

Dipl.-Ing. Michael Zimmermann

Buchenstr. 15
42699 Solingen

☎ 0212 46267

🌐 <https://kruemelsoft.hier-im-netz.de>

✉ BwMichelstadt@t-online.de

Michelstadt (Bw)

Übersicht

Elektrische Sicherheit für Module	2
Verwendete Quellen	2
Modulverbindungen.....	3
Buchsen.....	3
Hetero – Buchsen fest eingebaut	3
Hetero – Buchsen und Stecker an Kabeln	3
Kabellängen	4
Kettenbildung	4
Weitere Arten der Modulverbindung	5
Netzversorgung	6
Trafo und Booster	6
Sicherheitsstecker und -buchsen	8
Verlängerungskabel, Kabeltrommeln und Mehrfachsteckdosen	8
Gerätespezifikation – SELV	9
Fazit / Zusammenfassung	10
Empfehlungen	10
Was ist jetzt zu tun?	10
Versionsgeschichte	10

Wichtiger Hinweis:

dieses Dokument wurde nach bestem Wissen und Gewissen erstellt und ist eine Zusammenstellung ohne Anspruch auf Vollständigkeit, Fehlerfreiheit oder Rechtssicherheit.

Der Autor dieser Anleitung übernimmt keine Haftung für beliebige Schäden oder Folgen, die durch Anwendung dieser Dokumentation entstehen. Wer Fragen oder Zweifel hat, der möge mich ansprechen BEVOR es zu Problemen kommt.

Die Nennung von Marken- und Firmennamen geschieht in rein privater und nichtgewerblicher Nutzung und ohne Rücksicht auf bestehende Schutzrechte.

*Diese Zusammenstellung wurde nach bestem Wissen
in der Hoffnung erstellt, dass sie nützlich ist.
Wenn sie nicht nützlich ist – dann eben nicht.*

Elektrische Sicherheit für Module

Eigentlich nichts neues – und doch wirft dieses Thema immer wieder Fragen auf.

Solange man sich im Privatbereich aufhält, bleibt die elektrische Sicherheit (nahezu) Privatsache. Begibt man sich aber auf Ausstellungen, so werden an die elektrische Sicherheit besondere (hohe) Anforderungen gestellt.

Die wichtigsten Kernfragen sind hierbei:

- Bis wohin reicht die Netzversorgung von 230V~ und was ist bei der Verwendung von Komponenten hier zu beachten?
- Wie wird eine (vernünftige) Verbindung zwischen den Modulen hergestellt?

Zum zweiten Punkt wurde bereits ein Dokument von W. Hückel erstellt:

- [Modul-Elektrik.pdf](#)

und auch im FREMO (von dem viele Gedanken, Ideen und Geräte stammen) gibt es ein Dokument (Link [siehe hier](#)):

- [Fremo_Elektro_V_1.0.pdf](#)

Wenn man in diesem Info-Blatt jetzt die elektrische Sicherheit betrachtet, so sind immer wenigstens zwei Normen zu berücksichtigen:

- Ganz oben steht immer die DIN VDE 0100 besonders VDE 0100-711 „Ausstellungen, Shows und Stände“. Die DIN selbst ist nicht öffentlich und nur käuflich zu erwerben. Für Modulisten ohne weitreichende Kenntnis und Ausbildung in Elektrotechnik und -installation sind diese nicht einfach zu lesen.
- Für uns Modellbahner hat der MOROP Normen verfasst, in unserem Fall die **NEM 609** „Richtlinien zur elektrischen Sicherheit bei Modellbahnausstellungen“

Deshalb schauen wir hier

- in die FREMO-Beschreibung
- und in die NEM 609

und versuchen, das Thema auf einfache Regeln und Sachverhalte herunter zu brechen.

Unabhängig von einem Ausstellungsbetrieb sind die Anregungen auch im Privatbereich sicherlich gut anwendbar.

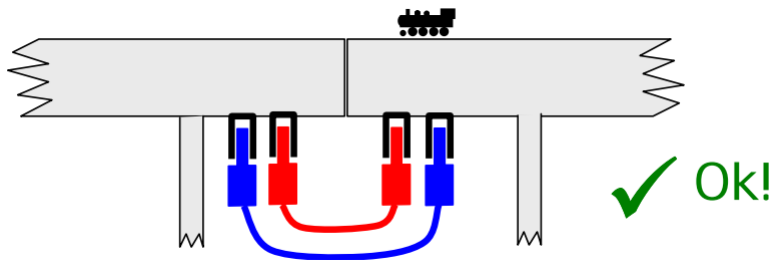
Verwendete Quellen

- FREMO (<https://www.fremo-net.eu>)
- FREMO-Modulelektrik (<https://www.fremo-net.eu/praxis/moduleelektrik> bzw. als PDF: [Fremo_Elektro_V_1.0.pdf](#)
https://www.fremo-net.eu/index.php?eID=tx_securedownloads&u=0&g=0&t=1694186809&hash=ab0aa034be401529fc7d658ecdb50f9ee24e0115&file=fileadmin/Documents/Fremo_Elektro_V_1.0.pdf)
- NEM 609 (https://www.morop.org/downloads/nem/de/nem609_d.pdf)
- wUSBiso: <https://github.com/Kruemelbahn/USBiso>

In alle Dokumente kann Einsicht genommen werden– was auch empfohlen wird.

Modulverbindungen

Buchsen



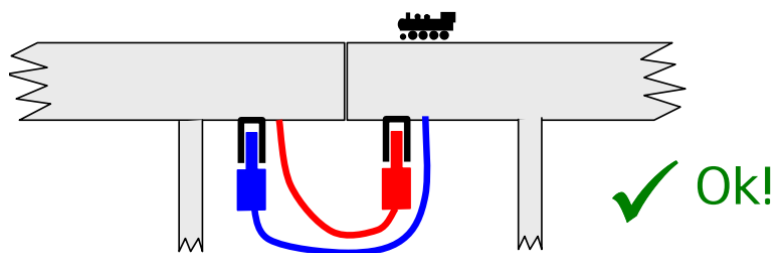
(Bildquelle: Fremo_Elektro_V_1.0.pdf)

So mache ich es bisher bei meinen Modulen und verwende dabei 4mm-Büschelstecker mit passenden Buchsen. Wichtig ist, dass die verwendeten Kabel eine Länge von ca. 50cm nicht überschreiten (siehe auch im Abschnitt [Kabellängen](#)).

Übrigens: auch im Dokument [Modul-Elektrik.pdf](#) wird die Verwendung dieser Art der Modulverbindungen empfohlen.

Vorteil: Diese Verdrahtung erlaubt auch eine gute Flexibilität, wenn die Polarität gedreht werden muss (z.B. bei einem Wendemodul).

Hetero – Buchsen fest eingebaut

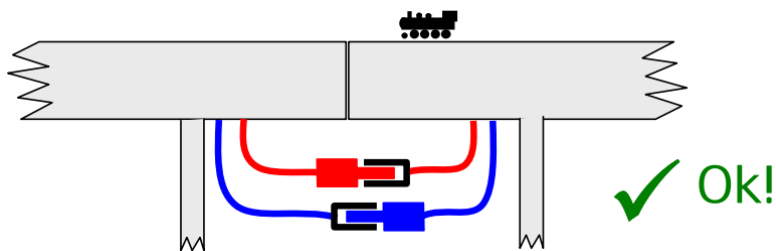


(Bildquelle: Fremo_Elektro_V_1.0.pdf)

Hier ist auf jeder Seite eine Buchse fest eingebaut und ein Stecker an einem kurzen Kabel.

Nachteil: Muss die Polarität getauscht werden, wird es schwierig.

Hetero – Buchsen und Stecker an Kabeln

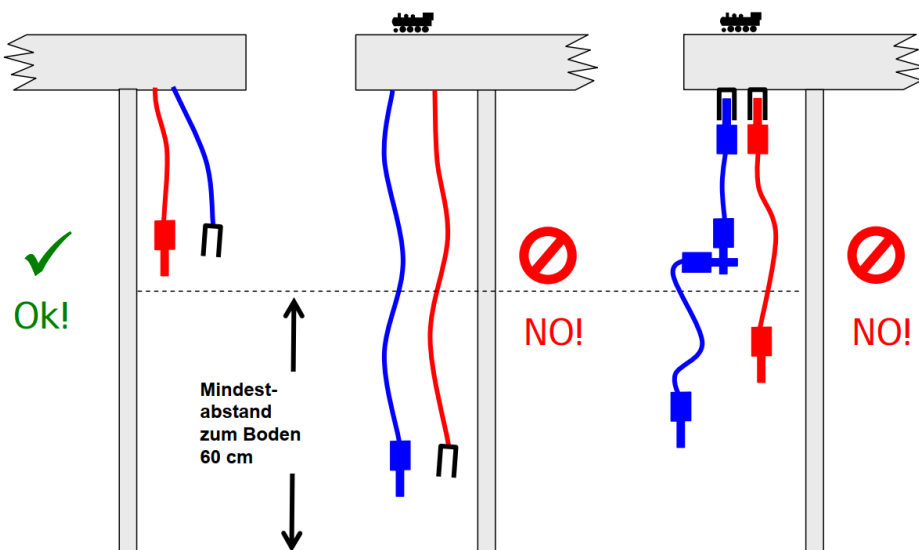


(Bildquelle: Fremo_Elektro_V_1.0.pdf)

Hier sind auf beiden Seiten Stecker an einem kurzen Kabel angebracht.

Nachteil: Muss die Polarität getauscht werden, wird es schwierig.

Kabellängen



(Bildquelle: Fremo_Elektro_V_1.0.pdf)

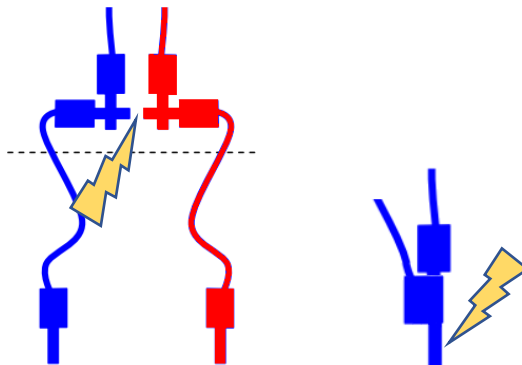
Der FREMO definiert hier für sich eine gedachte Linie von 60cm über dem Boden (also in etwa halbe Modulhöhe), in diesen Bereich dürfen Kabel von oben herabhängen (linkes Bild, siehe auch [Buchsen](#)).



Was nun gar nicht geht: wenn die Kabel länger herunterhängen (Bild Mitte) oder verlängert werden (Kettenbildung, Bild rechts) und so auch die Möglichkeit besteht, dass Stecker in eine Steckdose mit Netzspannung gesteckt werden können. Eine mögliche Lösung hierfür wird im Abschnitt für die [Alternativen](#) beschrieben.

Kettenbildung

Kettenbildung ist gefährlich: offen liegende Stecker, erst recht, wenn diese locker herunterhängen, können Kontakt mit einem weiteren Stecker bekommen (Bild links) und so einen Kurzschluss auslösen! Problematisch sind natürlich auch offene Steckerenden (bei allen Steckertypen, auch bei Turmsteckern, Bild rechts)



Diese reale Gefahr ist mir schon passiert und hat mich einen Transformator gekostet. Dass es nicht zu weiteren Schäden kann, ist einer Gebäudesicherung und einem Fehlerstrom(FI)-Schutzschalter zu verdanken.



Um es deutlich zu sagen: offene Kontakte (auch bei ungenutzten Anschlüssen) sind unzulässig und ein absolutes NoGo!

Kettenbildung an sich ist nun nicht grundsätzlich verboten, aber wo immer möglich, zu vermeiden. Um Kurzschlüsse zu vermeiden, sind entweder von vornherein

- Buchsen
- Turmstecker oder
- Querlochstecker mit Schutzkragen

zu verwenden:


<p>Buchsen</p> 	<p>Turmstecker links ohne, rechts mit „Sicherheitskragen“</p> 	<p>Querlochstecker mit Schutzkragen (nicht „Sicherheitskragen“!)</p> 
--	--	--

(Bildquelle: www.reichelt.de)

Weitere Arten der Modulverbindung

Verbindungen zwischen Modulsegmenten (= Module, die zu immer zusammengehören) können natürlich auch über Mehrfachstecker vorgenommen werden. Ich empfehle und verwende hier die bekannten SUB-D25-Steckverbinder. Das Verbindungskabel ist dann ca. 0,5m lang und hat an einem Ende einen Stecker, am anderen Ende eine Buchse. Dabei sind alle Adern des Kabels 1:1 angeschlossen.

Bei der Verwendung von SUB-D-Kabeln ist unbedingt auf den Querschnitt zu achten:



Fertig konfektionierte Kabel (so wie sie z.B. in der Computertechnik für den Anschluss von Druckern üblich sind oder waren) haben meist nur einen sehr geringen Leiterquerschnitt (i.d.R. AWG 28±0,08mm², das ist zu wenig!). Wenn da ein Fahrzeug mit höherer Stromaufnahme drüberfährt, kann die Spannung so stark einbrechen, dass das Fahrzeug stehen bleibt, weil die verbleibende Spannung nicht mehr zur Versorgung des Decoders ausreicht.


Abhilfe:

- zwei oder mehr Pins des Kabels parallelschalten (nicht im Kabel, sondern im Modul!)
- und / oder gleich ein Kabel mit größerem Querschnitt verwenden.

Übrigens: der Hinweis auf einen vernünftig dimensionierten Kabelquerschnitt gilt immer und überall...

Über diese Verbindungen kann natürlich auch eine Gleich- oder Wechselspannung (Niederspannung bis 25V, siehe auch [hier](#)) zur allgemeinen Versorgung transportiert werden.

230V~-Netzspannung ist hier unzulässig und ein absolutes NoGo!

Und auch hierfür gilt der Hinweis  (siehe oben)!

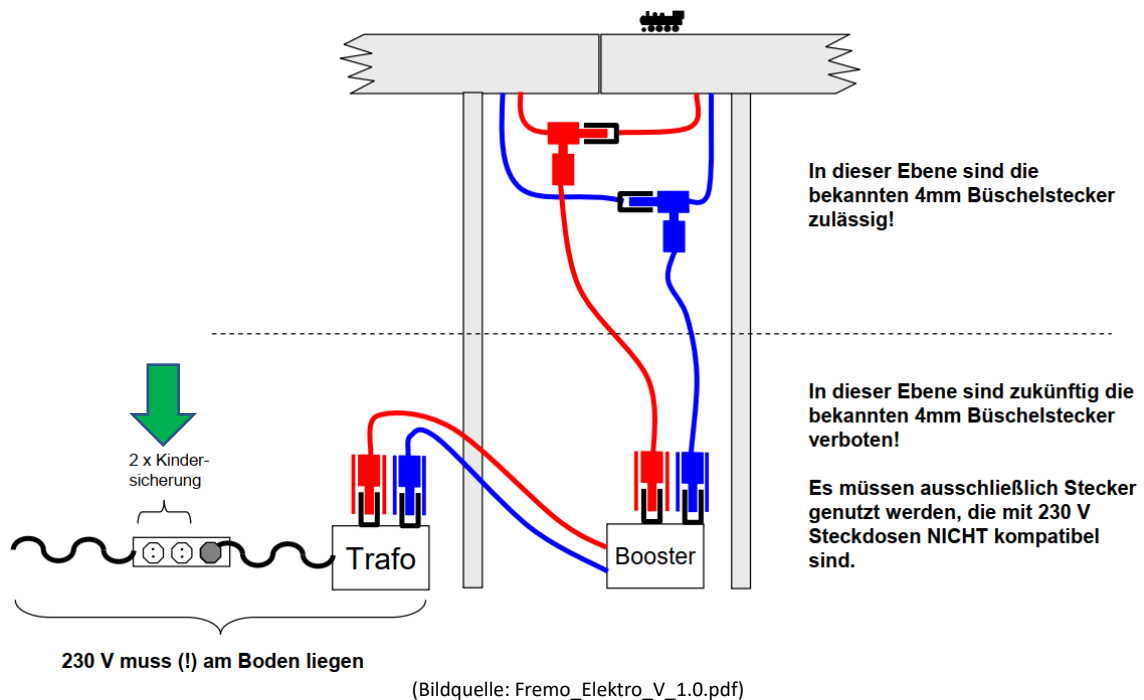
Übrigens: auch im Dokument [Modul-Elektrik.pdf](#) wird die Verwendung dieser Art der Modulverbindungen empfohlen.

Netzversorgung

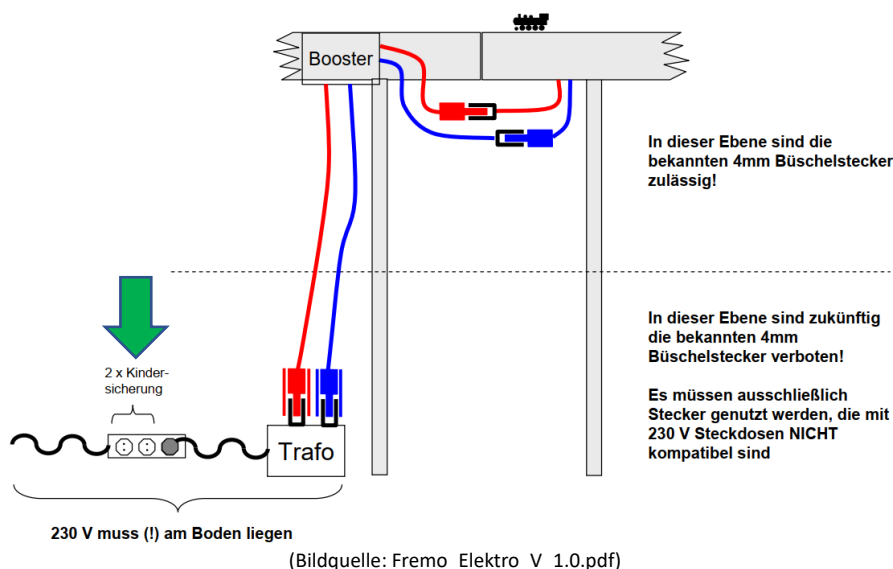
Trafo und Booster

Hier gibt es elementare Grundregeln:

- Kabeltrommeln, Mehrfachsteckdosen und **Trafos/Netzgeräte MÜSSEN** auf dem Boden liegen
- ein fester Einbau von Geräten mit Netzanschluss in die Module ist unzulässig!
- Kabelverbindungen zwischen Trafo ⇔ Booster ⇔ Gleis müssen so gestaltet sein, dass **keine** Verbindung zwischen 230V-Steckdosen und Gleis hergestellt werden kann
- offene Steckdosen sind **immer** mit einer **Kindersicherung** abzudecken



Diese Verkabelung ist auch auf Booster (z.B. dem Spaxbooster) anwendbar, die direkt im Modulkasten verbaut sind – solange nicht auch die Geräte mit Netzspannung zur Versorgung des Boosters im Modulkasten fest verbaut sind:



Was hier – hoffentlich – deutlich wird: im unteren Bereich sind künftig die bekannten 4mm-Büchelstecker verboten und es müssen Steckverbinder / -systeme verwendet werden, die mit 230V-Steckdosen **NICHT** kompatibel sind.

Welche Alternativen gibt es hier?

- Will man beim Prinzip der bekannten Büchelstecker bleiben, so sind diese gegen Sicherheitsstecker und -buchsen auszutauschen.

Und hier sind ins besonders die Standard-4mm-Büchelstecker zu tauschen: denn diese passen eben auch in die 230V-Steckdosen! Und wenn man dann die Stecker gegen Sicherheitsstecker tauscht, müssen auch die 4mm-Buchsen gegen entsprechende Sicherheitsbuchsen getauscht werden. Man kommt also an einen kompletten Tausch nicht vorbei!

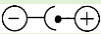
- Bei vielen neueren (Stecker-)Netzteilen sind zunehmend Hohlstecker anzutreffen. Ein solches Stecker-Buchsensystem ist inkompatibel zu 230V-Steckdosen.

Einbaubuchse	Kupplung	Stecker	
			
<p>Wichtig: diese Bauart ist nicht isoliert, d.h. der äußere Anschluss stellt eine Verbindung zum Gehäuse / der Montageplatte her!</p> <p>HEBL 21 – 2,1mm HEBL 25 – 2,5mm</p>	<p>HK 21 – 2,1mm HK 25 – 2,5mm</p>	<p>HS 21-9 – 2,1mm HS 25-9 – 2,5mm</p>	<p>HSW 21-9 – 2,1mm HSW 25-9 – 2,5mm</p>

(Bildquelle: www.reichelt.de)



Ich verwende dieses Stecker-Buchsensystem wie folgt:




- Ø-Mittenstift 2,1mm für 12/15V=
Damit passt der Stecker nicht in eine im Gerät eingebaute 2,5mm-Buchse
 - Ø-Mittenstift 2,5mm für 5V=
der Mittenstift ist immer der „+“-Anschluss: 
- Der Aussendurchmesser beträgt 5,5mm.

Übrigens: auch im Dokument [Modul-Elektrik.pdf](#) wird die Verwendung dieses Stecker-Buchsensystems im Abschnitt „Spannungsversorgung – Empfehlung“ empfohlen.

- Andere Stecker-Buchsensysteme können natürlich auch verwendet werden, solange diese inkompatibel zu den 230V-Steckdosen sind.

Sicherheitsstecker und-buchsen

Das sind in diesem Fall Stecker (mit passenden Buchsen), die den 4mm-Büchelsteckern entsprechen, aber mechanisch nicht in eine 230V-Steckdose passen:

<p>Büchelstecker (hier mit Querloch)</p>  <p>Hier besteht die Gefahr, dass der Stecker – von wem auch immer – in eine Steckdose gesteckt wird. Es können dann 230V~ in die Modulelektrik oder aufs Gleis geraten und Schäden für Leib und Leben nach sich ziehen (da sind dann Schäden am Modul - Brandgefahr! - fast schon von untergeordneter Bedeutung)!</p>	<p>Büchelstecker mit „Sicherheitskragen“</p>  <p>Der Sicherheitskragen verhindert, dass der Stecker in die 230V~-Steckdose gesteckt werden kann.</p> <p><u>Nachteil:</u> hierzu muss dann bei den Geräten, die hiermit verbunden werden, auch eine Sicherheitsbuchse eingebaut werden:</p> 
--	--

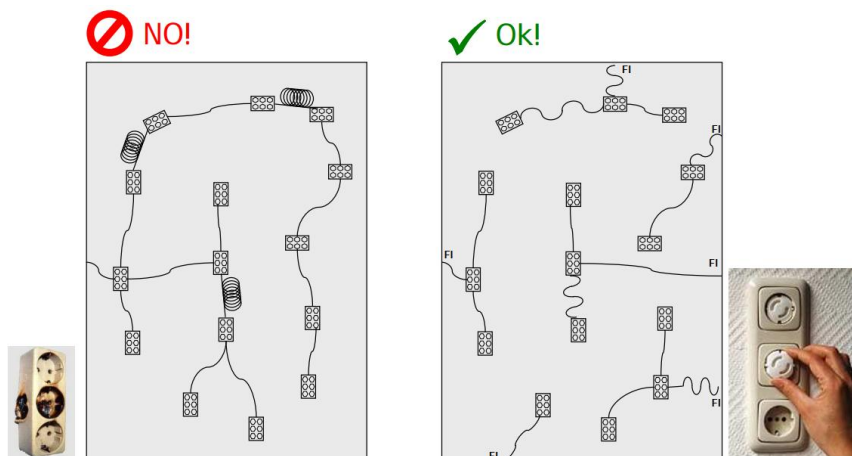
(Bildquelle: www.reichelt.de)

An dieser Stelle soll nicht verschwiegen werden, dass die Umstellung auf diese Sicherheitsstecker und -buchsen kostenintensiv ist. Da ist das Hohlstecker-Buchsensystem deutlich preiswerter...

Verlängerungskabel, Kabeltrommeln und Mehrfachsteckdosen

Auch hierzu gibt es elementare Grundregeln:

- FI / Schutzschalter
Dieser sollte eigentlich in den Räumen des Veranstalters vorhanden sein, das Vorhandensein ist zu erfragen. Ansonsten gibt es auch mobile FI-Schalter (...ich habe einen solchen immer dabei...)
- **Kindersicherungen** in allen ungenutzten Dosen
- Kabeltrommeln immer ganz abrollen
- KEINE Kettenbildung von Verlängerungskabeln / Mehrfachsteckdosen



(Bildquelle: Fremo_Elektro_V_1.0.pdf)

Gerätespezifikation – SELV

Für Transformatoren und Netzgeräte gibt sogenannte Schutzklassen. Es ist sicherzustellen, dass entsprechend gekennzeichnete Geräte zum Einsatz kommen, siehe auch **NEM 609** (Link [siehe hier](#)):

SELV (separated extra low voltage): Bei normalen, trockenen Umgebungsbedingungen ist ein Schutz gegen direktes Berühren (Basisschutz) nicht notwendig.

Anmerkung: SELV bedeutet eine galvanische (=elektrische) Trennung zwischen Primär (Netz)-Seite und Sekundär (Modellbahn)-Seite.

Die als Stromversorgung zu den Fahrzeugen dienenden Schienen der Modellbahn sind offene Leiter, die berührt werden können. Für den Betrieb von Modellbahnen ist deshalb die **ausschließliche Verwendung von SELV mit beschränkten Spannungsbereichen**

(Anmerkung: Gleichstrom $U \leq 33$ V, Wechselstrom $U \leq 25$ V)

gesetzlich vorgeschrieben.

Die für die Stromversorgung erforderlichen SELV-Spannungen werden in der Regel mit Transformatoren erzeugt, die mit Niederspannung 230 V betrieben werden. Diese Transformatoren müssen der **Schutzklasse II** für elektrische Geräte entsprechen.

Kennzeichen der Schutzklassen:



Schutzklasse I



Schutzklasse II



Schutzklasse III

Sonderkennzeichen für Spielzeugtrafo
nach 5219 IEC 60417-1



statt Schutzklasse III-Zeichen

(Bild- und Textquelle: NEM 609)

Weitere zu beachtende Vorschriften, Normen und technische Regeln werden in der **NEM 609** (Link [siehe hier](#)) verständlich erklärt.



Wichtig und zu beachten: schließt man an die Modellbahnanlage einen Laptop, PC o.ä. an, so kann über den USB-Anschluss der SELV aufgehoben und zu PELV werden (siehe in **NEM 609** Abschnitt 8.2.3 Stromversorgung für elektronische Baugruppen, Bild 9b und Bild 9c (Link [siehe hier](#)). Hier ist eine Entkopplung erforderlich. Diese Entkopplung ist im Dokument zum *wUSBiso* von W. Hückel in Abschnitt 2 „Wozu benötigt man einen USB-Isolator?“ ausführlich beschrieben (Link [siehe hier](#)).

Fazit / Zusammenfassung

Empfehlungen

- Zu [Modulverbindungen](#)
- Zu [Modulverbindungen intern](#)
- Zu [Spannungsversorgung](#)

Und warum soll ich diese Empfehlungen befolgen?

Ganz einfach: wenn alle diese Verbindungstechniken berücksichtigen,

- sind wir bei der elektrischen Sicherheit auf der richtigen Seite – **im Besonderen bei öffentlichen Ausstellungen!**
- können alle Kabel bei Bedarf freizügig verwendet werden – wir uns also gegenseitig aushelfen, wenn ein Kabel fehlt/vergessen wurde oder gar defekt ist
- können (Stecker)Netzteile freizügig verwendet werden – wir uns also gegenseitig aushelfen, wenn ein (Stecker)Netzteil fehlt/vergessen wurde oder gar defekt ist

Was ist jetzt zu tun?

Die meisten haben wohl bei der [Modulverkabelung](#) keinen oder nur wenig Handlungsbedarf.

Anders sieht es bei der [Netzversorgung](#) aus: hier sind alle aufgefordert, Ihre Verkabelung zu sichten und bei Bedarf anzupassen.

Hier stehen besonders im Fokus: Transformatoren und Netzgeräte, die auf dem [Boden liegen \(müssen!\)](#) und einen Anschluss an das Modul über die nicht mehr erwünschten / erlaubten 4mm-Buchsen und -büschelstecker haben!

Versionsgeschichte

21.05.2023	Initiale Erstellung
24.05.2023	redaktionelle Korrekturen
08.06.2023	redaktionelle Korrekturen
18.06.2023	redaktionelle Korrekturen, Ergänzungen zu Empfehlungen
29.06.2023	Hinweis zu SUB-D-Kabeln ergänzt
03.07.2023	redaktionelle Ergänzung im Abschnitt „Was ist jetzt zu tun?“
25.08.2023	Anmerkung zu HEBL 21 bzw. HEBL 25
31.08.2023	Dokumententitel angepasst
02.09.2023	Link zu FREMO ergänzt
07.09.2023	FREMO Links angepasst
09.10.2023	redaktionelle Korrekturen
20.09.2024	redaktionelle Korrekturen
13.02.2026	redaktionelle Korrekturen