

EMV – Grundsatz

Die **Elektro-Magnetische Verträglichkeit (EMV)** ist die Fähigkeit einer elektrischen Einrichtung (Bauelement, Baugruppe, Gerät, Anlage) in einer vorgegebenen elektromagnetischen Umgebung (Störeinwirkungen) **in beabsichtigter Weise** zu arbeiten, ohne dabei diese durch elektromagnetische Wirkungen in unzumutbarer Weise zu beeinflussen.

Definierung nach 89/336/EG

EMV - Argumente

- Steigende Gerätedichte
- Zunehmende Empfindlichkeit der Geräte
- Intensivere Vernetzung der Systeme
- Gesetzliche Vorgaben

- Ausgewogene EMV-Massnahmen erhöhen die Funktionssicherheit und reduzieren die Betriebsstörungen / Ausfallrate

Beispiele von Störquellen:

- Schaltgeräte für induktive Lasten
- Schaltgeräte für kapazitive Lasten
- Maschinen mit Funkenerzeugung
- Gleichrichter, Wechselrichter
- Frequenzumrichter
- Schaltnetzteile, EVG
- Transformatoren
- Elektromotoren

Beispiele von Störsenken:

- Audiosysteme, Videosysteme
- Sensoren und ihre Signalkabel
- Kommunikationssysteme
- SPS, Leitsysteme
- Smart Meter
- Schaltnetzteile, EVG
- Transformatoren (MS-NS)

- Seit ca.1970 ist die EMV thematisiert und gelangte in der Militärtechnik unter dem Begriff EMC (Electromagnetic Compatibility) zur Anwendung
- Ab 1982 erschienen erste europäischen Normen (EN) in Anlehnung an IEC-Normen zum Thema EMV / EMC. Die Gerätetechnik stand im Vordergrund
- Ab 1990 wurde die systembezogene Thematik in den Normen erwähnt. Installationen waren ein Bestandteil davon

Problemaspekte:

- Missachtung von Vorgaben
- Fehlendes Wissen
- Mangelhafte Installationen
- Fehlende Ausführungskontrollen

Normen, Vorgaben für:

- Störfestigkeit
- Störaussendung
- Erdung und Potenzialausgleich in Gebäuden mit IT Einrichtungen
- Installation von Kommunikationsverkabelung
- Fundamenterder
- Grenzwerte für Abweichungen von der 50-Hz-Sinusform – speziell: „Merkmale der Spannung“ / „Oberschwingungen“ / „**Supraharmonische**“ (Emissions-GW noch pendent)
- Elektrische Installationen (Installationstechnik)

EMV in der NIN 2020

Einige wichtige Vorgaben:

Alle elektrischen Betriebsmittel **müssen** den einschlägigen Anforderungen der EMV entsprechen und mit den entsprechenden Normen übereinstimmen (3.3.2). Im Wesentlichen werden zwei Aspekte genannt:

- Massnahmen gegen elektromagnetische Einflüsse
- Massnahmen zur Reduzierung elektromagnetischer Störungen

Im Kapitel 4.4.4 «Massnahmen gegen elektromagnetische Einflüsse» werden genannt:

- Nur elektrische Betriebsmittel einsetzen welche die EMV-Anforderungen erfüllen

Planer und Errichter der elektrischen Anlagen **müssen** die Massnahmen zur Reduzierung der elektrischen und magnetischen Störungen berücksichtigen. Folgende Massnahmen reduzieren elektromagnetische Störungen (4.4.4.4.2):

- Installation von Überspannungsableitern
- Verbinden von leitfähigen Mänteln von Kabeln mit dem Potenzialausgleich
- Vermeiden von Induktionsschleifen durch gemeinsame Verlegung von Kabeln und Leitungen der Stromversorgung-, Signal- und Datenübertragung
- Verwendung von Kabeln mit konzentrischen Leitern
- Verwendung von symmetrischen Mehraderkabeln und -leitungen (z.B. geschirmte Kabel) für Umrichter und Motoren bei frequenzgesteuerten Antrieben
- Trennungsabstand zu Blitzschutzsystem einhalten

Störquelle: Frequenzumrichter

- Sehr schnelle Spannungsänderungen am ungefilterten Ausgang
- Überkopplung von hochfrequenten Störströmen im **MHz-Bereich** auf benachbarte metallene Strukturen, wenn Motorkabelschirmung und/oder Filterung mangelhaft
- Emission von hohen Störspannungen im MHz-Bereich
- Netzurückwirkungen durch Oberschwingungen (von 50 Hz)
- Netzurückwirkungen durch hochfrequente Emission im Bereich bis 100 kHz (Taktfrequenz und deren Harmonische)
- Erhöhte Ableitströme in Abhängigkeit der Filter

Störquelle Photovoltaikanlagen:

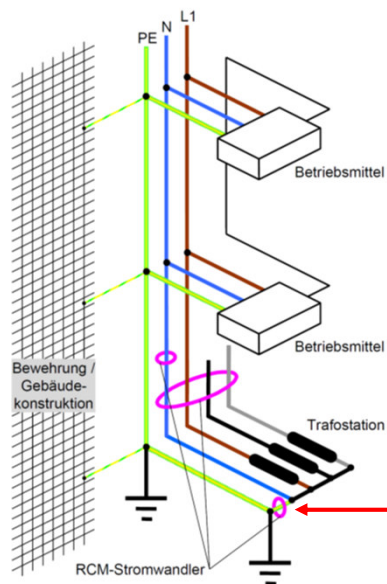
- Netzurückwirkungen durch Oberschwingungen (von 50 Hz)
- Netzurückwirkungen durch hochfrequente Emission bis in den Bereich 150 kHz (einschliesslich DC)
- Hohe Störpegel insbesondere bis 20 kHz (Taktfrequenz und deren Harmonische mit tiefer Ordnungszahl)
- Störpegel von einigen V möglich, wodurch Störungen zu erwarten sind
- Je weiter man sich vom Einspeisepunkt wegbewegt, desto geringer werden die Störpegel

Störquelle Schaltnetzteile:

- Netzurückwirkungen durch Oberschwingungen (von 50 Hz)
- Netzurückwirkungen durch hochfrequente Emission bis in den MHz-Bereich (teilweise sehr steile Flanken und sehr schnelle Taktungen)
- Bei Häufung baugleicher Netzteile mit aktiven PFC-Elementen treten Überlagerungen auf, die mit zunehmender Anzahl Netzteile anwachsen
- Sind mehrere Netzteile mit aktiven PFC-Elementen parallel geschaltet, sind die einzelnen Störströme erhöht, wogegen in Richtung Netz im **Zusammenwirken** eine dämpfende Wirkung entsteht

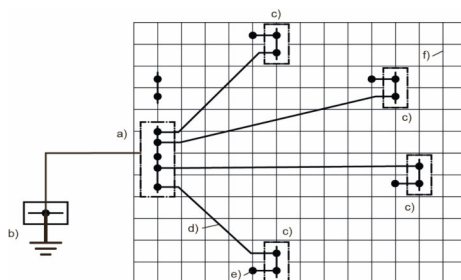
Störquelle Lampen, EVG:

- Netzurückwirkungen durch Oberschwingungen (von 50 Hz)
- Netzurückwirkungen durch hochfrequente Emission bis in den MHz-Bereich
- Es treten hochfrequente Interaktionen zwischen parallel geschalteten EVG auf: HF-Stromflüsse zwischen den EVG – **in den UV unsichtbar!**
- Bei Lampen ist die Frequenzbandbreite der hochfrequenten Emission abhängig von der Grösse der eingebauten Elektronik (Kondensatoren!)
- Die Sekundärseiten von AC/DC EVG (z.B. für LED-Lampen) weisen höhere Störpegel auf



- Anlagen in neu zu errichtenden Gebäuden **müssen** von der Einspeisung an als TN-S-System errichtet werden
- Die Wirksamkeit eines TN-S-Systems kann mit Differenzstrom-Überwachungseinrichtungen (RCM) kontrolliert werden
- **Praxis:** Strom durch N-PE-Verbindung überwachen

Beispiel einer vermaschten Potenzialausgleichsanlage mit sternförmigem Netz (NIN Fig. .4.4.4.5.3.4.1):



- a) Verteiler
- b) Haupterdungsschiene
- c) El. Verbrauchsmittel
- d) Verbindungsleiter
- e) Funktionspotenzialausgleichsleiter
- f) **Masche**

Praxis: Bewehrung für Maschen mitbenutzt

...und bei einem Holzbau? Keine Bewehrungsstruktur! Zonenübergang?

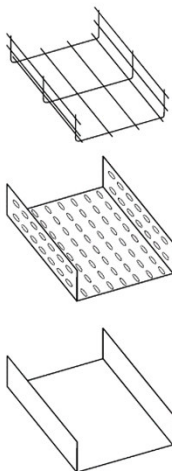


Ergänzendes Gitternetz
SRPP
(System Reference
Potential Plane)

Praxis: gut bewährt

Typ. Dimensionierung:

- Masche 85x40 mm
- Steg 6.5 mm
- Dicke 1.5 mm
- feuerverzinkt



Keine EMV-Eigenschaften

EMV-Eigenschaften von metallenen Kabeltragsystemen

geeignet

optimal

Plastifizierte Kabelverlegesysteme gewährleisten keine EMV-tauglichen Verbindungen der Tragsystemeinheiten. Der Potenzialausgleich kann nicht gemäss NIN Art. 5.4.3.2.3; B+E erfüllt werden.

Praxis: leider erste Wahl!

Erdung ~~≠~~ Erdung

Unterschiedliche Funktionen:

- Personenschutz
- Blitzteilstromableitpfad
- Potenzialausgleich
- Signalreferenzmasse
- Schirmung

Probleme durch Vermischen der Funktionen:

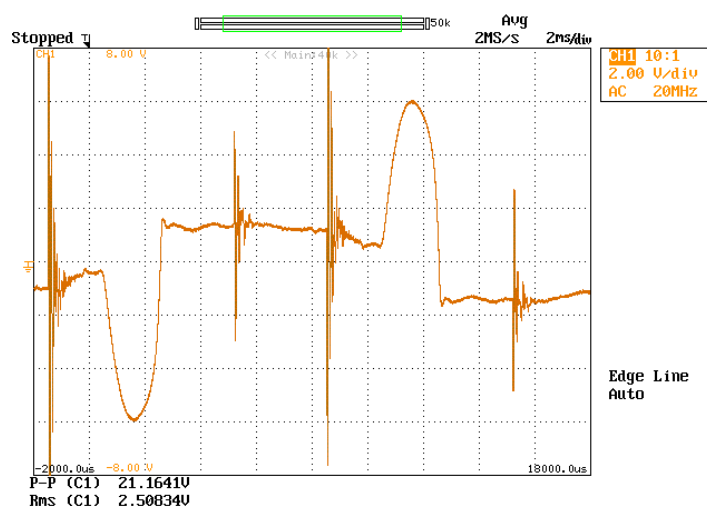
- Schutzterde als Störstromableitpfad missbraucht
- Potenzialausgleich als Signalreferenzmasse benutzt
- Schirm als Potenzialausgleich missbraucht
- usw.

Problemfälle in der Praxis betr. Sensoren, Signalverarbeitungssysteme:

- Kleine Nutzsignalpegel können besonders beeinflusst werden, wenn installationstechnische Schwachstellen vorhanden sind
- Leiterschleifenbildung mit Beteiligung von Nutzsignalkabeln; insbesondere sind Verbindungen über Astenden sehr problematisch
- Stromflüsse durch geschirmte Leitungen und deren Endgeräte
- Unklare Störemissionen und Störfestigkeiten **im eingebauten Zustand im elektromagnetischen Umfeld** – insbesondere auch im Bereich bis 150 kHz (ab 150 kHz klarer normiert)

Problemfälle aus in der Praxis betr. Schaltnetzteile, EVG:

- Benachbarte Schaltnetzteile bewirken eine Erhöhung der hochfrequenten Emissionen und Stromflüsse (Stress)
- Eine grosse Zahl von parallel betriebenen Schaltnetzteilen hat eine hohe Saugwirkung auf die eigenen hochfrequenten Emissionen, sodass das speisende Netz von den Taktfrequenz bedingten Emissionen u.U. fast nichts sieht
- Die eingebauten Kondensatoren haben eine begrenzte Spannungsfestigkeit. Spannungsanstiege von $>1 \text{ kV}/\mu\text{s}$ können die üblichen (Billig-)Kondensatoren beschädigen

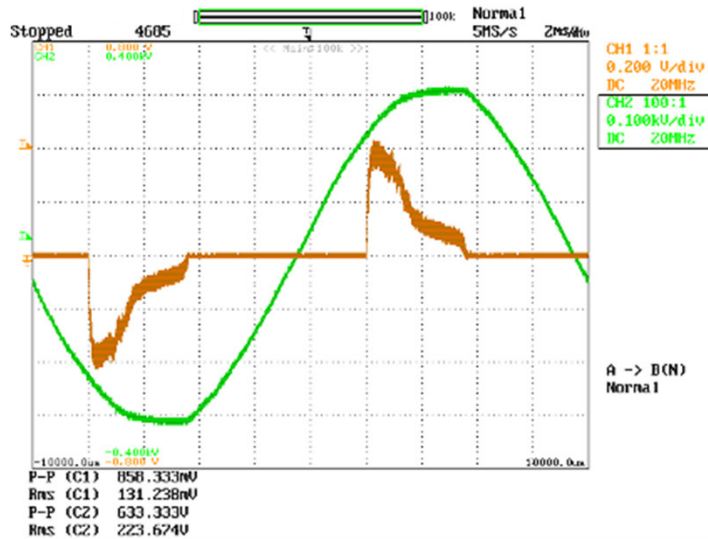


Zuleitung auf Tableau – Dimmfaktoren:

Fehler:

Anschnitt- statt Abschnittdimmer

steile Strompulse verursacht durch
mehrere Dimmer



Stromaufnahme EVG

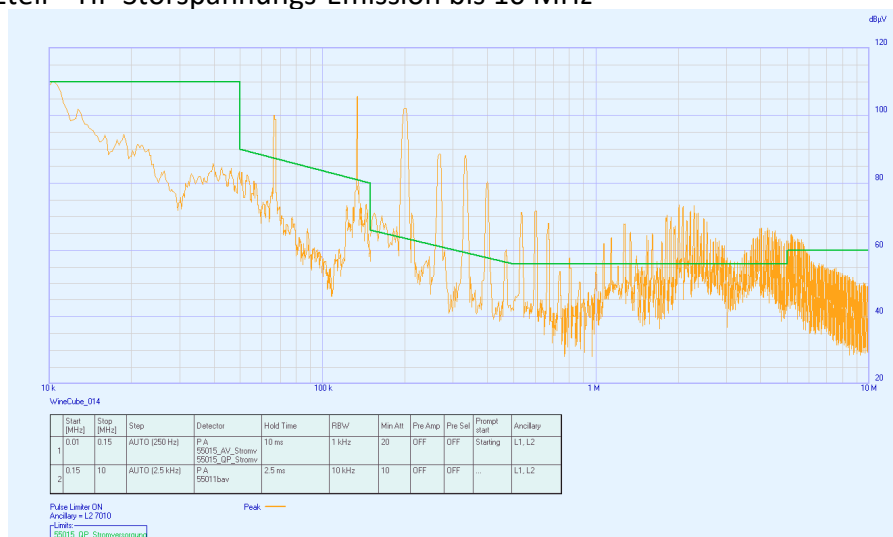
Oberschwingungen und
überlagerte HF

Fyrabig-Anlass EIT.zürich: 12.09.2023 hybride Durchführung

93

93

Schaltnetzteil – HF-Störspannungs-Emission bis 10 MHz

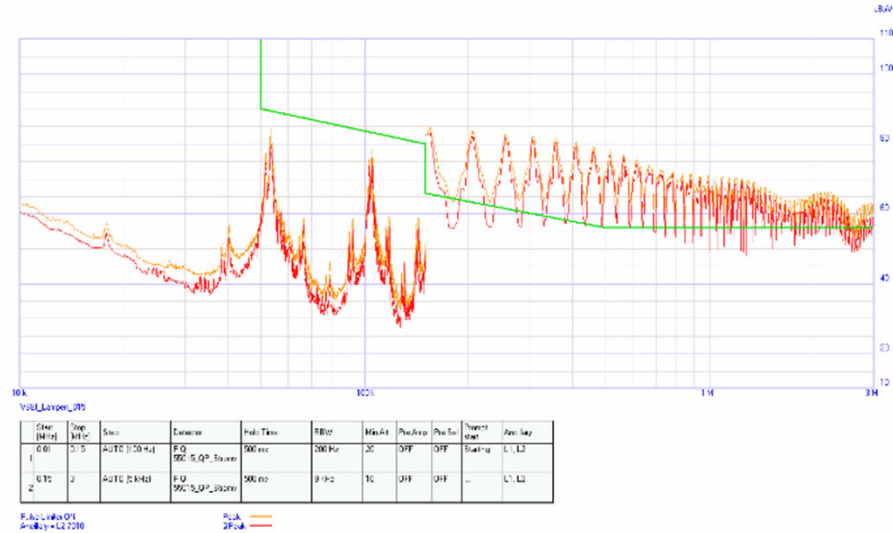


Fyrabig-Anlass EIT.zürich: 12.09.2023 hybride Durchführung

94

94

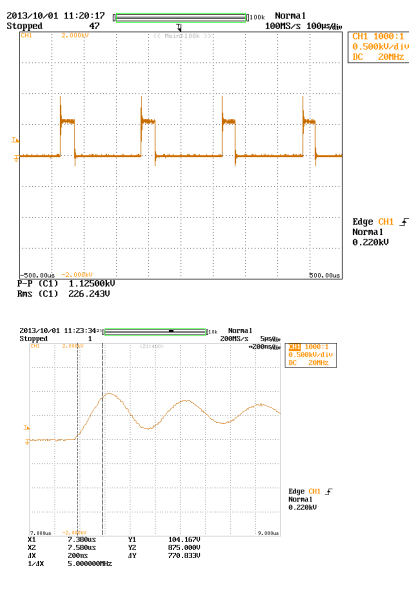
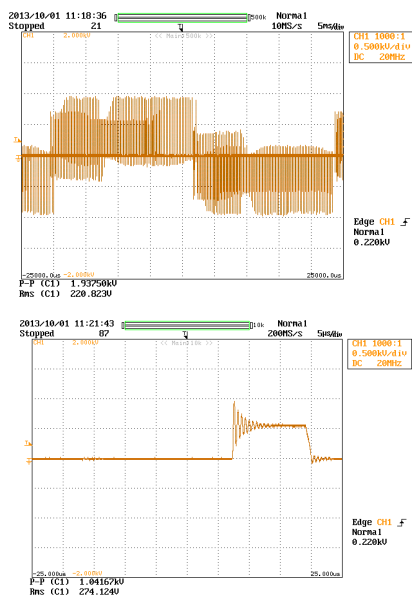
LED Lampe – HF-Störspannungs-Emission bis 3 MHz



Fyrabig-Anlass EIT.zürich: 12.09.2023 hybride Durchführung

95

95



Frequenzumrichter:
Spannungen an
Motoranschlussklemmen

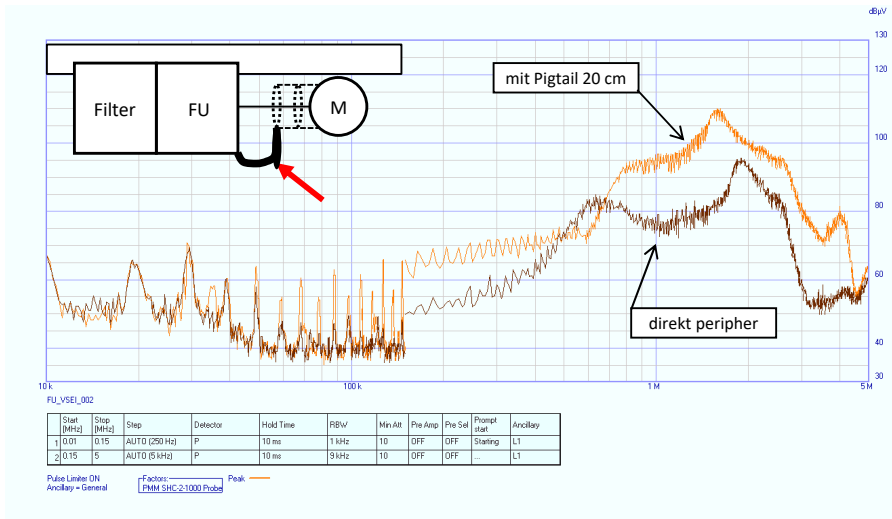
FU, Motorkabel: schnelle
Spannungsänderungen
Steilheit: 3.8 kV/μs;
Res.frequenz: ~1.6 MHz
→ fließen im PE, PA !

Fyrabig-Anlass EIT.zürich: 12.09.2023 hybride Durchführung

96

96

Messresultate aus Versuchen mit FU



Kontaktierung des
Motorkabelschirms
mit „Pigtail“ oder
direkt peripher an
FU-Gehäuse

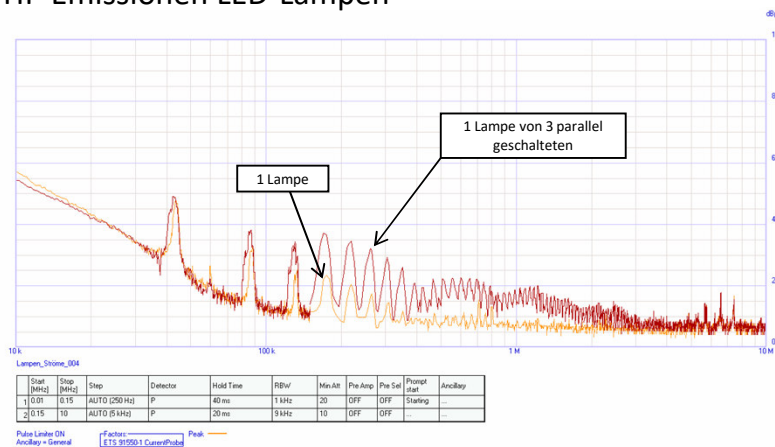
niederimpedante
Verbindungen
anstreben !

Fyrabig-Anlass EIT.zürich: 12.09.2023 hybride Durchführung

97

97

HF-Emissionen LED-Lampen



Strommessungen mit
HF-Stromwandler

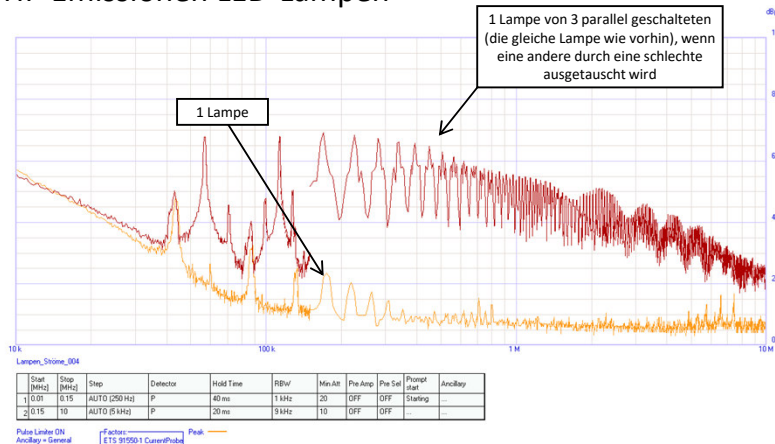
3 Retrofit LED-Lampen
à 230 V, 5.5 W

Fyrabig-Anlass EIT.zürich: 12.09.2023 hybride Durchführung

98

98

HF-Emissionen LED-Lampen



Strommessungen mit
HF-Stromwandler

3 Retrofit LED-Lampen
à 230 V, 5.5 W

Fyrabig-Anlass EIT.zürich: 12.09.2023 hybride Durchführung

99

99



- Grossflächige Verbindungen

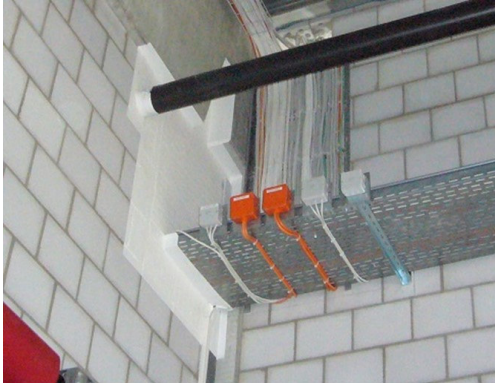
Guter Kompromiss

Verbindung verschraubt mit
Verbindungsblech

Fyrabig-Anlass EIT.zürich: 12.09.2023 hybride Durchführung

100

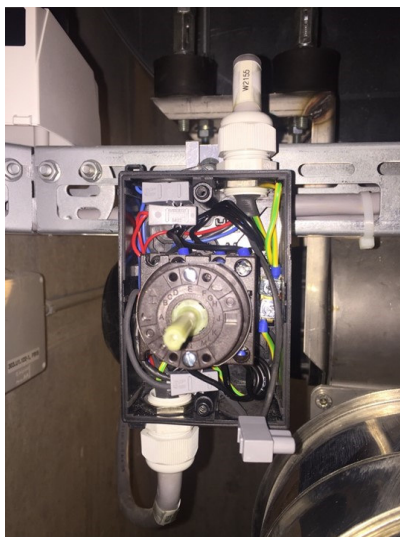
100



- Grossflächige Verbindungen

Optimal

Verbindung durch
Brandschottung mit ganzem
Kanalquerschnitt



Schlechtes Beispiel FU:

Bei einem Revisionsschalter wird
der Motorkabelschirm
unterbrochen und nicht flächig
durchverbunden.

Massnahmen: Blech hinten
herum, sowie zwei EMV-
Verschraubungen nachrüsten



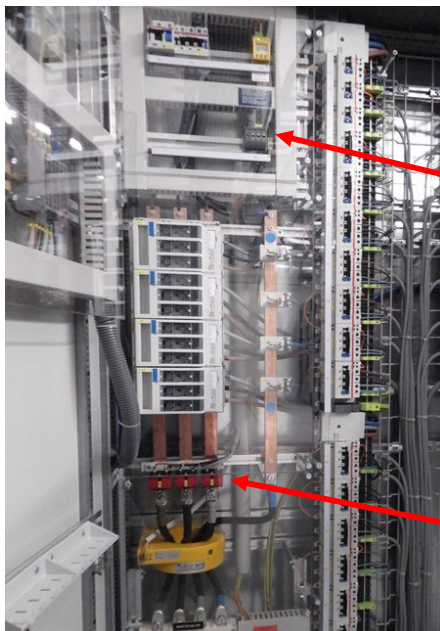
- Kabelschirme bei Schaltern grossflächig durchführen

Schirmanschluss mit EMV-Verschraubungen und Kontaktplatte aussen

Fyrabig-Anlass EIT.zürich: 12.09.2023 hybride Durchführung

103

103



schlechtes Beispiel

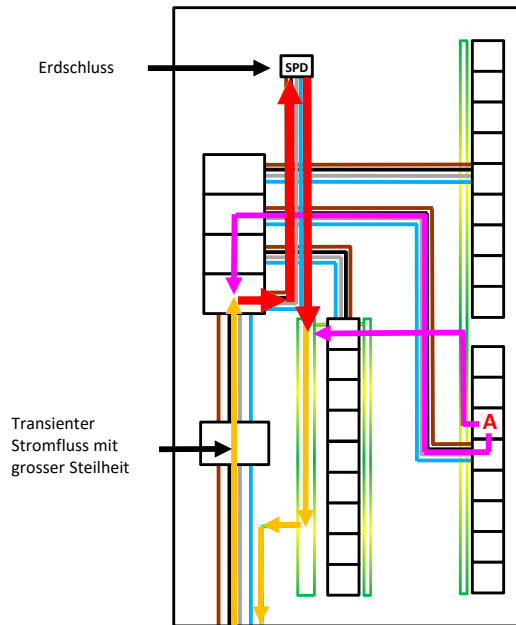
Überspannungsableiter zu weit vom Einspeisungspunkt entfernt

Einspeisung

Fyrabig-Anlass EIT.zürich: 12.09.2023 hybride Durchführung

104

104



schlechtes Beispiel

- Die Anschlussleitungen, die mit Ableitstrom durchflossen sind, kann man sich wie Prüfspitzen eines Voltmeters vorstellen (im MHz Bereich)
- Spannungsabfall für Abgang **A**
inkl. Spannungsabfall über SPD

Überspannungsschutz Grundsätze:

- Beim Einbau von Überspannungsschutzgeräten dürfen die beschalteten Leitungen nicht mit unbeschalteten parallel (gemeinsam) geführt werden
- Erdanschlüsse für Überspannungsschutzgeräte auf dem kürzesten Weg mit dem Potenzialausgleich verbinden (Vermaschte Metallkonstruktionen, Bewehrung usw.)
- Erdleiter (Ableitungen) nicht in Kabelführungssystemen oder Verdrahtungskälen verlegen
- Schutzgeräte immer bei Zonenübergängen (z.B. 0 – I)

NISV (SR 814.710 mit [Stand 1. Juli 2016](#))

Massnahmen gegen elektromagnetische Einflüsse:

Für neue Hausinstallationen statuiert die NISV die Minimierung der magnetischen Flussdichte an sogenannten Orten mit empfindlicher Nutzung (OMEN).

- Hausinstallationen sind nach dem anerkannten **Stand der Technik** so auszuführen, dass die **magnetische Flussdichte** an den Orten mit empfindlicher Nutzung **minimiert** wird.
- Als anerkannter Stand der Technik gelten insbesondere die Vorschriften der Niederspannungs-Installationsnorm (NIN).

NISV (Verordnung), **PR-NIS** (PlanungsRichtlinie)

- Etliche der beschriebenen EMV-Massnahmen bilden auch in Bezug auf die biologischen Wirkungen Verbesserungen
- Bereiche werden nach OMEN und **SpezielleOMEN** gegliedert
- Die elektrobiologisch orientierten Vorsorgemassnahmen haben zum Ziel, die Emissionen zu reduzieren, soweit es technisch und mit vernünftigem Aufwand machbar und wirtschaftlich tragbar ist
- Die Feldemissionen sollen grundsätzlich so tief wie möglich gehalten werden
- Durch Architekten und Elektroplaner sollen geeignete Massnahmen frühzeitig (**Vorprojekt**) planerisch berücksichtigt werden

Emissions- und Immissionsgrenzwerte OMEN / Nutzungszonen

Grenzwerte (Auszug)		Orte / Bereiche	Aufenthalt	Abstände
100 μT	Immissionsgrenzwert 1) Magnetische Flussdichte 50 Hz	Gilt für alle Räume / Bereiche / Orte	Muss überall eingehalten sein wo sich Menschen aufhalten können	Wandabstand: 0,2 m Bodenabstand: 0,2 m Höhe ab Boden: 2,0 m
1 μT 6 V/m	Emissionsgrenzwert (einer Anlage) Magnetische Flussdichte 50 Hz Elektr. Feldstärke WLAN	OMEN NISV	Wo sich Menschen regelmässig während längerer Zeit (3-4 Std) aufhalten	Wandabstand: 0,2 m Bodenabstand: 0,5 m Höhe ab Boden: 2,0 m
0.4 μT 0.6 V/m	Emissionsgrenzwert 2) Magnetische Flussdichte 50 Hz Elektr. Feldstärke WLAN	NZA 3) PR-NIS	Speziell empfindliche Nutzung	Wandabstand: 0,2 m Bodenabstand: 0,2 m Höhe ab Boden: 2,0 m

1) Gilt für alle elektrische Installationen und Anlagen bei 50 Hz. (Andere Frequenzen siehe NISV)

2) Gilt für Elektrische Installationen (Hausinstallationen)

3) Als Nutzungszonen A gelten Orte, an denen sich vorwiegend Nutzer aufhalten, die als besonders empfindlich eingestuft werden
z.B. Kinderkrippen, -horte, -gärten und -spielplätze, Schlafzimmer, Bettenzimmer.

Die NISV definiert Grenzwerte der Emission und Immission für:

- Frei- und Kabelleitungen
 - Transformatorenstationen
 - Unterwerke und Schaltanlagen
 - Elektrische Hausinstallationen
 - Eisenbahnen und Strassenbahnen
 - Sendeanlagen für Mobilfunk und drahtlose Teilnehmeranschlüsse
 - Sendeanlagen für Rundfunk und übrige Funkanwendungen
 - Radaranlagen
- } Noch keine Mess-empfehlung vom BAFU

EMV soll nicht dem Zufall überlassen werden!



Fyrabig-Anlass EIT.zürich: 12.09.2023 hybride Durchführung

113

113



ARNOLD

ENGINEERING UND BERATUNG
AG für EMV und Blitzschutz

**beraten, konzipieren, messen, analysieren, unterstützen,
kontrollieren, untersuchen, prüfen, informieren**

www.arnoldeub.ch

Wallisellerstrasse 75, 8152 Opfikon, Tel. 044 / 828 1551

Fyrabig-Anlass EIT.zürich: 12.09.2023 hybride Durchführung

114

114