



# BETRIEBSSICHERHEIT VON LICHTSIGNALANLAGEN

Projektierung, Bau, Betrieb, Unterhalt

AUSGABE APRIL 2006

(STAND NORMENWERKE UND RICHTLINIEN OKTOBER 2005)

## IMPRESSUM

Auftraggeber:

KANTON LUZERN  
VERKEHR UND INFRASTRUKTUR (Federführung)  
Arsenalstrasse 43  
6010 Kriens



KANTON AARGAU  
DEPARTEMENT BAU, VERKEHR UND UMWELT  
Abteilung Tiefbau  
Entfelderstrasse 22  
5001 Aarau



KANTON BERN  
TIEFBAUAMT  
Reiterstrasse 11  
3011 Bern



KANTON SOLOTHURN  
AMT FÜR VERKEHR UND TIEFBAU  
Werkhofstrasse 65  
4509 Solothurn



KANTON THURGAU  
TIEFBAUAMT  
Verwaltungsgebäude Promenade  
8510 Frauenfeld



KANTON ZUG  
TIEFBAUAMT  
Aabachstrasse 5  
6301 Zug



Auftragnehmer:

Marty + Partner AG  
Gustav-Maurer-Strasse 25  
8702 Zollikon

Phone: +41 44 396 36 66

Fax: +41 44 396 36 89

E-Mail: [info@martypartner.ch](mailto:info@martypartner.ch)

Web: [www.martypartner.ch](http://www.martypartner.ch)

Projektleitung: Herr R. Bütler, Verkehrsplaner SVI

Sachbearbeitung: Frau K. Aeppli, Dipl. Ing. ETH

## Begleitende

Arbeitsgruppe (AG): Herr Th. Hunkeler, Departement Bau, Verkehr und Umwelt,  
Abteilung Tiefbau Kanton Aargau  
[thomas.hunkeler@ag.ch](mailto:thomas.hunkeler@ag.ch)

Herr U. Marti, Tiefbauamt Kanton Bern  
[urs.marti@bve.be.ch](mailto:urs.marti@bve.be.ch)

Herr G. Meng, vif Kanton Luzern (Vorsitz)  
[georg.meng@lu.ch](mailto:georg.meng@lu.ch)

Ort, Datum: Zollikon, April 2006

Auftragsnummer: 2703 / Ae

**ÄNDERUNGEN**

Version			Änderungen	Visum	Geprüft	Freigabe
Datum	Index	Status			Datum, Visum	Datum, Visum
Mai 2004- Feb. 2005	0.1	Entwurf	Erstellen in Zusammenarbeit mit AG	Ae	AG, BÜ	
25.04.05	0.2	Entwurf	Korrekturen gemäss AG	Ae	25.04.05, BÜ	28.04.05, AG
25.11.05	0.3	Entwurf	Korrekturen gemäss Auftraggeber	Ae		
10.02.06	1.0	Vorabzug	Korrekturen gemäss AG	Ae	09.02.06, BÜ	
10.03.06	1.1	Vorabzug	Korrekturen gemäss Auftraggeber	Ae	10.03.06, BÜ	
27.03.06	1.2	Vorabzug	Korrekturen gemäss AG	Ae	27.03.06, BÜ	
April 2006	1.3		Letzte Anpassungen	Ae	28.03.06, AG	25.04.06, AG

Projektnummer: 2703  
Datei: Betriebssicherheit\_LSA\_9 getrennt  
erstellt: Zollikon, April 2006/Ae  
geprüft:  
genehmigt:  
Status: freigegeben  
Version/Änderungsdatum:

Projektverfasser: Marty + Partner AG, Zollikon  
Dok.-Nr. Verfasser:

Anzahl Seiten: 77  
Druckdatum: 25.04.2006 10:35

**ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS**

AG	Arbeitsgruppe
CENELEC	Comité Européen de Normalisation Electrotechnique
CES	Comité Electrotechnique Suisse
EN	Europäische Norm
FG	Zu Fuss Gehende, Fussgänger
FS	Fahrstreifen
Fz	Fahrzeug
h	Stunde
IEC	International Electrotechnical Commission
IR	Infrarot
LSA	Lichtsignalanlage
LV	Langsamverkehr (Zu Fuss Gehende und Radfahrende)
LW	Lastwagen
MIV	Motorisierter Individualverkehr
MR	Motorrad
M+P	Marty + Partner AG
NIV	Niederspannungs-Installationsverordnung
ÖV	Öffentlicher Verkehr
PW	Personenwagen
RF	Radfahrende
RiLSA	Richtlinien für Lichtsignalanlagen
sec	Sekunde
SEV	Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik
SIA	Schweizer Ingenieure u. Architekten, Normen Bau
SN	Schweizer Norm
SSV	Signalisationsverordnung
STG	Steuergerät
SVI	Vereinigung Schweizerischer Verkehrsingenieure
TBA	Tiefbauamt
vif	Verkehr und Infrastruktur
VRA	Verkehrsregelungsanlage
VSS	Schweizerischer Verband der Strassen- & Verkehrsfachleute, Institution Normierungen im Strassenverkehr

---

## INHALTSVERZEICHNIS

1. Ausgangslage und Auftrag	1-1
1.1 Ausgangslage	1-1
1.2 Auftrag	1-1
1.3 Grundlagen	1-1
1.4 Redaktion	1-2
2. Betriebssicherheit	2-1
2.1 Allgemein	2-1
2.2 Betriebssicherheit nicht gegeben	2-1
3. Kreisel oder Lichtsignalanlage	3-1
4. Bestandteile einer LSA	4-1
4.1 Allgemein	4-1
4.2 Steuergerät	4-4
4.3 Signalträger und Signalgeber	4-9
4.4 Markierung und Signalisation	4-16
4.5 Anmeldemittel	4-18
4.6 Stromversorgung	4-33
4.7 Kommunikationsnetz	4-37
4.8 Fernüberwachung	4-38
4.9 Fernzugriff	4-39
4.10 Zentrale Steuerung	4-39
5. Tests und Inbetriebnahme	5-1
5.1 Allgemein	5-1
5.2 Prüfung in einer Testumgebung (Werkprüfung)	5-1
5.3 Prüfung vor Inbetriebnahme im Knoten	5-2
5.4 Prüfung mit Inbetriebnahme im Knoten (Abnahme)	5-3
5.5 Schlussprüfung	5-3
6. Betrieb und Wartung	6-1
6.1 Allgemein	6-1
6.2 Wartung Steuergerät	6-2
6.3 Wartung Aussenanlage	6-3
7. Baustellen und LSA	7-1
7.1 Baustellen-LSA auf freier Strecke	7-1
7.2 Baustellen im Bereich von lichtsignalgesteuerten Knoten	7-4
8. LSA an Bahnübergängen	8-1
8.1 Übersicht	8-1
8.2 Umsetzung der Vorschriften	8-3
9. Literaturverzeichnis	9-1
9.1 Gesetzliche Grundlagen	9-1
9.2 Normen und Richtlinien	9-3
9.3 Forschungsberichte	9-5
9.4 Übrige	9-7

ANHANG

Beispiele für Checklisten Wartung und Unterhalt	Anhang A
Revision und Reinigung Aussenanlage	Anhang A – 1
Revision und Reinigung Steuergerät	Anhang A – 2
Kontrolle der Steuergerätesoftware und des LSA-Betriebs	Anhang A – 3
Kontrolle der Induktionsschleifen	Anhang B
Schleifenmessprotokoll	Anhang B – 1
Planung und Projektierung	Anhang C
Projektierung von Lichtsignalanlagen	Anhang C – 1
Prüfung von Lichtsignalanlagen	Anhang D
Prüfung von LSA in einer Testumgebung	Anhang D – 1

---

# 1. AUSGANGSLAGE UND AUFTRAG

---

## 1.1 Ausgangslage

Die Betriebssicherheit einer LSA wird durch verschiedene Aspekte beeinflusst. Diese Aspekte betreffen einerseits die Planung, die Realisierung, sowie die Konstruktion der LSA inklusive dem Steuergerät, andererseits den Betrieb und Unterhalt der Anlage. Die nötigen Anforderungen werden grösstenteils in den Schweizer Normen definiert; es gibt aber auch kantonale Richtlinien, Forschungsberichte, etc., welche sich mit betriebssicherheitsrelevanten Themen beschäftigen. Der vorliegende Bericht soll einen Überblick über die bestehenden Richtlinien und Normen geben, auf deren Grundlage die Betriebssicherheit geregelt ist und, soweit notwendig, diese ergänzen.

Das vorliegende Dokument richtet sich an die Projektierenden und Betreiber sowie die Lieferanten und das Unterhaltspersonal von LSA. Es dient der betriebssicheren Funktionsfähigkeit und der hohen Verfügbarkeit einer LSA sowie dem Schutz der Verkehrsteilnehmenden. Die Angaben beziehen sich ausschliesslich auf Knotensteuerungen und Baustellen-LSA.

## 1.2 Auftrag

Die Dienststelle Verkehr und Infrastruktur des Kantons Luzern als federführende Behörde hat in Zusammenarbeit mit den Kantonen Aargau, Bern, Solothurn, Thurgau und Zug die Marty + Partner AG, Zollikon beauftragt, eine Zusammenstellung der geltenden Normen und Verordnungen zum Thema Betriebssicherheit von LSA und wo diese fehlen, Empfehlungen auszuarbeiten.

Die Arbeiten wurden von einer Arbeitsgruppe begleitet, welcher die Herren

Thomas Hunkeler, Departement Bau, Verkehr und Umwelt des Kantons Aargau

Urs Marti, Tiefbauamt des Kantons Bern,

Georg Meng, Verkehr und Infrastruktur des Kantons Luzern

angehörten.

## 1.3 Grundlagen

Es gelten die Normenwerke und Richtlinien (Stand siehe Fusszeile). Detaillierte Quellenangaben können dem Literaturverzeichnis in Kapitel 9 entnommen werden.

## 1.4 Redaktion

Der Bericht „Betriebssicherheit von Lichtsignalanlagen“ nimmt Bezug und verweist auf bestehende Verordnungen, Normenwerke und Richtlinien. Diese werden fortlaufend angepasst und aktualisiert. Daraus ergibt sich der Bedarf, das vorliegende Dokument periodisch anzupassen und zu überarbeiten.

Entsprechende Rückmeldungen und Anregungen an das Ingenieurbüro Marty + Partner AG sind willkommen und können telefonisch (+41 - (0)44 - 396 36 66), per Fax (+41 - (0)44 - 396 36 89) oder per Mail ([info@martypartner.ch](mailto:info@martypartner.ch), Stichwort: Betriebssicherheit von Lichtsignalanlagen) gegeben werden.

Der Aufbau des Berichts unterstützt die fortlaufende Erneuerung. Die Aufteilung in Register ermöglicht ein schnelles Auswechseln aktualisierter Seiten und Kapitel. Auf der Homepage [www.martypartner.ch](http://www.martypartner.ch) können die aktualisierten Kapitel herunter geladen werden.



---

## 2. BETRIEBSSICHERHEIT

---

### 2.1 Allgemein

Lichtsignalanlagen dienen der Verkehrssicherheit und der Verkehrsregelung. Damit eine LSA zur Steigerung der Verkehrssicherheit beiträgt, muss sie unter anderem **betriebs- und ausfallsicher** sein. Die Aspekte der Betriebssicherheit sind daher schon in den Phasen Planung, Projektierung und Bau zu berücksichtigen.

SN 640 842 „Lichtsignalanlagen – Abnahme, Betrieb und Wartung“

### 2.2 Betriebssicherheit nicht gegeben

Kommt die verantwortliche Instanz zu dem Entscheid, dass eine Lichtsignalanlage die Anforderungen der Betriebssicherheit nicht (mehr) erfüllt, sind sofort Massnahmen einzuleiten oder die betroffene LSA auszuschalten. Die Entscheidung zur Ausschaltung der LSA ist unter Berücksichtigung der Aspekte von Verkehrs- und Betriebssicherheit abzuwägen.

Es ist eine schriftliche Notiz anzufertigen, in welcher die Ausschaltung der LSA begründet wird.

## 3. KREISEL ODER LICHTSIGNALANLAGE

### ZUSAMMENFASSUNG:

Besonderes Augenmerk ist auf den Entscheid bezüglich des Betriebssystems (Kreisel oder LSA) zu legen. Dabei ist besonders zu berücksichtigen, dass sich unterschiedliche Betriebssysteme nicht gegenseitig beeinträchtigen. Diesbezüglich gibt es keine gesetzliche Entscheidungsgrundlage. Schon bei der Entscheidung Kreisel oder LSA ist die Interaktion mit bestehenden Konzepten und Randbedingungen zu berücksichtigen.

Schon bei der Planung einer Verkehrsregelungsanlage kann die Betriebssicherheit eine Rolle spielen. Zunächst wird aufgrund von Leistungsabschätzung und den gegebenen Randbedingungen am Knoten die Entscheidung zwischen **Kreisel oder LSA** gefällt. Zu den Randbedingungen zählen unter anderem übergeordnete verkehrsplanerische Entscheide, die Bedeutung des Knotens im Netz, die Möglichkeit zur Steuerung von Zu- und Abfluss sowie zur Bevorzugung des öffentlichen Verkehrs.

Das **Zusammenspiel** zwischen **Kreisel und LSA** ist durch die VSS noch nicht geregelt. Zu den betriebssicherheitsrelevanten Aspekten zählen unter anderem die Distanzen zwischen den beiden Regelungsformen, die nachträgliche Beampelung von Kreiseln, sowie der Knotenabfluss, welcher gewährleistet sein muss.

SN 640 833 „Lichtsignalanlagen – Nutzen“  
Beilage zu SN 640 833  
„Lichtsignalanlagen  
SN 640 833 – Nutzen“<sup>1</sup>  
„Nutzen einer Lichtsignalanlage“<sup>2</sup>  
„Lichtsignalgesteuerte  
Knoten oder Kreisel“<sup>3</sup>  
„Wo sind Kreisel geeignet und wo nicht“<sup>4</sup>

„Verkehrsbeeinflussung  
an Kreiseln“<sup>5</sup>

<sup>1</sup> P. Pitzinger; „Strasse und Verkehr“ (VSS), 1996

<sup>2</sup> Ingenieurbüro Peter Pitzinger, Zürich; VSS, 1995

<sup>3</sup> A. Gonin; „Strasse und Verkehr“ (VSS), 1996

<sup>4</sup> A. Jordi; „Strasse und Verkehr“ (VSS), 1995

<sup>5</sup> Ingenieur- und Planungsbüro Bühlmann, Zollikon; FA1998/193, in Arbeit

Bei der Einrichtung einer Verkehrsregelungsanlage spielt auch die **Interaktion mit Konzepten und Aspekten** aus anderen Bereichen der Planung eine Rolle. Die folgende Aufzählung ist alphabetisch sortiert und nicht abschliessend:

- Ausnahmetransporte (Schwerverkehrsrouten)
- Befahrbarer Schachtdeckel
- Beleuchtungskonzept
- Buslinien, Einsatz von Gelenkbussen
- Ein- und Ausfahrtsregelung von Autobahnen
- Fussgängerwunschl意思
- Lage im Netz (Inner-/ Ausserorts)
- Lage von Bushaltestellen
- Markierungskonzept
- ÖV-Bevorzugung
- Pfortnerung
- Platzverhältnisse
- Radroute
- Rettungsfahrzeugroute
- Schleppkurven
- Schulwegplanung und -sicherung
- Sichtbehinderungen, z.B. durch Stützmauern
- Signalisationskonzept
- Stromleitungskonzept
- Verkehrsaufkommen
- Verkehrsmanagement, Verkehrstelematik
- Wegleitungskonzept
- Wegweisungskonzept

## 4. BESTANDTEILE EINER LSA

### 4.1 Allgemein

Die Norm SN 640 832 bildet die **Kopfnorm Lichtsignalanlagen** basierend auf der Signalisationsverordnung SSV. Sie legt einzelne Aspekte für Entwurf, Projektierung und Betrieb von LSA fest.

SN 640 832 „Kopfnorm  
Lichtsignalanlagen“  
„Lichtsignalanlagen SN  
640 832 – Kopfnorm“<sup>6</sup>  
SR 741.21<sup>7</sup>

Vorgaben zur **Betriebssicherheit** von LSA werden in der Norm SN 640 842 definiert.

SN 640 842 „Lichtsig-  
nalanlagen – Abnahme,  
Betrieb, Wartung“  
„Lichtsignalanlagen  
Abnahme, Betrieb,  
Wartung“<sup>8</sup>

In einem **Anlagejournal** sollte die Geschichte einer LSA von der Projektierung bis zum aktuellen Datum dokumentiert werden. Das Journal sollte im Steuergerätekasten der LSA deponiert sein oder via PC, Laptop oder falls vorhanden via Kommunikationssystem von einer zentralen Datenbank abgerufen werden können. Es sollte folgende Informationen enthalten:

- Planer LSA, Planer Tiefbau, Lieferant LSA
- Begründung für sämtliche getroffenen Entscheidungen und das Datum deren Inbetriebnahmen oder deren Änderungen
- Auflistung der Bestandteile und deren Fabrikate inkl. Unterhaltshinweise (z.B. Batteriewechsel, Wechsel Speicherkarte, ...)
- Angaben über durchgeführte Prüfungen und deren Ergebnisse
- Angaben über durchgeführte Reparaturen
- Angaben über noch durchzuführende Reparaturen, z.B. nach Revisionen (Pendenzen)

<sup>6</sup> G. Brugnoli; „Strasse und Verkehr“ (VSS), 1996

<sup>7</sup> Signalisationsverordnung (SSV) vom 5. September 1979

<sup>8</sup> Ingenieurbüro Peter Pitzinger, Zürich; VSS, 1998

Bezüglich **Datensicherung der aktuellen Parametrierungen** an den LSA sind Vorgaben zu machen. Die Backups müssen zentral gespeichert und verwaltet werden. Dies kann einerseits beim Betreiber der LSA sein, aber auch beim Lieferanten oder projektierenden Ingenieur.

Die Lieferanten der LSA müssen bezüglich **Lebensdauer** von Steuergerät und anderen Bestandteilen Angaben machen. Zudem ist beim Neubau einer LSA die Verfügbarkeit von **Ersatzteilen** (mindestens 10 Jahre) nachzuweisen. Können keine Ersatzteile mehr geliefert werden, ist der Lieferant LSA verpflichtet, dies dem Betreiber frühzeitig mitzuteilen.

Die anzustrebende **Ausfallrate einer LSA** ist in der Norm SN 640 842 vorgegeben.

Eine hohe Verfügbarkeit kann durch den Anschluss der LSA an eine zentrale Fernüberwachung (vgl. Kapitel 4.8) erreicht werden (kurze Reaktionszeiten). Ist der Anschluss an eine Fernüberwachung nicht vorgesehen, so ist die LSA nach Möglichkeit trotzdem mit den nötigen Schnittstellen auszurüsten.

Der Ausfall einer LSA, z.B. nach einem Blitzeinschlag, ist kaum zu verhindern. Durch eine schnelle Reparatur kann jedoch Einfluss auf die Verfügbarkeit genommen werden. In einer Prioritätenliste ist daher festzulegen, innerhalb welcher Zeitspanne nicht verfügbare LSA wieder Instand gesetzt werden müssen; wiederum in Abhängigkeit von Lage im Netz und Wichtigkeit.

SN 640 842 „Lichtsignalanlagen – Abnahme, Betrieb, Wartung“

Beim Erstellen einer LSA durch Dritte sind die Handhabung von Unterhalt, Betrieb und Erneuerung in einer Nutzungsvereinbarung zu klären. Diese Vereinbarung hat die Regelung der Kompetenzen zum Ziel und kann folgende Bestandteile umfassen (nicht abschliessende Auflistung):

- Allgemeine Bedingungen
- Dauer der Vereinbarung
- Eigentümer LSA
- Entscheidungskompetenzen
- Erstellung und Übergabe
- Garantie
- Gebühren
- Gerichtsstand
- Haftung
- Interventionszeiten (je nach Eigentümer)
- Rechtsnachfolge bei Firmenwechsel
- Salvatorische Klausel (sichert die Gültigkeit eines Vertrags für den Fall, dass einzelne Bestandteile entweder bei Abschluss bereits ungültig waren oder wenn sie später, z. B. durch eine Gesetzesänderung, ungültig werden.)
- Schäden
- Schlussbestimmung
- Übernahme und Betrieb
- Übertragbarkeit
- Unterhalt Störungen, Wartung
- Vertragsgegenstand

Richtlinien der Kantone  
und Gemeinden

## 4.2 Steuergerät

### ZUSAMMENFASSUNG:

Es gelten die **funktionellen Sicherheitsanforderungen** gemäss SN 640 844-3. Es sind zwei unabhängige **Rechner** mit nicht flüchtigen Speichermedien vorzusehen, welche sich gegenseitig kontrollieren. Zu den **sicherheitsrelevanten Randbedingungen** gehören unter anderem die Phasentrennung, sowie die Festlegung von Zwischen-, Übergangs- und Mindestzeiten. Die **Betriebszeiten** werden aufgrund von Verkehrssicherheitsaspekten, Verkehrsmenge, Höchstgeschwindigkeit und Übersichtlichkeit festgelegt.

Die funktionellen **Sicherheitsanforderungen** von Steuergeräten für LSA werden durch die Norm SN 640 844-3 (Nationales Vorwort zur EN 12675) festgelegt.

Es gilt auch die EN 61508, Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer/elektronischer/programmierbarer elektronischer Systeme.

SN 640 844-3 „Steuergeräte für Lichtsignalanlagen – Funktionelle Sicherheitsanforderungen“ (SN EN 12675)

SN EN 61508 „Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer / elektronischer / programmierbarer elektronischer Systeme“

### 4.2.1 Mindestanforderung an den Rechner des Steuergerätes

Im Steuergerät einer LSA werden sowohl sicherheitsrelevante (dürfen nicht verändert werden) als auch Daten abgelegt, welche sich ändernden Umständen entsprechend angepasst werden. In einem Steuergerät sind daher **zwei voneinander unabhängige Rechner** vorzusehen. Die Rechner müssen sich gegenseitig kontrollieren und werden zusätzlich durch einen Kontrollrechner überwacht (Watchdog).

### 4.2.2 Mindestanforderung an Speichermedien

Die Rechner im Steuergerät einer LSA sind mit nicht flüchtigen<sup>9</sup>, elektronischen **Speichermedien** auszurüsten.

<sup>9</sup> Die Daten sind dauerhaft gespeichert (permanent), können bei Bedarf jedoch gelöscht werden (semi-permanent).

### 4.2.3 Sicherheitsrelevante Randbedingungen

Aus verkehrstechnischer Sicht versteht man unter einer Phase ein Intervall, während dem ein oder mehrere Verkehrsströme gleichzeitig in einen Knoten einfahren können. Die **Phasentrennung** ist damit die zeitliche Trennung von nicht verträglichen Verkehrsströmen. Die Grundlagen zur Phasentrennung sind in der Norm SN 640 834 beschrieben. Die resultierende Verriegelung ist auf jedem der beiden Speichermedien im Steuergerät zu speichern.

SN 640 834 „Lichtsignalanlagen – Phasentrennung“  
Beilage zu SN 640 834  
„Lichtsignalanlagen SN 640 834 – Phasentrennung“<sup>10</sup>

Bei der Bestimmung der Phasentrennung fällt der **Entscheid Konfliktgrün**, welcher aufgrund verschiedener Faktoren erwogen wird.

„Verkehrstechnische Beurteilung Konfliktgrünschaltung“<sup>12</sup>

Wird Konfliktgrün zwischen Fussgängern und abbiegenden Fahrzeugen zugelassen, sollen die Fussgänger einen **Vorstart**<sup>11</sup> erhalten.

An LSA-gesteuerten Knoten sind **Radwege** sowie **kombinierte Rad-/Fusswege** konfliktfrei über den Knoten zu führen.

SN 640 252 „Knoten – Führung des leichten Zweiradverkehrs“  
„Anlagen für den leichten Zweiradverkehr“<sup>13</sup>

Die Einhaltung der gemäss Norm SN 640 838 ermittelten **Zwischenzeiten** sind durch den Lieferanten des Steuergeräts zu garantieren.

SN 640 838 „Lichtsignalanlagen – Zwischenzeiten“  
„Lichtsignalanlagen SN 640 838 – Zwischenzeiten“<sup>14</sup>

Die Grundlagen zur Anwendung der **Übergangs- und Mindestzeiten** sind in der Norm SN 640 837 enthalten.

SN 640 837 „Lichtsignalanlagen – Übergangszeiten und Mindestzeiten“  
„Lichtsignalanlagen SN 640 837 – Übergangs- und Mindestzeiten“<sup>15</sup>

Die Verriegelung und die Berechnung der Zwischenzeiten sind bei der Projektierung der LSA durch eine zweite, fachverantwortliche Person zu kontrollieren.

<sup>10</sup> P. Pitzinger; „Strasse und Verkehr“ (VSS), 1996

<sup>11</sup> Fussgänger sind vor den Fahrzeugen am Konfliktpunkt

<sup>12</sup> Marty + Partner AG, Zollikon; 2003

<sup>13</sup> Tiefbauamt des Kantons Zürich und Kantonspolizei Zürich; Zürich, März 2004

<sup>14</sup> J. Burnand; „Strasse und Verkehr“ (VSS), 1996

<sup>15</sup> J. Burnand; „Strasse und Verkehr“ (VSS), 1996



Das Vorgehen betreffend **Abnahme** und **Betrieb** des Steuergeräts sind in der Norm SN 640 842 geregelt.

SN 640 842 „Lichtsignalanlagen – Abnahme, Betrieb, Wartung“

#### 4.2.4 Betriebszeiten

Die Betriebszeiten einer LSA werden unter anderem aufgrund von **Verkehrssicherheitsaspekten** (Lage im Netz, Knotengeometrie, Sichtverhältnisse), der **Verkehrsmengen**, der **ÖV-Bevorzugung**, der erlaubten **Höchstgeschwindigkeit** und der **Übersichtlichkeit** des Knotenpunkts festgelegt.

SN 640 842 „Lichtsignalanlagen – Abnahme, Betrieb, Wartung“

SN 640 833 „Lichtsignalanlagen – Nutzen“

Sind die für einen Knoten ohne LSA erforderlichen **Sichtweiten** an einem lichtsignalgesteuerten Knoten nicht eingehalten, sollte die LSA durchgehend in Betrieb sein.

Es ist zu definieren, wie die LSA gesteuert wird. Es können mehrere **Steuerprogramme zur Auswahl** stehen, welche zeit- oder verkehrabhängig aufgerufen werden. Die Unterscheidung eines Tages- und Nachtprogramms ist in der Regel sinnvoll und für jeden Knoten individuell festzulegen. Je nach Verkehrsaufkommen können weitere Programme zweckmässig sein (Morgen-, Mittags-, Abend-, Wochenendspitze, etc.).

Verkehrabhängige LSA können im Nachtprogramm generell auf alles Rot gestellt werden und Fahrzeuge erhalten auf Anmeldung Grün. Eine Grünschaltung auf einer Richtung ist aus Lärm- und Umweltschutzgründen sinnvoll, wenn diese Richtung wesentlich stärker belastet ist als die Querachsen.

Bei einem **Betriebsunterbruch** ist dafür zu sorgen, dass die Verkehrssicherheit am Knoten erhalten bleibt. Die korrekte Markierung und statische Signalisation bilden hierfür die Grundvoraussetzung. In Abhängigkeit von der Wichtigkeit einer LSA im Strassennetz ist bei geplanten oder vorhersehbaren Betriebsunterbrüchen Personal für die Handregulierung am Knoten einzusetzen.

Bei der Festlegung von nicht durchgehenden Betriebszeiten, ist zu entscheiden, ob die LSA ausserhalb der Betriebszeiten auf **Gelbblinken oder Dunkel** gestellt wird.

An ausgewählten Orten, wie z.B. Wohngebieten, kann eine Dunkelschaltung der LSA nützlich sein, Anwohner werden durch das Signallicht nicht geblendet oder gestört.

#### 4.2.5 Standort

Bei der **Wahl des Steuergerätestandorts** müssen die Vorgaben durch die Norm SN 640 846 beachtet werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass der Standort auch bei **geöffneten Schranktüren** den Vorgaben entspricht.

Der Steuergerätekasten ist ausserdem so zu platzieren, dass er nicht exponiert jedoch trockenen Fusses **gut zugänglich** ist. Dazu gehört nach Möglichkeit ein geeigneter Abstellplatz für Unterhalts- oder Pikettfahrzeuge in unmittelbarer Nähe des Steuergerätekastens, so dass nicht regelwidrig am Fahrbahnrand geparkt werden muss. Wird ein öffentlicher Parkplatz als Steuergerätestandort gewählt, so ist z.B. durch Schutzpfosten sicherzustellen, dass der Zugang nicht durch anderweitig parkende Fahrzeuge versperrt wird und das Öffnen der Schranktüren möglich ist.

Das Steuergerät sollte nicht auf **bestehenden Werkleitungen** (insbesondere Gas, Wasser, ...) oder im Bereich von hochvoltigen Anlagen (Hochspannungs-, Fahrleitungen Bahn, Bus, etc.) zu stehen kommen. Falls keine andere Möglichkeit besteht, ist die Erdung speziell zu berücksichtigen und hat gegebenenfalls über die Bahn zu erfolgen.

SN 640 846 „Signale – Anordnung an Haupt- und Nebenstrassen“

#### 4.2.6 Schutz des Steuergeräts

Die Elektronik und die Kabel im Innern des Steuergerätekastens sind ausreichend vor **Insekten, Nagetieren, Hitze, Kälte und Feuchtigkeit** zu schützen. Mögliche Massnahmen sind in den folgenden Kapiteln aufgelistet.

##### 4.2.6.1 Schutz vor Tieren

- Gelochte Bodenplatten oder Gitter um den Steuergerätekasten
- Kiesbett um das STG-Fundament
- Fugen und Ritzen abdichten
- Anbringen von Schutzblechen
- STG-Kasten auf einen Sockel stellen
- Hohen Ultraschall-Ton aussenden
- Kabel mit Nagetierschutz verwenden

#### 4.2.6.2 Schutz vor Hitze / Kälte

- Die Komponenten des Steuergeräts müssen in einem definierten Temperaturbereich und bei ganztägiger Sonneneinstrahlung oder winterlicher Kälte betriebsstüchtig sein.
- Die Luftzirkulation im Steuergerät muss gewährleistet sein.
- Doppelschränke sind mit Lochblech als Trennwand anstelle einer undurchlässigen Wand auszurüsten (Luftzirkulation, Bildung von Kondenswasser verhindern).
- Sträucher, welche um den Steuergerätschrank gepflanzt werden, sorgen für Schatten.

Europäische Norm oder Richtlinien der Kantone und Gemeinden

#### 4.2.6.3 Schutz vor Feuchtigkeit

- Standort so wählen, dass Wasser abfliessen kann (z.B. Erhebung)
- Gelochte Bodenplatten oder Gitter um den Steuergerätekasten
- Kiesbett um STG-Fundament
- Fugen und Ritzen abdichten
- Steuergerät abdichten gegen Feuchtigkeit von unten
- STG-Kasten auf Sockel stellen
- Einsatz von Ventilatoren im STG (birgt Gefahr von aufwirbelndem Staub, welcher sich auf den Platinen ablagert und diese verschmutzt)

#### 4.2.6.4 Schutz vor Bekleben

Durch das Bekleben von Steuergerätschränken, vor allem von Belüftungsschlitzen, wird die Luftzirkulation gestört. Dies kann zu einem Wärmestau im Steuergerät führen:

- Wenig exponierten Standort wählen.
- Keine oder geringe Sichtbarkeit des Steuergeräts, z.B. durch Gebüsch verdeckt, etc.
- Die äussere Beschichtung des Steuergerätekastens sollte so gewählt werden, dass Klebeband und Sprayfarbe leicht abgewaschen werden können.
- „Plakate anbringen verboten“ – Schild

## 4.3 Signalträger und Signalgeber

### ZUSAMMENFASSUNG:

Signalträger sind als Tragwerke anzusehen, so dass die **Tragwerksnormen** des SIA gelten. Der Aussendurchmesser eines normalen Signalmasts beträgt in der Regel 114 mm. Bei Winkelmasten und Signalportalen sind rechteckige Profile zu verwenden. Bei der Wahl des **Maststandorts** sind die Lichtraumprofile und die unterschiedlichen Interessen der Verkehrsteilnehmenden zu berücksichtigen. Die **Anordnung und Ausrichtung der Signalgeber** entscheiden unter anderem über Verständlichkeit und Sichtbarkeit der Signalgeber. Die Berechnung der **Fundamente** ist nachvollziehbar zu dokumentieren und zu kontrollieren. Sämtliche Stahlkonstruktionen sind durch Verzinkung vor **Korrosion** zu schützen.

### 4.3.1 Grundlagen Signalträger

Die in der Folge aufgeführten Normen sind Teil der Tragwerksnormen des SIA und ersetzen die Norm SIA 160 „Einwirkungen auf Tragwerke“.

Die Norm SIA 260 (Tragwerksnorm) regelt die **Grundlagen der Projektierung** von Tragwerken und integriert die in der Norm SIA 160 (1889) festgehaltenen Grundsätze.

Die Norm SIA 261 und die ergänzenden Festlegungen (SIA 261/1) beschreiben die **Einwirkungen auf Tragwerke**. Die Belastungswerte, welche eingehalten werden müssen, werden durch den Auftraggeber vorgegeben.

Die Norm SIA 263 und die ergänzenden Festlegungen (SIA 263/1) regelt die **Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten**.

Die *Wandstärken* und die *Stahlqualität* müssen den Vorgaben der SIA-Norm genügen. Der Stahl sollte elektrisch (ab-) leitend sein und im Falle eines Unfalls nicht splintern.

Der Aussendurchmesser eines **Normalmasts** beträgt 114 mm. Sämtliche Befestigungsmaterialien, Anmeldearmaturen und Signalträger sind auf diesen Durchmesser auszulegen. Die genannten Materialien müssen auch für Flachmontage lieferbar sein, damit sie an Winkelmasten oder Signalbrücken montiert werden können.

SN 505 260 „Grundlagen der Projektierung von Tragwerken“

SN 505 261 „Einwirkungen auf Tragwerke“  
SN 505 261/1 „Einwirkungen auf Tragwerke – ergänzende Festlegungen“

SN 505 263 „Stahlbau“

SN 505 263/1 „Stahlbau – Ergänzende Festlegungen“

**Winkelmasten und Signalbrücken** sollten in der Regel ein Profil RHS / TPS aufweisen. Einfache T-Träger oder U-Profile dürfen nicht verwendet werden, da sie nicht torsionsfest sind.

Bei Signalbrücken können Gitterträger verwendet werden. Sie sind leichter und eventuell kostengünstiger als konventionelle Träger für Signalbrücken.

Bei Neuanlagen sind an den Masten gegebenenfalls zwei **Masttüren** vorzusehen. Die eine Masttüre ist für die Kabelanschlüsse der Signalgeber, die zweite ist nur nötig, wenn eine weitere Nutzung beispielsweise als Beleuchtungsmast vorgesehen ist. Die Masttüren sind so anzubringen, dass sie nicht mit eventuellen Fussgänger-Anmeldearmaturen verdeckt werden.

Werden Signalgeber an Beleuchtungskandelabern angebracht, kann die Montage erst nach Anfrage oder Rücksprache mit der für die öffentliche Beleuchtung zuständigen Stelle erfolgen. Dabei sind Wandstärke, bestehendes Fundament und die Art der Kabeleinführung abzuklären. Bezüglich Durchmesser des Kandelabers bestehen keine Vorgaben.

#### 4.3.2 Übrige Signalträger

Vor der **Montage von Signalgebern an Mauern**, direkt oder über Seilabspannungen, muss die Bewilligung des Eigentümers und des Bauherrn eingeholt werden. Zudem sind Abklärungen bezüglich Festigkeit der Mauer und Zulässigkeit von Zuleitungen an der Fassade durchzuführen.

Bei Seilabspannungen über Masten gelten für den Stahlbau die Tragwerksnormen der SIA.

SN 505 260 „Grundlagen der Projektierung von Tragwerken“

### 4.3.3 Standort

Die Vorschriften und Kriterien zur **Standortwahl** von Signalgebern sind in der Norm SN 640 836 beschrieben (Erkennbarkeit, Anbringung, etc.).

Die **Lichtraumprofile** aller Verkehrsteilnehmenden sind zu berücksichtigen, wobei inner- und ausserorts unterschiedliche Vorgaben gelten.

Bei der Standortwahl von Signalmasten stehen sich teilweise gegensätzliche **Interessen** gegenüber, welche es zu berücksichtigen gilt:

**Zu Fuss gehende:** Fussgänger-Anmeldearmaturen sollten leicht zu finden und gut erreichbar sein (gilt vor allem auf Fussgängerinseln).

**Mobilitätsbehinderte:** Für Mobilitätsbehinderte, wie z.B. Rollstuhlfahrer, Mütter mit Kinderwagen, etc., muss auf dem Trottoir ausreichend Platz zur Verfügung stehen.

**Sehbehinderte:** Für Sehbehinderte sind Masten einfacher zu finden, wenn sie am Trottoirrand möglichst in der Mittelachse des Fussgängerstreifens platziert werden. Die Zugänglichkeit der Anmelde-Armatur muss gewährleistet sein. Masten sollten beispielsweise nicht hinter einem Geländer stehen, da sie mit dem Blindenstock ertastet werden müssen.

**Velofahrende:** Auf Radwegen darf der Weg nicht durch Masten versperrt werden. Exponierte Masten erfordern eine spezielle Kennzeichnung. Gegenrichtungsverkehr erfordert nach Möglichkeit eine spezielle Bodenmarkierung.

**Unterhaltsfahrzeuge:** Die Einhaltung des Lichtraumprofils der örtlichen Unterhaltsfahrzeuge muss gewährleistet werden. Dies gilt sowohl für Mittelinseln als auch auf dem Trottoir.

SN 640 836 „Gestaltung der Signalgeber“

„Lichtsignalanlagen SN 640 836 – Gestaltung der Signalgeber“<sup>16</sup>

SN 640 201 „Geometrisches Normalprofil“  
Gesetzliche Grundlagen der Kantone und Gemeinden

„Richtlinien Behindertengerechtes Bauen“<sup>17</sup>

„Richtlinien Behindertengerechtes Bauen“<sup>17</sup>

SN 640 836 „Gestaltung der Signalgeber“

<sup>16</sup> U. Marti; „Strasse und Verkehr“ (VSS), 1996

<sup>17</sup> E. Schmidt, J.A. Manser, Zürich; Schweizerische Fachstelle für behindertengerechtes Bauen, 2003

<b>Strassenverkehr:</b>	Besteht ein erhöhtes Risiko, dass Masten angefahren werden, so sind diese Masten zu schützen. Dies kann durch Leitplanken, grosse Steine, Eisenbahnschienen, etc. geschehen.	„Anpralldämpfer sowie umfahrbare Signale und Lichtmasten“ <sup>18</sup>
<b>Befahrbarkeit:</b>	Die Befahrbarkeit des Knotens mit schweren Lastfahrzeugen oder Gelenkbussen muss mit den massgebenden Schleppkurven überprüft und gewährleistet sein.	SN 640 271a „Kontrolle der Befahrbarkeit“ „Schleppkurven“ <sup>19</sup>
<b>Ausnahmetransport (Schwerverkehrs-routen):</b>	Bei der Projektierung ist abzuklären, ob die LSA im Bereich einer Ausnahmetransport- oder Versorgungsrouten liegt. Ist dies der Fall, müssen die Maststandorte und -höhen spezielle Anforderungen erfüllen (evt. demontier- oder klappbare Masten, bei demontierbaren Elementen müssen die Anschlusskabel über Steckverbindungen geführt sein).	

#### 4.3.4 Grundlagen Signalgeber

Die Regeln für die **Anordnung von Signalen** an Haupt- und Nebenstrassen sind in der Norm SN 640 846 aufgeführt (bestmögliche Wahrnehmbarkeit, Minimal- und Maximalabstand ab Fahrbahnrand, etc.).

Es ist zu beachten, dass ein Rotlicht in der Regel nicht hinter dem Konfliktpunkt wiederholt werden sollte. Die LSA muss auf Blinken schalten, wenn das Rotlicht beim Haltebalken ausfällt.

Die Verwendung von **Signalgebern Überkopf** muss für jeden Knoten beurteilt werden. Überkopfsignalgeber können an Signalbrücken, Bogen- oder Winkelmasten befestigt, sowie an Seilen über der Fahrbahn aufgehängt werden. Der Unterhalt von Überkopfsignalgebern ist kostenintensiv und kann gefährlich sein, da der Einsatz eines Steigers notwendig ist.

Die Verwendung von Überkopfsignalisationen ist beispielsweise bei der Wegweisung mit Fahrstreifen-zuteilung von Vorteil. Bei Pförtneranlagen verstärkt die Überkopfsignalisation die gewünschte Torwirkung.

SN 640 846 „Signale – Anordnung an Haupt- und Nebenstrassen“

SN 640 836 „Gestaltung der Signalgeber“

SSV Art. 71  
SSV Art. 103

<sup>18</sup> ETH IVT, Zürich; VSS, 1994

<sup>19</sup> Balzari Blaser Schudel, Bern; VSS, 1981 (vergriffen)

Die **Sichtbarkeit** von Signalgebern hängt einerseits vom Standort, der **Ausrichtung und Gestaltung** (SN 640 836) sowie von den **lichttechnischen Eigenschaften** (SN 640 844.2 (Nationales Vorwort zur EN 12368)) des Signalgebers ab.

SN 640 836 „Gestaltung der Signalgeber“  
SN 640 844.2 „Anlagen zur Verkehrssteuerung – Signalleuchten“ (SN EN 12368)  
„LED – Signalgeber: Lichttechnische Untersuchung, Definition von Minimalanforderungen“<sup>20</sup>  
„Sichtbarkeit Signalgeber“<sup>21</sup>

---

<sup>20</sup> Marty + Partner AG, Zollikon; 2003

<sup>21</sup> Baudirektion des Kantons Zug, Tiefbauamt, Zug; TBA, 2004



### 4.3.5 Statik und Befestigungen

Die Berechnung der benötigten **Fundamente**, vor allem für Winkel-, Bogen- und Beleuchtungsmasten, soll nachvollziehbar dokumentiert und kontrolliert sein. Die Berechnung erfolgt durch einen Statiker mit Fachausweis.

SN 640 842 „Lichtsignalanlagen – Abnahme, Betrieb, Wartung“  
„Lichtsignalanlagen“<sup>22</sup>

Werden zu einem späteren Zeitpunkt **zusätzliche Signalgeber** oder Signale an einem bestehenden Mast befestigt, ist zuvor abzuklären, ob das bestehende Fundament und der Signalträger den zusätzlichen Anforderungen entsprechen.

Werden Signalmasten mit **Flansch** am Boden befestigt, sind Schrauben aus Chromstahl zu verwenden.

Zur **Befestigung von Signalgebern** an Signalmasten sind Briden und Schraubverbindungen zu verwenden; Stahlbänder sollten nicht eingesetzt werden.

Nach **Unfällen** sind die Signalmasten z.B. durch eine „Rüttelprüfung“ zu überprüfen; das Befestigungsmaterial ist in jedem Fall sofort auszutauschen. Die Schweissnähte sind ebenfalls zu überprüfen.

**Sollbruchstellen** sind beim Stahlbau generell **nicht vorzusehen**. Bei Fussgängerübergängen ist im Gegenteil darauf zu achten, dass die Masten einen **Schutz gegen das Knicken** haben. Es muss gewährleistet sein, dass der Signalmast nicht absichert, wenn ein Fahrzeug mit dem Mast kollidiert.

### 4.3.6 Korrosion

**Stahlkonstruktionen** sind im Vollbad zu verzinken (nach DIN EN ISO 1461, ehemals DIN 50976) und eventuell mit einem zweifachen Schutzanstrich, z.B. Lumiflex Emailack (auf Kundenwunsch sind verschiedene Farben möglich), zu versehen:

DIN EN ISO 1461  
„Durch Feuerverzinken auf Stahl aufgebrachte Zinküberzüge (Stückverzinken) – Anforderungen und Prüfungen“ (ehemals DIN 50976)

- Grundanstrich 2K EP: 40-80my (entsprechend kantonaler Richtlinien)
- Deckanstrich 2K PU: 40-80my (entsprechend kantonaler Richtlinien)

<sup>22</sup> Tiefbauamt des Kantons Zürich und Kantonspolizei Zürich, Urdorf; TBA, Oktober 2002

Bezüglich des **Korrosionsschutzes von Signalmasten** gilt seit 1998 die Norm SN EN 12944 „Beschichtungsstoffe – Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme“. Sie löst die bisherige Norm SN 555 001 „Oberflächenschutz von Stahlkonstruktionen“ von 1993 nach einer Übergangszeit ab.

Beim Übergang Stahl/Beton ist darauf zu achten, dass dieser nicht mit Erde, Lehm oder Kies überdeckt ist. Einerseits wird durch den Kontakt dieser Materialien mit dem Stahl die Korrosion gefördert. Andererseits kann das Fortschreiten von Korrosion nicht erkannt werden, da die Sicht in das Mastinnere beziehungsweise in den Boden nicht möglich ist.

SN EN 12944 „Beschichtungssysteme – Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme“

SN 555 001 „Oberflächenschutz von Stahlkonstruktionen“

„Oberflächenschutz von Stahlkonstruktionen“<sup>23</sup>

„Korrosionsschutz von Stahlbauten“<sup>24</sup>

Vorschriften für den Oberflächenschutz auf Stahlkonstruktionen<sup>25</sup>

<sup>23</sup> Merkblatt SIA 2022; SIA, 2003

<sup>24</sup> Verband Schweizerischer Lack- und Farbenfabrikanten (VSLF), Zürich; VSLF, 2003

<sup>25</sup> Baudepartement des Kantons Aargau Abteilung Tiefbau / Brücken- und Tunnelbau, Aarau; 1990

## 4.4 Markierung und Signalisation

### ZUSAMMENFASSUNG:

Die **Grundlagen der Markierung** sind in den Normen SN 640 850 und SN 640 862 beschrieben. Nach jeder Anpassung der Markierung, speziell der Haltebalken, sind die **Zwischenzeiten** zu überprüfen und gegebenenfalls anzupassen. Die Lesbarkeit der **Signalisation** trägt zur Verkehrssicherheit bei.

### 4.4.1 Markierung

**Grundlagen** und Vorgaben zur Markierung sind in den Normen SN 640 850a und SN 640 862 beschrieben.

SN 640 850a „Markierungen – Ausgestaltung und Anwendungsbereiche“

SN 640 862 „Markierungen – Anwendungsbeispiele für Haupt- und Nebenstrassen“

Die **Lage der Haltebalken** am Knoten sollte durch den LSA-Verantwortlichen festgelegt werden. Die Distanz zwischen Haltebalken und Signalmast ist so zu bestimmen, dass die Signalgeber gut sichtbar sind.

SN 640 850a „Markierungen – Ausgestaltung und Anwendungsbereiche“

SN 640 862 „Markierungen – Anwendungsbeispiele für Haupt- und Nebenstrassen“

Nach jeglichen **Anpassungen an der Markierung** (speziell Haltebalken) müssen die Zwischenzeiten der LSA überprüft und nötigenfalls angepasst werden.

Eine Kontrolle der Zwischenzeiten ist ausreichend, wenn die Lage der Markierung (mind. Haltebalken und Breite der Fahrstreifen) vor der Sanierung aufgenommen und nach der Belagssanierung dem Plan entsprechend eingetragen wird.

Die Inbetriebnahme einer LSA sollte erst nach dem Anzeichnen der **Vormarkierung** erfolgen.

In der Norm SN 640 252 sind Beschreibungen enthalten wie durch Markierung die **Sicherheit von Radfahrenden** erhöht werden kann.

SN 640 252 „Knoten – Führung des leichten Zweiradverkehrs“

Das **Leitliniensystem-Schweiz** dient der Erhöhung der Sicherheit und der Führung von **Sehbehinderten**, wo die Orientierung nicht durch andere bauliche Elemente gewährleistet ist.

„Richtlinien Behindertengerechtes Bauen“<sup>26</sup>

#### 4.4.2 Signalisation

Die **Lesbarkeit** der Signalisation trägt zur Verkehrssicherheit an Knoten bei. Vorgaben bezüglich anzuwendender Schriften, Schriftgrössen und Farben sind in den Normen SN 640 817c und SN 640 818 enthalten.

SN 640 817c „Strassensignale – Wegweiser auf Haupt- und Nebenstrassen für den allgemeinen Verkehr“  
SN 640 818 „Signale, Darstellung – Nummerntafeln an Hauptstrassen“

<sup>26</sup> E. Schmidt, J.A. Manser, Zürich; Schweizerische Fachstelle für behindertengerechtes Bauen, 2003

## 4.5 Anmeldemittel

### ZUSAMMENFASSUNG:

Über **Anmeldemittel** können sich Verkehrsteilnehmende am Steuergerät von LSA anmelden. Generell ist bei Anmeldemitteln **Kleinspannung** (1-50 Volt) zu verwenden. Bereits bei der Planung einer LSA sind die unterschiedlichen **Anforderungen**, welche die Verkehrsteilnehmenden an Anmeldemittel stellen, zu berücksichtigen.

Der **Ausfall** eines Detektors bewirkt in der Regel die Auslösung einer Daueranmeldung. Es kann jedoch auch mit dem Ausschalten des betroffenen Detektors reagiert werden. Das Vorgehen ist von Fall zu Fall und in Abhängigkeit des Anmeldemittels sowie der Ausfallebene abzuwägen. Die sich ergebenden Vor- und Nachteile sind in den Kapiteln 4.5.1 bis 4.5.5 aufgeführt.

Unter **Anmeldemittel** werden sämtliche Einrichtungen verstanden, mit deren Hilfe sich Verkehrsteilnehmende am Steuergerät der LSA anmelden können. Zu den Anmeldemitteln gehören Induktionsschleifen, Funkempfänger, Fussgänger- und Velo-Anmeldearmaturen, Infrarot, Radar, Laser, Video, etc.

Die **Elektrik** von Anmeldemitteln ist in der Verordnung über elektrische Niederspannungsinstallationen sowie der Verordnung über elektrische Schwachstromanlagen geregelt. Generell ist bei Anmeldemitteln Kleinspannung (1-50V) zu verwenden.

Anmeldemittel können auf unterschiedlichen Ebenen ausfallen. Es kann sowohl das Anmeldemittel selbst, aber auch der Auswerter im Steuergerät oder die Kommunikationsleitung zwischen beiden ausfallen. Bei einem Ausfall ist daher zunächst zu überprüfen, auf welcher Ebene der Detektion dieser stattgefunden hat.

Der **Ausfall** eines Anmeldemittels selbst (z.B. Induktionsschleife) oder der Kommunikationsleitung ins Steuergerät bewirkt in der Regel die Auslösung einer Daueranmeldung; es kann aber auch mit dem Ausschalten des Anmeldemittels reagiert werden. Eine Ausnahme bilden die Anmeldemittel des öffentlichen Verkehrs. Detaillierte Angaben zum Vorgehen bei einem Ausfall und über die Konsequenzen werden in den folgenden Kapiteln gegeben.

SR 734.27<sup>27</sup>

SR 734.1<sup>28</sup>

<sup>27</sup> Niederspannungs-Installationsverordnung (NIV) vom 7. November 2001

<sup>28</sup> Schwachstromverordnung vom 30. März 1994

Bereits bei der **Planung** einer LSA und der erforderlichen Anmeldearmaturen müssen die **Anforderungen**, welche durch die unterschiedlichen Verkehrsteilnehmenden gestellt werden, berücksichtigt werden. Jedem Verkehrsteilnehmenden muss ein Anmeldearmatur zur Verfügung stehen:

**Zu Fuss Gehende:** Fussgänger-Anmeldearmaturen sollten sich möglichst nah am Strassenrand befinden und leicht zu finden sein. Sie müssen so angebracht werden, damit auch Kinder den Anmeldearmatur erreichen können.

Das Licht der Anmeldearmatur sollte nicht zu Irritationen des Strassenverkehrs führen. Dies kann einerseits durch die Ausrichtung des Drückers beeinflusst werden andererseits durch die Verwendung einer anderen Lichtfarbe als Rot, Gelb oder Grün.

**Mobilitäts- und Sehbehinderte:**

Lichtsignalgesteuerte Fussgängerübergänge sollten nach Möglichkeit auf die Bedürfnisse von Mobilitäts- und Sehbehinderten ausgelegt sein. Je nach Situation können neben der Ausrüstung mit Zusatzsignalen für Sehbehinderte auch die Zwischen- und Grünzeiten entsprechend angepasst werden. Die Anmeldearmaturen sollten leicht zu finden und für Behinderte zugänglich sein.

Werden bei einer LSA keine Zusatzsignale für Sehbehinderte angebracht, sind zumindest die Zuleitungen zu erstellen. Dadurch kann der Übergang bei Bedarf schnell und kostengünstig nachgerüstet werden.

**Öffentlicher Verkehr:**

Die Anmeldung durch den öffentlichen Verkehr löst in der Regel spezielle Bevorzugungsmassnahmen aus. Die Anmeldearmaturen sollten daher nur den Fahrzeugen des öffentlichen Verkehrs zur Verfügung stehen und sehr zuverlässig funktionieren.

SN 640 836-1 „Lichtsignalanlage – Signale für Sehbehinderte“

„Richtlinien Behindertengerechte Fusswegnetze“<sup>29</sup>

<sup>29</sup> E. Schmidt, J.A. Manser, Zürich; Schweizerische Fachstelle für behindertengerechtes Bauen, 2003

**Velofahrende:**

Velofahrende auf einem Radweg müssen sich über Anmeldearmaturen und eventuell Veloschleifen am Steuergerät einer LSA anmelden können. Anstelle von Anmeldearmaturen können auch andere materialunabhängige Systeme, wie z.B. Laser- oder Radardetektoren, eingesetzt werden. Melden sich Velofahrende über Velo-Anmeldearmaturen am Steuergerät der LSA an, sollten diese velofahrergerecht installiert sein. Unter anderem sollten Velofahrende zur Betätigung der Anmeldearmatur nicht absteigen müssen. Der Drücker soll entgegen der Fahrtrichtung der Velofahrenden ausgerichtet sein. Die vorhandene Aufstellfläche für Velofahrende muss genügend sicher sein.

Kommen Veloschleifen zum Einsatz, so ist die Einrichtung einer Voranmeldung 10-20m vor der LSA aus Komfortgründen empfehlenswert. Die Schleife kann durch ein Velosignet gekennzeichnet werden.

**Strassenverkehr:**

Für den Individualverkehr und den öffentlichen Verkehr sollten zwei unabhängige Anmeldesysteme zur Verfügung stehen. Werden öffentlicher- und Individualverkehr auf getrennten Fahrstreifen geführt, kann für beide dasselbe Anmeldesystem verwendet werden. Ein Missbrauch der Busspuren durch Taxis ist dadurch allerdings nicht ausgeschlossen.

**Sonder-Fahrzeuge, Reiter, etc.:**

Bei der Realisierung von LSA ist abzuklären, ob für Sonder-Fahrzeuge, wie z.B. Fuhrwerke, landwirtschaftliche Fahrzeuge oder Reiter ein Anmelde Mittel zur Verfügung stehen muss.

SN 640 252 „Knoten – Führung des leichten Zweiradverkehrs“

„Berücksichtigung des leichten Zweiradverkehrs bei Lichtsignalanlagen“<sup>30</sup>

„Führung des leichten Zweiradverkehrs im Bereich von Knoten“<sup>31</sup>

„Beurteilung von Busbevorzugungsmassnahmen“<sup>32</sup>

<sup>30</sup> U. Marti; „Strasse und Verkehr“ (VSS), 1996

<sup>31</sup> Pestalozzi & Stäheli, Basel und F. Bühlmann, Zollikon; VSS, 1999

<sup>32</sup> Metron Verkehrsplanung & Ingenieurbüro AG; SVI, in Arbeit

**Taxi**

In einigen Städten ist es den Taxi-Chauffeuren erlaubt, die Busspuren zu verwenden. Dabei gilt der Grundsatz, dass Taxis nicht unter die Definition des öffentlichen Liniendienstes im Liniendienst fallen, so dass die weissen ÖV-Signalgeber nicht verbindlich sind. Ein möglicher Missbrauch der Busspuren durch Taxis ist zu unterbinden. Taxis sollten nicht mit dem Anmeldesystem des öffentlichen Verkehrs ausgerüstet werden.

Kantonale Richtlinien  
und Vorgaben  
SSV Art. 69, Abs. 2  
SSV Art. 70, Abs. 8

**Notfall-Fahrzeuge:**

Bei der Realisierung von LSA ist abzuklären, ob Notfall-Routen über den Knoten führen. Den Notfall-Fahrzeugen können entsprechende Anmeldeanlagen zur Verfügung gestellt werden.

**4.5.1 Induktionsschleifen**

Induktionsschleifen dienen als Anmeldeanlagen für den motorisierten Individualverkehr, den öffentlichen Verkehr und den Veloverkehr. Sie werden in der Regel im Erfassungsbereich der LSA (0m bis ca. 250m vor den Haltebalken in den Strassenbelag verlegt.

Gilt es grössere Distanzen zu erfassen, so muss abgeklärt werden, ob die Zuleitungen der Induktionsschleifen nicht zu lang für die Auswertung der Detektorsignale im Steuergerät sind. Gegebenenfalls sind die Signale aufzubereiten (Verstärker, vorgelagerte Detektorschranken, etc.).

Der Begriff „Induktionsschleife“ umfasst sowohl die Schleife selbst sowie die Zuleitung zum Schacht als auch die Verbindung zum Steuergerät. Der Auswerter im Steuergerät zählt nicht dazu.

Die **Anordnung** von Induktionsschleifen ist an der Strassenmarkierung zu orientieren. Zudem muss berücksichtigt werden, dass die Schleifen einerseits nicht umfahren werden können, andererseits nur von denjenigen Fahrzeugen überfahren werden, welche sich tatsächlich an der zugeordneten Signalgruppe anmelden wollen. Die Platzierung der Induktionsschleifen, welche einer Signalgruppe zugeordnet sind (Distanzen zwischen Schleifen und Haltebalken), ist ausserdem von der zulässigen Höchstgeschwindigkeit abhängig.

Vorgaben / Richtlinien  
der Kantone und  
Gemeinden



Induktionsschleifen sind nach Möglichkeit in den Deckbelag zu fräsen, damit sie sichtbar sind. Dadurch wird sowohl der Unterhalt der Schleifen als auch die Dokumentation bei Gerichtsfällen erleichtert. Die Frästiefe sollte zwischen 5 und 7 cm betragen und die Litze durch eine Schutzschnur von der Vergussmasse getrennt werden.

Die Aufnahme der gefrästen Schleifen (Detektorplan) orientiert sich an festen Objekten (Randstein, Masten, Hausecken, etc.).

Die Verbindung zwischen Induktionsschleife und Schacht sollte nach Möglichkeit über ein Anschlussrohr für Detektor, kurz AD, führen. Über einen AD sind idealerweise 1-2, jedoch maximal 4 Zuleitungen anzuschliessen. Die Zuleitungen zu den Schleifen müssen geordnet in den Schacht geführt werden, wo sie via Dose an das Kabel vom Steuergerät angeschlossen werden. Im Schacht ist pro Auswerter im Steuergerät eine Dose vorzusehen.

Es ist zu beachten, dass nicht alle Induktionsschleifen einer Signalgruppe auf dieselbe Dose und damit denselben Auswerter geführt werden. Dadurch ist gewährleistet, dass im Falle eines defekten Auswerters im Steuergerät Anmeldungen möglich sind.

Das genaue Verlegen der Induktionsschleifen ist mit dem Hersteller des Steuergerätes beziehungsweise mit dem Lieferanten der Detektor-Verstärker abzusprechen. Die korrekte Zuordnung der Schleifen und Auswerter ist nach Anschluss aller Schleifen zu überprüfen.

Vorgaben / Richtlinien  
der Kantone und Ge-  
meinden

#### 4.5.1.1 Ausfall von Induktionsschleifen

Auf Ausfälle von Induktionsschleifen kann mit einer Daueranmeldung oder dem Ausschalten des betroffenen Detektors reagiert werden. Die Konsequenzen sind in Abhängigkeit der Anzahl von Induktionsschleifen pro Fahrstreifen unterschiedlich. In der Folge sind die Vor- und Nachteile, welche gegeneinander abzuwägen sind, aufgelistet:

<b>Daueranmeldung:</b>	
Eine Induktionsschleife pro Fahrstreifen	Vorteil: + Die zugeordnete Signalgruppe zeigt in jedem Umlauf Grün, so dass Verkehrsteilnehmende nicht zur Rotlichtmissachtung gezwungen sind.
	Nachteile: - LSA wird träge, da aufgrund der Daueranmeldung in jedem Umlauf die maximale Grünzeit signalisiert wird. Der Ausfall von Niederfrequenz-Schleifen (für ÖV, Notfallfahrzeuge, etc.) macht die LSA besonders träge, da die Grünzeiten in jedem Umlauf bis zur Zwangsabmeldung verlängert werden. - Die Umlaufzeit der LSA kann sich massiv erhöhen.
Mehrere Induktionsschleifen pro Fahrstreifen	Nachteile: - Die betroffene Signalgruppe zeigt in jedem Umlauf die maximale Grünzeit, die LSA wird träge, obwohl die restlichen Schleifen noch funktionieren. Sie werden jedoch nicht mehr berücksichtigt. Der Ausfall von Niederfrequenz-Schleifen (für ÖV, Notfallfahrzeuge, etc.) macht die LSA besonders träge, da die Grünzeiten in jedem Umlauf bis zur Zwangsabmeldung verlängert werden. - Die Umlaufzeit der LSA kann sich massiv erhöhen.

<b>Ausschalten:</b> (erfordert spezielle Einstellung oder Programmierung)	
Eine Induktionsschleife pro Fahrstreifen	Nachteil: - keine Grünschaltung möglich; Rotlichtmissachtungen werden provoziert.
Mehrere Induktionsschleifen pro Fahrstreifen	Vorteil: + Die ausgefallene Schleife kann überbrückt werden. Die Funktion der ausgefallenen Schleife wird von den funktionierenden übernommen.
	Nachteile: - Die Anpassung der maximalen Zeitlücke ist erforderlich, da die LSA sonst träge wird. - Der Ausfall der Schleife wird unter Umständen erst realisiert, wenn während 24h keine Anmeldung eingegangen ist.

#### 4.5.2 Funksender /-empfänger

Der Einsatz von Funk als Anmeldeinstrument ist hauptsächlich für öffentliche Verkehrsmittel und Notfallfahrzeuge geeignet. Sowohl die LSA (1 Funkempfänger pro LSA) als auch die Fahrzeuge (1 Funksender pro Fahrzeug) müssen entsprechend ausgerüstet werden. Mit Hilfe von Funk können Anmeldungen je nach System über Distanzen von rund 2km übertragen werden, so dass eine frühzeitige Bevorzugung an der LSA möglich wird.

Funksender /-empfänger als Anmeldeinstrument können eingesetzt werden, wenn die **Übertragung des Funksignals** gewährleistet ist und zuverlässig funktioniert.

Die Zuteilung der **Funkfrequenz** erfolgt durch das BAKOM. Die Kompatibilität mit benachbarten Funknetzen ist nicht gewährleistet und muss bei der Projektierung abgeklärt werden.

#### 4.5.2.1 Ausfall Funk

Bei einem Ausfall der Funkdetektion können für die gesamte LSA keine An- und Abmeldungen mehr empfangen werden. Der Ausfall kann erkannt werden, indem das System eingehende Meldungen registriert. Geht länger als 24h keine Meldung ein, ist die Funkdetektion vermutlich ausgefallen. Bei einem Ausfall kann mit Daueranmeldung oder Ausschalten der Detektion reagiert werden. Der Ausfall betrifft in der Regel die Busse des öffentlichen Verkehrs; die Konsequenzen sind in der Folge aufgelistet:

##### Daueranmeldung:

Nachteile:

- ÖV-Phasen aus allen Richtungen werden in jedem Umlauf berücksichtigt, auch wenn keine öffentlichen Verkehrsmittel über den Knoten verkehren.
- Die LSA-Steuerung wird träge, da die Grünzeiten für ÖV bis zur Zwangsabmeldung verlängert werden.
- Die Umlaufzeiten steigen enorm an. Es kommt zu langen Rückstaus.

##### Ausschalten:

Nachteile:

- Busbevorzugung wird vollständig ausgeschaltet.
- Öffentliche Verkehrsmittel, welche beispielsweise auf dem Rechtsabbiegefahrstreifen den Stau umfahren und am Knoten geradeaus fahren oder auf dem Eigentrasse auf den Knoten einfahren, erhalten keine Grünphase mehr.

#### 4.5.3 Infrarot, Radar und Laser

Infrarot, Radar und Laser kommen sowohl an Fussgängerübergängen als auch zur Erfassung von MIV zum Einsatz. Sie werden in der Regel zur Anforderung oder Verlängerung von Grünphasen eingesetzt.

Infrarot, Radar und Laser werden normalerweise an den Masten der LSA angebracht, vorzugsweise in einer Höhe von 4 – 5,5m. Pro Signalgruppe bzw. Gehrichtung bei Fussgängerübergängen sollte ein Infrarot, Radar oder Laser zur Verfügung stehen.

Infrarot, Radar und Laser haben eine Reichweite von rund 10 bis zu 100m. Die Reichweite ist dabei sowohl von Technologie und Gerät (IR bis 100m, Radar bis 30m) als auch von der Ausrichtung und Montagehöhe abhängig.

Die genaue **Ausrichtung** sowie der zur Verfügung stehende Sichtbereich entscheiden über die Funktionsfähig- und Zuverlässigkeit des Anmeldelements. Es ist zu berücksichtigen, dass die Breite des Erfassungsfelds mit zunehmender Reichweite ebenfalls zunimmt. Bei Fahrstreifen-genaue Erfassung darf die Breite des Erfassungsfelds die Breite des zu erfassenden Fahrstreifens nicht überschreiten.

**Infrarot, Radar und Laser an Fussgängerübergängen** werden normalerweise in Kombination mit Fussgänger-Anmeldearmaturen eingesetzt. Sie ermöglichen die Verlängerung der Grün- und Gelbzeit, wenn sich nach Ablauf der minimalen Grünzeit noch Fussgänger auf der Strasse befinden.

Werden Infrarot, Radar oder Laser an Fussgängerübergängen eingesetzt, müssen diese überwacht werden. Es ist möglich, dass Fussgängerübergänge während einigen Tagen nicht benutzt werden. Wird der Radar bzw. Laser über einen längeren Zeitraum nicht beansprucht, setzt er eine Störungsmeldung ab. Die Überwachung muss gewährleisten, dass der Radar bzw. Laser regelmässig beansprucht und ein Signal an das Steuergerät gesendet wird. Die **Überwachung** kann beispielsweise erfolgen, indem passierende Fahrzeuge erfasst werden und die Daten mit dem Eingangssignal der nächstgelegenen Induktionsschleife abgeglichen werden. Dadurch erhält der Radar bzw. Laser regelmässige Impulse.

Die Zuverlässigkeit von Infrarot, Radar und Laser wird unter anderem durch **Wettereinflüsse** bestimmt. Bei Nebel ist eine Verschlechterung der Infrarot-Erfassung möglich. Bei Radar und Laser können Schneefall und Regen Anmeldungen auslösen. Starke Sonneneinstrahlung hat keine Auswirkungen auf die Zuverlässigkeit.

Aufgrund von **Temperaturschwankungen** und der damit verbundenen Materialausdehnung von Signalmasten kann sich der Erfassungsbereich verschieben.

#### 4.5.3.1 Ausfall von Infrarot, Radar und Laser

Bei einem Ausfall von Infrarot, Radar oder Laser können auf dem betroffenen Fahrstreifen keine Anmeldungen mehr registriert werden. Eine Verlängerung der Grün- und Gelbzeit für Fussgänger ist nicht mehr möglich. Es kann mit Daueranmeldung oder Ausschalten der Detektion reagiert werden. Die Umschaltung muss jedoch von Hand ausgeführt werden, da nicht über einen Auswerter reagiert werden kann. Die Konsequenzen sind in der Folge aufgelistet:

<b>Dauerverlängerung:</b>	
Zu Fuss gehende: (Anmeldung erfolgt über Anmeldearmatur, Infrarot, Radar oder Laser bewirken nur die Verlängerung der Grün- und Gelbzeit)	<b>Vorteil:</b> + Anmeldung erfolgt über FG-Anmeldearmatur, so dass die Verlängerung auf Maximalgrün- und -gelbzeit nur durch Betätigen der Anmeldearmatur ausgelöst wird.
	<b>Nachteile:</b> - Die Grünphase für Fussgänger wird nach Eingang einer Anmeldung via Anmeldearmatur generell auf die Maximalgrün- und -gelbzeit verlängert. - Die LSA wird träge, wenn die Fussgängerphase in jedem Umlauf ausgelöst wird, da generell die maximale Grün- und Gelbzeit angezeigt wird. - Die Umlaufzeit der LSA kann sich massiv erhöhen, wenn die Fussgängerphase in jedem Umlauf ausgelöst wird, da generell die maximale Grün- und Gelbzeit angezeigt wird.

<b>Daueranmeldung:</b>	
Strassenverkehr	<b>Vorteil:</b> + Die Signalgruppe zeigt in jedem Umlauf Grün, so dass Verkehrsteilnehmende nicht zur Rotlichtmissachtung gezwungen sind.
	<b>Nachteile:</b> - LSA wird träge, da dem betroffenen Fahrstreifen in jedem Umlauf die maximale Grünzeit signalisiert wird. - Die Umlaufzeit der LSA kann sich massiv erhöhen.

<b>Ausschalten:</b>	
<b>Zu Fuss gehende:</b> (Anmeldung erfolgt über Anmeldearmatur, Infrarot, Radar oder Laser bewirken nur die Verlängerung der Grün- und Gelbzeit)	<b>Vorteil:</b> + Anmeldung über FG-Anmeldearmatur funktioniert weiterhin.
	<b>Nachteile:</b> - Fussgängergrün wird auch im Bedarfsfall nicht verlängert. - Der Ausfall des Detektors wird nicht realisiert.
<b>Strassenverkehr</b>	<b>Vorteil:</b> + Der Ausfall des Detektors wird realisiert, da keine Grünschaltung mehr erfolgt.
	<b>Nachteil:</b> - keine Grünschaltung möglich; Rotlichtmissachtungen werden provoziert.

#### 4.5.4 Video

Die Detektion über Video eignet sich zur Erfassung aller Verkehrsteilnehmenden. Durch eine Videokamera können mehrere Fahrstreifen einer Zufahrt erfasst werden. Auf dem Videobildschirm werden pro Fahrstreifen mehrere Bereiche definiert, wo Anmeldungen von Verkehrsteilnehmenden aufgezeichnet werden. Die definierten Bereiche funktionieren wie (virtuelle) Induktionsschleifen.

Die ideale Montagehöhe der Videokamera liegt bei 4 bis 8m, je nach Kameratyp und -objektiv.

Die **Verkehrssituation** (freigehaltener Sichtbereich) und die **Positionierung, Ausrichtung** der Kamera entscheiden über die Funktionsfähigkeit und Zuverlässigkeit des Video-Detektors als Anmeldeinstrument. Die Anmeldebereiche sollten z.B. nicht durch Lastwagen, etc. verdeckt werden.

Die Zuverlässigkeit von Videodetektoren wird ausserdem durch **Wettereinflüsse** bestimmt. Nebel, Gischt und Schattenwurf können Anmeldungen auslösen oder verhindern. Starke Sonneneinstrahlung hat keine Auswirkungen auf die Zuverlässigkeit des Anmeldeinstrumentes.

#### 4.5.4.1 Ausfall Video

Bei einem Ausfall der Videokamera können für die betroffenen Fahrstreifen keine An- und Abmeldungen mehr empfangen werden. Es kann mit Daueranmeldung oder Ausschalten der Detektion reagiert werden. Die Konsequenzen sind in der Folge aufgelistet:

Daueranmeldung:
Vorteil:
+ Die betroffenen Signalgruppen zeigen in jedem Umlauf Grün, so dass Verkehrsteilnehmende nicht zur Rotlichtmissachtung gezwungen sind.
Nachteile:
- LSA wird träge, da aufgrund der Daueranmeldung in jedem Umlauf die maximale Grünzeit signalisiert wird.
- Die Umlaufzeit der LSA wird erhöht.

Ausschalten:
Vorteil:
+ Ausfall des Detektors wird realisiert, da keine Grünschaltung mehr erfolgt.
Nachteil:
- keine Grünschaltung möglich; Rotlichtmissachtung wird provoziert.

#### 4.5.5 Fussgänger- und Velo-Anmeldearmaturen

Fussgänger- und Velo-Anmeldearmaturen werden in der Regel zur Anforderung von Grünphasen eingesetzt. In der Umgebung von Schulen und Kindergärten können Fussgänger-Anmeldearmaturen jedoch auch eine Verlängerung der Grünphase, analog Infrarot, Radar oder Laser, auslösen. Die Verlängerung wird erst mit Loslassen des Drucktasters beendet.

Fussgänger- beziehungsweise Velo-Anmeldearmaturen sowie die Anmeldequittierung sind **ausschliesslich mit Kleinspannung** (1-50V) zu betreiben.

Die für das Funktionieren von Drückern benötigte **Elektronik und Aktivelemente** sind nach Möglichkeit im Steuergerät der LSA oder in Ausnahmefällen im Mastkopf zu installieren.



Generell gilt, dass jede einzelne Fussgänger- beziehungsweise Velo-Anmeldearmatur durch ein eigenes Kabel **erschlossen** wird. Vor allem bei der hochvoltigen Ansteuerung von Signalgebern sollte eine Trennung von hoch- und niedervoltigen Kabeln generell angestrebt werden. Auf die Trennung kann verzichtet werden, wenn die Anmeldearmatur über eine eigene Erdung verfügt oder aus nicht leitendem Material, wie z.B. isolierendem Kunststoff, besteht.

Die Bedingungen für die Führung von unterschiedlichen Spannungen innerhalb eines Kabels sind in Kapitel 4.6.2 beschrieben.

Sämtliche **hochvoltigen Velo- und Fussgänger-Anmeldearmaturen** sind durch über Kleinspannung betriebene Armaturen zu ersetzen.

#### **4.5.5.1 Ausfall Anmeldearmaturen**

Wird eine Anmeldearmatur während einer vorgegebenen Frist (Schulferien berücksichtigen) nicht benutzt, kann eine Störungsmeldung abgesetzt werden. Obwohl die Anmeldearmatur nicht defekt ist, geht das Steuergerät der LSA von einem Ausfall des Drückers aus.

Bei einem Ausfall einer Anmeldearmatur können für die betroffenen Fahrstreifen und Übergänge keine Anmeldungen mehr empfangen werden. Es kann mit Daueranmeldung oder Ausschalten der Detektion reagiert werden. Die Konsequenzen sind in der Folge aufgelistet:

Daueranmeldung:
Vorteil:
+ Die betroffene Signalgruppe zeigt in jedem Umlauf Grün, so dass Velofahrende und Zu Fuss gehende nicht zur Rotlichtmissachtung gezwungen sind.
Nachteile:
- Die LSA wird träge, da aufgrund der Daueranmeldung in jedem Umlauf die maximale Grünzeit signalisiert wird.
- Mit der Verlängerungsfunktion bei Fussgänger-Anmeldearmaturen hält die Verlängerung der Grünphase an, bis die Daueranmeldung aufgehoben wird. Feindliche Fahrstreifen erhalten keine Grünphase.

Ausschalten:
Vorteil:
+ Der Ausfall des Detektors wird realisiert, da keine Grünschaltung mehr erfolgt.
Nachteil:
- keine Grünschaltung möglich; Rotlichtmissachtung wird provoziert.

#### 4.5.6 Anmeldemittel für Sehbehinderte

Fussgänger-Anmeldearmaturen sind nach Bedarf mit **Zusatzsignalen für sehbehinderte Menschen** auszurüsten. Werden bei einer LSA keine Zusatzsignale für Sehbehinderte angebracht, sind zumindest die Zuleitungen zu erstellen. Für den Einsatz von taktilen und / oder akustischen Signalen (z.B. vibrierender Pfeil) muss eine separate Signalgruppe vorgesehen werden, welche mit feindlichen Verkehrsströmen verriegelt wird.

Durch eine **Richtungsanzeige**, welche an der Anmeldearmatur angebracht ist, wird dem Sehbehinderten die Gehrichtung auf dem Übergang vorgegeben.

SN 640 836-1  
„Richtlinien Behinder-  
tengerechte Fussweg-  
netze“<sup>33</sup>

<sup>33</sup> E. Schmidt, J.A. Manser, Zürich; Schweizerische Fachstelle für behindertengerechtes Bauen, 2003

In der Regel kommen **taktile Signale** zum Einsatz, in Ausnahmefällen können taktile und akustische Signale kombiniert eingesetzt werden. Die Abklärungen bezüglich einzusetzenden Signals sind durch den projektierenden Ingenieur unter Rücksprache mit Sehbehindertenorganisationen (evtl. mit Kostenfolge) vorzunehmen.

Die Verwendung von **akustischen Signalen** führt oft zu Beschwerden von Anwohnern, so dass besagte Signale nicht generell bzw. prophylaktisch zum Einsatz kommen sollten.

Es besteht die Möglichkeit akustische Signale mit zwei Lautstärkestufen einzusetzen. Eine lautere Lautstärkestufe für den Tagesverkehr und eine leisere Stufe für den Nachtverkehr.

Es ist zu berücksichtigen, dass Grünphasen für Fussgänger nicht generell für Sehbehinderte angewendet werden können. Je nach Art des Übergangs ist eine **Grünphase für Sehbehinderte** einzurichten, welche längere Schutzzeiten vorsieht sowie „Fussgänger-Hüpfen“<sup>34</sup> unterbindet. Die Grünphase für Sehbehinderte kann über eine separate Taste, einen Schlüssel, etc. angefordert werden.

Beim Einsatz einer separaten Taste ist darauf zu achten, dass diese den nicht sehbehinderten Fussgängern verborgen bleibt. In der Regel vermindert eine verlängerte Schutzzeit für Sehbehinderte die Leistungsfähigkeit an einem LSA-gesteuerten Knoten erheblich. Aus diesem Grund sollte diese Phase vor allem in den Spitzenstunden nicht regelmässig durch Fussgänger ausgelöst werden können, welche nicht darauf angewiesen sind. Abhilfe schafft eine Aussperrzeit, welche nach Auslösen der Phase für Sehbehinderte diese für eine vordefinierte Zeitspanne aussperrt. D.h. die Phase kann nicht aufgerufen werden. Die Sehbehinderten sind auf die Aussperrzeit hinzuweisen.

Sämtliche **Anmeldearmaturen für Sehbehinderte** mit Nieder- (50-1000V) oder Hochspannung (>1000V) sind durch Armaturen mit **Klein- spannung** (1-50V) zu ersetzen.

<sup>34</sup> Unter „Fussgänger-Hüpfen“ versteht man, dass Fussgänger während einer Grünphase nicht die gesamte Strasse überqueren können, sondern auf Mittelinseln eine gewisse Zeit abwarten müssen.

## 4.6 Stromversorgung

### ZUSAMMENFASSUNG:

Für LSA gelten die **Niederspannungs-Installationsverordnung** (NIV) sowie die Verordnung über elektrische Sicherheit (NEV). Die Einhaltung der Verordnungen muss bis spätestens zur Inbetriebnahme der LSA kontrolliert und in Protokollen festgehalten werden. Auch **LSA mit Kleinspannung** (1-50 Volt) fallen unter die Niederspannungs-Installationsverordnung, da immer eine Einspeisung von 230 V erforderlich ist. Eine Ausnahme bilden LSA mit Kleinspannung, welche batterie- oder solarbetrieben sind. Elektrische Anlagenteile sind zu isolieren. Die **elektrische Sicherheit** muss gewährleistet sein.

Grundsätzlich sind nach Möglichkeit keine elektrischen Teile mit Nieder- oder Hochspannung (>50V) ausserhalb des Steuergeräts zu installieren. Bei der Neuprojektierung und Ausschreibung von LSA sind für elektrische Teile nach Möglichkeit Kleinspannung (1-50V) zu verwenden.

Für sämtliche elektrischen Installationen an einer LSA gilt die Verordnung über elektrische Niederspannungsinstallationen (**Niederspannungs-Installationsverordnung**, NIV). Die „Hardware“ der LSA (Steuergerät, Signalgeber, ...) unterliegen der Verordnung über **elektrische Niederspannungserzeugnisse**.

SR 734.27<sup>35</sup>SR 734.26<sup>36</sup>

Weitere Vorgaben betreffend **Stark- und Schwachstromanlagen** sind in der Verordnung über elektrische Starkstromanlagen beziehungsweise der Verordnung über elektrische Schwachstromanlagen enthalten.

SR 734.1<sup>37</sup>SR 734.2<sup>38</sup>

Eine stabile **Spannungsversorgung der LSA** sollte gewährleistet sein, damit ein störungsarmer Betrieb möglich ist. Das Netz sollte internationalen Ansprüchen genügen.

Normen:  
International: IEC  
Europa: CENELEC  
National: CES

<sup>35</sup> Niederspannungs-Installationsverordnung (NIV) vom 7. November 2001

<sup>36</sup> Verordnung über elektrische Niederspannungserzeugnisse (NEV) vom 9. April 1997

<sup>37</sup> Schwachstromverordnung vom 30. März 1994

<sup>38</sup> Starkstromverordnung vom 30. März 1994

#### 4.6.1 Isolation

Sämtliche Kabelanlagen sind vor **Beschädigungen** durch Insekten, Nagetiere und Nässe zu schützen, z.B. durch Verwendung von armierten Kabeln, etc.

**Kabel** sind auf Zug zu entlasten. Kabel in schwenkbaren Anlageteilen dürfen nicht aneinander reiben.

**Reserverohre** sind gegen das Eindringen von Tieren und Nässe abzudichten.

#### 4.6.2 Elektrische Sicherheit

Für elektrische Installationen und Anlagen gilt die **Niederspannungs-Installations-Norm** (NIN) des SEV (Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik).

NIN 1000:2005<sup>39</sup>

Eine im Steuergerät installierte Steckdose muss durch einen **FI-Schalter** gesichert sein.

SN 640 842 „Lichtsignalanlagen – Abnahme, Betrieb, Wartung“

Benutzende der LSA dürfen nicht mit **elektrischen Installationen** der Anlage in Berührung kommen. Das bedeutet, dass z.B. fehlende Sicherungstüren an Masten schnellstmöglich zu ersetzen sind, Anmeldearmaturen und Signalgeber fachgerecht an den Masten angebracht werden müssen, etc.

Der direkte Zugriff auf die **Rückwandverdrahtung** im Steuergerät ist zu verhindern. Die verwendeten Kabel sind vollständig zu isolieren und auf Zug zu entlasten.

<sup>39</sup> Niederspannungs-Installations-Norm (NIN) vom 1. Juli 2005

Spätestens zur Prüfung des Steuergeräts muss die Kontrolle nach der Niederspannungs-Installationsverordnung durch eine unabhängige und zertifizierte Person (nicht Lieferant LSA) durchgeführt werden. Die Ergebnisse werden mit dem Sicherheitsnachweis (SINA) und einem Mess- und Prüfprotokoll (so genanntes **NIV-Protokoll**) festgehalten. Das Protokoll muss sowohl vom LSA-Lieferanten als auch vom unabhängigen Prüforgan unterschrieben werden.

LSA und LSA-Komponenten mit Kleinspannung (1-50V) fallen ebenfalls unter die Niederspannungsinstallations-Verordnung, da immer eine 230V Einspeisung erforderlich ist.

Die Führung **unterschiedlicher Spannungen innerhalb eines Kabels** ist gemäss Niederspannungs-Installationsverordnung nicht verboten. Es sind jedoch folgende Bedingungen einzuhalten:

- Die Isolation des Kabels muss auf diejenige Leitung abgestimmt sein, welche innerhalb des Kabels die höchste Spannung aufweist.
- Die Leitungen innerhalb des Kabels müssen, z.B. durch Farbe so gekennzeichnet sein, dass sie unverwechselbar sind.

Es bleibt zu beachten, dass sich durch die Führung unterschiedlicher Spannungen innerhalb eines Kabels elektromagnetische Einflüsse ergeben können. Durch die Verwendung eines speziellen Kabels, innerhalb welchem die beiden Leitungen getrennt geführt werden, kann der Einfluss eliminiert werden.

SR 734.27<sup>40</sup>

### 4.6.3 Erdung

Um den Personenschutz zu gewährleisten und Potentialdifferenzen zu vermeiden, müssen sämtliche leitfähigen Anlageteile, die normalerweise nicht unter Spannung stehen, geerdet werden. Die Erdung muss so erstellt sein, dass gefährliche Ströme sicher abgeleitet und gefährliche **Berührungs-, Schritt- und Induktionsspannungen verhindert** werden.

SN 640 842 „Lichtsignalanlagen – Abnahme, Betrieb, Wartung“

Bei **Blitzeinschlag** in eine LSA fließen grosse Ströme. Die Möglichkeit des Blitzeinschlags ist vom Ort abhängig (Gefahr in der Innenstadt geringer als im freien Feld). Ein allfälliger Schutz muss durch den projektierenden Ingenieur berücksichtigt werden. Für Blitzschutzanlagen gelten die Leitsätze des Verbands für Elektro-, Energie- und Informationstechnik SEV.

SN 4022:2004 „Leitsätze des SEV, Blitzschutzanlagen“

<sup>40</sup> Niederspannungs-Installationsverordnung (NIV) vom 7. November 2001

Gibt es an der Aussenanlage einer LSA **Fremdspannungen** (z.B. Bahnleitungen, öffentliche Beleuchtung, Fahrleitungen von Trolleybus oder Tram), müssen die Leitungen entsprechend beschriftet werden. Es ist ein Erdungs- und Montagekonzept zu erstellen. Zudem sind Gegenmassnahmen für den Unglücksfall (Bsp.: Bus-Oberleitung fällt auf LSA) zu ergreifen. In der im Steuergerät der LSA hinterlegten Anlagendokumentation ist auf das Vorhandensein von Fremdspannungen hinzuweisen.

## 4.7 Kommunikationsnetz

Zur Kommunikation zwischen LSA und übergeordneten Rechnern stehen unterschiedliche Netze zur Verfügung, welche je nach Anforderungen zum Einsatz kommen können:

<b>Telefonnetz:</b>	Die Kosten für die Einrichtung hängen von der bestehenden Infrastruktur ab (Telefonleitungen), die Betriebskosten werden durch Telefon- und Stromgebühren verursacht.
<b>Drahtlose Kommunikation:</b> - CSD/HSCSD <sup>41</sup> - GPRS <sup>42</sup> - EDGE <sup>43</sup> - UMTS <sup>44</sup>	Wo die Infrastruktur nicht bereits zur Verfügung steht, kann diese kostengünstig eingerichtet werden, da die Übertragung nicht an Leitungen gebunden ist. In Abhängigkeit der Anschlussart ist nur eine temporäre Verbindung möglich. Die Verbindungsgebühren sind höher als Festnetzgebühren und je nach Anschlussart volumenabhängig.
<b>Glasfasernetz: (LWL)</b>	Der Bau der Infrastruktur ist relativ teuer, das Netz ist jedoch unempfindlich gegen Störungen und günstig im Betrieb.
<b>Funknetz:</b>	Es müssen keine Leitungen verlegt werden; die LSA müssen jedoch mit Funksendern und -empfängern ausgerüstet werden. Das Funknetz ist störungsanfällig und benötigt eine separate Stromversorgung.
<b>Kupfernetz:</b>	Für Neuanlagen ist das Kupfernetz nicht empfehlenswert.  Der Bau der Infrastruktur ist relativ teuer. Das Netz ist relativ anfällig auf Störungen jedoch günstig im Betrieb.

<sup>41</sup> CSD/HSCD (High Speed Circuit Switched Data): Die Datenübertragungsrate liegt bei maximal 57,6 KBit/s. Die Kosten sind abhängig von der Verbindungsdauer und nicht von der zu übertragenden Datenmenge.

<sup>42</sup> GPRS (General Packet Radio Service): Dauernde Verbindung und hohe Übertragungsrate, die Kosten für die Datenübertragung hängen von der Datenmenge ab.

<sup>43</sup> EDGE (Enhanced Data for GSM Evolution): Dauernde Verbindung und sehr hohe Übertragungsrate, die Kosten für die Datenübertragung hängen von der Datenmenge ab, die Versorgung ist ab Frühjahr flächendeckend (99,7% der Bevölkerung).

<sup>44</sup> UMTS (Universal Mobile Telecommunications Systems): Dauernde Verbindung und höchste Übertragungsrate, die Kosten für die Datenübertragung hängen von der Datenmenge ab, das Netz befindet sich im Aufbau (Versorgung von rund 90% der Bevölkerung):



Das **übergeordnete Netz** ist in der Regel als Local Area Network (LAN) ausgebildet. Der Zugriff auf die LSA erfolgt von Arbeitsstationen aus via übergeordnetem Netz.

## 4.8 Fernüberwachung

Unter **Fernüberwachung** versteht man, dass die LSA überwacht und abgesetzte Ereignis- und Störungsmeldungen zentral verwaltet und ausgewertet werden können. Durch die Einrichtung einer Fernüberwachung können beim Betrieb und Unterhalt der LSA zeit- und kostenintensive Vorort-Einsätze auf ein Minimum reduziert werden. Die Ursache der Störung kann bereits vom Arbeitsplatz des Betreibers eruiert werden, so dass der Einsatz optimal vorbereitet werden kann.

Zudem wird eine rasche Reaktion auf Störungen ermöglicht, wodurch die Ausfallzeit einer LSA minimiert wird.

Um eine Fernüberwachung von LSA zu ermöglichen, müssen die Anlagen an ein **Kommunikationsnetz** angeschlossen werden, welches eine zuverlässige Übertragung der Ereignis- und Störungsmeldungen erlaubt.

Um eine Fernüberwachung zu ermöglichen, müssen die zu überwachenden Knotensteuergeräte mit entsprechenden **Schnittstellen** ausgerüstet werden. Sie ermöglichen die Übertragung der Datenpunkte, welche Auskunft über Betrieb und Zustand einer LSA geben.

## 4.9 Fernzugriff

Unter **Fernzugriff** versteht man, dass von Ferne auf das Steuergerät der LSA zugegriffen werden kann. Dadurch wird es möglich, Informationsdateien und Daten aus dem Steuergerät zentral auszulesen. Es können aber auch Anpassungen an der Parametrierung und Datenversorgung der LSA vorgenommen werden.

Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass grundlegende, sicherheitsrelevante Anpassungen an der Steuerlogik nur an der LSA vor Ort gemacht werden können. Die direkte Auswirkung ist zu überprüfen. Die Änderung der Parametrierung setzt zudem detaillierte Fachkenntnis voraus. Für den Zugriff auf die LSA sollten daher mehrere Berechtigungsstufen definiert werden. Benutzende müssen sich beim Login ins übergeordnete Netz durch ihren Benutzernamen identifizieren und mit einem Passwort ihre Zugangsberechtigung nachweisen.

Zugriffe und Berechtigungen sind mit Hilfe eines **IT-Betriebskonzepts** zu regeln (Firewall zum Schutz vor unberechtigten Datenzugriffen).

## 4.10 Zentrale Steuerung

LSA können mit Hilfe von Koordinatoren oder Verkehrsrechnern zentral gesteuert werden. Voraussetzung bildet eine Verbindung, welche die Kommunikation zwischen LSA und der übergeordneten zentralen Steuerung in beiden Richtungen zulässt (siehe Kommunikationsnetz).

Details zur zentralen Steuerung werden in diesem Bericht nicht behandelt.

## 5. TESTS UND INBETRIEBNAHME

### 5.1 Allgemein

Bezüglich **Abnahme** von LSA gilt die Norm SN 640 842. Die Abnahme setzt sich aus drei Prüfungen vor und nach der Inbetriebnahme der LSA zusammen, welche durch Fachleute vorzunehmen sind. Die Schlussprüfung erfolgt mit Ablauf der Garantiezeit.

SN 640 842 „Lichtsignalanlagen – Abnahme, Betrieb, Wartung“  
„Lichtsignalanlagen  
Abnahme, Betrieb,  
Wartung“<sup>45</sup>

### 5.2 Prüfung in einer Testumgebung (Werkprüfung)

Der **Prüfablauf** ist vor der Prüfung in der Testumgebung festzulegen und während der Prüfung einzuhalten. Der Schwerpunkt der Prüfung ist auf die Verkehrssicherheit und die elektrische Betriebssicherheit zu legen.

SN 640 842 „Lichtsignalanlagen – Abnahme, Betrieb, Wartung“

Es ist ein **Protokoll** anzufertigen, in welchem die geprüften Zustände des Steuergeräts und der Software sowie die Ergebnisse der Kontrolle festgehalten werden. Das Protokoll wird von den verantwortlichen Beteiligten (in der Regel Auftraggeber, projektierendes Ingenieurbüro, Lieferanten) unterschrieben. Die Anwesenden erhalten eine Kopie des unterschriebenen Protokolls, das Original bleibt im Besitz des Auftraggebers.

Eine Checkliste, welche durch die Werkprüfung führt, kann sowohl als Protokoll als auch als Beilage zum Protokoll der Werkprüfung verwendet werden. Unabhängig von der Form muss das Protokoll in jedem Fall eine der folgenden Bemerkungen enthalten:

- Es wurden keine Mängel festgestellt.
- Es wurden keine wesentlichen Mängel festgestellt. Pendenzen sind zu beheben bis ...
- Es wurden wesentliche Mängel festgestellt, die Werkprüfung war nicht erfolgreich und muss wiederholt werden.

<sup>45</sup> Ingenieurbüro Peter Pitzinger, Zürich; VSS, 1998

### 5.3 Prüfung vor Inbetriebnahme im Knoten

Der **Prüfablauf** ist vor der Prüfung festzulegen und während der Prüfung einzuhalten. Der Schwerpunkt liegt auf der Aussenanlage, inkl. Bau- und Fräsarbeiten, und der Kontrolle der Verdrahtung und Verkabelung:

- Anschluss der Kabelverzweigungen und Klemmenstege im Mast
- Kabelschächte und -führung
- Vergiessung Detektoren
- Lage und Geometrie der Detektoren
- Standort von Steuergerät und Masten
- Ausrichtung der Signalgeber
- Kontrolle der Befestigungen, Schrauben, etc.
- Markierung
- Signalisation

Das Lichtsignalsteuergerät ist mit einer Prüfsoftware auszurüsten, welche die unabhängige Ansteuerung jedes einzelnen Ausgangskanals erlaubt, damit der korrekte Anschluss jedes einzelnen Signalgebers einfach und sicher kontrolliert werden kann. Diese **integrale Durchgangskontrolle** stellt sicher, dass die Funktionsfähigkeit jedes Bestandteils sowie die korrekte Verdrahtung gewährleistet sind.

Zusätzlich ist stichprobenartig zu kontrollieren, ob die **in der Testumgebung geprüften Zustände** und Daten (Zwischenzeiten, etc.) unversehrt sind und am Knoten selbst Bestand haben.

Stichprobenweise sind die Reaktionen auf einen Rotlampenausfall sowie einen nicht zulässigen Grün-Grün-Zustand zu überprüfen.

Vor Inbetriebnahme ist dem Auftraggeber ein Protokoll oder eine Checkliste zu übergeben, in welchem die geprüften Zustände und Daten sowie die Ergebnisse der Prüfung festgehalten sind. Das Protokoll wird von den verantwortlichen Beteiligten (in der Regel Auftraggeber, projektierendes Ingenieurbüro, Lieferanten) unterschrieben. Die Anwesenden erhalten eine Kopie des unterschriebenen Protokolls, das Original bleibt im Besitz des Auftraggebers.

SN 640 842 „Lichtsignalanlagen – Abnahme, Betrieb, Wartung“

## 5.4 Prüfung mit Inbetriebnahme im Knoten (Abnahme)

Der **Prüfablauf** ist vor der Prüfung festzulegen und während der Prüfung einzuhalten. Es ist zu überprüfen, ob der Ablauf der LSA situationgerecht ist und die LSA die Anforderungen bezüglich Verkehrssicherheit erfüllt und den verkehrstechnischen Vorgaben entspricht.

SN 640 842 „Lichtsignalanlagen – Abnahme, Betrieb, Wartung“

Es ist ein **Protokoll** anzufertigen, in welchem die geprüften Punkte sowie die Ergebnisse der Kontrolle festgehalten werden. Das Protokoll wird von den verantwortlichen Beteiligten (in der Regel Auftraggeber, projektierendes Ingenieurbüro, Lieferanten) unterschrieben. Die Anwesenden erhalten eine Kopie des unterschriebenen Protokolls, das Original bleibt im Besitz des Auftraggebers.

Mit der **Prüfung mit Inbetriebnahme im Knoten** beginnt die Garantiezeit. Detail und Umfang der Rügefrist sind im Werkvertrag zu regeln. Während der Garantie müssen verdeckte Mängel durch den Lieferanten der LSA behoben werden.

Die Prüfung mit Inbetriebnahme im Knoten erfolgt in der Regel 30 Tage nach der Inbetriebnahme. Sie sollte jedoch von der **Verfügbarkeit der LSA** während dieser Zeit abhängig sein. Die Verfügbarkeit der LSA sollte über 95% liegen. Die Definition der Verfügbarkeit basiert dabei auf den Betriebsstunden im Normalbetrieb (Vergleich SN 640 842, Kapitel 9).

## 5.5 Schlussprüfung

Die **Garantieabnahme** erfolgt mit Ablauf der Garantiezeit / Rügefrist. Diese läuft für LSA und sämtliche Bestandteile in der Regel nach 3 Jahren, die Garantiezeit für den Strassenbelag und Stahlbau nach 5 Jahren ab. Auf Wunsch der Auftraggeber kann die Garantiezeit für Stahlbau höher festgelegt werden.

Kantonale Richtlinien

## 6. BETRIEB UND WARTUNG

### 6.1 Allgemein

Bezüglich **Betrieb und Wartung** von LSA gilt die Norm SN 640 842.

SN 640 842 „Lichtsignalanlagen – Abnahme, Betrieb, Wartung“

„Lichtsignalanlagen Abnahme, Betrieb, Wartung“<sup>46</sup>

Die Norm SN 640 962 beschreibt das Vorgehen zur **Umsetzung von Erhaltungskonzepten**.

SN 640 962 „Erhaltungsmanagement der technischen Ausrüstung“

Die Wartung umfasst sowohl die Instandhaltung als auch die Instandsetzung von LSA. Die **Instandhaltung** hat zum Ziel, dass LSA eine minimale Ausfallrate und damit maximale Verfügbarkeit erreichen.

SN 640 842 „Lichtsignalanlagen – Abnahme, Betrieb, Wartung“

Die **Instandsetzung** beinhaltet das Beheben von Störungen und Ausfällen. Bei sicherheitsrelevanten Arbeiten sind Fehler durch geeignete Massnahmen auszuschliessen. Sämtliche Wartungsmassnahmen sind im Anlagejournal nachzuführen.

Die **Ausfallrate einer LSA** ist in der Norm SN 640 842 definiert. Der Lieferant LSA kann auf die Einhaltung der Vorgaben zu verpflichtet werden.

SN 640 842 „Lichtsignalanlagen – Abnahme, Betrieb, Wartung“

Es steht dem Auftraggeber frei, mit dem Lieferanten LSA einen **Wartungsvertrag** nach seinen Bedürfnissen abzuschliessen. Mit Abschluss eines Wartungsvertrags ist die regelmässige Wartung einer LSA und damit deren Funktionsfähigkeit und Werterhaltung sichergestellt.

Durch **stichprobenartige Kontrollen** kann die Einhaltung des Unterhaltsvertrags überprüft werden.

Bei Revisionsarbeiten an LSA muss das zuständige Personal mit der entsprechenden **Sicherheitsbekleidung** ausgerüstet sein.

<sup>46</sup> Ingenieurbüro Peter Pitzinger, Zürich; VSS, 1998

Wird die LSA während **Revisionsarbeiten** auf Blinken gestellt, muss die Verkehrssicherheit gewährleistet bleiben. Ist dies nicht der Fall, muss der Verkehr während des Blinkbetriebs von Hand geregelt werden. Der Verkehrsdienst ist durch das Wartungspersonal LSA anzubieten.

## 6.2 Wartung Steuergerät

Die **Reinigung des Steuergeräts** erfolgt in der Regel einmal pro Kalenderjahr in gleichen Zeitabständen oder wie vom Betreiber definiert. Das Vorgehen und die auszuführenden Arbeiten sind in der Checkliste „Revision und Reinigung des Steuergeräts“ im Anhang A als Beispiel zusammengefasst.

Die **Kontrolle der Steuergerätesoftware** und LSA-Betrieb erfolgt periodisch und stichprobenartig sowie nach Anpassungen am Steuergerät. Das Vorgehen sowie die auszuführenden Arbeiten sind in der Checkliste „Kontrolle der Steuergerätesoftware und des LSA-Betriebs“ im Anhang A als Beispiel zusammengefasst.

Die Kontrolle der definierten sicherheitsrelevanten **Verriegelung** sollte durch den Betreiber der LSA wie folgt durchgeführt werden:

- Mindestens zwei Verriegelungen testen.
- Getestete Verriegelungen und Ergebnis des Tests protokollieren.
- Datenblatt immer zur nächsten Kontrolle mitnehmen und andere als die bereits protokollierten Verriegelungen testen.

Die **Zwischenzeiten** können auf folgende Arten kontrolliert werden:

1. Räum- und Einfahrzeit zweier nicht verträglicher Verkehrsströme messen.
2. Daten, z.B. Signalplan, aus dem Steuergerät auslesen und die Zwischenzeiten kontrollieren.

Die Reaktion auf einen **Rotlampenausfall** ist in mindestens zwei Fällen zu überprüfen.

## 6.3 Wartung Aussenanlage

### 6.3.1 Signalträger und Signalgeber

Die **Revision und Reinigung** der Aussenanlage und Masten erfolgt in der Regel einmal pro Kalenderjahr in gleichen Zeitabständen oder wie vom Betreiber definiert. Das Vorgehen und die auszuführenden Arbeiten sind in der Checkliste „Revision und Reinigung der Aussenanlage“ im Anhang A als Beispiel zusammengefasst.

SN 640 844.2 „Anlagen zur Verkehrssteuerung – Signal-  
leuchten“  
(SN EN 12368)  
RiLSA<sup>47</sup>

Die **Durchfahrtshöhen** von Signalbrücken, Winkelmasten, etc. sind nach dem Bau der LSA das erste Mal nach rund 10 Jahren und anschliessend alle 5 Jahre zu **kontrollieren**, damit eine Senkung bzw. die Materialermüdung früh genug erkannt werden kann.

Die **Kontrolle des Rostbefalls** sollte bei der periodischen Kontrolle der LSA durch eine visuelle Überprüfung sowie eine „Rüttelprüfung“ **an exponierten Masten** vorgenommen werden, welche Feuchtigkeits- und starken Temperaturwechseln ausgesetzt sind.

„Bericht 2002 betreffend Erstellung und Unterhalt der Strassenbeleuchtung von Kantons- und Gemeindestrassen, insbesondere bei Fussgängerstreifen“<sup>48</sup>

Masten können auch an der **Innenseite** oder **unterhalb des Erdeintritts** korrodieren. Diese Korrosionsschäden können anhand eines neuen Prüfverfahrens, welches die Wanddicke via elektromagnetisch erzeugter Ultraschallwellen erfasst, erkannt werden.

Verfahren LIMAtest<sup>49</sup>

Sämtliche **hochvoltigen Velo- und Fussgänger-Anmeldearmaturen** sind durch über Niederspannung betriebene Drücker zu ersetzen.

Die **Ausrichtung und Lichtintensität der Signalgeber** muss im Rahmen einer Wartung kontrolliert werden.

„Sichtbarkeit Signalgeber“<sup>50</sup>

<sup>47</sup> RiLSA; FGSV Verlag, 1992/1998

<sup>48</sup> Arbeitsgruppe öffentliche Beleuchtung, Emmenbrücke; vif Kanton Luzern, 2003

<sup>49</sup> Innotest AG; <http://www.innotest.ch/html/download/LIMAtest.pdf>

<sup>50</sup> Baudirektion des Kantons Zug, Tiefbauamt, Zug; TBA, 2004



### **6.3.2 Anmeldemittel**

Die Funktionsfähigkeit der Anmeldemittel ist in der Regel einmal pro Kalenderjahr in gleichen Zeitabständen oder wie vom Betreiber definiert zu überprüfen.

Bei Induktionsschleifen sind neben der Funktionsfähigkeit auch die Empfindlichkeit der Drahtlitze (Vergleich Schleifenmessprotokoll im Anhang B) sowie die Fräsnuten und die Konsistenz der Vergussmasse zu kontrollieren.

## 7. BAUSTELLEN UND LSA

### 7.1 Baustellen-LSA auf freier Strecke

#### ZUSAMMENFASSUNG:

Bei der **Einrichtung** einer Baustellen-LSA müssen eventuell die Zwischenzeiten, basierend auf niedrigeren Geschwindigkeiten, überprüft werden. Einfahrten in den Baustellenbereich sind in die Steuerung zu integrieren. Grünoptimierung bei langen Baustellen kann sinnvoll sein. Wird eine Busbevorzugung eingerichtet, ist eine Busan- und -abmeldung vorzusehen. Bei Freiluftverkabelung sind besondere Anforderungen zu berücksichtigen.

Eine Verschiebung der Baustelle während des **Betriebs** erfordert die Prüfung und gegebenenfalls Anpassung der Zwischenzeiten. Die synchrone Zeiterfassung der LSA auf beiden Seiten einer Baustelle muss sichergestellt sein.

Im Bereich von Baustellen kann es notwendig oder sinnvoll sein, den Verkehr mit Hilfe einer LSA zu regeln. Ein typisches Beispiel für eine Baustellen-LSA ist eine Engpasssteuerung.

LSA im Bereich von Baustellen sind in der Regel zweiphasig, beide Fahrrichtungen erhalten im Wechsel Grün **oder Gelbblinken**. Für Baustellen-LSA gelten gesonderte Normen.

Bei der Einrichtung, Verschiebung oder Aufhebung von Baustellen-LSA muss das zuständige Personal mit der entsprechenden **Sicherheitsbekleidung** ausgerüstet sein.

#### 7.1.1 Einrichtung

An **Baustellen-LSA** müssen FG-Streifen nicht konfliktfrei über den Knoten geführt werden. Den betroffenen Fahrstreifen ist anstelle Grün „Gelbblinken“ anzuzeigen.

SR 741.21<sup>51</sup>

<sup>51</sup> Signalisationsverordnung (SSV) vom 5. September 1979

Die Fahrzeuge bewegen sich auf enger Fahrbahn mit geringer Geschwindigkeit, Velofahrende können teilweise nicht überholt werden. Die Berechnung der **Zwischenzeiten** muss daher gegebenenfalls mit niedrigeren Geschwindigkeiten überprüft werden.

Bei grösseren Baustellen ist es innerorts wahrscheinlich, dass **Einfahrten in den Baustellenbereich** münden. Diese sollten während der Bauzeit befahrbar bleiben. Sie müssen daher in die Steuerung der Baustellen-LSA integriert werden (zusätzliche Phasen).

Können den Einfahrten keine zusätzlichen und konfliktfreien Phasen zugeteilt werden, besteht die Möglichkeit den Fahrzeugen anstelle Grün „Gelbblinken“ anzuzeigen. Die Anzeige des Verkehrsablaufs, z.B. durch das Signal „Lichtsignale“ (1.27) mit Zusatztafel „Phasenablauf beachten“, erfüllt denselben Zweck.

Als **Anmeldemittel** werden für Fahrzeuge in der Regel Infrarot, Radar oder Laserdetektoren eingesetzt. Von der exakten Ausrichtung der Geräte und der Übertragung des Signals zum Steuergerät hängt es ab, ob die Fahrzeuganmeldungen erfasst und verarbeitet werden.

Erstreckt sich eine Baustelle über grosse Distanzen oder bleibt für einen langen Zeitraum bestehen, ist der Einsatz von Schlaufen zur **Grünoptimierung** sinnvoll. Zu diesem Zweck müssen über die gesamte Länge der Baustelle im Abstand von 30-50 m je eine Schlaufe eingerichtet werden.

Je nach Situation kann es nötig sein, eine **Busbevorzugung** einzurichten. Dabei ist zu beachten, dass sich der Bus bei der Ausfahrt der Baustelle abmeldet. Dadurch wird verhindert, dass der Bus erst nach Ablauf einer festgelegten Zeit abgemeldet wird. Unabhängig davon, ob er sich noch im Baustellenbereich befindet oder nicht.

In Ausnahmefällen kann auf die Abmeldung verzichtet werden.

Werden die Signalgeber via **Freiluftverkabelung** mit dem Steuergerät verbunden sind die folgenden Punkte zu beachten:

- Die massgebenden Lichtraumprofile sind einzuhalten.
- Kupplungs- und Verbindungsstellen müssen zugentlastet und gegen unbefugten Zugriff gesichert sein.
- Es sind niedervoltige Kabelverbindungen zu legen, wobei der Spannungsabfall berücksichtigt werden muss.
- Die Masten, über welche die Kabel gezogen werden, müssen den statischen und konstruktiven Vorgaben entsprechen.

### 7.1.2 Betrieb

Die **Signalisation** in Baustellen ist in der Norm „Temporäre Signalisation auf Haupt- und Nebenstrassen“ geregelt

SN 640 886 „Temporäre Signalisation auf Haupt- und Nebenstrassen“  
Beilage zu SN 640 886

Kommt es während der Bauphase zu einer **Verschiebung der Baustelle**, müssen die Zwischenzeiten erneut berechnet und angepasst werden.

Die bestehende **Markierung** ist zu überprüfen und während Bauphasen im Bedarfsfall durch eine Baustellenmarkierung in oranger Farbe zu ergänzen, welche die bestehende Markierung vorübergehend aufhebt. Dadurch können Missverständnisse vermieden werden, die Verkehrssicherheit bleibt hoch.

SN 640 850a „Markierungen – Ausgestaltung und Anwendungsbereiche“

Für längere Bauzeiten ist eine provisorische Markierung in weisser Farbe empfehlenswert. Bei der Entfernung der bestehenden Markierung ist darauf zu achten, dass sie unkenntlich gemacht wird.

Die Lichtsignalanlagen einzelner Baustellen innerhalb einer **Folge von Baustellen** auf offener Strecke müssen aufeinander abgestimmt werden (eventuell die einzelnen Anlagen koordinieren). Dabei ist besonders darauf zu achten, dass die bestehenden Stauräume zwischen den Baustellen nicht überstellt werden.

## 7.2 Baustellen im Bereich von lichtsignalgesteuerten Knoten

### ZUSAMMENFASSUNG:

Schon bei der **Planung der Bauphasen** ist zu berücksichtigen, wie der Betrieb der LSA aufrecht- und die Vorgaben der Betriebssicherheit eingehalten werden können.

**Während der Bauarbeiten** muss der Sperrung und Verengung von Fahrstreifen durch die Anpassung der Lichtsignalsteuerung Rechnung getragen werden. Signalgeber von gesperrten Fahrstreifen sind abzudecken.

Mit **Abschluss der Bauarbeiten** sind Markierung, Signalisation und die LSA selbst wieder in den ursprünglichen Zustand zurückzusetzen.

Für sämtliche Arbeiten im Baustellenbereich muss das zuständige Personal mit der entsprechenden **Sicherheitsbekleidung** ausgerüstet sein.

### 7.2.1 Vorarbeiten

In der Regel sind Bauarbeiten im Bereich von lichtsignalgesteuerten Knoten mit einer Sperrung einzelner Fahrstreifen oder ganzer Zufahrten verbunden. Die Auswirkungen einer Sperrung sind vorgängig abzuklären. Bei der **Planung von Bauphasen** muss unter anderem berücksichtigt werden, dass der Betrieb der LSA aufrechterhalten werden kann. Um diese Vorgabe zu erreichen, ist auch die Unterbindung einzelner untergeordneter Fahrbeziehungen für die Dauer der Bauarbeiten in Betracht zu ziehen.

Die Betriebssicherheit der LSA muss zu jeder Zeit gewährleistet sein.

SN 640 900a „Erhaltungsmanagement - Grundnorm“

## 7.2.2 Einrichtung der Baustelle

Bei einer Sperrung von einzelnen Fahrstreifen oder Zufahrten, ist die Steuerung der LSA entsprechend anzupassen. Dies betrifft sowohl die **Überprüfung der Phasentrennung und Zwischenzeiten** als auch die **Verteilung der Grünzeiten** auf die verbliebenen Fahrstreifen.

Bei einer Verengung der Fahrstreifen sind die Vorgaben zu Lichtraumprofilen einzuhalten.

Die Auswirkungen der Baustelle auf die Leistungsfähigkeit der Lichtsignalanlage und die Länge allfällig entstehender Rückstaus sind zu überprüfen.

Die **Signalgeber** von gesperrten Fahrstreifen sind so abzudecken, dass kein Licht sichtbar ist, da sie bei den Verkehrsteilnehmenden für Verwirrung sorgen können. Dadurch können Missverständnisse vermieden werden.

Die Sanierung des Belags führt in der Regel zum **Ausfall** der bestehenden **Anmeldemittel**, insbesondere Induktionsschleifen. Um den verkehrsabhängigen Betrieb der LSA aufrecht zu erhalten, sind geeignete Anmeldemittel, wie z.B. Infrarot, Radar oder Laserdetektoren, als Ersatz zu installieren.

Bei stark frequentierten Anlagen ist es eventuell sinnvoll, die Induktionsschleifen neu zu verlegen.

Werden die Signalgeber via **Freiluftverkabelung** mit dem Steuergerät verbunden sind die folgenden Punkte zu beachten:

- Die massgebenden Lichtraumprofile sind einzuhalten.
- Kupplungs- und Verbindungsstellen müssen zugentlastet und gegen unbefugten Zugriff gesichert sein.
- Es sind niedervoltige Kabelverbindungen zu legen, wobei der Spannungsabfall berücksichtigt werden muss.
- Die Masten, über welche die Kabel gezogen werden, müssen den statischen und konstruktiven Vorgaben entsprechen.

### 7.2.3 LSA-Betrieb während Bauphasen

Die bestehende **Markierung und Signalisation** muss während der Bauphase im Bedarfsfall unkenntlich gemacht und durch eine orange Baustellenmarkierung und -signalisation ersetzt werden.

Für längere Bauzeiten ist eine provisorische Markierung in weisser Farbe empfehlenswert. Bei der Entfernung der bestehenden Markierung ist darauf zu achten, dass sie unkenntlich gemacht wird.

SN 640 850a „Markierungen - Ausgestaltung und Anwendungsbereiche“

SN 640 886 „Temporäre Signalisation auf Haupt- und Nebenstrassen“

Beilage zu SN 640 886

Bei der **Umstellung von einer auf die nächste Bauphase**, muss die Betriebssicherheit der LSA gewährleistet sein. Die Umstellung ist eventuell mit einer Anpassung der Lichtsignalsteuerung verbunden.

Wird die LSA während der Umstellung zeitweise auf Blinken gestellt oder ausgeschaltet, muss die Verkehrssicherheit gewährleistet bleiben. Ist dies nicht der Fall, muss der Verkehr in dieser Zeit von Hand geregelt werden. Der Verkehrsdienst ist durch die Bauleitung aufzubieten.

Die Signalgeber von gesperrten Fahrstreifen sind abzudecken. Die Abdeckung von Signalgebern, welche nach einer Umstellung der Bauphase wieder in Betrieb genommen werden, ist zu entfernen.

### 7.2.4 Wiederinbetriebnahme einer LSA nach Bauphase

Nach Abschluss der Bauarbeiten sind die LSA sowie die Markierung und Signalisation wieder in den **ursprünglichen Zustand zurückzusetzen**. Die Ausrichtung und Sichtbarkeit der Signalgeber sowie die Zuordnung der Induktionsschleifen sind zu kontrollieren, die Zwischenzeiten sind gegebenenfalls zu prüfen.

SN 640 838 „Lichtsignalanlagen - Zwischenzeiten“

„Lichtsignalanlagen SN 640 838 - Zwischenzeiten“<sup>52</sup>

An den von der Baustelle betroffenen Anlagenteilen ist eventuell die Einhaltung der **Lichtraumprofile und Schleppkurven** zu überprüfen. Neben den Normen SN 640 201 „Geometrisches Normalprofil“ und SN 640 271a „Befahrbarkeit“ gelten die gesetzlichen Grundlagen der Kantone und Gemeinden.

SN 640 201 „Geometrisches Normalprofil - Grundabmessungen und Lichtraumprofil der Verkehrsteilnehmer“

Gesetzliche Grundlagen der Kantone und Gemeinden

SN 640 271a „Kontrolle der Befahrbarkeit“  
„Schleppkurven“<sup>53</sup>

<sup>52</sup> J. Burnand; „Strasse und Verkehr“ (VSS), 1996

<sup>53</sup> Balzari Blaser Schudel, Bern; VSS, 1981 (vergriffen)

Die Baustellenmarkierung sowie die Signalisation während der Bauphasen ist vollständig zu entfernen und der ursprüngliche Zustand von **Markierung und Signalisation** wiederherzustellen.

SN 640 850a „Markierungen - Ausgestaltung und Anwendungsbereiche“

SN 640 817c

SN 640 818



## 8. LSA AN BAHNÜBERGÄNGEN<sup>54</sup>

### 8.1 Übersicht

Juristisch sind **Strassen- und Eisenbahnen** scharf getrennt; Strassenbahnen verkehren in der Regel in städtischen Gebieten und fahren auf Sicht. Sie werden nach den Vorschriften des Strassenverkehrsrechts betrieben.

Eisenbahnen fahren nach den allgemeinen Regeln der Schweizerischen Fahrdienstverordnung auf geprüftem Gleis (blockgesteuert). Es gelten die Vorschriften der Eisenbahngesetzgebung.

Es gelten die **Verordnung über Bau und Betrieb der Eisenbahnen** und deren **Ausführungsbestimmungen** sowie die **Verordnung über elektrische Anlagen von Bahnen**. Die massgebenden Artikel der Eisenbahnverordnung geben Auskunft über Ausrüstungen am Bahnübergang (Art. 37) und Abhängigkeiten zur Bahn (Art. 43).

Die Norm SN 671 510 regelt die Umsetzung der Vorschriften betreffend **Kreuzungen von Schiene / Strasse**.

Für die **Parallelführung und Annäherung** von konstruktiv getrennten Anlagen des Strassenverkehrs und des Schienenverkehrs gilt die Norm SN 671 520.

SR 742

SR 742.141.1<sup>55</sup>SR 742.141.11<sup>56</sup>SR 734.42<sup>57</sup>SN 671 510 „Höhen-  
gleiche Kreuzung  
Schiene – Strasse“„Kreuzung Schiene /  
Strasse“<sup>58</sup>SN 671 520 „Schiene –  
Strasse - Parallelfüh-  
rung und Annäherung“  
„Annäherung und Pa-  
rallelführung Schiene /  
Strasse – Abstand und  
Schutzmassnahmen“<sup>59</sup>

<sup>54</sup> Das vorliegende Kapitel ist unter Mithilfe von Herrn Victor Boller von Boller Victor Steuerungssysteme, Detligen, entstanden.

<sup>55</sup> Eisenbahnverordnung (EBV) vom 23. November 1983

<sup>56</sup> Ausführungsbestimmungen zur Eisenbahnverordnung (AB-EBV) vom 27. Oktober 2004 (5. Auflage)

<sup>57</sup> Verordnung über elektrische Anlagen von Bahnen (VEAB) vom 5. Dezember 1994

<sup>58</sup> R. Keller; „Strasse und Verkehr“ (VSS), 2002

<sup>59</sup> B+S Ingenieur AG, Bern; VSS, 1999

Es sind die allgemeinen Vorschriften der Energieerzeugung und -verteilung anzuwenden. Eine **Zusammenstellung** der in der Schweiz zu beachtenden Grundlagen bezüglich Eisenbahn-Sicherungsanlagen, Schranken- und Blinklichtanlagen sowie elektrische Anlagen kann über den Verband öffentlichen Verkehr bezogen werden.

## 8.2 Umsetzung der Vorschriften

Schon bei der **Projektierung** können viele Konfliktpunkte verhindert werden. Die Bahnbetreiber haben teilweise eigene Verordnungen, z.B. betreffend Lichttraumprofil, etc., welche bei der Projektierung bekannt sein müssen.

Zudem sind unter den Beteiligten die Vorstellungen und Wünsche zu definieren, so dass Missverständnissen und Fehlplanungen vorgebeugt werden kann.

Folgende Punkte sollten aufgrund von **Erfahrungen aus der Praxis** bei der Einrichtung einer LSA an Bahnübergängen speziell berücksichtigt werden:

- In Abhängigkeit des Schienenverkehrs gelten bezüglich **Bremsweg** unterschiedliche Verordnungen und Vorschriften:

Für *Eisenbahnen* gilt die Eisenbahnverordnung, welche bei der Bremsausrüstung Verzögerungen von 1,0 bis 1,6 m/s<sup>2</sup> zulässt. Auf diesen Werten basieren die Berechnungen bezüglich des gesicherten Fahrwegs (Vorsignalisation bahnseitig auf Bremswegdistanz zum Gefahrenpunkt).

*Strassenbahnen* verkehren nach den Vorschriften des Strassenverkehrs auf Sicht, d.h. sie sind in Bezug auf den Bremsweg dem MIV gleichgestellt.

- In Abhängigkeit des Schienenverkehrs gelten bezüglich **Ausrüstung der Anlagen** unterschiedliche Verordnungen:

Anlagen, welche durch *Eisenbahnen* befahren werden, müssen der Gesetzgebung der Eisenbahnverordnung entsprechen.

Anlagen, welche durch *Strassenbahnen* befahren werden, können nach den geltenden Normen der LSA gebaut werden.

Sanierung Seetalbahn:  
Signalisierung und Betrieb der Bahnübergangs- (BUe) und Verkehrsregelungsanlagen (VRA), Kt. AG und Kt. LU

SN 671 510 „Höhen-  
gleiche Kreuzung  
Schiene – Strasse“  
„Kreuzung Schiene /  
Strasse“<sup>60</sup>

SN 671 520 „Schiene –  
Strasse - Parallelfüh-  
rung und Annäherung“  
„Annäherung und Pa-  
rallelführung Schiene /  
Strasse – Abstand und  
Schutzmassnahmen“<sup>61</sup>

<sup>60</sup> R. Keller; „Strasse und Verkehr“ (VSS), 2002

<sup>61</sup> B+S Ingenieur AG, Bern; VSS, 1999

- Bahnkreuzende Fahrspuren müssen mindestens **zwei parallele Rotsignale** aufweisen. Durch **Doppelrot** (unabhängige Ansteuerung durch Stellwerkanlage der Bahn und durch das LSA-Steuergerät) ist gewährleistet, dass das Rotlicht bei einem Ausfall eines der beiden Netze nicht vollständig ausfällt. Es ist sichergestellt, dass die Bahn nach Vorschrift verkehren kann. Die Vorschrift gilt für alle Bahnen, welche nicht auf Sicht verkehren.
- Bei Ausfall der LSA muss sichergestellt werden, dass der **Räumung des Schienenbereiches** möglich ist, so dass die eventuell nicht vortrittsberechtigten Verkehrsteilnehmer den Gleisbereich räumen können. Der benötigte Räumungsbereich ist daher freizuhalten.
- Werden **Signalgeber oder Barrieren von zwei Anlageteilen gespiesen**, so muss auf diese Situation nach den Vorschriften der NIV hingewiesen werden.
- Bei **Gleichstrombahnen** müssen die Richtlinien zum Schutz gegen Korrosion durch Streuströme von Gleichstromanlagen berücksichtigt werden.
- Werden Signalgeber in der Nähe metallischer Teile der Bahnen aufgestellt, z.B. Masten, erdungspflichtige Apparate, usw.), müssen die **Erdungsvorschriften** der Bahn eingehalten werden.
- Die Signalgeber zwischen Bahntrasse und Strasse sind so aufzustellen und auszurichten, dass **Verwechslungen** ausgeschlossen sind.
- Bei Ausfall der LSA muss die **strassenseitige Signalisierung** des Bahnüberganges eindeutig sein, d.h. in diesem Fall handelt es sich um einen ungesicherten Bahnübergang.
- Die **Konfliktfläche** Schiene/Strasse soll so klein wie möglich gehalten werden. Die Zufahrt zur Konfliktfläche ist eindeutig zu signalisieren.
- Der MIV soll die Signale eindeutig erkennen und interpretieren. Die **Anzahl mehrerer aufeinander folgender Signale** sollte **in Grenzen gehalten** werden (Überforderung des Strassenbenützers).

AB-EBV Art 43.1.334

Richtlinien zum Schutz  
gegen Korrosion durch  
Streuströme von  
Gleichstromanlagen<sup>62</sup>

<sup>62</sup> Schweizerische Gesellschaft für Korrosionsschutz, Zürich; SGK, 2001

- Anlagen, welche von Eisenbahnen befahren werden, müssen dem **Bundesamt für Verkehr** oder dem Transportunternehmen zur **Genehmigung** vorgelegt werden. Dabei sind folgende Richtlinien und Gesetze zu beachten:

Richtlinie des Bundesamtes für Verkehr (BAV) zu Artikel 3 der Verordnung über das Plangenehmigungsverfahren für Eisenbahnanlagen (Anforderungen an Plangrundlagen vom 1. März 2000).

SR 742.142.1<sup>63</sup>

Richtlinie des Bundesamtes für Verkehr (BAV) zu Artikel 6 der Verordnung über den Bau und Betrieb der Eisenbahnen (Sachverständigen-Richtlinie vom 1.5.2000)

SR 742.141.1<sup>64</sup>

Bundesgesetz über die Anschlussgleise und die zugehörige Verordnung über die Anschlussgleise.

SR 742.141.5<sup>65</sup>SR 742.141.51<sup>66</sup>

- Aufgrund der **unterschiedlichen Spannungen** sind die Standorte von Masten der Bahnanlage und denjenigen der LSA soweit voneinander zu trennen, dass sie nicht von einer Person gleichzeitig berührt werden können.
- Bei Bahnsicherungsanlagen ist der **Strom vom Netz der Bahn** zu beziehen. Dadurch ist gewährleistet, dass bei einem Netzausfall sowohl die Bahnanlage selbst wie auch die Bahnsicherungsanlage ausfallen.
- Erfolgt die Stromversorgung der LSA bahnseitig, müssen die **unterschiedlichen Spannungen und Netzfrequenzen** berücksichtigt und die Anlage entsprechend ausgelegt werden.
- Bahnübergänge sind für den **Langsamverkehr** sicher zu gestalten.

<sup>63</sup> Verordn. über das Plangenehmigungsverfahren für Eisenbahnanlagen (VPVE) vom 2. Februar 2000

<sup>64</sup> Eisenbahnverordnung (EBV) vom 23. November 1983

<sup>65</sup> Bundesgesetz über die Anschlussgleise vom 5. Oktober 1990

<sup>66</sup> Verordnung über die Anschlussgleise (AnGV) vom 26. Februar 1992

---

## 9. LITERATURVERZEICHNIS

---

### 9.1 Gesetzliche Grundlagen

- Bundesgesetz SR 742.141.5  
über die Anschlussgleise  
vom 5. Oktober 1990  
Bezug über: <http://www.admin.ch/ch/d/sr/7/742.141.5.de.pdf>  
[Datum des Zugriffs: 06.02.2006]
- Verordnung SR 734.1 über elektrische Schwachstromanlagen  
vom 30. März 1994  
Bezug über: <http://www.admin.ch/ch/d/sr/7/734.1.de.pdf>  
[Datum des Zugriffs: 06.02.2006]
- Verordnung SR 734.2 über elektrische Starkstromanlagen  
vom 30. März 1994  
Bezug über: <http://www.admin.ch/ch/d/sr/7/734.2.de.pdf>  
[Datum des Zugriffs: 06.02.2006]
- Verordnung SR 734.26 über elektrische Niederspannungserzeugnisse (NEV)  
vom 9. April 1997  
Bezug über <http://www.admin.ch/ch/d/sr/7/734.26.de.pdf>  
[Datum des Zugriffs: 06.02.2006]
- Verordnung SR 734.27 über elektrische Niederspannungsinstallationen (NIV)  
vom 7. November 2001  
Bezug über: <http://www.admin.ch/ch/d/sr/7/734.27.de.pdf>  
[Datum des Zugriffs: 06.02.2006]
- Verordnung SR 734.42 über elektrische Anlagen von Bahnen (VEAB)  
vom 5. Dezember 1994  
Bezug über: [http://www.admin.ch/ch/d/sr/734\\_42/](http://www.admin.ch/ch/d/sr/734_42/)  
[Datum des Zugriffs: 06.02.2006]
- Verordnung SR 741.21 Signalisationsverordnung (SSV)  
vom 5. September 1979  
Bezug über: <http://www.admin.ch/ch/d/sr/7/741.21.de.pdf>  
[Datum des Zugriffs: 27.07.2005]

Verordnung SR 742.141.1

über Bau und Betrieb der Eisenbahnen  
(Eisenbahnverordnung, EBV)  
vom 23. November 1983

Bezug über: <http://www.admin.ch/ch/d/sr/7/742.141.1.de.pdf>

[Datum des Zugriffs: 06.02.2006]

Ausführungsbestimmungen SR 742.141.11

zur Eisenbahnverordnung (AB-EBV)  
5. Auflage vom 27. Oktober 2004

Bezug über: <http://www.admin.ch/ch/d/sr/7/742.141.11.de.pdf>

[Datum des Zugriffs: 06.02.2006]

Verordnung SR 742.141.51

über die Anschlussgleise (AnGV)  
vom 26. Februar 1992

Bezug über: <http://www.admin.ch/ch/d/sr/7/742.141.51.de.pdf>

[Datum des Zugriffs: 06.02.2006]

Verordnung SR 742.142.1

über das Plangenehmigungsverfahren für Eisenbahnanlagen  
(VPVE)

vom 2. Februar 2000

Bezug über: <http://www.admin.ch/ch/d/sr/7/742.142.1.de.pdf>

[Datum des Zugriffs: 06.02.2006]

## 9.2 Normen und Richtlinien

Schweizer Normen (SN) betreffend Verkehrstechnik, auf welche im Bericht verwiesen wird, können beim Schweizerischen Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS) bezogen werden.

### VSS

Seefeldstrasse 9                      Telefon: 044 / 269 40 20                      E-mail:      info@vss.ch  
8008 Zürich                              Fax:      044 / 252 31 30                      Homepage: www.vss.ch

Die Tragwerknormen und weitere Normen betreffend Stahlbau und Korrosionsschutz, auf welche im Bericht verwiesen wird, können im Namen des Schweizerischen Ingenieur- und Architektenvereins (SIA) bei Schwabe & Co AG bezogen werden.

### SIA Auslieferung

#### Schwabe & Co AG

Postfach 832                      Telefon: 061 / 467 85 74                      E-mail:      distribution@sia.ch  
4132 Muttenz                      Fax:      061 / 467 85 76                      Homepage: www.sia.ch

Normen aus dem Fachgebiet Elektrotechnik können über den Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik oder über die folgenden Kommissionen und Organisationen bezogen werden:

### Electrosuisse, SEV

Luppmenstrasse 1      Telefon: 044 / 956 11 11      E-mail:      verband@electrosuisse.ch  
8320 Fehraltorf      Fax:      044 / 956 11 22      Homepage: www.electrosuisse.ch

### International:

IEC (International Electrotechnical Commission)                      www.iec.ch

### Europa:

CENELEC (Comité Européen de Normalisation Electrotechnique)                      www.cenelec.org

### National:

CES (Comité Electrotechnique Suisse)

Baudepartement des Kantons Aargau, Abteilung Tiefbau / Brücken- und Tunnelbau:

Vorschriften für den Oberflächenschutz auf Stahlkonstruktionen  
Aarau, 1990  
Bezug über Tiefbauamt Kanton Aargau

Baudirektion des Kantons Zug, Tiefbauamt:

Richtlinie Lichtsignalanlagen im Kanton Zug  
Sichtbarkeit Signalgeber  
Zug, Juni 2004  
Bezug über Tiefbauamt Kanton Zug



- Baudirektion Kanton Zürich Tiefbauamt, KAPO Zürich:  
Anlagen für den leichten Zweiradverkehr  
Zürich, März 2004  
Bezug über Kantonale Drucksachen- und Materialzentrale KDMZ
- Baudirektion Kanton Zürich Tiefbauamt, KAPO Zürich:  
Lichtsignalanlagen  
Urdorf, Oktober 2002  
Bezug über Tiefbauamt Strasseninspektorat Elektrodienst
- Niederspannungs-Installations-Norm (NIN):  
SN SEV 1000:2005  
vom 1. Juli 2005  
Bezug über Electrosuisse, SEV
- RiLSA.:  
Richtlinien für Lichtsignalanlagen  
1992/1998  
Bezug über FGSV Verlag
- Schmidt, E. und Manser, J.A.:  
Richtlinie „Behindertengerechtes Bauen“  
Strassen – Wege – Plätze  
Zürich, Mai 2003  
Bezug über  
Schweizerische Fachstelle für behindertengerechtes Bauen
- SGK  
Richtlinien zum Schutz gegen Korrosion durch Streuströme von  
Gleichstromanlagen  
Zürich, 2001  
Bezug über SGK
- SIA 2022  
Merkblatt Oberflächenschutz von Stahlkonstruktionen  
2003  
Bezug über SIA oder Stahlbauzentrum Schweiz (SZS)

### 9.3 Forschungsberichte

Forschungsberichte des Schweizerischen Verbands der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS) können beim Verband selbst bezogen werden.

VSS

Seefeldstrasse 9  
8008 Zürich

Telefon: 044 / 269 40 20  
Fax: 044 / 252 31 30

E-mail: info@vss.ch  
Homepage: www.vss.ch

Forschungsberichte der Vereinigung Schweizerischer Verkehrsingenieure können direkt über die SVI bezogen werden.

SVI Geschäftsstelle

Vadianstrasse 37

Postfach  
9001 St. Gallen

Telefon: 071 / 222 46 46  
Fax: 071 / 222 46 09

E-mail: info@svi.ch  
Homepage: www.svi.ch

B+S Ingenieur AG: Annäherung und Parallelführung Schiene / Strasse  
Abstand und Schutzmassnahmen  
Bern, 1999  
Bezug über VSS

Balzari Blaser Schudel: Schleppkurven  
Bern, 1981  
vergriffen

Brugnoli, G.: Lichtsignalanlagen  
SN 640 832 – Kopfnorm  
in „Strasse und Verkehr“, 1996  
Bezug über VSS

Burnand, J.: Lichtsignalanlagen  
SN 640 837 – Übergangs- und Mindestzeiten  
SN 640 838 – Zwischenzeiten  
in „Strasse und Verkehr“, 1996  
Bezug über VSS

ETH IVT Anpralldämpfer sowie umfahrbare Signale und Lichtmasten  
Literaturstudie  
Zürich, 1994  
Bezug über VSS

Gonin, A.: Lichtsignalgesteuerte Knoten oder Kreisel, 2 Instrumentarien für das  
Verkehrsmanagement  
in „Strasse und Verkehr“, 1996  
Bezug über VSS

- Ingenieur- und Planungsbüro Bühlmann:  
Verkehrsbeeinflussung an Kreiseln  
Zollikon, in Arbeit  
Bezug über VSS
- Ingenieurbüro Peter Pitzinger:  
Lichtsignalanlagen Abnahme, Betrieb, Wartung  
Zürich, 1998  
Bezug über VSS
- Ingenieurbüro Peter Pitzinger:  
Nutzen einer Lichtsignalanlage  
Zürich, 1995  
Bezug über VSS
- Jordi, A.:  
Wo sind Kreisel geeignet und wo nicht, Positive und negative Aspekte von Kreiseln innerorts  
in „Strasse und Verkehr“, 1995  
Bezug über VSS
- Keller, R.:  
Kreuzung Schiene / Strasse  
in „Strasse und Verkehr“, 2002  
Bezug über VSS
- Marti, U.:  
Berücksichtigung des leichten Zweiradverkehrs bei Lichtsignalanlagen  
in „Strasse und Verkehr“, 1996  
Bezug über VSS
- Marti, U.:  
Lichtsignalanlagen  
SN 640 836 – Gestaltung der Signalgeber  
in „Strasse und Verkehr“, 1996  
Bezug über VSS
- Metron Verkehrsplanung & Ingenieurbüro:  
Beurteilung von Busbevorzugungsmassnahmen  
in Arbeit  
Bezug über SVI
- Pestalozzi & Stäheli und Bühlmann, F.:  
Führung des leichten Zweiradverkehrs im Bereich von Knoten  
Basel, Zollikon, 1999  
Bezug über VSS
- Pitzinger, P.:  
Lichtsignalanlagen  
SN 640 833 – Nutzen  
SN 640 834 – Phasentrennung  
in „Strasse und Verkehr“, 1996  
Bezug über VSS

## 9.4 Übrige

Der Verband öffentlicher Verkehr ist der nationale Dachverband der Transportunternehmen des öffentlichen Verkehrs:

Verband öffentlicher Verkehr

Dählhölzliweg 12  
3006 Bern

Telefon: 031 / 359 23 23  
Fax: 031 / 359 23 10

E-mail: [info@voev.ch](mailto:info@voev.ch)  
Homepage: [www.voev.ch](http://www.voev.ch)

Schweizerische Gesellschaft für Korrosionsschutz:

SGK

Technoparkstrasse 1  
8005 Zürich

Telefon: 044 / 445 15 90  
Fax: 044 / 273 04 33

E-mail: [sgk@sgk.ch](mailto:sgk@sgk.ch)  
Homepage: [www.sgk.ch](http://www.sgk.ch)

Arbeitsgruppe öffentliche Beleuchtung: Gemeindeammännerverband, Sicherheitsdepartement und Bau- und Verkehrsdepartement:

Bericht 2002 betreffend Erstellung und Unterhalt der Strassenbeleuchtung von Kantons- und Gemeindestrassen, insbesondere bei Fussgängerstreifen

Emmenbrücke, Januar 2003

Bezug über:

[www.vif.lu.ch/bericht\\_2002\\_erstellung\\_und\\_unterhalt\\_der\\_strassenbeleuchtung.pdf](http://www.vif.lu.ch/bericht_2002_erstellung_und_unterhalt_der_strassen_beleuchtung.pdf)

[Datum des Zugriffs: 23.8.2004]

Innotest AG:

Prüfverfahren LIMAtest

<http://www.innotest.ch/html/download/LIMAtest.PDF>

[Datum des Zugriffs: 06.02.2006]

Marty + Partner AG:

LED – Signalgeber

Lichttechnische Untersuchung, Definition von Minimalanforderungen  
Zollikon, 2003

Bezug über: <http://www.martypartner.ch/downloads.html>

[Datum des Zugriffs: 06.02.2006]

Marty + Partner AG:

Verkehrstechnische Beurteilung Konfliktgrünsaltung  
Zollikon, 2003

Bezug über <http://www.martypartner.ch/downloads.html>

[Datum des Zugriffs: 26.04.2006]

Verband Öffentlicher Verkehr, Arbeitsgruppe Signal- und Stellwerktechnik (SST):  
Zusammenstellung der in der Schweiz zu beachtenden Gesetze,  
Verordnungen, Richtlinien und Normen für:  
Eisenbahn – Sicherungsanlagen  
Schranken- und Blinklichtanlagen  
Elektrische Anlagen  
Bern, April 2001  
Bezug über Verband Öffentlicher Verkehr

Verband Schweizerischer Lack- und Farbenfabrikanten (VSLF)  
Korrosionsschutz von Stahlbauten  
Zürich, Januar 2003  
Bezug über: [http://www.vslf.ch/fileupload/pdf/StandT\\_Korr.PDF](http://www.vslf.ch/fileupload/pdf/StandT_Korr.PDF)  
[Datum des Zugriffs: 12.10.2004]