

Fehlersuche in elektrischen Systemen

1 Allgemeines

1.1 Suchstrategie

Die Fehlersuche muss systematisch erfolgen, wenn sie zeitsparend und erfolgreich sein soll. In elektrischen Schaltungen gibt es im Allgemeinen mehrere Möglichkeiten, einen Fehler zu finden. Eine Suchstrategie sollte aber immer konsequent bis zum Ende geführt werden, um unnötige und doppelte Arbeiten zu vermeiden. Im Kraftfahrzeug kommen allerdings verschieden aufgebaute Stromkreise zur Anwendung, die unterschiedliche Suchstrategien erfordern. In den folgenden Anleitungen wird daher nach Aufbau der elektrischen Anlage und Fehlerart unterschieden.

1.2 Messgeräte

Für die Fehlersuche wird hauptsächlich ein Multimeter verwendet. In einigen Fällen ist ein Oszilloskop erforderlich. Handelsübliche Digitalmultimeter erfüllen im Allgemeinen alle Bedingungen für eine sichere Fehlersuche. Bei älteren Analogmultimetern kann die Messspannung und daraus folgend der Messstrom im Widerstandsmessbereich für Messungen in Systemen mit Steuergeräten zu hoch sein. Solche Geräte arbeiten oft mit Spannungen größer als drei Volt.

Oszilloskope müssen für den Einsatz im Kfz mindestens bis 400 V spannungsfest sein. Für Messungen an Zündanlagen müssen besondere Hochspannungstastköpfe verwendet werden, wenn ein direkter, galvanischer Kontakt zum Hochspannungskreis hergestellt werden muss.

1.3 Zubehör

Damit keine Schäden an Kabeln und Steckverbindern durch die Fehlersuche entstehen, müssen Adapter verwendet werden, die es ermöglichen, ein Messgerät anzuschließen. Diese Adapter können Prüfadapter sein, die in einen Steckverbinder eingesetzt werden oder, bei Arbeiten an Steuergeräten, sogenannte Pin-Boxen. Prüfspitzen, mit denen die Kabelisolierung durchbohrt wird, dürfen nie verwendet werden, weil dadurch spätere Korrosionsschäden nicht ausgeschlossen und auch die Kabellitzen beschädigt werden können.

1.4 Schaltplandarstellung

In den meisten abgebildeten Schaltungen dieser Anleitung sind Schalter im geschlossenen Zustand gezeichnet. Dies entspricht nicht der Normaldarstellung, in der elektrische Systeme im unbestromten Zustand und in Ruhestellung gezeichnet werden. Die Darstellung der Schalter im geschlossenen Zustand soll darauf hinweisen, dass für die Messungen im Stromkreis der Verbraucher eingeschaltet sein muss. Außerdem ist zu beachten, dass während der Fehlersuche gegebenenfalls weitere Schaltbedingungen erfüllt sein müssen (z. B. „KI 15 ein“).

1.5 Fehlerarten

In elektrischen Systemen lassen sich drei verschiedene Fehlerarten unterscheiden:

- Kurzschluss,
- Leitungsunterbrechung oder zu großer Übergangswiderstand,
- Elektromagnetische Störungen.

Je nach Fehlerart kommen verschiedene Fehlersuchstrategien zum Einsatz. Daher muss zunächst herausgefunden werden, welcher Fehler vorliegt.

2 Fehlersuche in einfachen Systemen

2.1 Einfache Systeme sind Stromkreise ohne Relais' oder Steuergeräte. Die Fehlersuchstrategien, die hier gezeigt werden, gelten im Wesentlichen auch in allen anderen Systemen.

2.2 Kurzschluss oder Unterbrechung

Da sich die Vorgehensweise bei einem Kurzschluss von der bei einer Unterbrechung, bzw. einem zu großen Übergangswiderstand unterscheidet, muss zunächst herausgefunden werden, welcher Fehler vorliegt.

Wenn die Sicherung nicht durchgebrannt ist, liegt eine Unterbrechung vor.
Ist die Sicherung durchgebrannt, lag oder liegt ein Kurzschluss vor.

3 Fehler „Stromkreisunterbrechung“

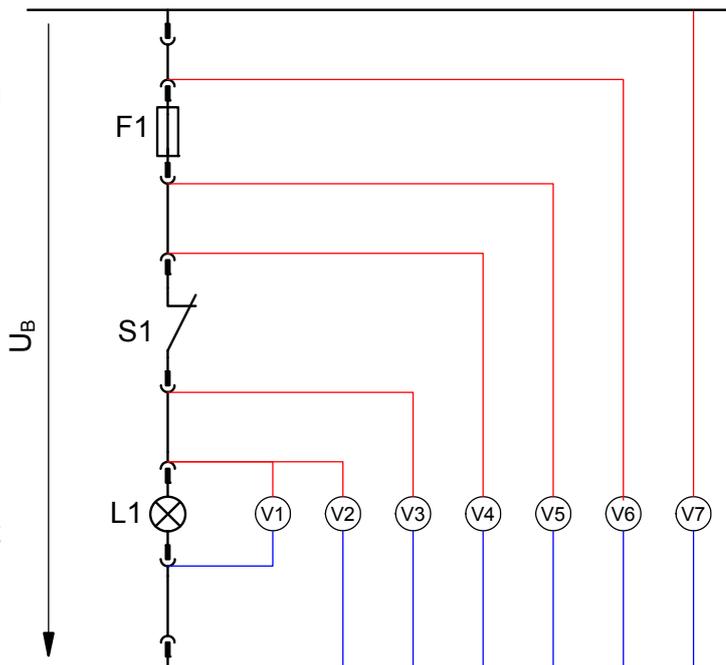
3.1 Die Fehlersuche erfolgt mit einem Spannungsmessgerät. Alle Schalter im Stromkreis müssen geschlossen sein. Die Fehlersuche bei einer Stromkreisunterbrechung unterscheidet sich nicht von der bei einem zu großen Übergangswiderstand. Beträgt der Messwert am Verbraucher bei einer vollständigen Leitungsunterbrechung 0 V, ergibt sich bei einem zu großen Übergangswiderstand ein größerer Wert, z. B. 2 V, der aber für eine Funktion des Verbrauchers nicht ausreicht. In der Fehlersuchanleitung wird aus Vereinfachungsgründen von einer vollständigen Stromkreisunterbrechung ausgegangen.

Die erste Spannungsmessung erfolgt direkt am Verbraucher. Liegt dort die Bordnetzspannung U_B an, ist der Verbraucher defekt.

Beträgt die Spannung 0 V, muss im nächsten Schritt festgestellt werden, ob die Plus- oder die Minusleitung unterbrochen ist. Wenn $U_2 = U_B$, ist die Minusleitung defekt.

Wenn $U_2 = 0$ V, ist die Plusleitung unterbrochen. Für die weiteren Messungen arbeitet man sich von Steckverbinder zu Steckverbinder entsprechend U_3 , U_4 , usw. bis zur Spannungsquelle vor.

Wenn sich der Messwert von einer Messstelle zur nächsten von 0 V auf U_B ändert, wurde das defekte Leitungsstück übersprungen. Ergibt beispielsweise $U_4 = 0$ V und $U_5 = 12$ V, ist das Leitungsstück zwischen Sicherung und Schalter defekt.



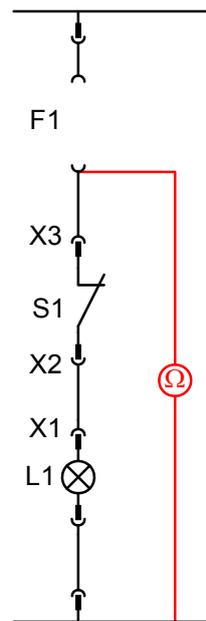
Wenn die Minusleitung über mehrere Abschnitte verfügt und bei der Messung U_2 als defekt erkannt wurde, muss dort ebenfalls nacheinander, vom Verbraucher ausgehend, jeder Steckverbinder gegen Masse gemessen werden. Ändert sich der Messwert von U_B auf 0 V, wurde das defekte Stück übersprungen.

4 Fehler „Kurzschluss“

- 4.1 Fehlersuche mit dem Widerstandsmessgerät
Alle Schalter im Stromkreis müssen geschlossen sein. Das Widerstandsmessgerät wird am Sicherungsausgang und der Masse angeschlossen. Der Sicherungsausgang kann durch eine Spannungsmessung gegen Masse festgestellt werden. Am Eingang der Sicherung liegt U_B an, am Ausgang liegt keine Spannung an.

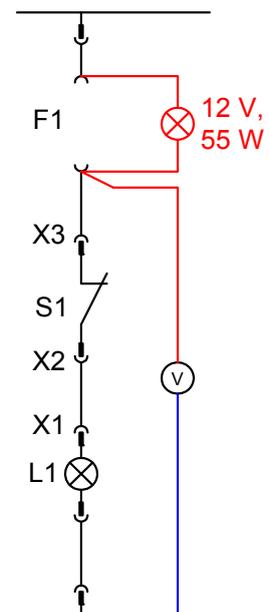
Liegt ein Kurzschluss zwischen Sicherung F1 und dem Masseanschluss des Verbrauchers vor, zeigt das Widerstandsmessgerät einen Widerstandswert an, der kleiner ist als der des Verbrauchers.

Die Steckverbinder X1, X2 und X3 werden nacheinander abgesteckt. Ändert sich der Widerstandswert nach Abstecken von X1 auf unendlich, liegt der Fehler im Verbraucher. Ändert sich der Widerstandswert nicht, wird X1 wieder aufgesteckt und X2 abgesteckt. Ändert sich der Widerstand auf unendlich, liegt der Fehler zwischen X2 und X1.



- 4.2 Fehlersuche mit dem Spannungsmessgerät
Alle Schalter im Stromkreis müssen geschlossen sein. An Stelle der Sicherung wird eine Scheinwerferlampe (12 V, ca. 55 W) angeschlossen. Diese Variante empfiehlt sich, wenn leistungsstarke Verbraucher im Stromkreis sind, deren Innenwiderstand kleiner als 1Ω ist.

Die Steckverbinder X1, X2 und X3 werden nacheinander abgesteckt. Ändert sich der Spannungswert nach Abstecken von X1 von 0 V auf U_B , liegt der Fehler im Verbraucher. Ändert sich der Spannungswert nicht, wird X1 wieder aufgesteckt und X2 abgesteckt. Ändert sich die Spannung auf U_B , liegt der Fehler zwischen X2 und X1. Gleichzeitig leuchtet die Lampe schwächer oder erlischt vollständig.

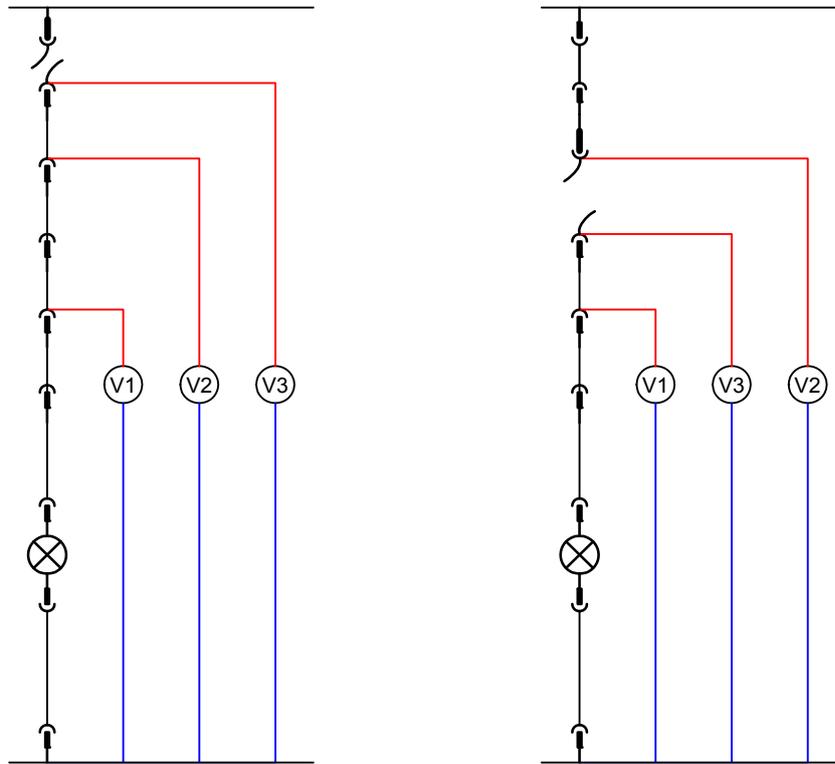


Anmerkung:

Die Lampe dient als Strombegrenzung. Eine 55-W-Lampe sollte nur bei Leitungsquerschnitten größer $0,75 \text{ mm}^2$ verwendet werden, da der Strom bei $U_B = 13,5 \text{ V}$ $3,3 \text{ A}$ beträgt. Sind die Kabelquerschnitte kleiner, sollte eine 21-W-Lampe verwendet werden. Da der Kaltwiderstand einer Lampe ungefähr um den Faktor 10 niedriger ist als der Widerstand bei leuchtender Lampe, ist auch die Stromaufnahme unmittelbar nach dem Einschalten um den Faktor 10 höher. Ein Hochlastwiderstand (3Ω , 60 W) ist daher besser geeignet als eine Lampe, weil dessen Widerstand nicht temperaturabhängig ist. Wird eine zu leistungsschwache Lampe oder ein zu hoher Widerstand verwendet, ist der Spannungsfall über einem leistungsstarken Verbraucher L1 ungefähr gleich groß, wie über einem Kurzschluss. Dann kann mit der Lampe nicht festgestellt werden, ob ein Kurzschluss vorliegt.

5 Optimierung der Suchstrategie

- 5.1 Wird ein langer Leitungsstrang mit vielen Trennstellen von einer Seite beginnend durchgemessen, sind sehr viele Messungen notwendig, bis ein Fehler am anderen Ende des Leitungsstrangs entdeckt wird. Der Zeit- und Messaufwand lässt sich verringern, wenn die Methode „Halbierung der Fehlerstrecke“ angewendet wird.



Dafür erfolgt die erste Messung in der Mitte der Gesamtstrecke gegen Masse, wenn der Messpunkt in der Plusleitung liegt und gegen Plus, wenn der Messpunkt in der Masseleitung liegt. Ergibt die Messung $U_1 = U_B$, liegt der Fehler unterhalb des Messpunkts für U_1 . Bei $U_1 = 0\text{ V}$ liegt der Fehler oberhalb des Messpunkts. Die nächste Messung erfolgt wieder in der Mitte des Leitungsteils, das durch die erste Messung als defekt erkannt wurde. In dem links abgebildeten Beispiel ergibt U_3 ebenfalls 0 V , so dass der Fehler in der Leitung zwischen Spannungsquelle und dem ersten Steckverbinder liegen muss.

Im rechts abgebildeten Beispiel ist $U_1 = 0\text{ V}$ und $U_2 = U_B$. Die nächste Messung muss daher zwischen U_2 und U_1 durchgeführt werden. Da $U_3 = 0\text{ V}$ ist, liegt der Fehler zwischen U_3 und U_2 , die keine weiteren Steckverbinder enthält.

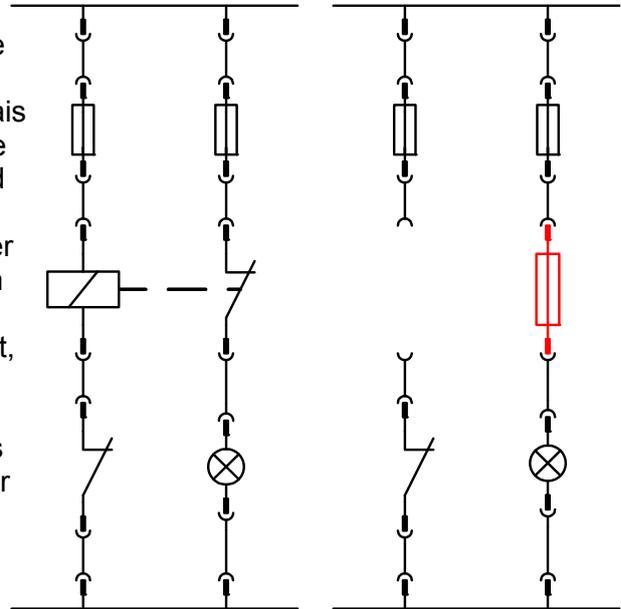
Um den Fehler in der linken Schaltung zu finden, sind bei der linearen Vorgehensweise sechs Messungen notwendig, während bei der Methode mit der Halbierung der Messstrecke nur drei Messungen notwendig sind. Die Anzahl der Messungen kann sich durch dieses Verfahren im günstigsten Fall halbieren.

Der Nachteil dieser Methode ist die Unübersichtlichkeit der Reihenfolge der Messungen. Sie setzt daher mehr Übung voraus als die lineare Vorgehensweise. Die Methode kann analog auch bei der Fehlersuche nach einem Kurzschluss angewendet werden.

6 Fehlersuche in Relaisschaltungen

- 6.1 Wie im einfachen Stromkreis werden die Sicherungen kontrolliert, um festzustellen, ob ein Kurzschluss vorliegt. Ist eine Sicherung durchgebrannt, erfolgt die weitere Fehlersuche nur noch im betroffenen Stromkreis, wie im einfachen Stromkreis unter „Fehler „Kurzschluss““ beschrieben.

Ist kein Kurzschluss vorhanden, muss zunächst herausgefunden werden, ob die Unterbrechung im Steuer- oder Arbeitsstromkreis ist. Dafür wird das Relais aus seinem Stecksockel gezogen und die Arbeitsstromkontakte, wie im rechten Bild gezeigt, im Relaissockel mit einem Kabel mit Sicherung überbrückt. Funktioniert der Verbraucher, liegt eine Unterbrechung im Steuerstromkreis vor oder das Relais ist defekt. Funktioniert der Verbraucher nicht, hat der Arbeitsstromkreis eine Unterbrechung. Die weitere Fehlersuche erfolgt dann in dem jeweiligen Stromkreis wie im einfachen Stromkreis unter „Fehler Stromkreisunterbrechung“ beschrieben.



Anmerkung:

Die Sicherung im Überbrückungskabel ist nicht unbedingt erforderlich, da die einzelnen Stromkreise üblicherweise abgesichert sind. Wird die Brücke jedoch z. B. versehentlich in einem unübersichtlichen Sicherungskasten mit B+ verbunden, kann es zu einem Kurzschluss kommen, der nicht über eine fahrzeugeigene Sicherung abgesichert ist.

7 Fehlersuche in Stromkreisen mit Steuergeräten

- 7.1 Die Fehlersuche unterscheidet sich prinzipiell nicht von der Suche in einfachen Stromkreisen oder Relaischaltungen. Allerdings muss in Schaltungen mit Steuergeräten beachtet werden, dass ein am Steuergerät angeschlossener Verbraucher im Fehlerfall eventuell vom Steuergerät abgeschaltet wird. Außerdem können durch vernetzte Steuergeräte Fehlfunktionen eines Verbrauchers durch Fehler im Stromkreis eines ganz anderen Steuergeräts verursacht werden.

(Wird noch ergänzt)

8 Fehlersuche in Datenübertragungssystemen (Bussysteme)

- 8.1 Elektrische Systeme
(Wird noch erstellt)
- 8.2 Optische Systeme
(Wird noch erstellt)
- 8.3 Funksysteme
(Wird noch erstellt)
- 8.4 Infrarotsysteme (drahtlose optische Systeme)
(Wird noch erstellt)

Fehlersuche "Kurzschluss" mit Spannungsmessung und Strombegrenzungslampe in der Sicherung

Prüfbeginn		
Spannung U (Sicherungsausgang → Masse) = 0 V, Lampe leuchtet hell	n	Aktuell kein Kurzschluss vorhanden
j		
X1 abziehen, U = 0 V, Lampe leuchtet hell	n	Kurzschluss im Verbraucher
j		
X2 abziehen, U = 0 V, Lampe leuchtet hell	n	Kurzschluss zwischen X1 und X2
j		
X3 abziehen, U = 0 V, Lampe leuchtet hell	n	Kurzschluss zwischen X2 und X3
j		
Kurzschluss zwischen X3 und Sicherung		

Fehlersuche "Kurzschluss" mit Widerstandsmessung

Prüfbeginn		
Widerstand R (Sicherungsausgang - Masse) $\leq 1 \Omega$	n	Aktuell kein Kurzschluss vorhanden
j		
X1 abziehen, $R \leq 1 \Omega$	n	Kurzschluss im Verbraucher
j		
X2 abziehen, $R \leq 1 \Omega$	n	Kurzschluss zwischen X1 und X2
j		
X3 abziehen, $R \leq 1 \Omega$	n	Kurzschluss zwischen X2 und X3
j		
Kabel am Sicherungsausgang abziehen, $R \leq 1 \Omega$	n	Kurzschluss zwischen X3 und Sicherung
j		
Kurzschluss am Sicherungsanschluss		

Fehlersuche in Relaisschaltungen

Fehlersuche in Relaisschaltungen								
Prüfbeginn								
Sicherung Arbeitsstromkreis defekt	n	Sicherung Steuerstromkreis defekt	n	Verbraucher funktioniert mit Steckbrücke im Arbeitsstromkreis	n	Spannung am Relaisstecksockel KI 85 - KI 86 = 12 V	n	Fehlersuche "Unterbrechung" im Steuerstromkreis
j		j		j		j		
Fehlersuche "Kurzschluss" im Arbeitsstromkreis		Fehlersuche "Kurzschluss" im Arbeitsstromkreis		Fehlersuche "Unterbrechung" im Arbeitsstromkreis		Relais defekt		