



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Strassen ASTRA

RICHTLINIE
KABELANLAGEN DER
NATIONALSTRASSEN

Ausgabe 2019 V1.20
ASTRA 13022

Impressum

Autoren / Arbeitsgruppe

Fuchs Eugen	(ASTRA N-ST, Vorsitz)
Schnetz Jean-Paul	(ASTRA N-ST)
Crausaz Bernard	(ASTRA N-ST)
Markus Eisenlohr	(ASTRA I-FU)
Roland Hürlimann	(ESTI)
Walter Bstieler	(ESTI)
Stephan Baumann	(Zielmanagement GmbH, Erarbeitung)
Karl Wittker	(Zielmanagement GmbH, Erarbeitung)

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 2019

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

Vorwort

Im linearen System der Nationalstrassen stellt das Realisieren von Kabelanlagen für Hoch- und Niederspannungsanlagen, elektrische Stark- und Schwachstromanlagen sowie Signal- und Lichtwellenleiterkabel oft eine Herausforderung dar.

Mit der Richtlinie definiert das ASTRA Standards für die Anforderungen und den Einsatz von Kabelanlagen auf Nationalstrassen auf offener Strecke und in Tunnelanlagen.

Aus der Umsetzung der Richtlinie ergeben sich Harmonisierungen beim Ausbau, beim Unterhalt und beim Betrieb der Nationalstrassen.

Besondere Aufmerksamkeit wird auf die Sicherheit von Personen und an den Schutz der Infrastrukturanlagen im Ereignisfall gelegt.

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 Kabelanlagen der Nationalstrassen	7
2.1	Grundsätzliche Ziele.....	7
2.2	Verwendete Begriffe.....	7
2.3	Abgrenzung.....	7
3	Anforderungen und Einsatz von Elektro-Kabel	8
3.1	Grundanforderungen an Elektro-Kabel.....	8
3.2	Schutz vor Fremdeinwirkung.....	8
3.3	Brandschutz.....	8
3.3.1	Brandverhalten von Kabel und Leitung.....	9
3.3.2	Funktionserhalt von Kabelanlagen.....	10
4	Anforderungen und Einsatz an Kabeltragsysteme	11
4.1	Grundanforderungen an Kabeltragsysteme.....	11
4.2	Spezifikation der Kanaltypen.....	11
4.3	Konstruktive Vorgaben.....	11
4.4	Montage von Kabeltragsystemen.....	11
4.5	Einsatz, Auswahl von Kabeltragsystem.....	12
4.6	Spezifische Anforderungen.....	13
4.6.1	Offene Strecke.....	13
4.6.2	Feinverteilung im Tunnel.....	13
4.6.3	Lüftungskanal.....	13
4.6.4	Werkleitungs kanal.....	13
4.6.5	Sicherheitsstollen.....	13
4.6.6	Technikräume.....	13
4.6.7	Verbindung Tunnel - WLK.....	13
4.6.8	Steigzonen in vertikalen Fluchtwegen.....	13
4.6.9	Betriebsgebäude, Werkhöfe.....	14
5	Kabelinstallationen für Nationalstrassen	15
5.1	Grundanforderungen an Kabelinstallationen.....	15
5.2	Konzepte der Kabelinstallation.....	15
5.3	Verhalten der Kabel im Betrieb und bei Ereignissen.....	16
5.3.1	Kabelinstallationen Montagevorschriften der Hersteller.....	16
5.3.2	Ordnungstrennung.....	17
5.3.3	Kabelverbindungen.....	17
5.3.4	Einzelverlegung von Kabel.....	18
5.3.5	Geschützte Kabelführung.....	18
5.3.6	Gemischte Kabelinstallation mit Funktionserhalt.....	18
5.3.7	Beschriftung von Kabeln.....	18
6	Anlagespezifische Installationen	19
6.1	Hochspannung.....	19
6.2	Lüftung.....	19
6.3	Strahlkabel Funk im Tunnel.....	20

6.4	Brandmeldeanlage Tunnel	20
6.5	Optische Leiteinrichtung im Tunnel.....	20
6.6	Lichtwellenleiter	21
6.6.1	Allgemein.....	21
6.6.2	Ausführung der LWL	22
6.6.3	Messungen der installierten LWL-Strecken	22
6.7	UKV in Zentralen	23
6.8	Parallelführung von Kleinspannung- und Niederspannung	23
7	Dokumentation Kabelanlagen.....	24
7.1	Dokumentation Kabel	24
7.2	Dokumentation Kabeltragsysteme	25
7.3	Dokumentation Kabelinstallationen.....	25
	Anhänge	26
	Glossar	31
	Literaturverzeichnis	33
	Auflistung der Änderungen.....	35

1 Einleitung

1.1 Zweck der Richtlinie

Ergänzend zu den geltenden Gesetzen und Verordnungen definiert die Richtlinie die Vorgaben für die Kabelanlagen auf den Nationalstrassen.

Die Richtlinie definiert die Anforderungen an die Kabel, die Kabeltragsysteme, die Kabelinstallationen sowie an die Anlagedokumentationen der Kabelanlagen.

1.2 Geltungsbereich

Die Richtlinie gilt für die Planung, die Realisierung und den Betrieb von Kabelanlagen der Nationalstrassen der Klassen 1, 2 und 3 auf der offener Strecke und in Tunnel. Sie gilt nicht für Raststätten und Werkhöfe.

Sie gilt für Neuanlagen sowie für Erweiterungen an bestehenden Kabelanlagen.

Übergangsregelung für laufende Projekte:

- Bei Projekten mit Beginn der Installationsarbeiten vor 2015 gelten die Vorgaben der Ausschreibung;
- Bei Projekten mit Beginn der Installationsarbeiten nach 2015 gelten die Vorgaben der KBOB-Empfehlung (keine Kabel FE0 und FE05). Es sind Kabel FE05C und FE180, E60 einzusetzen;
- Bei Projekten mit Beginn der Installationsarbeiten ab 2020 gelten die Vorgaben dieser Richtlinie.

1.3 Adressaten

Die Richtlinie wendet sich an:

- Fachspezialisten des ASTRA;
- Fachspezialisten der Gebietseinheiten;
- Planer und Unternehmungen, die im Auftrag des ASTRA Leistungen an den Betriebs- und Sicherheitsausrüstungen (BSA) erbringen;
- Inspektoren und Kontrollstellen.

1.4 Inkrafttreten und Änderungen

Die Richtlinie tritt am 01.05.2019 in Kraft. Die „Auflistung der Änderungen“ ist im gleichnamigen Kapitel dieser Richtlinie auf Seite 35 dokumentiert.

2 Ziele der Kabelanlagen der Nationalstrassen

2.1 Grundsätzliche Ziele

Ziel der Richtlinie ist die sichere, langlebige und wartungsfreundliche Realisierung der Kabelanlagen auf Nationalstrassen.

Gesetze, Verordnungen und Normen verlangen übereinstimmend, dass:

- Flucht und Rettungswege sicher sind;
- Im Ereignisfall die Ausbreitung des Feuers begrenzt wird;
- die notwendigen Funktionen erhalten bleiben.

Um diese Ziele zu erreichen definiert die Richtlinie:

- Anforderungen an die Kabel (Kabelhersteller) der offenen Strecke und in Tunnel;
- Anforderungen an Kabeltragsysteme (Hersteller Kabeltragsysteme);
- Vorgaben für die Kabelinstallationen (Installateur Kabel und Kabeltragsysteme).

Kabelanlagen in Tunneln müssen nach Röhre getrennt werden.

2.2 Verwendete Begriffe

- In Verordnungen und in der Normierung werden verschiedene Begriffe verwendet für sicherheitstechnische Anlagen, Sicherheitsanlagen, sicherheitsrelevant etc.
- In der Richtlinie werden einheitlich die Begriffe „Versorgt mit Normalnetz“ und „Versorgt mit Notnetz“ verwendet. Anlagespezifische Anforderungen sind im Kapitel 6 definiert.

2.3 Abgrenzung

Die Dimensionierung der Kabel ist nicht Bestandteil der Richtlinie.

Die Erstellung und die Dimensionierung von Kabelrohrblöcken sind nicht in der Richtlinie enthalten.

Temporäre Kabelanlagen sind nicht Teil der Richtlinie.

3 Anforderungen und Einsatz von Elektro-Kabel

3.1 Grundanforderungen an Elektro-Kabel

Die erwartete Nutzungsdauer ist:

- für Kupferkabel 30 bis 45 Jahre;
- für Lichtwellenleiter-Kabel (LWL) 25 bis 35 Jahre.

Für das Langzeitverhalten der Isolierstoffe gilt:

- Energiekabel müssen den Eigenschaften hinsichtlich des thermischen Langzeitverhaltens für die Alterung genügen (gemäss EN 60216).

3.2 Schutz vor Fremdeinwirkung

Mechanischer Schutz

Sämtliche Kabel im Fahrbahnbereich sind mit einem mechanischen Schutz zu versehen. Dieser mechanische Schutz kann erreicht werden durch:

- Unterputzinstallation;
- Kabeltragsysteme;
- Rohranlagen;
- Schutzabdeckungen;
- Armierung von Kabel.

Wasser und Feuchtigkeit

Kabel die Wasser oder Feuchtigkeit ausgesetzt sind, müssen ihre Funktion uneingeschränkt aufrechterhalten können.

Nagetierschutz

Kabel auf der offenen Strecke mit Durchmesser < 30 mm sind mit einem Nagetierschutz zu versehen. Dies gilt gleichermassen für elektrische Hoch- und Niederspannungskabel, Signalkabel, Koaxialkabel und Lichtwellenleiter. Die Umhüllung darf auch bei Freilegung nicht korrodieren.

Im Portalbereich von Strassentunnel, im Ausgangsbereich von Sicherheitsstollen und in Werkleitungskanälen ist dem Nagetierschutz vermehrte Beachtung zu schenken. In gefährdeten Bereichen sind Kabel mit Armierung zu verwenden.

In Zentralen, Stationen und Kabinen sind Kabeleinführungen dauerhaft dicht zu verschliessen damit für Nagetiere kein Eindringen möglich ist.

Örtliche bedingte Schutzmassnahmen

In städtischen Bereichen können Tauben Kanäle massiv verschmutzen und beschädigen. Dem muss mittels Abdeckungen entgegengewirkt werden. Sind weitere und anderweitige Beeinflussungen bekannt, muss mit geeigneten Massnahmen entgegengewirkt werden.

UV Beständigkeit

Kabel auf offener Strecke, die der Sonneneinstrahlung ausgesetzt sind, müssen UV beständig sein.

EMV Schutz

Kabel auf offener Strecke, im Tunnel und im Werkleitungskanal sind bei Gefährdung durch Elektromagnetischen Strahlen zu schützen. Die Art und Umfang der Schutzmassnahmen sind aufgrund der zu erwartenden Störungen festzulegen.

3.3 Brandschutz

Für Nationalstrassen gelten folgende Anforderungen an sämtliche Kabel.

3.3.1 Brandverhalten von Kabel und Leitung

Das Brandverhalten von Kabel und Leitungen ist in der Bauprodukteverordnung (BauPV, SR 933.01) und der Norm SN/EN 13501-6 definiert.

Für Nationalstrassen gelten:

- Für die offene Strecke werden halogenfrei Kabel der Klasse Fca (keine Brandeigenschaften definiert) eingesetzt. Tunnel unter 100 m werden wie offene Strecken behandelt;
- Kabel der Klasse Cca-s1,d1,a1 (langsame Brandausbreitung, schwache Rauchbildung, kurzzeitiges brennendes Abtropfen, leicht korrosive Brandgase) werden im Tunnel > 100 m für das Normalnetz verwendet. Dieselbe Kabelklasse wird auch in Werkleitungskanälen (ohne Funktion Sicherheitsstollen) und Rohrblockanlagen verwendet;
- Kabel der Klasse B2ca-s1a,d1,a1, E60 (langsame Brandausbreitung, schwache Rauchbildung, kurzzeitiges brennendes Abtropfen, leicht korrosive Brandgase, Funktionserhalt 60 Minuten) werden im Fahrraum oberhalb Fahrbahnhöhe für das Notnetz eingesetzt;
- Dient ein Werkleitungskanal gleichzeitig als Sicherheitsstollen oder dient ein Sicherheitsstollen gleichzeitig als Werkleitungskanal, müssen Kabel der Klasse B2ca-s1a,d1,a1, E60 eingesetzt werden;
- Wenn Hochspannungskabel in eigenen Rohrblöcken geführt werden, gilt Kabelklasse Fca, halogenfrei. Werden Hochspannungskabel im Werkleitungskanal geführt, gelten die höheren Anforderungen des Werkleitungskanals;
- Je nach Einsatzzweck und Gefährdung sind als zusätzliche Schutzmassnahme armierte, abgeschirmte, längswasserdichte, zugarmierte und/oder UV-beständige Kabel einzusetzen.

ASTRA Zone	Anwendung	Kabelklassen (Bau PV SR 933.01)	Installationsart
10-30	Hochspannungskabel bis 50'000Volt	F _{ca} , halogenfrei	Eigene Rohranlage Kabeltragsystem
10	Offene Strecke (inkl. Tunnel 0-100 m) <ul style="list-style-type: none"> • Fahrbahn • Brücken • Viadukte • Signalportale 	F _{ca} , halogenfrei Falls der Sonneneinstrahlung ausgesetzt, zusätzlich Ultraviolette Sonnen-Strahlung. beständig.	Rohranlagen
20	Tunnel (ab Fahrbahnhöhe) <ul style="list-style-type: none"> • Fahrraum, Galerien • Lüftungskanal (Zu- und Abluft) 	Notnetz: B2 _{ca} s1a, d1, a1, E60 Normalnetz: C _{ca} s1, d1, a1	Kabeltrassen Rohranlagen
30	Tunnel (unterhalb Fahrbahnhöhe) <ul style="list-style-type: none"> • Rohranlagen • Werkleitungskanäle (WLK) • Sicherheitsstollen • Technikräume (inkl. Hohlboden) • Verbindung Tunnel - WLK 	C _{ca} s1, d1, a1	Kabeltrassen Rohranlagen
30	Werkleitungskanäle die auch als Sicherheitsstollen dienen Sicherheitsstollen die auch als Werkleitungskanal dienen Steigzonen in vertikalen Fluchtwegen	B2 _{ca} s1a, d1, a1, E60 Alternativ C _{ca} s1, d1, a1 mit Brandschutz-Verkleidung	Kabeltrassen Rohranlagen
40	Betriebsgebäude, Werkhöfe	Gemäss NIN und VKF	

Abb. 3.1 Anforderungen passiver Brandschutz

Die Klassifizierung ist mittels Leistungserklärung gemäss BauPV nachzuweisen.

In Übergangsbereichen gelten die höherwertigen Anforderungen (bspw. das Kabel Notstrom im Werkleitungskanal, das ohne Kabelverbindungstelle direkt in den Fahrraum führt ist nach Klasse B2_{ca} s1a, d1, a1, E60 bis zur nächsten Kabelverbindung im Werkleitungskanal auszuführen).

3.3.2 Funktionserhalt von Kabelanlagen

Die Anforderungen an den Funktionserhalt sind in «Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen», der DIN 4102-12 beschrieben.

Für die Planung der Kabeltragsysteme sollen ganzheitliche und nachhaltige Betrachtungen erstellt werden. Die Kabeltragsysteme sollen erweiterbar gestaltet werden und die Ordnungs- und Systemtrennung ist zu gewährleisten.

Der Funktionserhalt ist für sicherheitsrelevante (versorgungsrelevante) Anlagen und Installationen erforderlich:

- Alle Anlagen, die mit Notstrom versorgt werden;
- Lüftungsklappen und Ventilatoren;
- Sensorik.

Die Dauer des Funktionserhalts ist:

- | | |
|--|------|
| • Alle Anlagen, die mit Notstrom versorgt werden | E60; |
| • Lüftungsklappen und Ventilatoren | E90; |
| • Sensorik | E60. |

Der Funktionserhalt ist nicht in allen Anlagen einfach zu realisieren. Überlegungen zum nachträglichen Ausbau, eingeschränkter Kabelauswahl und Life Cycle Betrachtungen beeinflussen die Art der Umsetzung.

Deshalb enthält die DIN 4102-12 folgende Varianten zur Umsetzung:

Umsetzungsvariante Funktionserhalt mit einem Sondertragesystem

Die Kombination aus Kabel und Kabeltragsystem ergibt den Funktionserhalt des gesamten Systems. Die von den Herstellern geprüften Kombinationen aus Kabeltypen und Kabeltragsystemen inkl. der spezifizierten Verlege- bzw. Befestigungsabstände sowie die maximale mechanische Belastbarkeit im Brandfall sind zwingend einzuhalten.

Umsetzungsvariante Funktionserhalt mit einem Normtragesystem

Kabel mit Funktionserhalt und Tragsysteme mit Funktionserhalt weisen unabhängig voneinander nach, dass die Anforderungen nach DIN 4102-12 erfüllt werden.

Die vom Hersteller des Kabeltragsystems spezifizierten Verlege- bzw. Befestigungsabstände sowie die maximale mechanische Belastbarkeit im Brandfall sind einzuhalten.

Durch Verwendung eines «Normtragesystems», ist es möglich, Kabel unterschiedlicher Hersteller in einer Anlage mit Funktionserhalt zu installieren.

Dokumentation einer Anlage mit Funktionserhalt

Basierend auf der DIN 4102-12 müssen folgende Unterlagen abgegeben werden:

- Allgemeines Bauamtliches Prüfzeugnis (ABP) oder VKF-Zertifikat für Norm- und Sondertragesystem;
- Übereinstimmungserklärung mit technischen Daten für Kabelanlage (Installateur);
- Kennzeichnung der Kabelanlage mit Schild (Ersteller, Nummer der ABP und Verlegeart, Funktionserhaltsklasse, Herstellungsjahr).

Für das ASTRA gilt generell: Umsetzung des Funktionserhalts mit Normtragsystemen!

4 Anforderungen und Einsatz an Kabeltragsysteme

4.1 Grundanforderungen an Kabeltragsysteme

Kabeltragsysteme werden eingesetzt für:

- Kabelverlegung in Werkleitungskanälen;
- Feinverteilung der Kabel im Tunnel-Fahrraum;
- Kombinierte Konstruktionen mit Ausrüstungen bspw. Beleuchtungssysteme;
- Zum Schutz und zur Führung von Kabel in Gebäuden, Zentralen etc.

4.2 Spezifikation der Kanaltypen

Bei der Materialwahl sind die korrosiven Bedingungen am Installationsort massgebend.

Kanäle müssen gemäss der Norm SN/EN 13501-1:

- Halogenfrei sein;
- Widerstandsfest gegen äussere Beanspruchungen (Erfolgreiche Tests mit 50 J);
- Baustoffklasse gemäss SN/EN 13501-1 mindestens B1 (schwer entflammbar).

Hinweis: Kabeltragsysteme E90 sind nur bis zur Breite von 40 cm lieferbar.

4.3 Konstruktive Vorgaben

Die Kabeltragsysteme sind mit Vorkehrungen zur Montage von Elementen zur Ordnungstrennung auszurüsten (min. Trennbolzen).

Werden auf dem Tragsystem Kabel mit Notstrom-Funktion verlegt, müssen die Kanalsysteme nach DIN 4102-12 geprüft sein und nach E90 zertifiziert sein. Diese Anforderung gilt auch bei gemischter Verlegung von Kabel mit Normalnetz- und Notnetzversorgung.

Zur Kabelführung sind Systemteile wie Bögen, T-Stücke, Vertikalführungsbleche etc. zu verwenden.

Kombinierte Konstruktionen für die Befestigung von Beleuchtungssystemen müssen einen Mindestabstand von 130 mm zu Leuchten aufweisen.

4.4 Montage von Kabeltragsystemen

Der Hersteller der Kabeltragsysteme liefert ausführliche Montagevorschriften.

Der Montagegrund bestimmt den Einsatz der korrekten Dübel.

Eingesetzte Dübel und Schrauben haben den Vorgaben des Herstellers der Befestigungsteile zu genügen. Zum Schutz gegen Selbstlockerung der Schrauben sind sämtliche Befestigungsschrauben mit Federscheiben auszurüsten. Zur Montage sind Drehmomentschlüssel zu verwenden.

Decken- und Wandkonsolen müssen in den Zonen 10 und 20 mit mindestens zwei Befestigungsschrauben versehen sein.

An Stellen die eine Verletzungsgefahr darstellen sind Schutzmassnahmen umzusetzen wie Kantenschutzprofile, Sicherheitsabschlüsse von Träger etc.

4.5 Einsatz, Auswahl von Kabeltragsystem

Die folgende Tabelle orientiert sich an der Korrosionswiderstandsklasse (KWK) gemäss der SIA 179.

ASTRA-Zone	Awendung	Korrosions-Kategorie	Werkstoffwahl		
			Befestigung	Halterung	Gehäuse
10	Offene Strecke (inkl. Tunnel 0-100 m): <ul style="list-style-type: none"> • Fahrbahn • Brücken • Viadukte • Signalportal 	C4	<ul style="list-style-type: none"> • KWK III • KWK IV (mineralisch-metall) 	<ul style="list-style-type: none"> • KWK III • Stütze, Ausleger feuerverzinkt, tauchverfahren, min. 2 mm 	<ul style="list-style-type: none"> • KWK II • Stahlkanal, feuerverzinkt, tauchverfahren, min. 2 mm
20	Tunnel (ab Fahrbahnhöhe): <ul style="list-style-type: none"> • Fahrraum, Galerie • Lüftungskanal • Verbindung Tunnel - WLK 	C5	<ul style="list-style-type: none"> • KWK V 	<ul style="list-style-type: none"> • KWK IV 	<ul style="list-style-type: none"> • KWK III
30	Tunnel (unterhalb Fahrbahnhöhe): <ul style="list-style-type: none"> • Werkleitungskanäle • Sicherheitsstollen • Technikräume (inkl. Hohlboden) • WLK die auch als Sicherheitsstollen dienen • Steigzonen in vertikalen Fluchtwegen 	C4 C4 C3 C4 C4	<ul style="list-style-type: none"> • KWK III • KWK IV (mineralisch-metall) 	<ul style="list-style-type: none"> • KWK III • Stütze, Ausleger feuerverzinkt, tauchverfahren 	<ul style="list-style-type: none"> • KWK II • Stahlkanal, feuerverzinkt, tauchverfahren, min. 2 mm • Kanal aus Polymere (nur Technikräume)
40	<ul style="list-style-type: none"> • Betriebsgebäude • Werkhöfe 		<ul style="list-style-type: none"> • KWK I 	<ul style="list-style-type: none"> • KWK I • Stütze, Ausleger feuerverzinkt, tauchverfahren, min. 2 mm • Stütze, Ausleger Sendmirverzinkt 19 µm bis 2 mm 	<ul style="list-style-type: none"> • KWK I • Stahlkanal, feuerverzinkt, tauchverfahren, min. 2 mm • Stahlkanal Sendmirverzinkt 19 µm bis 2 mm • Kanal aus Polymere

Abb. 4.2 Auswahl von Kabeltragsystemen

4.6 Spezifische Anforderungen

4.6.1 Offene Strecke

Am Signalportal sind die Kabel durch geschlossene Kanalsysteme zu schützen. Geschlossene Kanalsysteme gelten allein nicht als Schutz vor ultravioletter Sonnenstrahlung.

4.6.2 Feinverteilung im Tunnel

Für die Feinverteilung im Tunnel sind Tragsysteme unter der Tunneldecke oder an der Tunnelwand zu montieren.

Im Tragsystem unter der Tunneldecke oder an der Tunnelwand dürfen keine durchgehenden Kabel (Transitkabel) installiert werden.

4.6.3 Lüftungskanal

Im Fall einer mechanischen Lüftung mit separatem Kanal für die Zuluft, darf dieser für die Kabelführung genutzt werden.

4.6.4 Werkleitungskanal

Die Zuteilung vom Platz auf den Kabeltragsystemen mit mehreren Ebenen ist von oben nach unten nach folgenden Prioritäten vorzunehmen:

- Notstromversorgte Kabel;
- Überwachung, Netzwerke;
- Transitkabel;
- Anlagen, Teilanlagen;
- Hochspannung, LWL.

Installationen für Wasserleitung oder andere Medien dürfen nicht auf dem Kabeltragsystem verlegt werden.

4.6.5 Sicherheitsstollen

Im Sicherheitsstollen ohne Werkleitungskanal-Funktion sind nur Kabel für die Versorgung des Sicherheitsstollens zugelassen.

4.6.6 Technikräume

Im Hohlboden von Zentralen sind die Kabeltragsysteme nach Funktionen zu trennen. Die Befestigungs-konstruktionen des Hohlbodens dürfen nicht für die Befestigungen der Kabelkanäle genutzt werden.

4.6.7 Verbindung Tunnel - WLK

Damit die Endgeräte im Tunnel elektrisch erschlossen werden können, sind vom Werkleitungskanal oder von den Schächten der Rohrblöcke Rohraufstiege in der Betonverkleidung der Tunnelwände vorgesehen.

Fehlen solche Rohreinlagen können Kabelaufstiege auch in offenen Schlitzern erstellt werden. Die Kabel sind direkt mittels geeignetem Befestigungsmaterial an die Wand zu montieren. Um den mechanischen Schutz zu gewährleisten, ist der Schlitz mit einer Abdeckung komplett zu verschliessen. Zwischen Metallabdeckung und Kabel ist eine Wärmeschutzisolation zu erstellen, die mindestens der Schutzart EI 30 (gemäss DIN 4102-12) entspricht.

4.6.8 Steigzonen in vertikalen Fluchtwegen

Kabelsteigzonen zwischen verschiedenen Stockwerkebenen sind mit Kabelleitern oder Schienensystemen mit Kabelschnellverleger zu erstellen. Kabelaufstiege müssen so

dimensioniert werden, dass eine Trennung nach Spannungsebene, Anlagen und Notstrom sichergestellt ist.

4.6.9 Betriebsgebäude, Werkhöfe

Es gelten die Vorgaben gemäss NIN und VKF.

5 Kabelinstallationen für Nationalstrassen

5.1 Grundanforderungen an Kabelinstallationen

Kabelinstallationen inkl. Tragsysteme sind bei richtungsgetreuten Tunneln für beide Röhren getrennt zu erstellen.

Kabel für die Versorgung mit Notstrom müssen in Kanalsystemen immer auf der obersten Ebene verlegt werden.

Die Kabeltragsysteme müssen für Erhaltungsprojekte eine Platzreserve von min. 50 % auf der zugeordneten Ebene aufweisen.

BSA-Anlagen, die auf die Kabelanlagen der benachbarten Kabel Störsignale abgeben können (bspw. Einzelleiter der Hoch- und Niederspannung, Frequenzumformer), sind mit Schutzmassnahmen auszurüsten (Verursacherprinzip).

Kabel die EMV-sensible Signale übertragen sind in sich selber mit geeigneten Massnahmen zu schützen. Der Lieferant der Steuersysteme bestimmt die Kabelart und die erforderlichen Schutzmassnahmen.

Grenzwerte für die Dimensionierung:

Niederspannungskabel:

- Spannungsabfall max. 5 %;
- Minimalquerschnitt ausserhalb von Zentralenräumen 2.5 mm²;
- Max. Kerntemperatur der Kabel 60 °C;
- Bei einem Kurzschluss darf der Kurzschlussstrom nicht länger als 5 s fließen;

Signalkabel:

- Minimaldurchmesser 0.8 mm.

5.2 Konzepte der Kabelinstallation

Kabel für Ausrüstung die mit Notstrom betrieben wird, sind von den übrigen Kabeln zu trennen.

Für die Einspeisung vom Werkleitungs kanal/Rohrblock zur Tunnelinstallation sind die Rohraufstiege in der Tunnelwand zu nutzen. Im Bereich der Tunneldecke dürfen nur Leitungen installiert werden, die der Feinverteilung dienen. Zwischen den Versorgungsabschnitten im Tunnel sind keine überlappenden oder durchgehenden Leitungen zu installieren.

Ausfallsicherheit

Bei der Kabelinstallation ist auf möglichst kurze Wege im Tunnelbereich zu achten. Kabel sollen für möglichst kurze Versorgungsabschnitte im Tunnel installiert werden.

Schutzkonzept:

- Ab Übergabestelle des EVU sind der Neutralleiter und der Schutzleiter getrennt zu führen (TN-S). TN-C Systeme (PEN) innerhalb von Anlagen des ASTRA sind nicht zulässig;
- Der Neutralleiter muss in allen Anlageteilen den gleichen Leitwert wie die Polleiter aufweisen.

Alle Kabel die vor Überspannung geschützte Bereiche verlassen und in die offene Strecke führen, sind beidseitig mit Überspannungsschutz zu versehen.

5.3 Verhalten der Kabel im Betrieb und bei Ereignissen

Kabelanlagen müssen vor Einwirkungen, die einen Einfluss auf die Kabelfunktion haben, geschützt werden. Die Richtlinie definiert allgemeingültige Grundsätze – treten in spezifischen Orten weitere Einflussbereiche auf, müssen die Projekte entsprechende weitergehende Massnahmen festlegen.

Einwirkungen bei normalem Betrieb:

- Bewegungen in Wiederlagern von Brücken;
- Reinigung;
- Wartungsarbeiten;
- Aggressive Tunnelatmosphäre
- Vibrationen.

Weitere mögliche Einwirkungen:

- Brand;
- Nagetierfrass;
- Wassereintritt;
- Erdbewegungen;
- Verkehrsunfall;
- Weitere.

5.3.1 Kabelinstallationen Montagevorschriften der Hersteller

Die Montagevorschriften der Hersteller (bspw. Traglasten, minimale Biegeradien, max. Zugkraft) gelten als verbindliche Installationsvorgaben.

Rohranlagen:

- Im Tunnel werden im Bankett und in der offenen Strecke im verkehrsfreien Bereich der Strasse Rohrblöcke installiert;
- In Tunnelanlagen sind in einem regelmässigen Raster Kabelaufstiege mit Auslassöffnungen vorzusehen (Rundschlag);
- Bei einem Nachzug von Kabeln in bestehende belegte Rohre von Rohranlagen ist die mechanische Belastung der bestehenden Kabel zu prüfen.. Nach Möglichkeit sind alle Kabel sind in einem Arbeitsgang in einem Rohr einzuziehen;
- Beim maschinellen Einziehen der Kabel sind die Einzugschwerte aufzuzeichnen und den Ausführungsunterlagen beizulegen;
- Kabelenden müssen während der Verlegung dicht abgeschlossen sein.

Tragsysteme:

- Kabel dürfen nicht direkt auf Kabeltragsystemen gezogen werden;
- Der Einsatz von Einzugshilfen muss auf Kabel, Rohr und Kabeltragsystem abgestimmt sein;
- Alle metallenen Kabeltragsysteme sind alle 50 m am Fundament zu erden;
- Mehrstöckige oder unterbrochene Kabeltragsysteme sind miteinander gut leitend (max. 10 Ohm) zu verbinden;
- Die Stapelhöhe der Kabel auf den Tragsystemen darf 150 mm nicht überschreiten.

Installationen an Tunnelwänden:

- Kabelinstallationen an Tunnelwänden müssen vor Beschädigung durch die Tunnelreinigungsmaschine geschützt sein. An Kabelkonstruktionen an Tunnelwänden dürfen sich keine Gegenstände verfangen oder festsetzen können.

Anschluss Geräte im Tunnel:

- Kabelreserven bei Anschlussstellen an Geräten im Tunnel sind mechanisch zu schützen;
- Kabeleinführungen in Geräte müssen mit korrekt dimensionierten Kabelverschraubungen ausgeführt werden. Diese dürfen die Schutzart (IP XX) des Gerätes nicht reduzieren;
- Kabel sind aufsteigend in Geräte einzuführen (Schutz vor Wassereintritt).

Befestigung von Kabel auf dem Kabeltragsystem:

- Kabel auf Tragsystemen sind zu befestigen. Sie dürfen ihre Lage auch im Falle eines Kurzschlusses nicht verändern;
- Die Befestigung der Kabel darf deren elektrische und mechanische Eigenschaften nicht schmälern;
- Kabelbefestigungen die als Installationshilfen eingesetzt wurden, sind mit der Fertigstellung zu entfernen.

Abstände zur Reduktion der elektrischen Beeinflussung

Gegen elektrische Beeinflussung (elektromagnetische, elektrostatische) sind Massnahmen gemäss (SN/EN 50174-2) vorzusehen:

Brandabschottungen:

- Kabeldurchführungen zwischen Brandabschnitten sind mit Brandabschottungen zu schliessen. Dafür gelten die harmonisierten Normen nach dem Stand der Technik;
- Die Zonenübergänge der Brandabschnitte müssen einem Feuerwiderstand vom Tunnel zum Werkleitungskanal von EI30 entsprechen;
- Die Kabeltrassen beidseitig der Brandabschottung sind gut leitend zu verbinden.

Übergangsbereiche:

- In Übergangsbereichen sind die höherwertigen Anforderungen umzusetzen. Wo möglich soll auf Spleissungen verzichtet werden.

5.3.2 Ordnungstrennung

Die Kabel sind übersichtlich zu ordnen:

- Die Kabel sind nach Spannungsebene, nach Anlagen und nach Funktion (Notnetz und Normalnetz) getrennt zu verlegen;
- Als Trennelemente sind Trennprofile oder mindestens Trennbolzen zu verwenden;
- Die Anordnung der verschiedenen Leitungen ist auch bei Häufung von Kabel übersichtlich zu gestalten.

5.3.3 Kabelverbindungen

Spleissungen und Anschlussdosen sind in Industrieausführung in mechanisch und chemisch widerstandsfester Ausführung zu erstellen.

Kabelverbindungen mit Funktionserhalt sind in derselben geprüften E-Klasse auszuführen.

Kabelverbindungen von Leistungskabeln sind mittels Kabelspleissungen auszuführen. Kabelspleissungen sind nicht lösbar und dicht (min. IP 68). In Kabelmuffen muss jeder Leiter mit Hochtemperaturfasern geschützt werden. Der Schrumpfschlauch muss temperaturbeständig, halogenfrei, dickwandig, flammwidrig und unbeschichtet sein. Es sind DIN-Verbinder aus blankem Kupfer zu verwenden. Es sind nur Sechskantpressungen zugelassen.

Kabelverbindungen von Steuerkabeln sind in Verteildosen oder -schränken auszuführen. Verteildosen müssen zugänglich sein, mindestens IP 56, ohne Spezialwerkzeug zu öffnen, nach Angaben des Dosenherstellers dimensioniert und korrosionsfest sein. Klemmen müssen in der Dose fest montiert sein. Kabelverschraubungen dürfen die IP-Schutzart nicht reduzieren.

Steckverbindungen dürfen nur bis Nennströme von 16 A eingesetzt werden.

5.3.4 Einzelverlegung von Kabel

Installationsrohre

Installationsrohre Werkstoff 1.4404 werden mit Briden direkt auf die Wand montiert. Bei Montage im Fahrraum dürfen sich am Rohr keine Gegenstände verfangen können.

Sammelhalter

Verlegung mit Sammelhalter an der Wand oder an der Decke. Die Sammelhalter müssen dem Material für Kanäle entsprechen. Für Normal- und Notnetz sind getrennte Sammelhalter zu montieren.

Profilschienen mit Bügelschellen

Verlegung mit Bügelschellen auf Profilschienen. Es sind immer Gegenwannen zu verwenden.

An der Decke sind für das Notnetz Langwannen zu verwenden.

Die Bündelverlegung an Decke oder Wand darf nur für dieselbe Teilanlage für das Notnetz / Normalnetz angewendet werden.

Bei durchgehender senkrechter Kabelverlegung ist eine Zugentlastung gemäss DIN 4102-12 im Abstand von 3.5 m vorzusehen. Dies gilt für Einzelschienen und auch für Sprossensysteme.

Werden auf Profilschienen Hochspannungskabel verlegt, muss jede Profilschiene mit dem Erdsystem verbunden werden.

5.3.5 Geschützte Kabelführung

Als geschützte Kabelverlegung gilt:

- uP Installationen in separaten Schutzrohr;
- eingegossene Kabel mit nicht brennbarer Füllmasse;
- offen verlegte brandgeschützte Rohre.

Bei Kabel die geschützt installiert werden genügt Klasse $C_{ca} s1, d1, a1$.

5.3.6 Gemischte Kabelinstallation mit Funktionserhalt

Auf dem selben Tragsystem dürfen Kabel mit und ohne Funktionserhalt verlegt werden wenn:

- Das Kabeltragsystem ist für Funktionserhalt E90 ausgelegt;
- Klare Trennung von Kabel mit und ohne Funktionserhalt mit Trennelementen;
- Über den Kabel mit Funktionserhalt dürfen keine Kabel ohne Funktionserhalt installiert werden;
- Die Kabelanlage ist als gemischte Kabelanlage zu kennzeichnen;
- Die maximale für den Funktionserhalt festgelegte Belastung eingehalten wird.

Kabel mit Funktionserhalt sind zwingend immer auf der obersten Ebene zu verlegen. Durch Mechanische Verformung, Beschädigung vom Tragsystemen oder durch Abtropfen darf der Funktionserhalt nicht beeinträchtigt werden.

5.3.7 Beschriftung von Kabeln

Beschriftung / Kennzeichnung von installierten Kabeln:

- Zur Identifizierung der Kabel und der Kabelverbindungen ist jedes Kabel beidseitig zu kennzeichnen.

6 Anlagespezifische Installationen

Im Kapitel 6 sind jene Anlagen aufgeführt, die besondere Eigenschaften aufweisen und deren Anforderungen von den allgemeinen Anforderungen abweichen. Es werden nur die Abweichungen aufgeführt.

6.1 Hochspannung

Hochspannungskabel auf der Spannungsebene von 1'000 Volt bis 50'000 Volt werden auf der Nationalstrasse für die eigene Energieversorgung verwendet. Diese sind getrennt von Kabeln anderer Spannungsebenen zu verlegen.

Kabel für Hochspannungsanlagen müssen Längswasserdicht gemäss IEC 60502-2 Anhang F sein.

Die Verlegung von Hochspannungskabeln ist in separaten Rohrblockanlagen auszuführen.

Hochspannungskabel im Werkleitungstunnel sind auf separaten Kabeltrassen zu verlegen.

Hochspannungskabel sind plangenehmigungspflichtig. Für die Installation von Hochspannungskabel ist eine Genehmigung erforderlich. Zwischen dem ASTRA und dem ESTI besteht eine Vereinbarung, die das Genehmigungsverfahren regelt. Ansprechstelle im ASTRA ist die Fachunterstützung.

Mit dem Gesuch zur Genehmigung von Hochspannungsleitungen sind die üblicherweise vom ESTI verlangten Unterlagen gemäss ESTI Richtlinie 235 0400 einzureichen. Dazu sind die Gesuchsformulare des ESTI zu verwenden. Diese müssen ergänzt werden mit:

- Installationskonzept;
- Bei Verlegung mit Mehrleiterkabel: Massnahmen zur Vermeidung von Beeinflussung auf andere Leitungen (SN/EN 50174-1 und 2);
- Massnahmen zum Schutz vor nichtionisierter Strahlung (NISV SR 814.710);
- Bei Verlegung mit Einzelleiter: Nachweis, dass die Beeinflussung auf andere Leitungen im Rahmen der normativ zulässigen Werte eingehalten wird.
- Die Abnahmen von allen Hochspannungsanlagen erfolgen durch das ESTI.

Alle Hochspannungskabel müssen mit Warnschildern in jedem Schacht gekennzeichnet werden (Art. 66 und 77) der Leitungsbauverordnung (LeV SR 734.31). In Werkleitungskanälen sind Warnschilder alle 25 m anzubringen.

Alle Hochspannungskabel müssen mit der Angabe von Start und Ziel alle 50 m beschriftet sein. Zudem muss dieselbe Beschriftung bei allen Richtungsänderungen und Durchführungen (beidseitig) angebracht werden.

6.2 Lüftung

Für die Kabelinstallationen der Lüftung gelten folgende Vorgaben:

Entrauchungsklappen der Abluft und für die Sensorik:

- Kabelsystem E90;

Strahlventilatoren:

- Kabelsystem E90;
- Anschlussdosen am Ventilator Ausführung E90;
- Kabelinstallation im Fahrraum Ausführung E90;
- Verbindungsleitungen Ventilator nach Frequenzumformer möglichst kurz;

- Beim Einsatz von Frequenzumformern sind für die Abschirmung alle Leiter-Übergänge zu berücksichtigen.

Revisionsschalter:

Gemäss SUVA Merkblatt CE93-9.d «Der Revisionsschalter» muss im Sichtbereich bei jedem Ventilator ein Revisionsschalter installiert sein, der ein sicheres Abschalten bewirkt.

Die Zugänglichkeit ist sehr eingeschränkt. Arbeiten an Strahlventilatoren können nur in überwachten Zeiträumen bei gesperrten Tunneln vorgenommen werden. Im Brandfall werden alle Sicherheitseinrichtungen überbrückt. Ein solcher Wartungsschalter würde eine falsche Sicherheit vermitteln.

Deshalb gilt:

- Bei Strahlventilatoren muss mit einem Hinweisschild auf den möglichen automatischen Anlauf aufmerksam gemacht werden. Auf dem Schild beim Ventilator ist auf den genauen Standort der Abschliessvorrichtung in der Elektrozentrale hinzuweisen.
- In der Elektrozentrale muss für den Strahlventilator ein Wartungsschalter mit Abschliessvorrichtung (3 Vorhängeschlösser) installiert sein. Dieser darf, auch im Ereignisfall, nicht überbrückt werden.

6.3 Strahlkabel Funk im Tunnel

Die Klassifizierung der Strahlkabel gemäss Bauprodukteverordnung ist aus physikalischen Gründen nicht möglich, da sonst die Funktion nicht gewährleistet werden kann.

Das Strahlungskabel für die Funkssysteme ist gemäss Richtlinie ASTRA 13006 „Funkssysteme“ zu installieren.

6.4 Brandmeldeanlage Tunnel

Die Klassifizierung der Brandmeldekabel im Tunnelfahrraum gemäss Bauprodukteverordnung ist aus physikalischen Gründen nicht möglich, da sonst die Funktion nicht gewährleistet werden kann.

Das Brandmeldekabel an der Tunneldecke ist gemäss Herstellervorgaben mit Systembefestigungen auf den Beton zu montieren (nicht am Kabeltragsystem). Es gelten dieselben Sicherheitsbestimmungen für die Kabelinstallation wie für das Strahlungskabel gemäss Richtlinie ASTRA „13006 Funkssysteme“.

6.5 Optische Leiteinrichtung im Tunnel

Die Versorgung der optischen Leiteinrichtung erfolgt im Bankett des Tunnels.

Anschlussstellen der Leuchtstellen müssen mindestens IP 68 ausgeführt sein. Die Beschädigung einer einzelnen Leuchte darf keine negativen Auswirkungen auf die restlichen Leuchten haben. Nach dem Abreissen einer Leuchte, bei einem Kurzschluss oder bei einem Brand muss dieselbe Schutzart für die restliche Installation erhalten bleiben.

Für die Kabel-Installation gelten nachfolgende Grundsätze:

- Längsverkabelung vorzugsweise mittels PE-Rohren DN 60 oder mittels Längsschlitz und eingegossenem Kabel;
- Erschliessungsleitungen sind unter Putz zu installieren.

Ausführung optische Leiteinrichtung ohne Funktion Brandnotbeleuchtung:

- Kabel Klasse C_{ca} s1, d1, a1;
- Abschnittsbildung systembedingt.

Ausführung Optische Leiteinrichtung mit Funktion Brandnotbeleuchtung:

- Kabel Klasse B2_{ca} s1a, d1, a1, E60;
- Abschnittsbildung auf 200 m begrenzt.

6.6 Lichtwellenleiter

Für LWL Kabel gelten die Kabelklassen gemäss Tabelle 3.1 auch.

6.6.1 Allgemein

Auf den Nationalstrassen sind Kabel mit Singlemodedfasern 9/125 µm einzusetzen.

Für die Kabelherstellung gelten:

- Innerhalb einer Fabrikationslänge sind keine Faserspleisse zugelassen;
- Farbcode Fasern nach Swisscom Vorgaben;
- Bedruckung: Hersteller - Faserzahl - Fasertyp – Kabeltyp (Herstellerbezeichnung) – Metrierung – Klasse des Brandverhaltens;
- CE-Kennzeichnung auf Etikette oder Verpackung der Kabelspule.

Anforderung für LWL Kabel. Es gelten die aktuellen Regeln der Technik:

- Technische Spezifikation Singlemode:
 - Faser: 9/125 µm
gemäss ITU-T G. 652 D / IEC 60793-2
 - Modenfelddurchmesser: 1310 nm: 9.2 ±1.0 µm
1550 nm: 10.5 ±1.0 µm
 - Dämpfung (verkabelt): 1310 nm: ≤ 0.36 dB/km
1383 nm: ≤ 0.34 dB/km
1550 nm: ≤ 0.25 dB/km
- ITU Code G.652.D;
- IEC Code IEC 60793-2-50 Kategorie: B1.3;
- Prüfverfahren nach IEC 60 793-1;
- Alterung gemäss IEC 60 793-2-50 C 5;
- Steckertyp: E-2000™ APC, Typ LSH-HRL nach SN/EN 61754-15; Stirnfläche: 8 ° Schrägschliff, Grad B;
- Muffen: IP 68 (Schutz gegen Druckwasser bei Untertauchen); leichtes nachträgliches Öffnen ohne Auswechseln von Verschleissteilen; Bündeladerreserve im Gehäuse;

Die LWL-Kabelanlage wird in zwei Ebenen unterteilt.

Transitebene:	Die Transitebene für überregionale Verbindungen ist durchgängig zu realisieren. Dafür sind Kabel mit 144 Fasern einzusetzen. In der Transitebene sind z.B. die Abschnitte durch den Erschliessungsring des IP-Netz BSA GE und die Router für den Backbone Bund verbunden.
Access Bereich mit Feldebene	Der Access Bereich dient der Versorgung von ganzen Gewerken oder Teilen davon. Dafür müssen Kabel mit mindestens 12 Fasern eingesetzt werden. In der Feldebene sind einzelne Aggregate erschlossen, bspw. Videokamera, Switch und weitere.

Die Transitebene ist vom Access Bereich zu trennen.

Für Redundanzen des Access Bereichs darf die Transitebene genutzt werden.

6.6.2 Ausführung der LWL

Bei schrankübergreifenden Patchungen müssen Breakoutkabel (durchgängig Breakout oder Bündeladerkabel mit Peitschen) eingesetzt werden. Diese sind nach der Installation auszumessen.

Zusätzlich zu den Anforderungen aus Kapitel 5.3 gelten für die Verlegung von LWL-Kabel, die folgenden allgemeinen Anforderungen:

- Für die Befestigung von LWL Kabel auf Kabelpritschen sind die vom Hersteller vorgeschriebenen Systeme zu verwenden. Die Befestigung mit Kabelbinder ist untersagt;
- Kabelenden, die eine mögliche Gefahr durch Laserstrahlen darstellen, sind mit Abdeckungen zu versehen.
- Es sind Warnhinweise bei LWL zur Laserklasse anzubringen gemäss SUVA Richtlinie 66049.

Anforderungen Transitkabel:

- Die Transitkabel sind nur in Technische Lokale einzuführen, in denen Transitverbindungen notwendig sind. Im anderen Fall sind Reserveschlaufen in die Schächten zu legen.
- In den Hauptloklen werden nur die notwendigen Fasern inkl. Reserve gepatched.

Kabelreserve:

- Kabel länger 50 m: An jedem Endpunkt sowie in Muffenschächten sind mind. 10 m Kabelreserve vorzusehen.
- Kabel kürzer 50 m: An jedem Endpunkt sowie in Muffenschächten sind mind. 3 m Kabelreserve vorzusehen.

6.6.3 Messungen der installierten LWL-Strecken

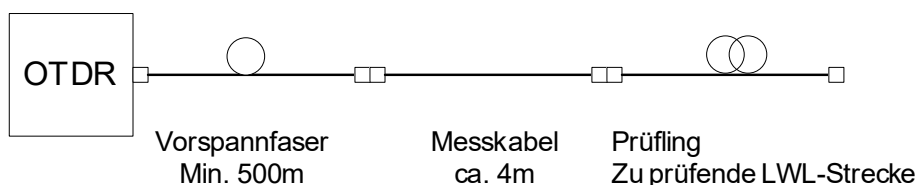
Vorbereitungsarbeiten

Als Vorbereitung für die Messungen werden folgende Schritte vorgeschrieben:

- Sämtliche Stecker sind zu reinigen und auf Fehler optisch zu kontrollieren (siehe IEC/TR 62627-01).
- Erstellung eines Prinzipschemas der LWL- Strecke, damit die Messprotokolle eindeutig identifiziert und archiviert werden können.

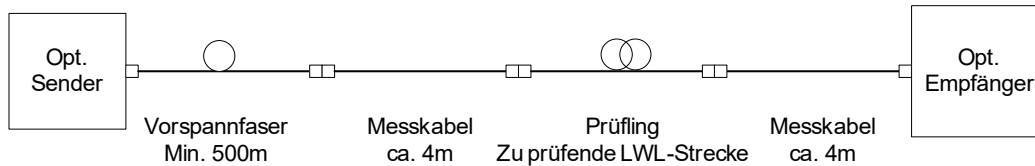
Messung an Fasern > 1'000 m

Sämtliche Fasern > 1'000m sind mit Hilfe von Rückstreuungsmessungen zu überprüfen. Der Dämpfungsbetrag ist von beiden Kabelenden her im 2. und 3. Fenster mittels OTDR (Optical Time Domane Reflectometer) mit mindestens 500 m Vorspann zu ermitteln. Verbindlich ist der lineare Durchschnittswert einer Faser beidseitig gemessen. (Genauigkeit der OTDR-Messung nach EN 188000, Prüfverfahren 303).



Die Messungen sind bei folgenden Wellenlängen durchzuführen:

- Singlemode- Fasern: 1310 nm und 1550 nm (A > B, B >A)
- Multimode- Fasern: 1300 nm (A > B, B >A).



Die Messung der Einfügedämpfung mit dem Powermeter erfolgt nach IEC 61300-3-4, Methode B (IEC 874-1 Methode 7), (Schlussmessung Stecker - Stecker) / Messgenauigkeit $\pm 2.5\%$

Messung an Fasern < 1'000 m

Die Messung der Einfügedämpfung mit dem Powermeter erfolgt nach IEC 61300-3-4, Methode B (IEC 874-1 Methode 7) (Schlussmessung Stecker - Stecker) / Messgenauigkeit $\pm 2.5\%$

Weist die Faserstrecke schlechtere Werte als die errechneten theoretischen Werte auf, ist sie mit einer OTDR- Messung zu kontrollieren und zu dokumentieren. Zur Feststellung der Faserlänge kann pro Kabel eine Faser gemessen werden.

6.7 UKV in Zentralen

Alle Netzwerk Verkabelungen (LAN) in Zentralen sind mit einer universellen Kommunikations-Verkabelung (UKV) zu realisieren.

Die Verbindungen ab Patch-Panel im Kommunikationsschrank mit den Anlagesteuerungen mit Kommunikationssteckdosen sind gemäss dem UKV- Standard (EN 50173 Kategorie 6A) auszuführen.

Für alle Netzwerkanschlüsse sind Kommunikationssteckdosen (UKV) für die Verbindung zwischen dem Netzwerkschwitch und den Endgeräten zu installieren.

Werden UKV Dosen für den Netzwerkanschluss von Sensoren im Fahrraum oder in offener Strecke verwendet, müssen diese zusammen mit dem Stecker gegen Schmutz und Feuchtigkeit geschützt sein (IP65). Kann dieser Schutz nicht gewährleistet werden, muss die Anschlussdose in einem Schutzgehäuse eingebaut werden.

Nach erfolgter Installation ist deren Vollständigkeit und Funktionstüchtigkeit durch messtechnische Überprüfung jeder einzelnen Kabelverbindung mit Protokollen nachzuweisen.

Erdschlaufen sind durch geeignete Massnahmen zu vermeiden.

6.8 Parallelführung von Kleinspannung- und Niederspannung

Die Kabelinstallation von Kleinspannungskabel muss so angeordnet werden, dass elektromagnetische Störbeeinflussung minimiert wird. Die Anforderungen aus der Norm SN/EN 50174-2 und SN/EN 50174-3 müssen eingehalten werden.

Zur Vermeidung von elektrostatischen Entladungen müssen alle leitenden Kabeltragsysteme mit der Erde verbunden werden.

Die Mindesttrennabstände wie in der obgenannten Norm beschrieben müssen eingehalten werden.

Es dürfen keine Berührungsspannungen > 50 Volt auftreten.

7 Dokumentation Kabelanlagen

7.1 Dokumentation Kabel

Der Lieferant der Kabel dokumentiert:

- Kabeleigenschaften;
- Hersteller;
- Lieferant;
- Zulassungen;
- Leistungserklärung gemäss Bauprodukteverordnung;
- Übereinstimmungserklärung und Prüfzeugnisse gemäss DIN 4102-12;
- CE-Konformität;
- Verlege- und Montageanleitungen;
- Hinweise zur Instandhaltung.
- Dokumentation LWL Kabel

Für jedes eingesetzte LWL-Kabel sind die Prüfprotokolle und Datenblätter des Kabelherstellers mit folgendem Mindestinhalt abzugeben:

- Hersteller / Auftrags Nr. / Datum;
- Kabelproduktions- Nr.;
- Kunde / Lieferdatum;
- Gemessene Länge;
- Artikelbezeichnung;
- Faserlieferant;
- Brechungsindex Glasfaser (Datenblatt);
- Kabelaufbau (Datenblatt);
- mit der verwendeten Farbcodierung zur Identifikation der Bündelader, Simplexkabel und Fasern;
- Messresultate zugeordnet zu Bündelader Nr. und Faser Nr. mit Angabe des OTDR-Messgerätes;
- Visum Prüfer;
- Lieferantenspezifikationen (Datenblätter) der Kabel und Glasfasern.
- Dokumentation für konfektionierte Kabel LWL.

Für die verwendeten konfektionierten Kabel sind die Prüfprotokolle und Datenblätter mit folgendem Mindestinhalt abzugeben:

- Hersteller / Konfektionär / Auftrags Nr. / Datum;
- Produktionslos-Nr. vom konfektionierten Kabel;
- Kunde / Lieferdatum;
- Artikelbezeichnung;
- Steckverbinderlieferant / Simplexkabellieferant;
- Steckverbindertechnologie (Ferrulentyp, Faserjustierung);
- Einfüge- und Rückflusdämpfung der gelieferten konfektionierten Kabel;
- Visum Prüfer;
- Lieferantenspezifikationen (Datenblätter).

7.2 Dokumentation Kabeltragsysteme

Der Lieferant der Kabeltragsysteme dokumentiert:

- Übereinstimmungserklärung gemäss DIN 4102-12;
- Angaben zum eingesetzten Material;
- Max. Befestigungsabstände der Konsolen;
- Max. zulässige Traglast;
- Montagevorschrift mit Details zur Befestigung;
- Hersteller;
- Lieferant;
- Zulassungen;
- Nachweis Zertifizierung E90 (mit Kabel) wo gefordert;
- Hinweise zur Instandhaltung.

7.3 Dokumentation Kabelinstallationen

Der Installateur weist in der Installationsdokumentation der Tragsysteme nach, dass:

- Max. Befestigungsabstände der Konsolen eingehalten sind;
- Traglastberechnung inkl. 50 % Reserve;
- Nachweis Befestigungsschrauben und Dübel;
- Nachweis Biegeradien der Kabelhersteller eingehalten sind;
- Eingesetzte Kabeltragsysteme;
- Hersteller, Lieferant der Kabeltragsysteme;
- Eingesetzte Typen und Materialien;
- Schockprüfung und Erdbebensicherheitsprüfung für Batterieräume und Transformatorenstationen.

Als Teil der Anlagendokumentationen sind Kabellisten zu erstellen. Diese müssen folgende Informationen enthalten:

- Kabelbezeichnung Verwendung;
- Kabeltyp, Hersteller;
- Querschnitt, Aufbau, Anzahl Leiter;
- Mechanische Festigkeit;
- Nachweis Brandverhalten mit Leistungserklärung nach SN/EN 50575;
- Anschlusspunkte;
- Chemische Eigenschaften;
- Dokumentation des/der Hersteller.

Alle Kabel sind an den Anschlusspunkten mit Verwendungszweck, Start- und Zielort dauerhaft zu beschriften.

Die Prüfung der Starkstromkabel ist im Sicherheitsnachweis (SINA) enthalten, der mit der elektrischen Installation erstellt wird.

Selbstdeklaration Kabelanlage

Vor der Inbetriebnahme erstellt der ausführende Unternehmer eine Selbstdeklaration (Konformitätserklärung), in der er bestätigt, dass die Richtlinien des ASTRA durchgängig umgesetzt sind. Sämtliche Kabelabzweigdosen, Befestigungssysteme und Hilfsmaterialien müssen dem deklarierten Standard entsprechen.

Dokumentation UKV

- Messresultate der Prüfungen Gemäss SN/EN 50173 und SN/EN 50174-2.

Anhänge

I	Beispiele	27
I.1	Anordnung Kabeltragsysteme im Werkleitungskanal	27
I.2	Anordnung Kabeltragsysteme im Hohlboden Zentrale	28
I.3	Mindesttrennabstände auf Tragsystemen	29
I.4	Hochspannungsinstallation	30

I Beispiele

I.1 Anordnung Kabeltragsysteme im Werkleitungskanal

Beispiel Anordnung Kabeltragsystem im Werkleitungskanal mit Kabelbelegung.

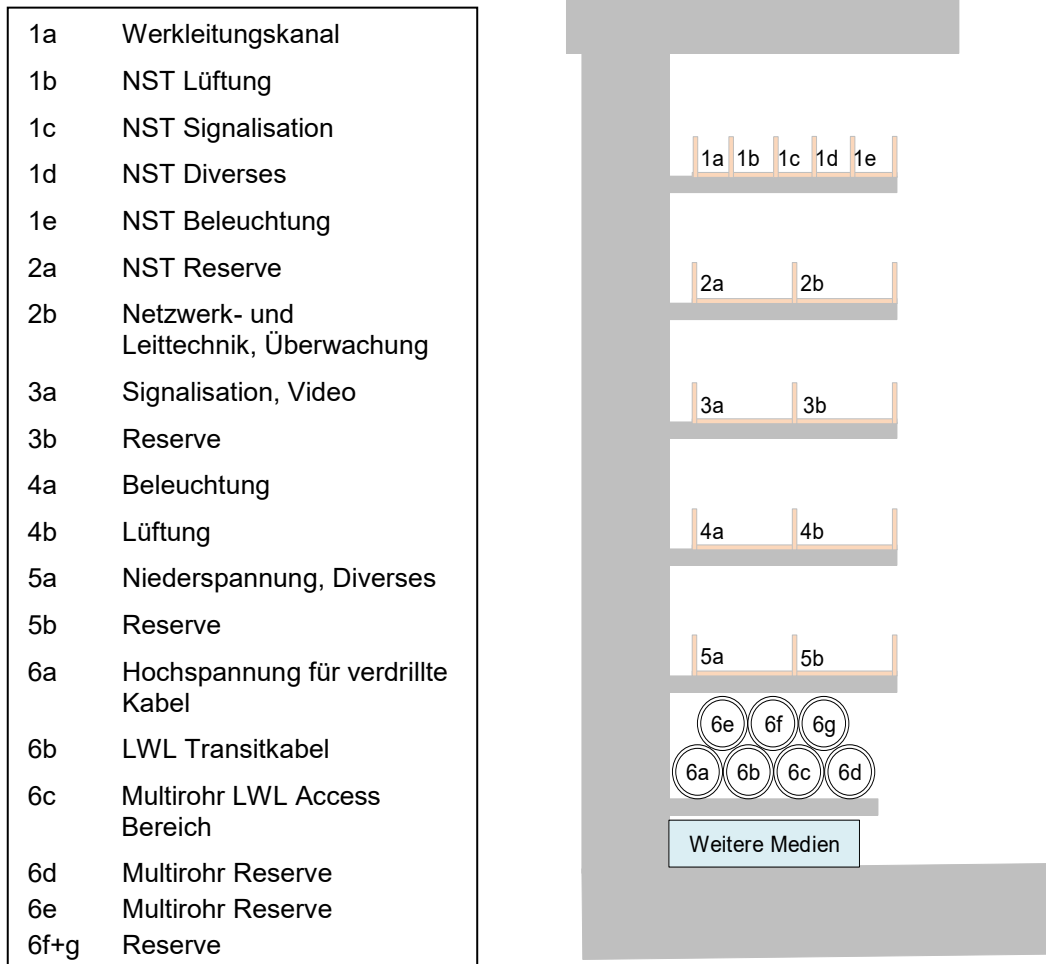


Abb. I.1 Beispiel Aufteilung Kabelführung im Werkleitungskanal

Die Kabelverlegung in Ebene 6 kann auch ohne Kabelschutzrohre ausgeführt werden.

Platzreserve ist auf der zugewiesenen Ebene vorzusehen.

I.2 Anordnung Kabeltragsysteme im Hohlboden Zentrale

Beispiel Anordnung Kabeltragsystem im Hohlboden eines technischen Lokals.

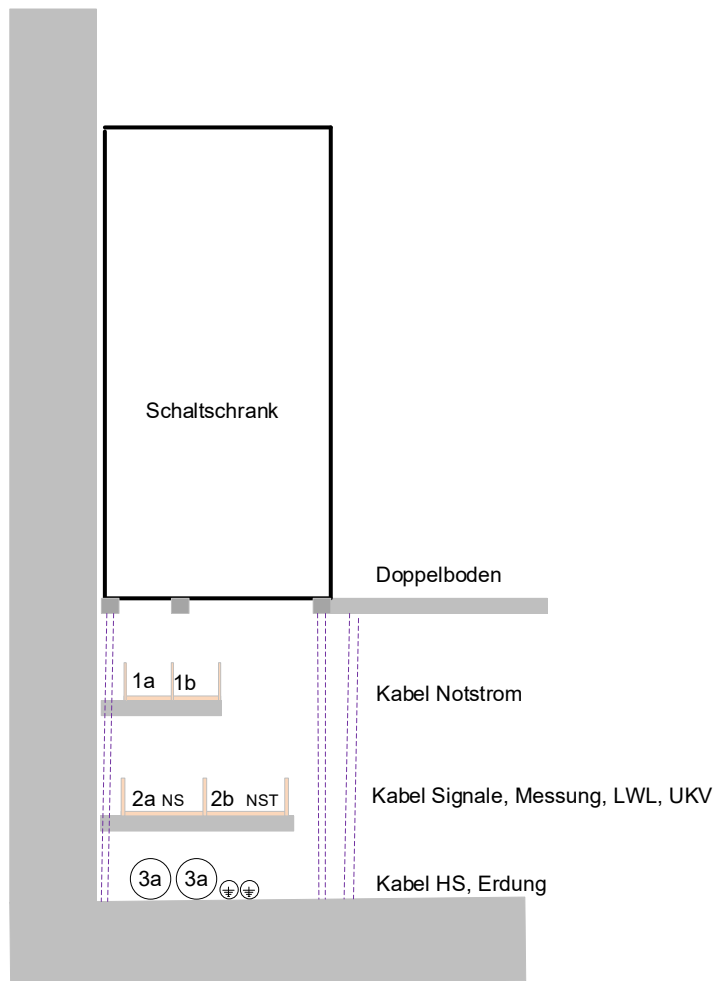


Abb. I.2 Beispiel Aufteilung Kabelführung im Hohlboden

I.3 Mindesttrennabstände auf Tragsystemen

Die Mindesttrennabstände zwischen Niederspannungskabel und informationstechnischen Kabel bzw. Kleinspannungskabel sind gemäss SN/EN 50174-2 zu bestimmen.

Aus den Vorgaben obgenannter Norm ist die maximale Stapelhöhe der Kabel zu bestimmen.

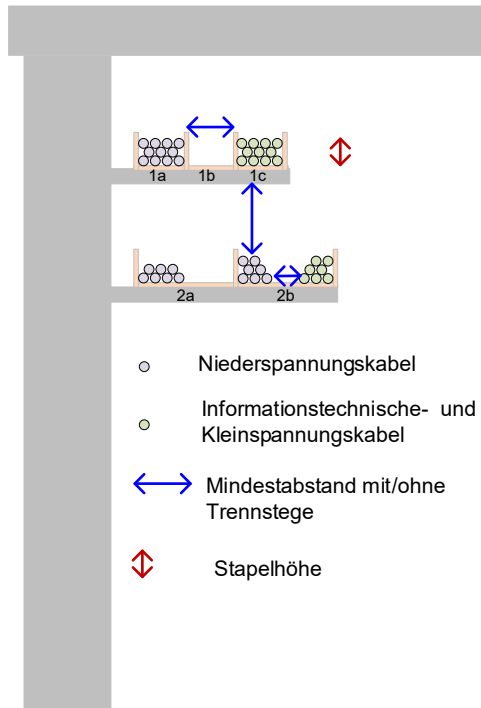


Abb. I.3 Mindesttrennabstände auf Tragsystemen

I.4 Hochspannungsinstallation

Werden in Werkleitungskanälen Hochspannungsleitungen < 50'000 Volt als Einzelleiter verlegt, sind Rohrblockanlagen zur Vermeidung von Störbeeinflussung vorzusehen.

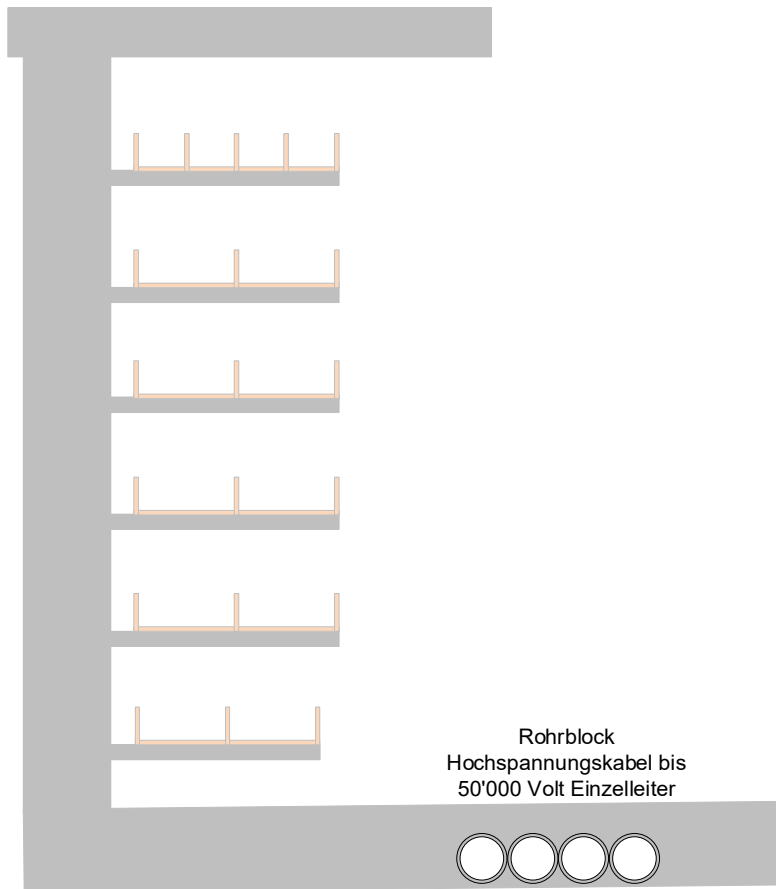


Abb. I.4 Beispiel Hochspannungsanlagen mit separatem Rohrblock

Werden Tunnelanlagen für die Durchleitung von Hochspannungsleitungen und Höchstspannungsleitungen verwendet, müssen diese in separaten betonierten räumlichen Abtrennungen erstellt werden.

Die Grenzwerte der «Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung» (NISV SR 814.710) müssen eingehalten werden. Die Beeinflussung durch elektromagnetische Felder darf systemkritische Anlagen und deren Steuerungen nicht beeinflussen.

Treten im Betrieb Störungen auf und müssen Auswirkungen von Strahlenbeeinflussung nachträglich mittels Abschirmungen durch Spezialbleche minimiert werden, müssen diese Aufwendungen vollumfänglich vom Verursacher getragen werden.

Glossar

Begriff	Bedeutung
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>
AKS-CH Code	Ein vollständiger Code entsprechend der Struktur und den Vorgaben definiert in ASTRA 13013 Version 2.52
BauPV	Bauprodukteverordnung
Beschriftung	Am Aufstellungsort sichtbar angebrachte Information.
Betrieblicher Unterhalt	Permanente Betreuung der Infrastrukturanlagen zwecks Sicherstellung der geforderten Funktionsbereitschaft.
BSA	Betriebs- und Sicherheitsausrüstungen
BSA Verzeichnis	Das „BSA Verzeichnis“ ist ein Verzeichnis der installierten BSA. Ergänzend zur Richtlinie 13013 werden dazugehörigen Merkmale (Attribute) geführt. Das „BSA Verzeichnis“ wird bis auf Ebene Aggregat in der „Sofortlösung BSAS“ geführt und bewirtschaftet. Es dient primär der Erhaltungsplanung des ASTRA.
CPR	Engl. «Construction Products Regulation», Siehe BauPV
DIN	Deutsches Institut für Normierung
DIN 4102-12	Informativ: In der DIN 4102-12 werden als Grenzwerte für die Klassifizierung E 30 die Flamm-Einwirkungszeit von 800°C während 30 Minuten definiert.
EN/SN	Europäische Norm / Schweizer Norm
ESTI	Eidgenössisches Starkstrominspektorat
EVU	Elektrizitätsversorgungs-Unternehmen
FHB	Fachhandbuch BSA
GE	Gebietseinheit (GE), zuständig für den betrieblichen Unterhalt der Nationalstrassen
IEC-Code	Import Export Code für die Datenübertragung
Inventarobjekt	Element der Nationalstrassen, identifizierbar nach Charakteren und geografischer Lage. Die Inventarobjekte stellen ein Instrument zur Bewirtschaftung der Nationalstrassen dar.
IP	Internet Protocol for Computernetze
ITU-Code	Liste der Länder-Carrier-Code für die Telecommunication der International Telecommunications Union
KBOB	Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren
Kennzeichnung	Eindeutige Festlegung eines Gegenstandes durch eine Aussageform, die gleichermaßen nur auf einen Gegenstand zutrifft. Die Norm SN/EN 81346-1:2009 definiert eine zugelassene Zeichenfolge zu den Aspekten Ort, Produkt und Zugehörigkeit.
LAN	Lokales Netzwerk
LSH-HRL	Höchste Anforderung der Norm IEC 61754-15 an LWL Stecksysteme
LWL	Lichtwellenleiter
NIN	Niederspannungsinstallationsnorm SN 1000
NIV	Niederspannungsinstallationsverordnung
NST	Notstromversorgt
NSV	Nationalstrassenverordnung
OTDR	Optical time domain reflectometry (optische Messtechnik)
PAW	Pläne des ausgeführten Werks (PAW). Teil der Anlagendokumentation .
SUVA	Schweizerische Unfallversicherungsanstalt
TN-S	(franz. Terre neutre) Realisierungsart in Niederspannungsnetzen
UKV	Universelle Kommunikations-Verkabelung
VKF	Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen
Zone 10	Offene Strecke der Nationalstrasse

Begriff	Bedeutung
Zone 20	Fahrbahnbereich Tunnel und Galerien
Zone 30	Technikraum, Werkleitungskanal, Sicherheitsstollen, Querverbindung
Zone 40	Betriebsgebäude Verkehrsmanagement, Polizei, Gebietseinheit

Literaturverzeichnis

Bundesbeschlüsse

-
- [1] Schweizerische Eidgenossenschaft (1960), „**Bundesbeschluss vom 21. Juni 1960 über das Nationalstrassennetz** (Stand am 1. Januar 2002)“, SR 741.113.11, www.admin.ch.
-
- [2] Schweizerische Eidgenossenschaft (1960), „**Bundesgesetz vom 8. März 1960 über die Nationalstrassen** (Stand am 1. Januar 2018)“, SR 725.11, www.admin.ch
-
- [3] Schweizerische Eidgenossenschaft (2007), „**Nationalstrassenverordnung vom 1. Januar 2002**“, SR 725.111, www.admin.ch
-
- [4] Schweizerische Eidgenossenschaft (2001), „**Verordnung über elektrische Niederspannungsinstallationen** (Stand am 1. Januar 2018)“, SR 734.27, www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/20012238/index.html
-
- [5] Schweizerische Eidgenossenschaft (2014), „**Bundesgesetz vom 21. März 2014 über Bauprodukte** (Stand 1. Oktober 2014), SR 933.0. www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/20131248/index.html
-
- [6] Schweizerische Eidgenossenschaft (2014), „**Verordnung über Bauprodukte** (Stand am 9. Dezember 2014 2018)“, SR 933.01. www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/20141382/index.html
-
- [7] Schweizerische Eidgenossenschaft (1994), „**Verordnung über elektrische Leitungen** (Stand am 1. Juni 2020)“, SR 934.31. www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/19940083/index.html
-
- [8] Schweizerische Eidgenossenschaft (1999), „**Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung** (Stand am 1. Juli 2016)“, SR 814.710. www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/19996141/index.html
-

Weisungen und Richtlinien des ASTRA

-
- [9] Bundesamt für Strassen ASTRA, „**Struktur und Kennzeichnung der Betriebs- und Sicherheitsausrüstungen (AKS-CH)**“, Richtlinie ASTRA 13013, www.astra.admin.ch.
-

Normen

-
- [10] Electrosuisse (2020) „**Niederspannungsinstallationsnorm**» SN 1000, NIN.
-
- [11] Deutsche Normenvereinigung, (1998-11), „**Brandverhalten von Bauteilen und Baustoffen**“, DIN 4102-12.
-
- [12] Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen „**Brandschutzrichtlinie**» VKF 13-15 Baustoffe und Bauteile“. www.praever.ch/de/bs/vs/richtlinien/Seiten/13-15_web.pdf
-
- [13] Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung CENELEC (2009), „**Industrielle Systeme, Anlagen und Ausrüstungen und Industrieprodukte** - Strukturierungsprinzipien und Referenzkennzeichnung“, SN/EN 81346-1:2009.
-
- [14] Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung CENELEC (2014), „**Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen** – Teil 1 Allgemeine Anforderungen (2014)“, SN/EN 60204-1.
-
- [15] Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung CENELEC (2014), „**Starkstromkabel und – Leitungen, Steuer- und Kommunikationskabel – Kabel und Leitungen für Allgemeine Anwendung in Bauwerken in Bezug auf die Anforderungen an das Brandverhalten**“, SN/EN 50575.
-
- [16] Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung CENELEC (2011), „**Allgemeine Prüfverfahren für das Verhalten von Kabeln und isolierten Leitungen im Brandfall – Messung der Wärmefreisetzung und Raucherzeugung während der Prüfung der Flammausbreitung – Prüfeinrichtung, Prüfverfahren und Prüfergebnis**“, SN/EN 50399.
-
- [17] Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung CENELEC (2009), „**Prüfungen an Kabeln, isolierten Leitungen und Glasfaserkabeln im Brandfall – Teil 3-10: Prüfung der vertikalen Flammausbreitung von vertikal angeordneten Bündeln von Kabeln und isolierten Leitungen**“, SN/EN 60332-3-10.
-
- [18] Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung CENELEC (2014), „**Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten in ihrem Brandverhalten – Teil 6 Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Prüfungen zum Brandverhalten von elektrischen Kabeln**“, SN/EN 13501-6 (SIA 183.056).
-

Fachhandbuch

- [19] Bundesamt für Strassen ASTRA, „**Fachhandbuch Betriebs- und Sicherheitsausrüstungen (FHB BSA)**“, 23001, www.astra.admin.ch.
-

Dokumentationen

- [20] Bundesamt für Strassen ASTRA, „**Leitfaden für die Generierung der AKS-CH Codes der Betriebs- und Sicherheitsausrüstung**“, *Dokumentation ASTRA 83013*, www.astra.admin.ch.
-

Auflistung der Änderungen

Ausgabe	Version	Datum	Änderungen
2019	1.20	01.07.2021	Kapitel 2.2: Text angepasst; Kapitel 3.3.1: Text angepasst Kapitel 3.3.2: VKF-Zertifikat ergänzt Kapitel 4.2: Kanaltypen entfernt Kapitel 4.3: Text Einzelteile gelöscht Kapitel 4.5: Tabelle neu erstellt Kapitel 4.6: Texte aus Tabelle hier beschrieben Kapitel 6.6.1: Techn. Spezifikation LWL angepasst, Transitebene neu beschrieben Kapitel 6.6.2: Anforderungen Transitzkabel ergänzt Kapitel 6.6.3: Neu ergänzt
2019	1.10	01.05.2020	Diverse kleine Anpassungen; Kapitel 3.3.2 Funktionserhalt neu formuliert; Kapitel 4.2 Spezifikation Kanaltypen, Bezug Norm SN 61537; Kapitel 5.3.5 Geschützte Kabelführung neu; Kapitel 5.3.6 Gemischte Kabelführung mit Funktionserhalt; Kapitel 6.2 Revisionschalter geändert.
2019	1.00	01.05.2019	Inkrafttreten Ausgabe 2019 (original Version in Deutsch).

