aufschliessbar) und einem Warnschild auszustatten;
 - Erste Hilfe Tafel bei Türen;
 - Übersichtsschema an Wand montiert;
 - Bei SF6 Anlagen: Gas Warnschild;
 - Brandschutz Abschottungen gemäss VKF 13-15, Kap. 3 und SN/EN 61936-1+A1;
 - Brandabschnitttüren gemäss VKF 13-15, Kap. 3 und SN/EN 61936-1+A1.
- Niederspannungsräume:
 - Türen sind mit einer Schliessvorrichtung (jederzeit von innen ohne Schlüssel aufschliessbar) auszurüsten;
 - Brandschutz Abschottungen gemäss VKF 13-15, Kap. 3;
 - Brandabschnitttüren gemäss VKF 13-15, Kap. 3;
 - Elektrische Schemata stehen im Raum zur Verfügung.

3.3 Rohr- und Kabeleinführungen in elektrische Betriebsräume

Die Art. 34 bis Art. 39 der Starkstromverordnung verlangen:

- Gitter bei Türen, Fenstern und Lüftungsöffnungen;
- Kabeleinführungen sind so auszuführen, dass das Eindringen von Kleintieren und Insekten verhindert wird;
- Bei Rohr- und Kabeleinführungen in Gebäude und Stationen ist eine Brandabschottung E 90 vorzusehen;
- Hauseinführungen sind gas- und wasserdicht abzuschotten.

3.4 Erdbebensicherheit

Anforderungen an die Tragstruktur, sekundäre Bauteile, Einrichtungen und Installationen sind in der Weisung ESTI Nr. 248 «Erdbebensicherheit der elektrischen Energieverteilung in der Schweiz» beschrieben.

Das Ziel ist, mit möglichst geringem Aufwand und ohne detaillierte Berechnungen, das Risiko eines Ausfalls der Energieversorgung zu verringern. Dies soll mit einfachen und kostengünstigen, konstruktiven Massnahmen erreicht werden.

Die Weisung ESTI Nr. 248 gilt für die folgenden Komponenten der Energieversorgung:

- Transformatoren (Hoch- und Mittelspannung);
- Hochspannungsanlagen;
- Mittelspannungsanlagen;
- Hauptverteilung Notnetz und Normalnetz (Niederspannung);
- Notstromanlagen (USV- und Batterieanlagen).

Die Weisung sieht die folgenden konstruktiven Schutzmassnahmen vor:

- Verankerungen;
- Versetzungsrahmen;
- Aufhängungen;
- Verstreben;
- Absturzsicherungen;
- Kippsicherungen.

3.5 Baustellen Provisorien, Rückbau

Für provisorische Installationen gelten dieselben Sicherheitsanforderungen wie für definitive Installationen.

Bei Grossprojekten ist die Baustromversorgung unabhängig von der Tunnelversorgung zu regeln und zu installieren.

Nicht mehr benötigte Ausrüstungen sind zurückzubauen und zu entsorgen. Werden Kabel nicht zurückgebaut, sind diese beidseitig zu isolieren und zu kennzeichnen.

3.6 Eigentumsgrenze Netzebene 5

Bei Einspeisepunkten > 100'000 kWh/a ist der Anschluss auf der Netzebene 5 zu beantragen.

Die Eigentumsgrenze liegt in der Regel bei den primären Klemmen des Transformators. Die Eigentumsgrenze muss vor Ort ersichtlich sein.

Der Verteilnetzbetreiber (VNB) kann die Kosten für die Investition, den Betrieb und den Unterhalt des primärseitigen Transformatorschalters auf das ASTRA umwälzen.

Bei Tunnelobjekten mit mehreren Einspeisepunkten (Zentralen), bei denen die interne Tunneltransitleitung nicht durch den VNB genutzt wird, bleibt die Transitleitung mit den entsprechenden Installationen (Schalter usw.) im Eigentum des ASTRA.

3.7 Erdungskonzept

Für jedes Projekt ist ein Erdungskonzept zu erstellen. Das Konzept berücksichtigt den Personen- und Sachenschutz, die Erdungen, den Potenzialausgleich und den Überspannungs- und Blitzschutz. Das Erdungskonzept ist in Absprache und Koordination mit dem örtlichen VNB vor der Realisierung der Bauwerke zu erstellen.

3.8 Parallelführung von Leitungen

3.8.1 Hochspannungsleitungen bei Nationalstrassen

Bei der Parallelführung von Hochspannungsleitungen zu den Nationalstrassen sind die Vorgaben der Leitungsverordnung (LeV) und der ESTI-Weisung Nr. 240 "Erläuterungen zur Leitungsverordnung (LeV)" zu berücksichtigen und falls nötig entsprechende Massnahmen vorzusehen.

3.8.2 Bahnanlagen bei Nationalstrassen

Bei der Parallelführung von Bahnanlagen zu den Nationalstrassen sind zusätzlich zu den in Kapitel 3.8.1 erwähnten Vorgaben die Ausführungsbestimmung zur EBV (AB-EBV) des BAV massgeblich.

Die Schnittstellen und Konflikte zu der Bahnstromversorgung sind in den Projekten frühzeitig abzuklären und geeignete Massnahmen festzulegen.

4 Energieversorgungskonzepte

4.1 Energieeffizienz und Umweltschutz

Die Forderung nach rationeller Verwendung von elektrischer Energie ist zu beachten. Wo sinnvoll, ist der Energieverbrauch durch Last-Regelungen und Steuerungsmechanismen zu minimieren.

Bei der Planung der Energieversorgungen ist die Energieeffizienz zu berücksichtigen. Bei der Energieversorgung betrifft dies insbesondere die Transformatoren und die USV-Anlagen. Bei diesen sind die Leistungsgrössen, Betriebspunkte und der Wirkungsgrad optimal auszulegen.

Es sind Materialien zu verwenden, deren Zusammensetzung deklariert und deren Belastung im Materialkreislauf bekannt und gering sind. Sie müssen die Vorgaben gemäss Bundesgesetz über den Umweltschutz (814.01 USG Umweltschutzgesetz) sicherstellen.

Alle Materialien müssen zwingend halogenfrei und RoHS- konform sein.

4.2 Energieversorgung Tunnel

Bei Tunneln mit Energieversorgungskonzept C1 oder C2 erfolgt die Energieversorgung von zwei unabhängigen Unterwerken. Die Zuleitungen führen direkt oder indirekt (über weitere Trafostationen der VNB) zu den Unterwerken. Ist die Versorgung durch zwei unabhängige Unterwerke nicht möglich oder nur mit unverhältnismässig hohem Aufwand umsetzbar, müssen die Zuleitungen in einem Unterwerk an zwei unabhängigen Verteilschienen angeschlossen werden. Jede Zuleitung muss so dimensioniert sein, dass sie jederzeit den maximalen Leistungsbedarf des Tunnels liefern kann.

Die beiden Zuleitungen müssen örtlich getrennt verlegt werden, so dass bei einem Fehler oder Schaden eines Kabels das andere Kabel dadurch nicht beeinträchtigt wird.

Die Energieversorgung ist auf den maximal möglichen Leistungsbezug zu dimensionieren. Der Verteilnetzbetreiber (VNB) muss jederzeit die vereinbarte maximale Leistung bereitstellen können.

Die Anschlussbedingungen des VNB betreffend Anlaufbedingungen von Verbrauchern sind einzuhalten.

4.3 Auswahl der Energieversorgungskonzepte

Die folgende Grafik zeigt eine Übersicht in welchen Fällen, welches Energieversorgungskonzept zur Anwendung kommt. Die Auswahl ist von den Kriterien Tunnellänge und Tunnellüftung abhängig.

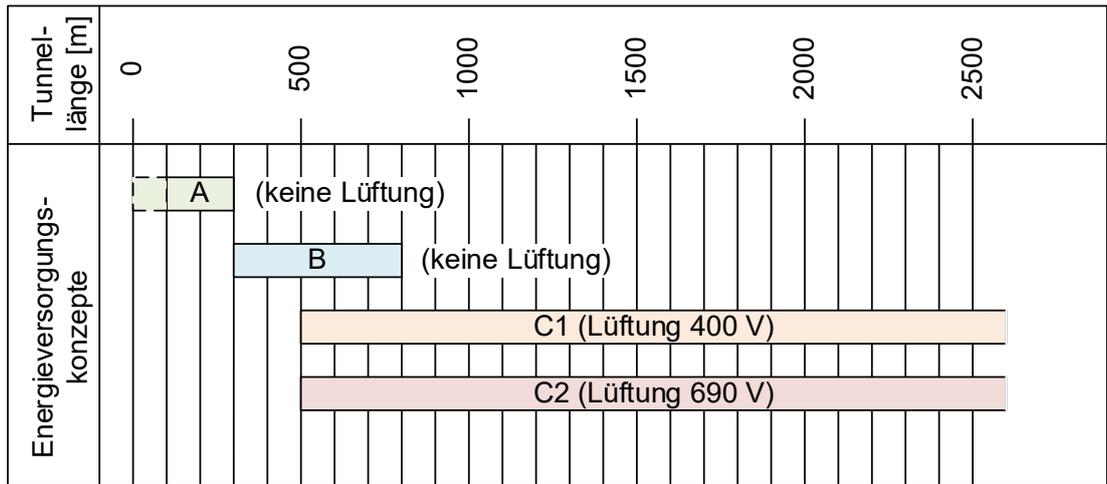


Abb. 4.1 Auswahl der Energieversorgungskonzepte

4.4 Energieversorgungskonzepte

Die Energieversorgungskonzepte vereinheitlichen die Energieversorgungen der Strassentunnel und der offenen Strecke. Für die Realisierung eines Projekts ist das am besten passende Energieversorgungskonzept zu bestimmen und umzusetzen.

In diesem Kapitel sind die Energieversorgungskonzepte beschrieben. Die Prinzipschemas der Energieversorgungskonzepte sind im Anhang I ersichtlich.

Für Spezialfälle müssen eigene Versorgungskonzepte während der Projektphase entwickelt werden.

Die Energieversorgungskonzepte stellen die Tunnel in Richtungsverkehr (Röhrentrennung: Röhre 1, Röhre 2) dar. Sie gelten sinngemäss auch für Tunnel mit Gegenverkehr, dann jedoch nur mit einer Röhre.

In der Tabelle sind die wichtigsten Punkte der Energieversorgungskonzepte beschrieben:

Tab. 4.1 Beschreibung der Energieversorgungskonzepte

Energie-versorgungs-konzepte (siehe Anhang I)	Beschreibung
Offene Strecke	<ul style="list-style-type: none"> • Eine Einspeisung
Tunnel A	<ul style="list-style-type: none"> • Eine Einspeisung Normalnetz • Eine Hochspannungsanlage (bei HS-Einspeisung) • Notstromversorgung bei Bedarf • Röhrentrennung bei Richtungsverkehr
Tunnel B	<ul style="list-style-type: none"> • Eine Einspeisung Normalnetz • Eine oder mehrere Hochspannungsanlagen (je nach Länge) • Notstromversorgung • Röhrentrennung bei Richtungsverkehr • Kein Lüftungssystem
Tunnel C1	<ul style="list-style-type: none"> • Einspeisung Normalnetz von zwei unabhängigen Unterwerken • Eine oder mehrere Hochspannungsanlagen • Notstromversorgung • Röhrentrennung bei Richtungsverkehr • Jeder Trafo ist aus Redundanzgründen für die Gesamtleistung einer Zentrale dimensioniert

	<ul style="list-style-type: none"> • Mit Lüftungssystem • Kein unzulässiger Spannungseinbruch durch Schaltvorgänge der Ventilatoren
Tunnel C2	<ul style="list-style-type: none"> • Einspeisung Normalnetz von zwei unabhängigen Unterwerken • Eine oder mehrere Hochspannungsanlagen • Notstromversorgung • Röhrentrennung bei Richtungsverkehr • Separate Transformatoren für Lüftung und für Beleuchtung, Allgemein • Die Anforderungen an die Lüftung gemäss der Richtlinie 13001 bezüglich den Ausfällen sind zu berücksichtigen, ggf. mit zusätzlichen Transformatoren 690 VAC • Jeder Trafo (400V) ist aus Redundanzgründen für die Gesamtleistung einer Zentrale dimensioniert • Kann sinngemäss auch bei 400 V Lüftung mit grosser Leistung angewendet werden

4.5 Notstromversorgung

Die Notstromversorgung erfolgt durch USV-Anlagen. In der folgenden Tabelle ist die Anwendung der USV-Anlagen bezogen auf die Energieversorgungskonzepte ersichtlich.

Tab. 4.2 Beschreibung der Energieversorgungskonzepte Notstrom

Energie-versorgungs-konzept	Beschreibung USV-Anlagen
Offene Strecke	Keine Notstromversorgung (Ausnahmen siehe Kap. 4.5.2)
Tunnel A	Notstromversorgung bei Bedarf Röhrentrennung bei Richtungsverkehr
Tunnel B	Notstromversorgung Röhrentrennung bei Richtungsverkehr
Tunnel C1	Notstromversorgung Röhrentrennung bei Richtungsverkehr
Tunnel C2	Notstromversorgung Röhrentrennung bei Richtungsverkehr

4.5.1 Verbraucher im Tunnel

Die Notstromversorgung muss den unterbrechungsfreien Betrieb von folgenden Anlagen, Teilanlagen und Aggregaten in Tunneln länger als 300 m gewährleisten:

- Energieversorgung:
 - Leittechnik (Anlagen- und Lokalsteuerung);
- Beleuchtung:
 - Gemäss Richtlinie 13015;
- Lüftung:
 - Leittechnik und Messsysteme;
- Signalisation:
 - Leittechnik, Messsysteme;
 - Ampeln, Blinker;
 - Fahrstreifenlichtsignale;
 - Wechselsignal, Wechselwegweisung;
 - Beleuchtete statische Signale;
 - LED Signale;

- Überwachungsanlagen:
 - Leittechnik;
 - Videoanlage;
 - Brandmeldeanlage Tunnel;
- Kommunikation und Leittechnik:
 - Router IP-Netz BSA: immer an USV;
 - Access-Switch IP-Netz BSA: nur, wenn eine USV-Anlage bereits vorhanden ist;
 - Notruftelefon;
 - Mobilfunkmodul (nur für die Versorgung der Zentralen);
 - Funkanlagen POLYCOM und DAB+;
- Nebeneinrichtungen:
 - 25 % Beleuchtung in Zentralen;
 - HLK-Anlagen. Nur, wenn bei Ausfall Normalnetz temperaturkritische Situationen möglich sind (ohne Kältemaschine und ohne Heizung);
 - Brandmeldeanlage Gebäude.

4.5.2 Verbraucher auf offene Strecke

Eine Notstromversorgung ist vorzusehen für:

- Alle Router der Erschliessungsringe IP-Netz BSA GE;
- Die BSA-Anlagen inkl. den Access-Switches an den Standorten, bei denen durch den Ausfall des Normalnetzes bspw. Steuersysteme, VM-Systeme oder Lichtsignalanlagen ausfallen, die zu gefährlichen Situationen für die Verkehrsteilnehmer führen können. Dabei ist sicherzustellen, dass immer alle Switches der betroffenen Kette mit Notstrom versorgt werden;
- Weitere Steuersysteme in Absprache mit dem ASTRA.

4.5.3 BSA-Zentralen in Werkhöfen und Stützpunkten

- Es gelten sinngemäss die Anforderungen aus Kap. 4.5.1.

4.6 Energiemessungen

4.6.1 Messung Verteilnetzbetreiber (VNB)

Das ASTRA bereitet die Messstelle nach Vorgabe des VNB (Werkvorschriften) vor. Messwandler, Zähler und Rundsteuerempfangsgeräte sind Eigentum des VNB. Die Ablesung der Zähler erfolgt mittels Fernauslesung.

4.6.2 Messungen ASTRA

Für statistische Zwecke werden vom ASTRA für Tunnel folgende Messungen der eigenen Anlagen (ohne Eichung) gemäss Energie-Messkonzept Abb. 4.1 vorgesehen:

- Beleuchtungsanlage (Energie und Leistung);
- Lüftungsanlage (Energie und Leistung);
- Allgemein (Restliche BSA) (Energie und Leistung).

Pro Tunnelobjekt werden die Messwerte für die Beleuchtung, Allgemeinteil und Lüftung erfasst und an die Anlagensteuerung übertragen.

Dabei werden nur tunnelspezifische Anlagen erfasst und keine Drittanlagen.

Hinsichtlich der Energieeffizienz können für Optimierungszwecke auch weitere Anlagen, wie zum Beispiel die HLK-Anlagen mit einer Messung ausgerüstet werden.

Bei den Photovoltaikanlagen wird die produzierte und die rückgespeiste Energie und Leistung erfasst.

Für Elektroversorgungsstützpunkte auf der offenen Strecke und in Tunneln bis 100 m werden vom ASTRA keine eigenen Messstellen installiert.

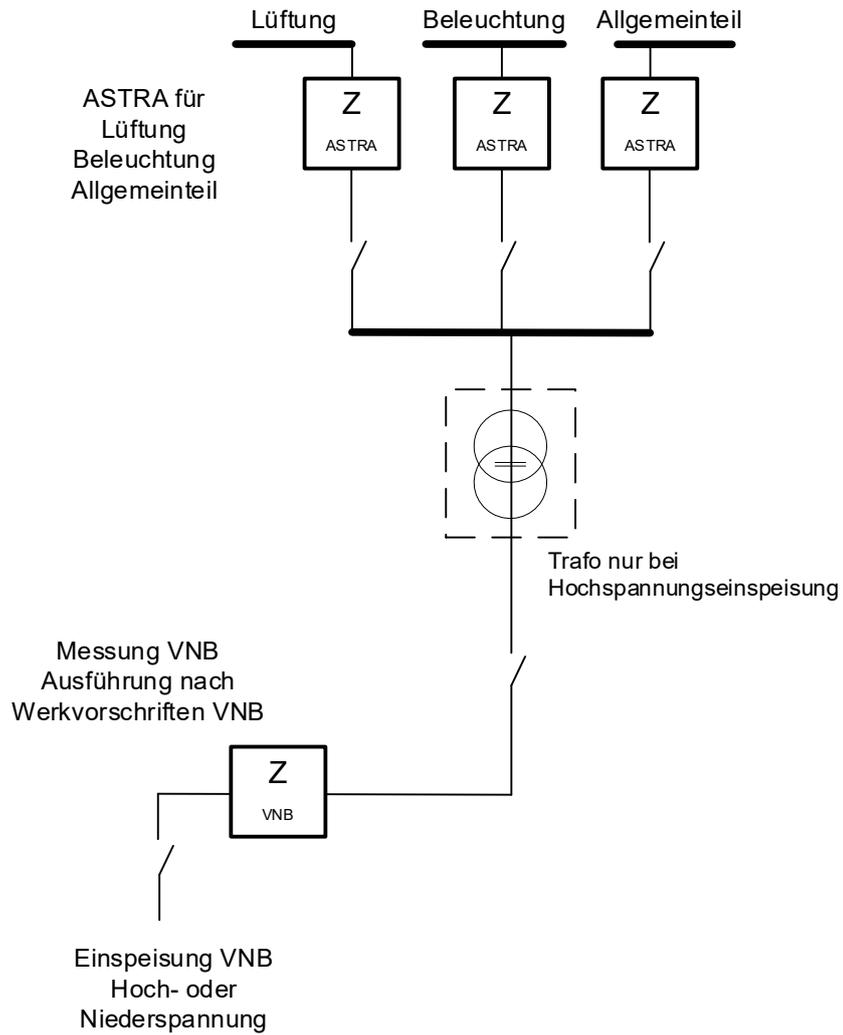


Abb. 4.2 Energie-Messkonzept

5 Technische Vorgaben

5.1 Auslegung der Transformatoren

Die Transformatoren müssen den Anforderungen der Verordnung (EU) Nr. 548/2014 erfüllen. Entsprechend den projektspezifischen Gegebenheiten, wie den baulichen Anforderungen bezüglich der Installation, können Öl- oder Trocken-Transformatoren eingesetzt werden.

Die Dimensionierung erfolgt auf den maximal möglichen Leistungsbezug. Der Wirkungsgrad ist auf den Normalbetrieb zu optimieren (bestmögliches Verhältnis Auslastung / Wirkungsgrad).

Bei der Planung und Beschaffung ist eine Gesamtbetrachtung der Investitions- und Betriebskosten über die gesamte Betriebsdauer von 25 Jahren vorzunehmen und auszuweisen (Total cost of ownership TCO).

Die Transformatoren müssen dem aktuellen Stand der Technik entsprechen und qualitativ hochwertig sein. Es sind grundsätzlich Transformatoren mit amorphem Kern und Standard Nennleistungen einzusetzen.

Die Optimierung der Dimension (Nenngrösse) der Transformatoren wirkt der Ersatzteilhaltung entgegen. Vielfach haben EW eine bestimmte Transformatornenngrösse, welche dann auch am Lager ist, damit Reparaturen schnell und effizient ausgeführt werden können. Das ASTRA hat kein Transformatorenlager, sondern stützt sich auf die Lager der lokalen EW's ab. Dies ist projektspezifisch zu regeln.

5.2 Blindstromkompensation

Der Leistungsfaktor ist auf $\cos \varphi$ induktiv 0.92 und kapazitiv 0.96 zu begrenzen.

In Unterverteilungen mit langen Leitungen oder grossen induktiven Verbrauchern kann bei Bedarf eine abgesetzte Blindstromkompensationsanlage installiert werden.

5.3 Notstromanlage

Notstrom, Notstromanlage oder Notstromversorgung steht für:

- Allgemeine Ersatzstromversorgung, sichert Verfügbarkeit von elektrischer Energie durch eine zusätzliche netzunabhängige Stromquelle;
- Unterbrechungsfreie Stromversorgung, schützt vor Schäden durch Schwankungen und Ausfall der Stromversorgung;
- Stromerzeugungsaggregat, werden unabhängig von ihrem Einsatz häufig als Notstromaggregate bezeichnet.

5.3.1 Unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV) bis 2 kVA

Elektrische Komponenten die auf der offenen Strecke oder in kurzen Tunneln notstromversorgt sind, werden mittels kleinen USV-Anlagen (bis 2 kVA, 1-phasig) versorgt. Die zugehörigen Batterien sind wartungsfrei und gelgefüllt auszuführen. Die Batterien sind vor unzulässiger Erwärmung zu schützen.

Die Abschaltbedingungen müssen im Batteriebetrieb gewährleistet sein.

Autonomiezeit 60 Minuten, bei 100 % der Anlagenleistung (Leistung aller Verbraucher an USV).

5.3.2 Unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV) > 2 kVA

- Unterbrechungsfreie Stromversorgungen (USV) werden installiert in Tunneln ab einer Länge von 300 m.

- Pro Zentrale ist eine USV vorzusehen.
- Die Abschaltbedingungen müssen im Batteriebetrieb gewährleistet sein.
- Die Versorgungsautonomie muss über die gesamte Nutzdauer mindestens 60 Minuten betragen, bei 100 % der Anlagenleistung (Leistung aller Verbraucher an USV).
- Die Installationen ab der Notstromanlage (USV) müssen immer röhrengetrennt ausgeführt werden.
- Die USV-Anlage versorgt ebenfalls den Sicherheitsstollen (SISTO).

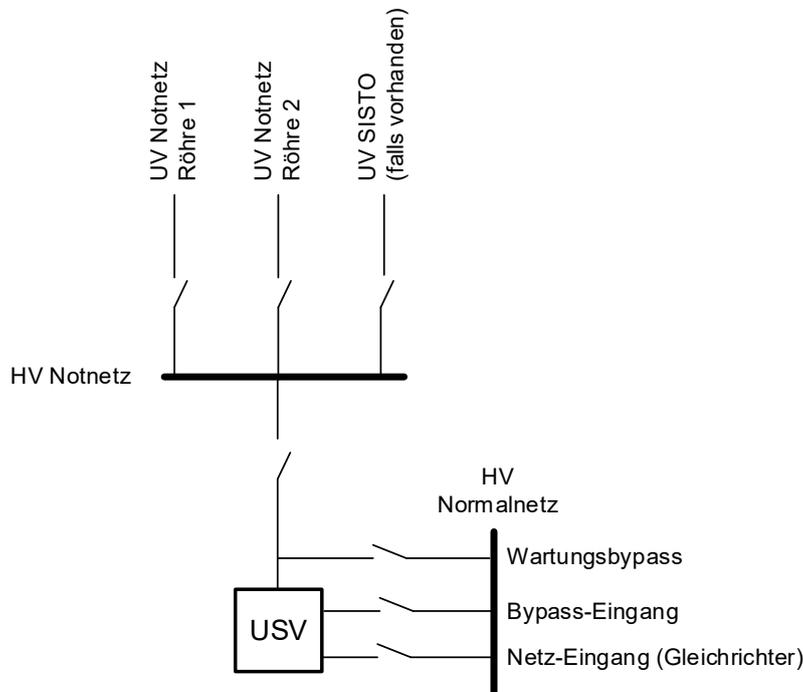


Abb. 5.1 Prinzip HV-Notnetz pro Zentrale

5.4 Energieerzeugungsanlagen

5.4.1 Dieselgenerator

Dieselgeneratoren werden nur in Spezialfällen (z.B. Pumpstationen unter dem Grundwasserspiegel) realisiert. Bei der Planung und Realisierung sind die folgenden Vorgaben einzuhalten.

Aufstellung

Dieselgeneratoren und ihre Hilfseinrichtungen, (z. B. Starterbatterien, Schaltanlagen der Aggregatautomatik) müssen in gesonderten Räumen aufgestellt werden. Eine ausreichende Belüftung dieser Räume muss sichergestellt sein. Für Tankanlagen gelten die gesetzlichen Bestimmungen.

Anschlussbedingungen

Ungewollte Rückspeisungen in das Versorgungsnetz des VNB oder die Potentialanhebung des Neutralleiters (N) sind auszuschliessen.

Prüfung

Die Anlage muss periodisch gemäss den Herstellerangaben getestet werden. Die Ergebnisse der Prüfungen sind in einem Prüfbericht aufzuzeichnen.

5.4.2 Photovoltaikanlagen

Autarke Anlagen

Kleine Solarpanels können autark einzelne Aggregate versorgen, welche in der Regel im Standby-Modus sind wie z.B. Notruftelefone. Nicht dazu gehören Aggregate welche 24h/365T aktiv in Betrieb sein müssen und eventuell noch Heizungen integriert haben wie zum Beispiel Kameras.

Strom-Produktion

Im Rahmen der Freigabe des «Klimapaket Bundesverwaltung» vom 2. September 2020 durch den Bundesrat, ist das ASTRA verpflichtet den Ausbau der Strom-Produktion von 0 auf 35 GWh/a bis ins 2030 zu realisieren. 25 GWh/a entfallen auf die Werkhöfe und Stützpunkte und 10 GWh/a auf Anlagen auf der Nationalstrasse. Die grossen PV-Anlagen werden in die Subbilanzgruppe Bund integriert, d.h. die Überproduktion wird zurückgespiessen und kann an einem anderen Standort der Nationalstrasse mit einem Einspeisepunkt > 100'000 kWh/a genutzt werden.

Planung und Realisierung

Bei der Planung und Realisierung der Anlagen sind die aktuellen Regeln und Normen der Technik und die Vorgaben der Hersteller zu beachten.

Dritte

Photovoltaikanlagen können auf der Nationalstrasse auch von Dritten realisiert und betrieben werden, insofern diese Flächen nicht in der «Objektliste für die Priorisierung vom Ausbau der PV-Anlage» bereits für die Nationalstrassen reserviert sind.

Anhänge

I	Konzepte Energieversorgung	23
I.1	Energieversorgungskonzepte	23

I Konzepte Energieversorgung

I.1 Energieversorgungskonzepte

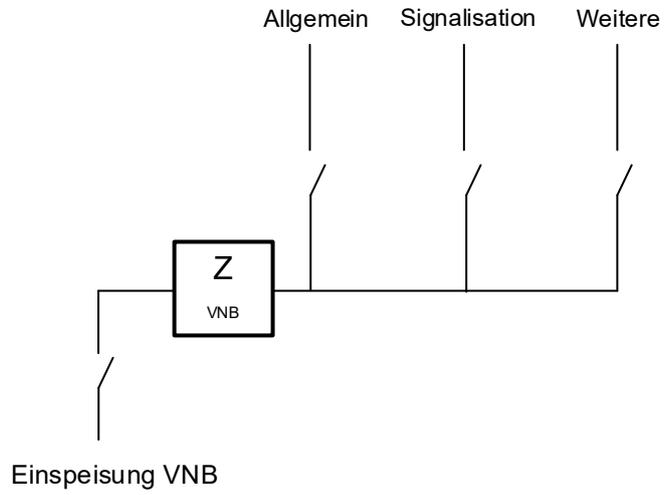


Abb. I.1 Energieversorgungskonzept Offene Strecke

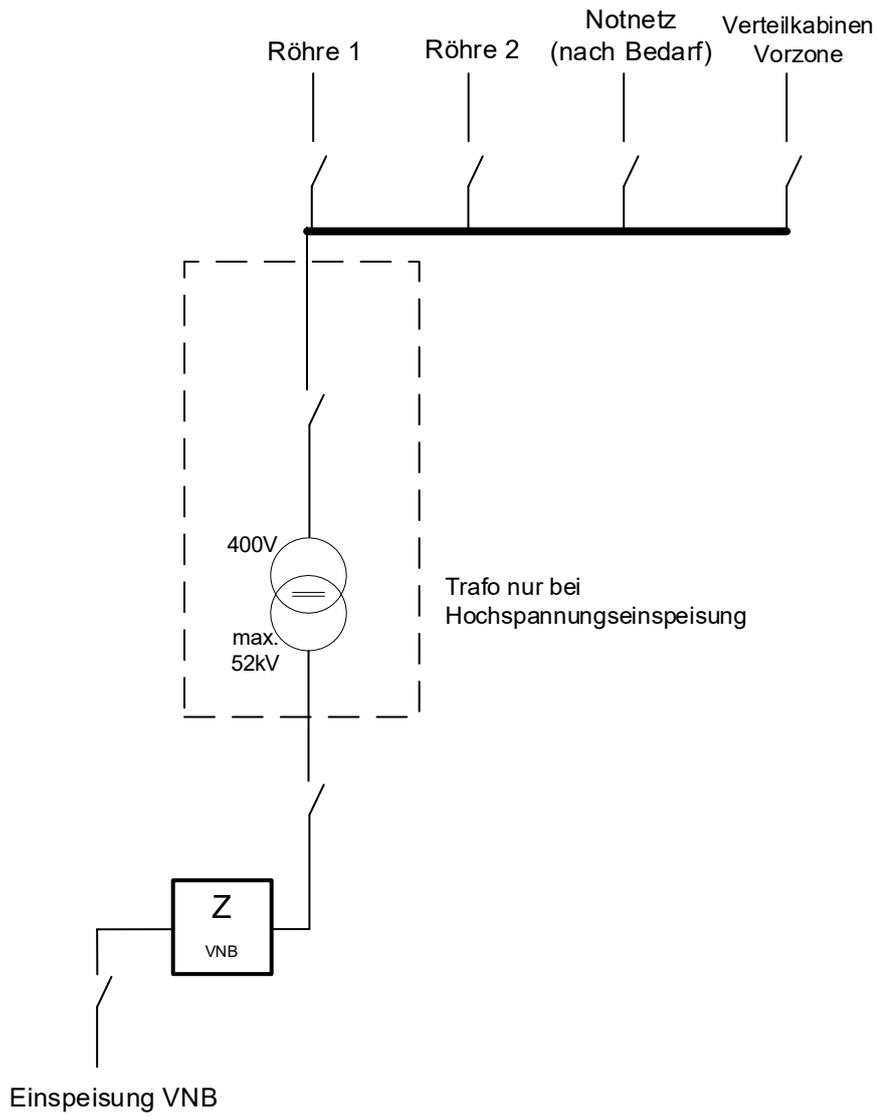


Abb. I.2 Energieversorgungskonzept Tunnel A

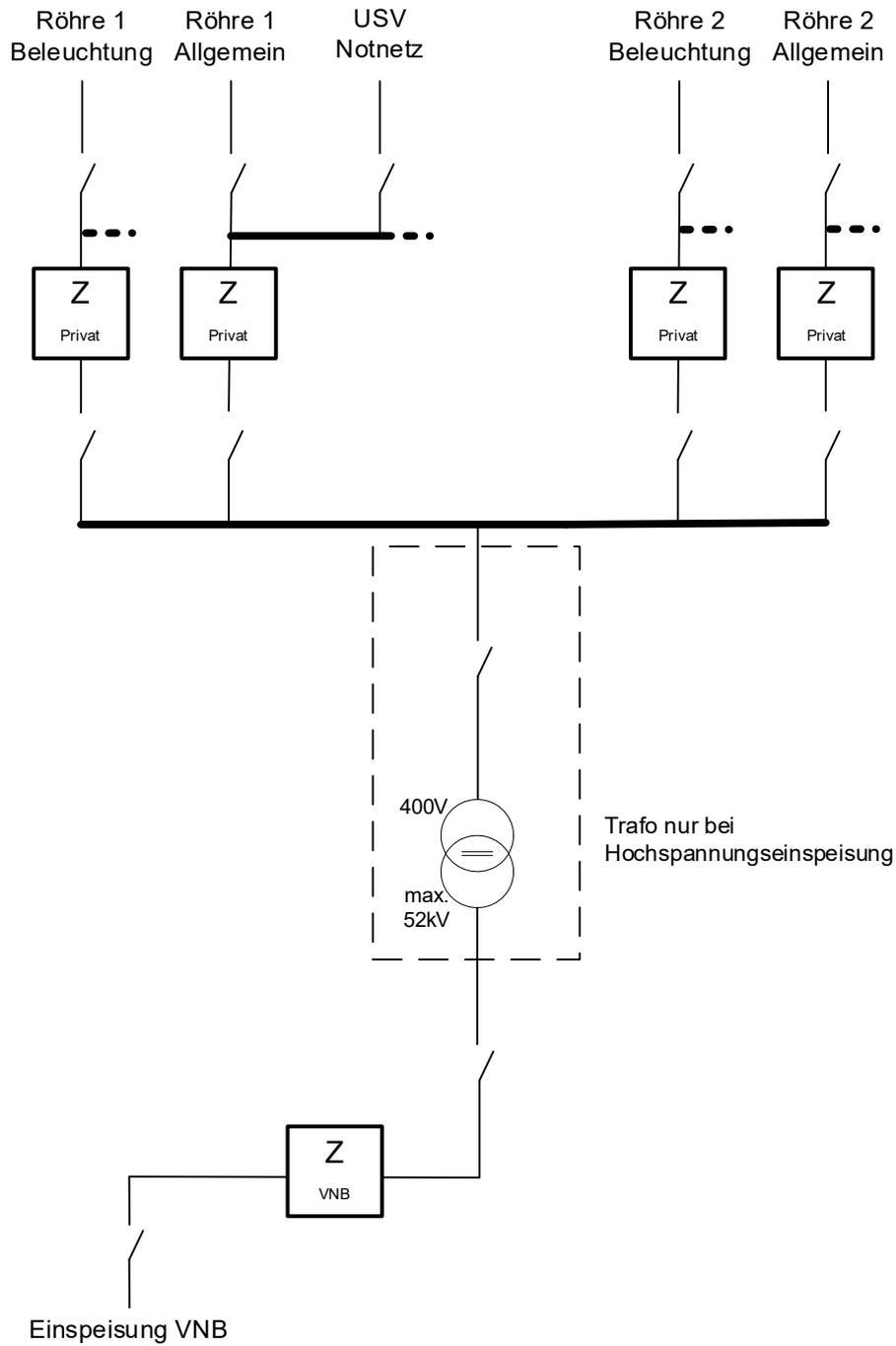


Abb. I.3 Energieversorgungskonzept Tunnel B

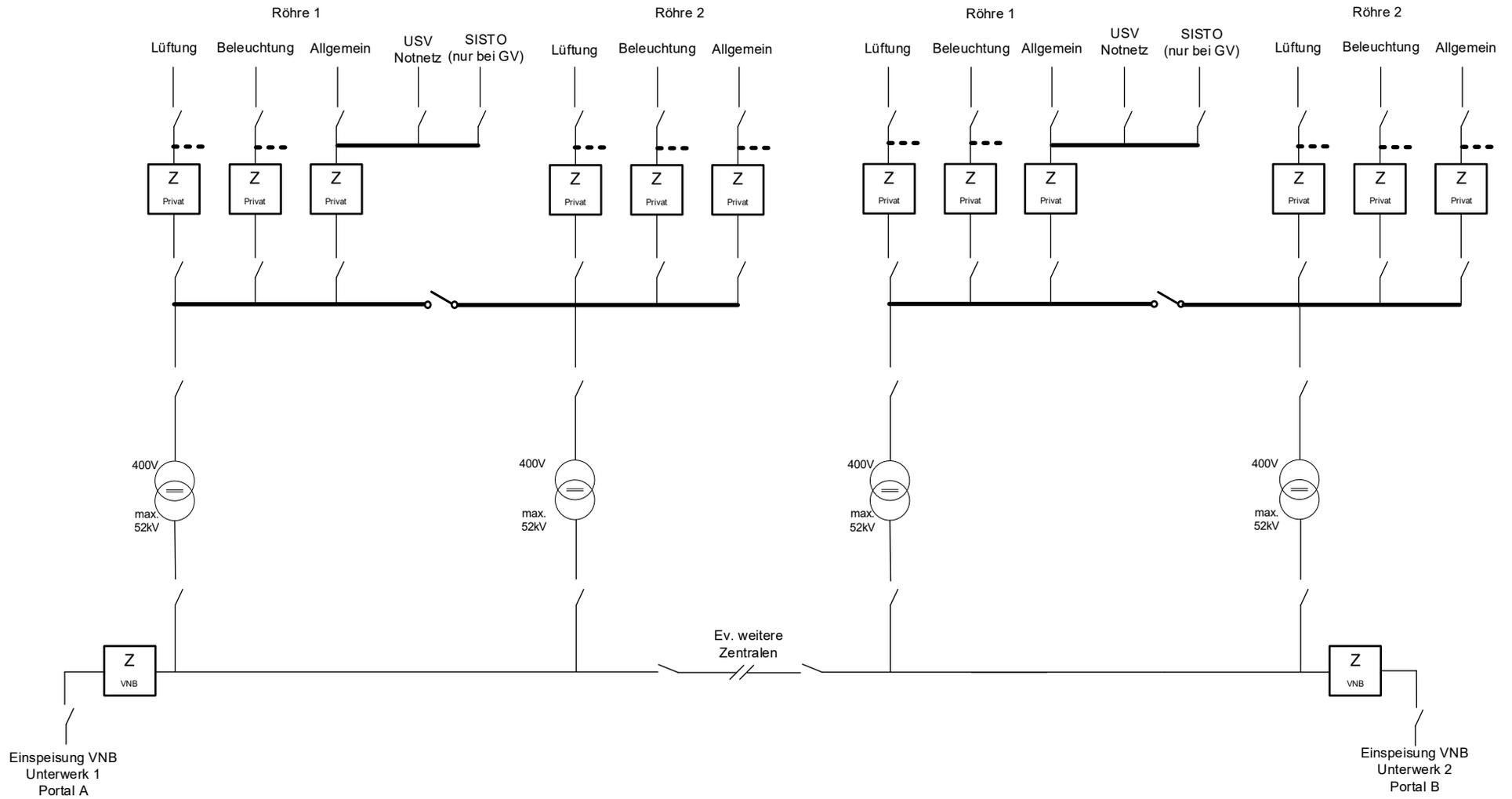


Abb. I.4 Energieversorgungskonzept Tunnel C1

Glossar

Begriff	Bedeutung
AB-EBV	Ausführungsbestimmungen zur Eisenbahnverordnung
AKS-CH	Richtlinie ASTRA 13013 «Struktur und Kennzeichnung der Betriebs- und Sicherheitsausrüstungen (AKS-CH)» Dient der schweizweit einheitlichen Struktur und Kennzeichnung der BSA auf den Nationalstrassen. <i>Anlagekennzeichnungssystem Schweiz (AKS-CH)</i>
ASTRA	Bundesamt für Strassen
Beschriftung	Am Aufstellungsort sichtbar angebrachte Information.
BSA	Betriebs- und Sicherheitsausrüstungen
cos	Wirkleistungs- oder Leistungsfaktor
Elektrische Ausrüstung	Gesamtheit von Elektrizitätsversorgung, Elektrische Anlagen und elektrische Installationen.
EN/SN	Europäische Norm / Schweizer Norm
EP	Erhaltungsplanung
ESTI	Eidgenössisches Starkstrominspektorat
EVU	Elektrizitätsversorgungs-Unternehmen
EW	Elektrizitätswerk
FHB	Fachhandbuch BSA
FU	Fachunterstützung
GE	Gebietseinheit (GE), zuständig für den betrieblichen Unterhalt der Nationalstrassen
HLK-Anlagen	Heizungs-, Lüftungs-, Kühlanlagen
HS	Hochspannung
IEC-Code	Import Export Code für die Datenübertragung
IP	Internet Protokoll
KBOB	Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren
LED	Light-emitting diode, dt. lichtemittierende Diode, Leuchtdiode
N	Neutralleiter
Netzebenen	In der Schweiz gelten die folgenden Netzebenen: <ul style="list-style-type: none"> - Ebene 1 (Höchstspannung): 380 / 220 kV - Ebene 3 (Hochspannung): 36 - 150 kV - Ebene 5 (Mittelspannung): 1- 36 kV - Ebene 7 (Niederspannung): < 1000 V - Die Ebenen 2, 4 und 6 werden als Transformationsebenen bezeichnet.
NIV	Niederspannungsinstallationsverordnung
NST	Notstromversorgt
NSV	Nationalstrassenverordnung
PAW	Pläne des ausgeführten Werks (PAW). Teil der Anlagendokumentation .
PM	Projektmanagement
PV	Photovoltaik
RCD	Fehlerstrom-Schutzschalter
RCM	Differenzstromüberwachungsrelais
RoHS	Restriction of Hazardous Substances, Beschränkung [der Verwendung bestimmter] gefährlicher Stoffe
SISTO	Sicherheitsstollen
SUVA	Schweizerische Unfallversicherungsanstalt
TAB	Technische Anschlussbedingungen
TCO	Total cost of ownership
TN-S	(franz. Terre neutre) Realisierungsart in Niederspannungsnetzen
USV	Unterbrechungsfreie Stromversorgung

Begriff	Bedeutung
VAC	Wechselspannung
VKF	Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen
VM-System	Einrichtungen zur dynamischen Lenkung des Verkehrs.
VNB	Verteilnetzbetreiber
WVCH	Werksvorschriften CH
Z	Zähler

Literaturverzeichnis

Bundesgesetze

- [1] **Elektrizitätsgesetz vom 24. Juni 1921 (EleG)**, SR 734.01, www.admin.ch.
- [2] **Stromversorgungsgesetz vom 23. März 2007 (StromVG)**, SR 734.7, www.admin.ch.

Verordnungen

- [3] **Energieverordnung vom 01. November 2017 (EnV)**, SR 730.01, www.admin.ch.
- [4] **Starkstromverordnung vom 30. März 1994 (Starkstromverordnung)**, SR 734.2, www.admin.ch.
- [5] **Verordnung über elektrische Niederspannungsinstallationen vom 07. November 2001 (NIV)**, SR 734.27, www.admin.ch.
- [6] **Verordnung über elektrische Leitungen vom 30. März 1994 (LeV)**, SR 734.31, www.admin.ch.
- [7] **Starkstromverordnung vom 14. März 2008 (StromVV)**, SR 734.71, www.admin.ch.

Weisungen und Richtlinien UVEK und ASTRA

- [8] **Bundesamt für Strassen ASTRA**, «Standards für Nationalstrassen», www.astra.admin.ch

Weisungen ESTI

- [9] **Weisung Energieerzeugungsanlagen (EEA) im Parallel- oder im Inselbetrieb mit dem Niederspannungsverteilstromnetz**, Nr. 219, www.esti.admin.ch.
- [10] **Weisung Photovoltaik-Energieerzeugungsanlagen**, Nr. 233, www.esti.admin.ch.
- [11] **Richtlinien gemäss Art. 2 und 4 der Verordnung über das Plangenehmigungsverfahren für elektrische Anlagen (VPeA) für die Eingabe von Planvorlagen und deren Anforderungen sowie die Aussteckung**, Nr. 235, www.esti.admin.ch.
- [12] **Weisung Anschlussleitungen zu Niederspannungsinstallationen**, Nr. 239, www.esti.admin.ch.
- [13] **Erläuterungen zur Leitungsverordnung**, Nr. 240, www.esti.admin.ch.
- [14] **Erläuterungen zur Leitungsverordnung**, Nr. 240, www.esti.admin.ch.
- [15] **Grundsätze für Schaltungen nach Auslösen von Hochspannungsleitungen > 1 kV**, Nr. 247, www.esti.admin.ch.
- [16] **Richtlinien Erdbbensicherheit der elektrischen Energieverteilung in der Schweiz**, Nr. 248, www.esti.admin.ch.
- [17] **Tätigkeiten an oder in der Nähe von elektrischen Anlagen**, Nr. 407, www.esti.admin.ch.

Normen

- [18] Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung CENELEC, **„Merkmale der Spannung in öffentlichen elektrischen Versorgungsnetzen“**, *SN/EN 50160*
- [19] Schweizer Norm, **« Projektierung Tunnel Strassentunnel »**, SIA 197/2
- [20] Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung CENELEC, **„Erdungsanlagen für Starkstromanlagen in Netzen mit Nennwechselspannungen über 1 kV“**, *SN/EN 50522*
- [21] Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung CENELEC, **„Hochspannungsschaltgeräte für Schaltanlagen“**, *SN/EN 60271*
- [22] Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung CENELEC, **„Starkstromanlagen mit Nennwechselspannungen über 1 kV, Teil 1, allgemeine Bestimmungen“**, *SN/EN 61936-1+A1*
- [23] Electrosuisse, **„Niederspannungs-Installationsnorm NIN“**, SN 411000:2020
- [24] Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen, **„Technische Regeln zur Beurteilung von Netzrückwirkungen“**, D-A-CH-CZ
- [25] Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung CENELEC, **„Erdungs- und Kurzschlussvorrichtungen“**, *SN/EN 61230*

Weitere Vorgaben

- [26] Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke VSE **«Branchenempfehlung Werkvorschriften – Technische Anschlussbedingungen für den Anschluss von Verbraucher-, Energieerzeugungs- und Speicheranlagen an das Versorgungsnetz»** VSE WVCH-CH

Auflistung der Änderungen

Ausgabe	Version	Datum	Änderungen
2021	1.00	30.06.2021	Inkrafttreten Ausgabe 2021 (original Version in Deutsch).

