



1. Zweck der Norm

Die Empfehlung soll Anwendern Hilfe bei der Optimierung der Längen oder Querschnitte elektrischer Leitungen und bei ihrer Verlegung geben, damit wegen der räumlichen Ausdehnung der Modellbahnanlagen durch richtige Wahl der Leiterlänge unnötige Spannungsverluste auf den Leitungen und die gleichzeitig bestehende Gefahr der Leitungsüberhitzung (Brand- bzw. Kurzschlussgefahr!) vermieden werden.

2. Leitungen in Modellbahnsteuerungen

In Modellbahnanlagen führen Leitungen unterschiedlich große Ströme. Diese können im Wert sehr voneinander abweichen, was zu schädlichen Einflüssen im Stromkreis führen kann. Das erfordert gegebenenfalls die Berechnung der zulässigen Leiterlänge oder des Leiterquerschnittes.

2.1 Berechnung der zulässigen Leiterlänge

Der Spannungsfall ΔU auf Leitungen hängt ursächlich vom Leiterwiderstand R ¹ und der Strombelastung I ab. Die zulässige Leiterlänge l ² (Länge für Hin- und Rückleiter) in Abhängigkeit von Querschnitt q , Spannungsfall ΔU und Laststrom I ergibt sich nach folgender Formel:

$$l = \frac{\kappa \cdot \Delta U \cdot q}{I}$$

$\kappa = 56 \text{ m} / \Omega \text{ mm}^2$
spezifischer Leitwert³ bei 20 °C
für Kupfer⁴

2.2 Der Einfluss der Versorgungsspannung

Der Spannungsfall auf den Leitungen sollte nicht mehr als **10%** der Quellenspannung betragen. Bei gleichen Leiterquerschnitten für Hin- und Rückleitung entfallen auf jeden Leiter **5%**, $\Delta U = 0,8 \text{ V}$ bei 16 V und $\Delta U = 0,6 \text{ V}$ bei 12 V Quellenspannung. Für praktische Berechnungen reicht es aus, wenn man allgemein einen Spannungsfall von 1 V verteilt auf Hin- und Rückleiter (je Leiter 0,5 V) annimmt. Wird als Rückleiter ein Leiter mit erheblich größerem Querschnitt (3 – 5-fach) verwendet, so kann der ganze Spannungsfall dem Hinleiter zugerechnet werden. Praktisch verdoppelt sich so seine mögliche Länge!

2.3 Der Einfluss des Laststromes

Der Laststrom richtet sich immer nach den elektrischen Betriebsbedingungen des jeweiligen Verbrauchers der Modellbahnanlage; berücksichtigt werden muss stets der maximale Laststrom. Der Laststrom beeinflusst die Leiterlänge in reziproker Form; das bedeutet, dass sich die Länge halbiert, wenn sich der Strom verdoppelt.

¹ Der Leiterwiderstand R bestimmt den Spannungsfall ΔU bei gegebenem Laststrom; deshalb wird R durch $\Delta U / I$ ersetzt.

² Die zulässige Leiterlänge ist die Leiterlänge, bei der bei Einhaltung der Rahmenbedingungen Querschnitt, Maximallaststrom und zulässiger Spannungsfall weder Betriebsstörungen der Verbraucher oder Betriebsgefahren durch Überhitzung entstehen können; Kurzschluss ausgeschlossen.

³ Gelesen „Kappa“

⁴ Die Temperaturabhängigkeit von - 0,4% je K Temperaturänderung kann bei den offen in der Anlage verlegten Leitungen vernachlässigt werden.

2.4 Ausgewählte Berechnungsbeispiele für den Spannungsfall $\Delta U = 0,5 \text{ V}$ und den Laststrom $I = 1 \text{ A}$

Tabelle 1: Zulässige Leiterlängen für Drähte Tabelle 2: Zulässige Längen flexibler Leiter

d in mm	q in mm ²	l _{zul} in m	q in mm ²	l _{zul} in m
0,40	0,13	3,5	0,14	3,9
0,80	0,50	14,1	0,75	21,0
1,50	1,77	49,6	1,50	42,0

Rechenbeispiel:

Für den Drahtdurchmesser $d = 0,5 \text{ mm}$ soll die zulässige Leiterlänge bei dem Spannungsfall $\Delta U = 0,5 \text{ V}$ und einem Laststrom von $I = 1,2 \text{ A}$ berechnet werden. Bei Drähten muss zunächst der Leiterquerschnitt q berechnet werden mit der bekannten Formel $q = \pi \cdot d^2 / 4$. Für unseren Fall ergibt sich $q = 0,20 \text{ mm}^2$. In die obige Formel eingesetzt ergibt das:

$$l = \frac{56 \text{ m} \cdot 0,5 \text{ V} \cdot 0,20 \text{ mm}^2}{\Omega \text{ mm}^2 \cdot 1,2 \text{ A}}$$

- Rechengang:
1. Kürzen der Maßeinheiten mm^2 und Ω unter Beachtung von $V/A = \Omega$.
Es bleiben Meter (m) übrig.
 2. Die Rechnung ergibt die zulässige Leiterlänge zu 4,7 Meter.