
NT34.3

Licht und Kraft

VerkehrsGesellschaft
Frankfurt am Main



Aktuelle Ausgabe	Org. Einheit	Name	Unterschrift
Erstellt	NT34.31	Lang	M. Lang 19.10.2022
Geprüft	NT34.3	Delic	P. Delic 19.10.2022
Geprüft	NA03	Laska	P. Laska 3. 11. 22
Freigegeben	NT34	Keim	P. Keim 17. 11. 22

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	2
Gefährdungsbeurteilung	3
Erläuterung zur Anwendung	4
Vorblatt zur Gefährdungsbeurteilung	5
Mitarbeiter und ihre Tätigkeiten	7
Tätigkeit und Ergebnis.....	8
Anhang: Vorschriften und Regeln	12

Gefährdungsbeurteilung

Die dem Arbeitgeber übertragene Aufgabe, für Sicherheit und Gesundheitsschutz im Unternehmen Sorge zu tragen^{*)}, stellt eine hohe Anforderung und Verantwortung dar. Mit dieser Gefährdungsbeurteilung soll dabei geholfen werden, diese Verantwortung effektiv wahrzunehmen und die Arbeitssicherheit und den Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz als wichtiges Element der betrieblichen Leistungsfähigkeit einzusetzen.

Die Ursachen von Unfällen und Erkrankungen von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern sollen rechtzeitig erkannt werden, um soziale und wirtschaftliche Probleme zu vermeiden. Nicht nur die Gesundheit des einzelnen Arbeitnehmers ist betroffen, sondern die Leistungsfähigkeit des gesamten Unternehmens ist beeinträchtigt; die Ausfälle erkrankter Mitarbeiter müssen aufgefangen werden. Der materielle Schaden bei Unfällen, z.B. durch beschädigte Arbeitsgeräte, kann den geregelten Arbeitsablauf stören. Erfahrungsgemäß sind Schwächen in der Organisation häufig Ursachen für Hektik und Stress und in der Folge davon für Unfälle oder Erkrankungen.

Die Gefährdungsbeurteilung dient dazu, Arbeitsbedingungen zu beurteilen um Gefährdungen und Belastungen an den Arbeitsplätzen zu erkennen: Sie ist ein Hilfsmittel, das – konsequent eingesetzt - zum Erfolg des Unternehmens beitragen kann.

^{*)} geregelt im „Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit (Arbeitsschutzgesetz - ArbSchG)“

Erläuterung zur Anwendung

Legen Sie fest, bis wann Sie Maßnahmen durchführen werden. Die Fristen sind unter Berücksichtigung möglicher Folgen von Unfällen und gesundheitlichen Belastungen und deren Wahrscheinlichkeit festzulegen.

Wiederholen Sie die Gefährdungsbeurteilung:

- wenn Arbeitsabläufe im Tunnelbereich neu festgelegt werden,
- wenn sich Arbeitsabläufe im Tunnelbereich wesentlich ändern,
- nach Unfällen oder besonderen Vorkommnissen, die zu Gefährdungen geführt haben.

Mit der Durchführung der Gefährdungsbeurteilung im Betrieb sind die Maßnahmen für Sicherheit und Gesundheitsschutz dokumentiert.

☐

Grundlagen für die Erstellung der Gefährdungsbeurteilung

In der Straßenbahn-Bau- und Betriebsordnung (kurz BOStrab) vom 11.12.1987 zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 01.10.2019 wird im Vierten Abschnitt Betriebsanlagen unter §27 Beleuchtungsanlagen Absatz 4 für Rettungswege und Sicherheitsräume in Tunneln eine Sicherheitsbeleuchtung gefordert.

Unter Absatz 5 wird beschrieben, dass die Sicherheitsbeleuchtung so beschaffen sein muss, dass nach Ausfall der netzabhängigen Beleuchtung die Sicherheitsbeleuchtung im betriebsnotwendigen Umfang innerhalb von 0,5 Sekunden eingeschaltet sein muss.

Für Verkehrs- und Rettungswege im Tunnel wird die Mindestbeleuchtungsstärke im Sicherheitslichtfall auf mindestens 1 lx festgelegt. In Abstellanlagen wird darüber hinaus entlang der Verkehrs- und Rettungswege die Mindestbeleuchtungsstärke im Sicherheitslichtfall auf 15 lx festgelegt. Der Grund hierfür ist die Besonderheit, dass hier Beschäftigte ohne zusätzliche Handlampen die Wege begehen.

In der VDV Schrift 535 „Planung und Bau von Beleuchtungsanlagen im Gleisbereich von Bahnen gemäß BOStrab vom März 2010 werden unter Kapitel 7 „Anforderungen an die Allgemeinbeleuchtung“ im Punkt 7.1 Werte für Neuanlagen für Verkehrswege im Tunnel eine mittlere Beleuchtungsstärke von 15 lx gefordert.

Mit dieser Gefährdungsbeurteilung soll die Wirksamkeit einer Tunnel-Sicherheitsbeleuchtung mit einer Einschaltzeit von 0,5 Sekunden aus Gründen des Arbeitsschutzes untersucht und beurteilt werden.

Mitarbeiter und ihre Tätigkeiten

Mitarbeiter und ihre Tätigkeiten			
Mitarbeiter	Eignung, Tauglichkeit	Haupttätigkeiten	Weitere Tätigkeiten
Mitarbeiter mit Ortskenntnis		- Reparatur- und Wartungsarbeiten an den Betriebsanlagen im Tunnel	
Mitarbeiter mit Ortskenntnis		- Begehungen im Tunnel	
Mitarbeiter mit Ortskenntnis		- Arbeiten im gesperrten Gleis mit Langsamfahrstelle und SIPO	
Mitarbeiter mit Ortskenntnis		- Arbeiten als Kleingruppe	
Mitarbeiter mit Ortskenntnis		- Begehungen der Verkehrswege in Abstellanlagen durch Fahrpersonal	

Tätigkeit und Ergebnis

Tätigkeit: Arbeiten im Bereich von Gleisen im Tunnel B-Strecke mit Tunnelbeleuchtung

Information									
	Ermittelte Gefährdungen und deren Beschreibung	Risiko			Maßnahmen	Bear-bei-ter/ Bera-ter	Termin	wirksam	
		G	M	K			Erledigt	ja	Nei n
	Ausfall der kompletten Tunnelbeleuchtung und damit nur Verbleib der Sicherheitsbeleuchtung in <0,5 s mit >1 lx Deutlich wahrnehmbare Beleuchtungsreduzierung	☐	☐	☒	- SIPO (Sicherungsposten) veranlasst durch das Signal Ro2 (Arbeitsgleise räumen) bzw. der Verantwortliche der Kleingruppe per Anweisung die Einstellung der Arbeiten im Gleis und das Aufsuchen der Sicherheitsräume im Tunnel, die Handlampe ist einzuschalten - Einstellung der Arbeiten und Rücksprache mit der TLZ (Büwa-Platz) - Verlassen der Sicherheitsräume in Richtung Stationen - Wiederaufnahme der Arbeiten erst nach Herstellung der kompletten Beleuchtung im Tunnel in Absprache mit der Technischen Leitzentrale	MA		☒	☐
								☒	☐
								☒	☐
								☒	☐

	Ausfall jeder zweiten Leuchte der Tunnelbeleuchtung Deutlich wahrnehmbare Beleuchtungsreduzierung auf ca. 50% der Komplettbeleuchtung	☐	☐	☒	- SIPO (Sicherungsposten) veranlasst durch das Signal Ro2 (Arbeitsgleise räumen) bzw. der Verantwortliche der Kleingruppe per Anweisung die Einstellung der Arbeiten im Gleis und das Aufsuchen der Sicherheitsräume im Tunnel, die Handlampe ist einzuschalten - Einstellung der Arbeiten und Rücksprache mit der TLZ (Büwa-Platz) - Verlassen der Sicherheitsräume Richtung Stationen - Wiederaufnahme der Arbeiten erst nach Herstellung der kompletten Beleuchtung im Tunnel in Absprache mit der Technischen Leitzentrale			☒	☐
								☒	☐
								☒	☐
								☒	☐

	Kurzzeitiger Ausfall mit Wiederkehr der Tunnelbeleuchtung Deutlich wahrnehmbare Beleuchtungsreduzierung für einen kurzen Zeitraum im Sekunden-, oder Minutenbereich	☐	☐	☒	- SIPO (Sicherungsposten) veranlasst durch das Signal Ro2 (Arbeitsgleis räumen) bzw. der Verantwortliche der Kleingruppe per Anweisung die Einstellung der Arbeiten im Gleis und das Aufsuchen der Sicherheitsräume im Tunnel, die Handlampe ist einzuschalten - Einstellung der Arbeiten und Rücksprache mit der TLZ (Büwa-Platz) - Verlassen der Sicherheitsräume Richtung Stationen - Wiederaufnahme der Arbeiten erst nach Herstellung der kompletten Beleuchtung im Tunnel in Absprache mit der Technischen Leitzentrale			☒	☐
								☒	☐
								☒	☐
								☒	☐

Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung

Bei Ausfall der Tunnelbeleuchtung besteht aus Sicht des Arbeitsschutzes bei allen aufgeführten Gefährdungen kein erhöhtes Risiko für die Mitarbeiter, da diese in allen Fällen den sicheren Bereich aufsuchen können. Ferner bleibt im Falle eines Netzausfalles die Beleuchtung nahezu unterbrechungsfrei eingeschaltet, was zur Folge hat, dass das Fahrpersonal weiterhin mit verminderter Geschwindigkeit den Tunnel durchfahren muss.

Anhang: Vorschriften und Regeln

Unfallverhütungsvorschriften sowie sonstige Merkblätter können auf der Homepage der VBG runter geladen werden. In der Spalte Information sind folgende Vorschriften und Regeln genannt:

DGUV Vorschrift 1	Grundsätze der Prävention
VDV 535	Planung und Bau von Beleuchtungsanlagen im Gleisbereich von Bahnen gemäß BOStrab 03/10
BOStrab	Verordnung über den Bau und Betrieb von Straßenbahnen (Straßenbahn-Bau- und Betriebsordnung – BOStrab) vom 11.12.1987 geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 01.10.2019

Technischer Bericht

„Neukonzept Tunnelbeleuchtung B-Strecke“

Ersteller: M. Lang

Org-Einheit: NT34.31

Berichtszeitraum: Oktober 2022

19.10.2022 M. Lang
Datum, Unterschrift

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	3
Ziel- / Fragestellung.....	3
Technischer Aufbau	4
Untersuchung	5
Ergebnis und Bewertung	6
Zusammenfassung und Ausblick.....	6
Anhang	6

Einleitung

Im Rahmen des Projekts „Erneuerung Tunnelbeleuchtung B-Strecke“ soll die über 40 Jahre alte Tunnelbeleuchtung einschließlich der Kabelanlagen komplett erneuert werden. Dies betrifft die Tunnel, ebenso wie die unterirdischen Abstell- und Wendeanlagen für U-Bahnen, sowie die vorhandenen Notausstiege zwischen zwei Stationen.

Gemäß geltenden Richtlinien wird das Vorhandensein einer unterbrechungsfreien Sicherheitsbeleuchtung (Unterbrechungszeit $< 0,5$ s) gefordert. Maßgeblich zur konkreten Auslegung der Anlage sind hier die Straßenbahn-Bau- und Betriebsordnung (BOStrab), die Technischen Regeln für Straßenbahnen-Elektrische Anlagen (TRStrab EA), die VDV-Schrift 535 (Planung und Bau von Beleuchtungsanlagen im Gleisbereich von Bahnen gemäß BOStrab), sowie die allgemein anerkannten Regeln der Technik. Auf Grundlage der genannten Maßnahme soll ein neues Tunnelbeleuchtungskonzept erstellt werden, welches sukzessive in allen Tunnelanlagen der VGF umgesetzt werden soll.

Es gilt die Wirksamkeit des neuen Tunnelbeleuchtungskonzeptes bezogen auf potentielle Ausfallszenarien und deren technischen Folgen zu untersuchen.

Ziel- / Fragestellung

Das Ziel des neuen Tunnelbeleuchtungskonzeptes ist es die Sicherheit von Personen im Tunnel zu gewährleisten und dabei alle geltenden Anforderungen zu erfüllen. Es sollen alle technischen Ausfallszenarien dargelegt und hinsichtlich der Einfehlersicherheit überprüft werden. Durch den Ausfall, oder Fehler eines Anlagenteiles darf die Sicherheit der Personen im Tunnel nicht gefährdet werden.

Hierfür gelten folgende Rahmenbedingungen:

In der VDV Schrift 535 „Planung und Bau von Beleuchtungsanlagen im Gleisbereich gemäß BOStrab“ vom März 2010 wird unter Kapitel 7 „Anforderungen an die Allgemeinbeleuchtung“ im Punkt 7.1 Werte für Neuanlagen für Verkehrswege im Tunnel eine mittlere Beleuchtungsstärke von 15 lx gefordert.

Für Verkehrs- und Rettungswege im Tunnel wird die Mindestbeleuchtungsstärke im Sicherheitslichtfall auf mindestens 1 lx festgelegt, da die Beleuchtungsstärke ausreicht um den sicheren Bereich im Tunnel aufzusuchen. In Abstellanlagen wird darüber hinaus entlang der Verkehrs- und Rettungswege die Mindestbeleuchtungsstärke im Sicherheitslichtfall auf 15 lx festgelegt. Der Grund hierfür ist die Besonderheit, dass hier Beschäftigte ohne zusätzliche Handlampen die Wege begehen.

Technischer Aufbau

In der Konzeptdarstellung Tunnelbeleuchtung ist der prinzipielle Aufbau der Tunnelbeleuchtung dargestellt und wird nachfolgend erläutert.

Aus dem Netz des Verteilnetzbetreibers (VNB) wird in den U-Bahn-Stationen das Allgemeinversorgungsnetz (AV, im Schema schwarz dargestellt) der Station über AV-Verteilungen gespeist. Bei vorhandenem AV-Netz werden auch die Verteilungen des Sicherheitsstromversorgungsnetzes (SV, im Schema rot dargestellt) über das AV-Netz gespeist.

Bei einem Netzausfall steht das AV-Netz des VNB nicht mehr zur Verfügung. Dies wird durch ein Netzüberwachungsmodul erkannt, sodass die Netzersatzanlage (NEA, oft auch als Notstromdiesel bezeichnet) innerhalb von 15 Sekunden Strom generiert und damit eine vom AV-Netz unabhängige Sicherheitsstromversorgung (SV-Netz) zur Verfügung stellt.

Die Sicherheitsbeleuchtungsanlage (SILI-Anlage) mit eingebauten Batterien bildet eine dritte Stromversorgungsebene (SILI-Netz, im Schema blau dargestellt). Bis die Leuchten nach einem Netzausfall über die NEA versorgt werden, sorgt die SILI-Anlage durch eine Batteriepufferung für eine unterbrechungsfreie Stromversorgung mit einer Umschaltzeit < 0,5 Sekunden der angeschlossenen Leuchten und damit für eine kaum wahrnehmbare Unterbrechung der Beleuchtung.

Damit die Kapazitäten der Batterien (Überbrückungszeit) der SILI-Anlage aus Kosten- und Platzgründen auf ein Minimum begrenzt werden, wird die SILI-Anlage auch über die NEA versorgt, so dass die Batterien theoretisch nur die 15 Sekunden bis zur vollen Einsatzbereitschaft der NEA überbrücken müssen.

Jede zweite Leuchte (im Schema Leuchten 2, 4 und n) wird über das AV-Netz und das SILI-Netz versorgt. Die Kopplung der Leuchten an die beiden Netze erfolgt über eine Umschaltweiche, die zwischen 2 Prioritäten der Versorgung schaltet. Sobald das SILI-Netz mit Prio 1 an der Leuchte ansteht erfolgt die Versorgung ausnahmslos über das SILI-Netz. Ansonsten erfolgt die Versorgung der Leuchte über das AV-Netz mit der Prio 2.

Untersuchung

Anhand von fünf technisch möglichen Ausfallszenarien der Tunnelbeleuchtung soll die Wirksamkeit des Konzeptes untersucht werden. Die Spannungs-, Lichtstärkeverläufe sind im Anhang fallbezogen in Zeitdiagrammen dargestellt.

Fall 1: Ausfall des AV-Verteilers

Bis zur Übernahme der Versorgung durch die Netzersatzanlage (NEA) binnen 15 Sekunden befinden sich alle Leuchten im Sicherheitslichtbetrieb, sodass die Beleuchtungsstärke innerhalb von 0,5 s auf die Mindestbeleuchtungsstärke von >1 lx absinkt. Nach Übernahme durch die NEA steigt die Beleuchtungsstärke wieder auf die volle Beleuchtungsstärke der Allgemeinbeleuchtung an.

Fall 2: Ausfall des SV-Verteilers

Das Sicherheitslichtgerät übernimmt innerhalb von 0,5s die Versorgung der Tunnelleuchten, wodurch die Beleuchtungsstärke auf >1 lx absinkt. Die Batterien des Sicherheitslichtgerätes versorgen die Leuchten für mindestens eine Minute mit Strom. Nach Ende der Batteriepufferung steht nur noch das AV Netz zur Verfügung, hierdurch wird jede zweite Leuchte im Tunnel mit Strom versorgt, die Beleuchtungsstärke steigt nun auf 50% der Allgemeinbeleuchtung an.

Fall 3: Ausfall des Sicherheitslichtgerätes

Wenn das Sicherheitslichtgerät ausfällt wird dennoch jede zweite Leuchte mittels einer Umschaltweiche durch die Haupteinspeisung (AV-Netz) versorgt. Somit verbleibt die Beleuchtungsstärke bei 50% der Allgemeinbeleuchtungsstärke, sofern das Tunnellicht zuvor über die technische Leitzentrale eingeschaltet wurde.

Fall 4: Ausfall des AV-Verteilers und des SV-Verteilers „Zweifehlerfall-Betrachtung“

Wenn die Versorgung aus dem AV-Verteiler ausfällt übernimmt das Sicherheitslichtgerät innerhalb von 0,5 s die Versorgung der Tunnelleuchten, wodurch die Beleuchtungsstärke auf >1 lx absinkt. Solange das SV-Netz noch ansteht werden die Batterien im Sicherheitslichtgerät noch geladen. Fällt jedoch zusätzlich zum AV-Netz, jetzt auch das SV-Netz aus ändert sich an der Beleuchtungssituation zunächst nichts. Nach Ende der Batterie Nennbetriebsdauer von mind. einer Minute steht jedoch keine Stromversorgung mehr zur Verfügung, die Beleuchtung im Tunnel fällt folglich vollständig aus.

Fall 5: Ausfall des versorgenden AV-Verteilers und Ausfall des Sicherheitslichtgerätes „Zweifehlerfall-Betrachtung“

Wenn das AV-Netz ausfällt steht nur noch die Sicherheitsbeleuchtungsanlage zur Verfügung. Wenn zusätzlich auch das Sicherheitsbeleuchtungsgerät ausfällt können die Leuchten nicht mehr mit Strom versorgt werden, folglich fällt die Beleuchtung im Tunnel vollständig aus.

Ergebnis und Bewertung

Durch das unmittelbare Einstellen der Arbeiten im Gleisbereich, das Aufsuchen des Sicherheitsraumes und anschließende Verlassen des Tunnels in die nächstgelegene U-Bahn-Station wird die Gefährdung von Personen durch einen Ausfall der Beleuchtungsversorgung ausgeschlossen. In den dargestellten Ausfallszenarien 1 - 4 haben die Personen im Tunnel ausreichend Beleuchtung und Zeit, um den sicheren Bereich aufzusuchen.

Das fünfte Ausfallszenario gibt das Worst-Case-Szenario wieder. Hierbei kommt es nicht nur zu einem Ausfall des VNB AV-Netzes, sondern zeitgleich auch zu einem Totalausfall des Sicherheitslichtgerätes. Die Eintrittswahrscheinlichkeit dieses Szenarios ist äußerst unwahrscheinlich, da es sich hierbei um besonders gesicherte Anlagen handelt, welche permanent überwacht, regelmäßig gewartet und zusätzlich wöchentlich getestet werden. Hierdurch ist das Risiko als niedrig einzustufen.

Zusammenfassung und Ausblick

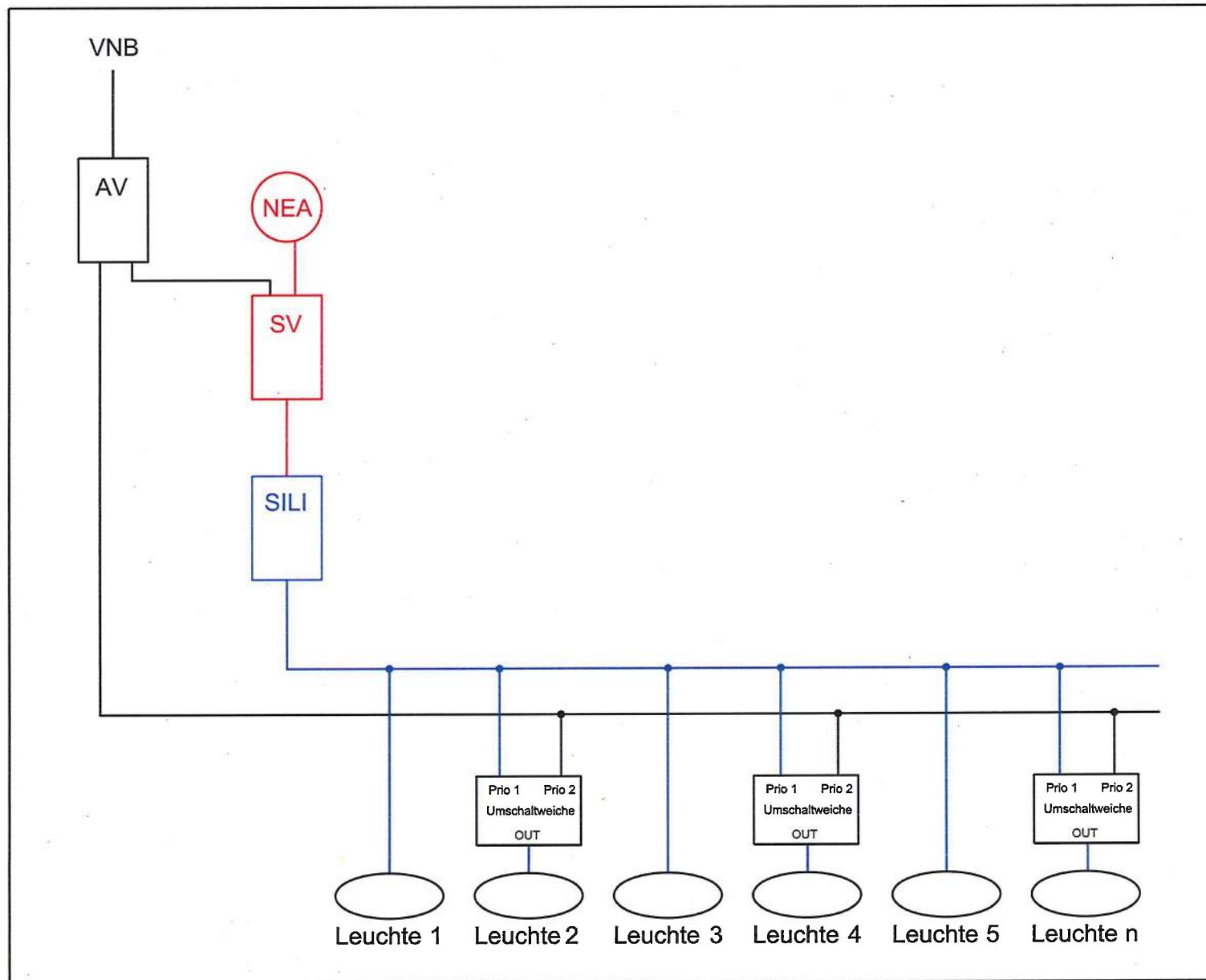
Durch die Umsetzung des dargestellten Tunnelbeleuchtungskonzeptes kann die Sicherheit von Personen im Tunnel weiterhin gewährleistet werden. Ferner entspricht die elektrische Anlage hierdurch den aktuell geltenden Vorschriften, Regeln und Standards.

Im Rahmen von geplanten Tunnel-, bzw. Streckensperrungen soll das Konzept in allen Tunnelanlagen der VGF sukzessive umgesetzt werden.

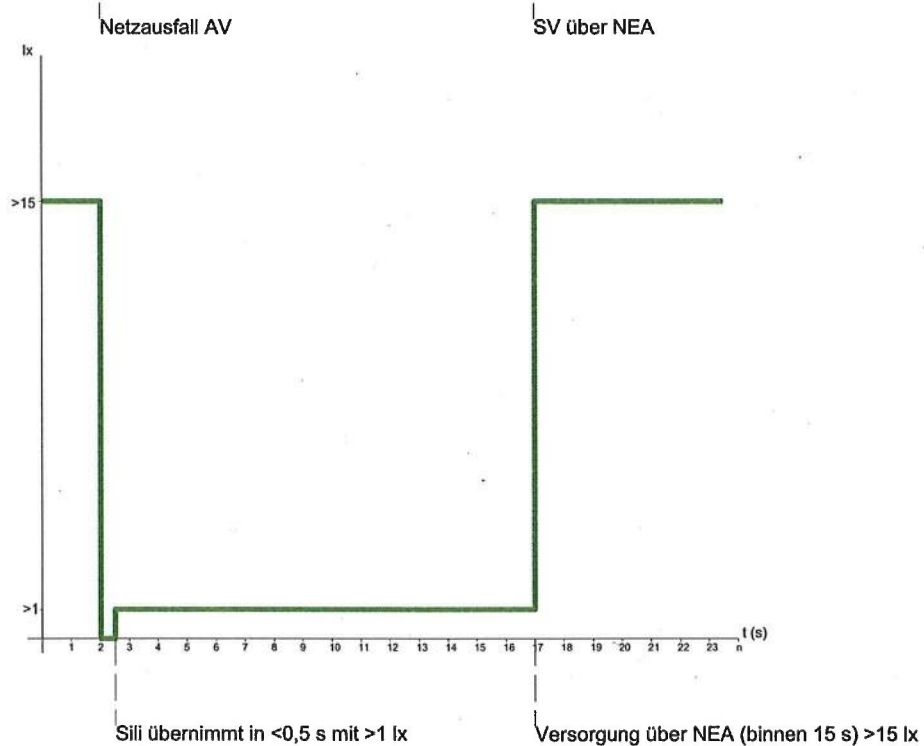
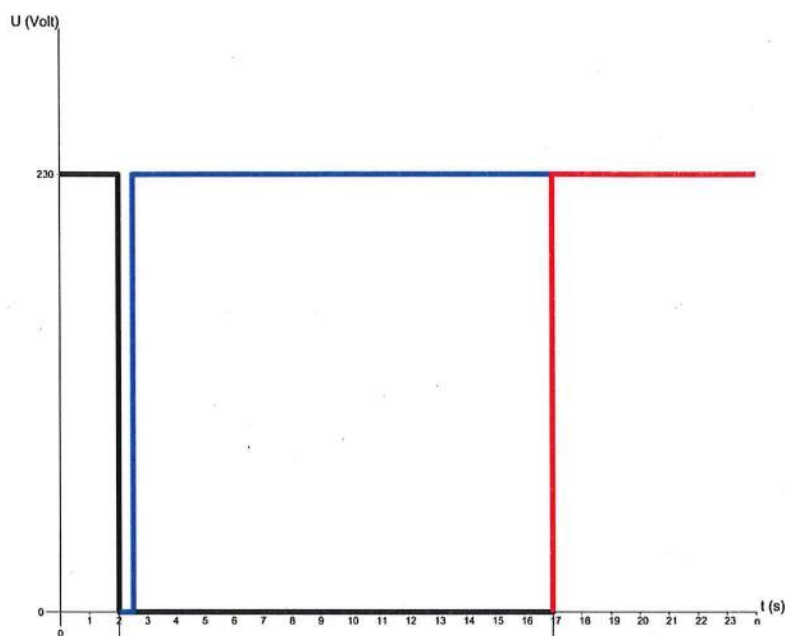
Anhang

- Konzeptdarstellung_20221017

Konzeptdarstellung Tunnelbeleuchtung



Fall 1: AV-Ausfall



Legende:

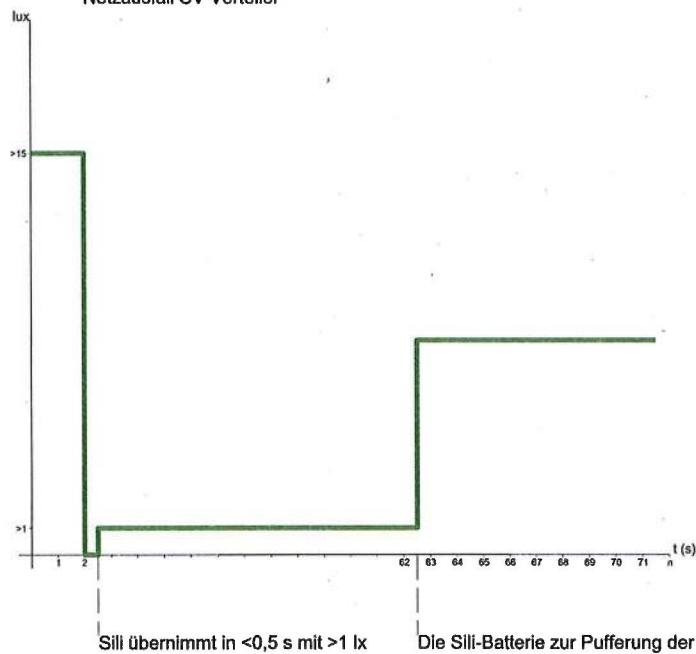
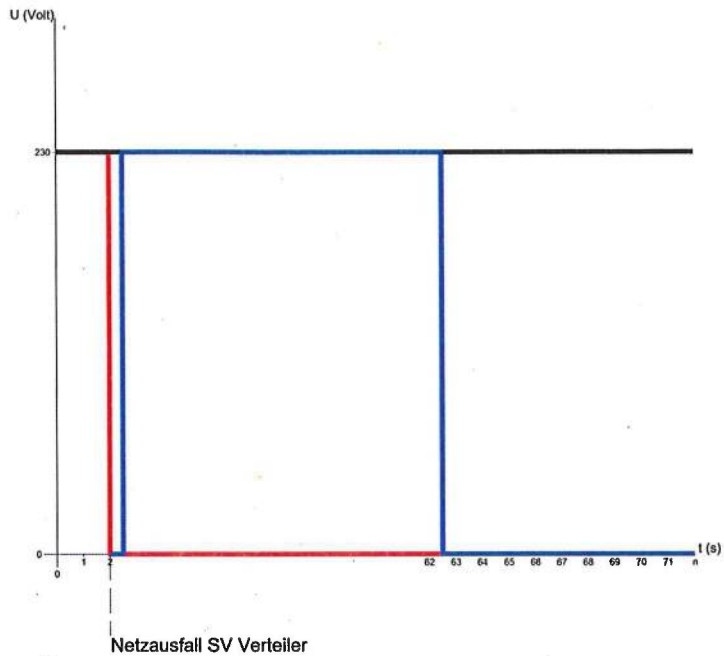
AV (Normalnetz, VNB)

SV (AV + NEA gestützt)

Sili (Sicherheitslichtgerät) aus Batterie = DC

Beleuchtungsstärke in lux (lx)

Fall 2: SV-Verteiler Ausfall

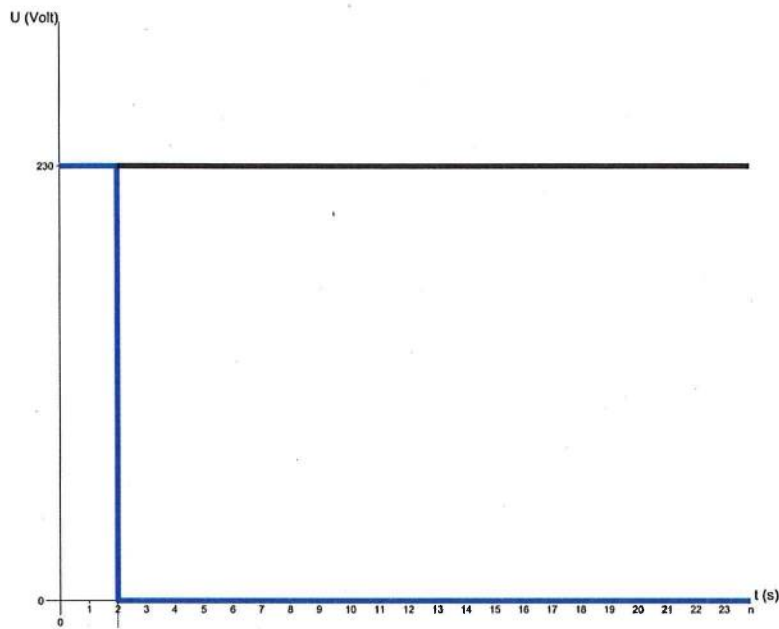


Die Sili-Batterie zur Pufferung der NEA wird auf mind. 1 min ausgelegt.
 Jede Leuchte im Tunnel hängt am Sili Gerät, aber nur jede zweite Leuchte hat zusätzlich eine AV Versorgung mittels einer Umschaltweiche.
 Nach frühestens 1 min sind die Batterien leer, nun steht an den Umschaltweichen an jeder zweiten Leuchte nur noch das AV Netz des VNB an, sodass folglich jede zweite Leuchte im Tunnel in Betrieb ist und das mit 100%.

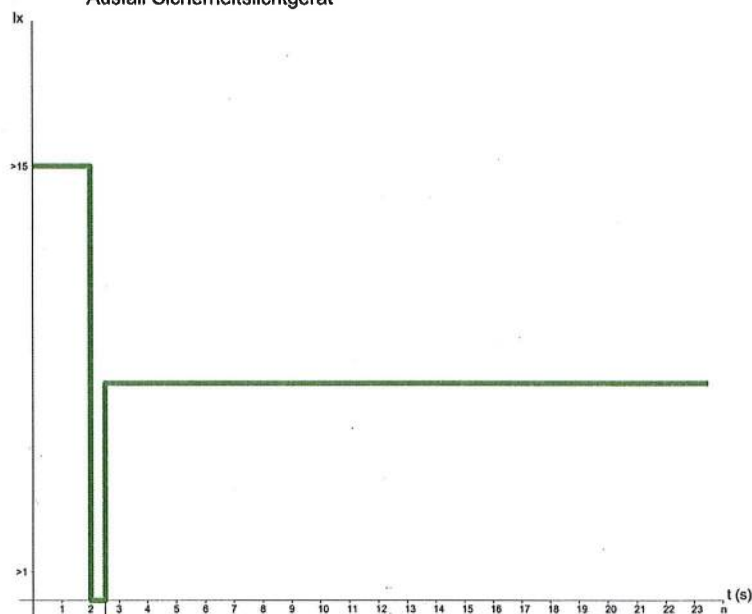
Legende:

- AV (Normalnetz, VNB)
- SV (AV + NEA gestützt)
- Sili (Sicherheitslichtgerät) aus Batterie = DC
- Beleuchtungsstärke in lux (lx)

Fall 3: Ausfall Sicherheitslichtgerät



Ausfall Sicherheitslichtgerät



Umschaltweiche (an jeder zweiten Leuchte) schaltet um von Kanal 1 (Sili) auf Kanal 2 (AV)
Folge: Jede zweite Leuchte leuchtet mit 100% Lichtstrom

Legende:

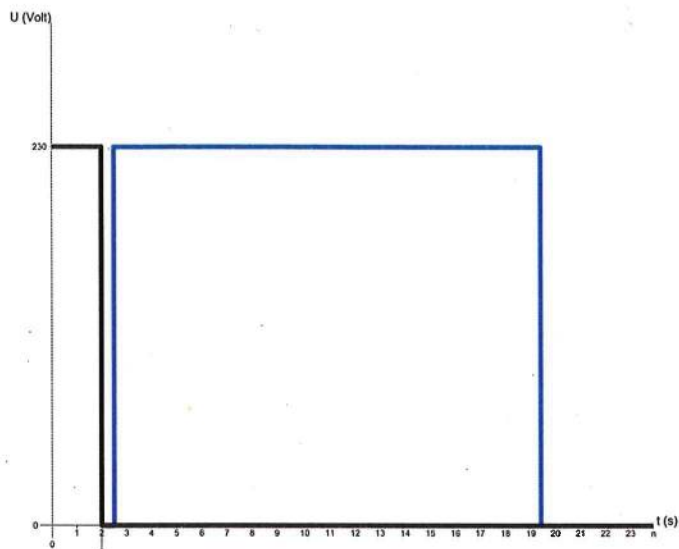
AV (Normalnetz, VNB)

SV (AV + NEA gestützt)

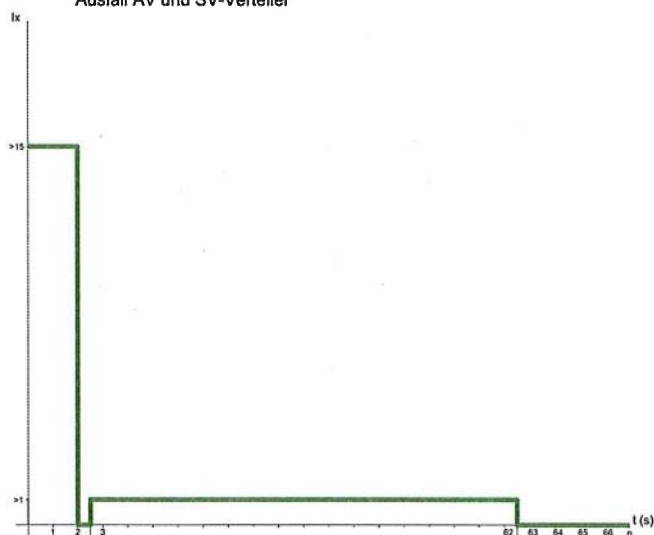
Sili (Sicherheitslichtgerät) aus Batterie = DC

Beleuchtungsstärke in lux (lx)

Fall 4: Ausfall AV und SV-Verteiler



Ausfall AV und SV-Verteiler



Sili übernimmt in <0,5 s mit >1 lx

AV und SV sind nach wie vor ausgefallen,
nach frühestens 60 s ist zusätzlich die Batterie leer, das Licht fällt vollständig aus

Legende:

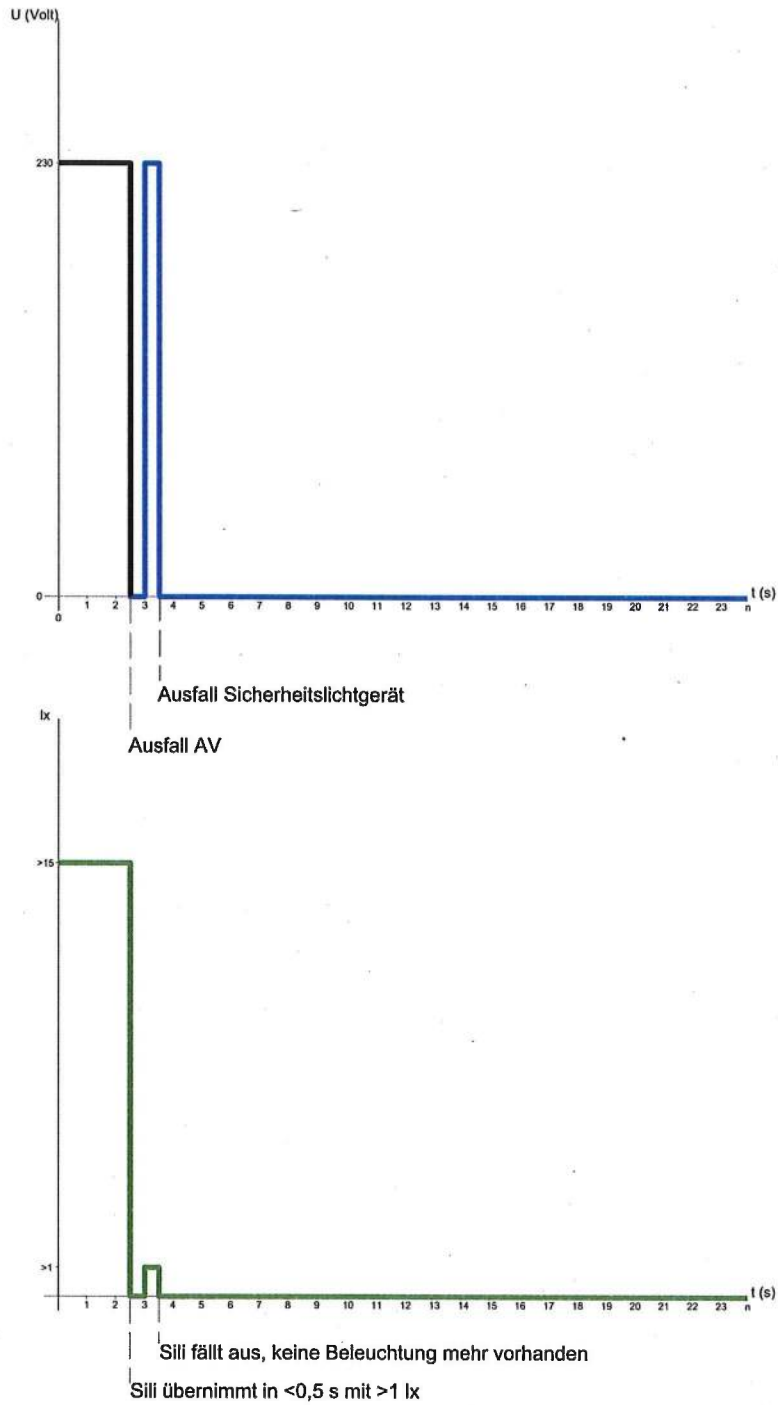
AV (Normalnetz, VNB)

SV (AV + NEA gestützt)

Sili (Sicherheitslichtgerät) aus Batterie = DC

Beleuchtungsstärke in lux (lx)

Fall 5: Ausfall AV und Sicherheitslichtgerät



Legende:

AV (Normalnetz, VNB)

SV (AV + NEA gestützt)

Sili (Sicherheitslichtgerät) aus Batterie = DC

Beleuchtungsstärke in lux (lx)