



GRUNDLAGEN DER FEHLERSUCHE

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	2
	Wieso? – Weshalb? – Wozu?	
2	Allgemeine Fehlersuch- Methodik	3
2.1	Herangehensweise	3
	Wie gehe ich allgemein an eine solche Aufgabe?	
2.2	Spannungsverfolgung	3
2.3	Durchgangs- und Schlussverfolgung	4
2.4	Strommessung	5
2.5	Oszilloskopieren	5
	Zusammenfassung	6
3	Beispiele	
3.1	Fehler im Spannungsteiler	6
3.2	Fehler in einem NF- Verstärker	7
4	Grundlagen	
4.1	Der Stromkreis	8
4.2	Nicht der Stromkreis	8
5	Prüfen und Messen	
	Geräte und Messfehler	9
	andere Fehlerquellen	10
6	Quellen	10

1. Einführung

Aus dem Leben: [Testaufbau, 29.11.2004]

„Als wir im Projektaufbau mit dem Testaufbau für unseren Gleichrichter anfangen – ahnten wir noch nicht, dass sich das hinziehen würde! Nachdem wir alle Bauelemente zu platziert hatten und die Betriebsspannung für den Operationsverstärker anschalteten, brach die Spannungsversorgung sofort wieder zusammen!

... Wat nu’?

Wenn die Spannung nicht so will, dann könnte das an einem Kurzschluss in der Schaltung liegen, aber selbst nach einer Stunde haben wir ihn nicht finden können.

Nach einem erneuten Aufbau: dann des Rätsels’ Lösung! – Die Betriebsspannung am OPV ist vertauscht gewesen (hat wohl einer nicht aufgepasst *g*)!“

Es wird sich also bisher jeder einmal mit Fehlersuche beschäftigt haben, sei es die Glühbirne auszutauschen („Warum wird es nicht hell?“), den Kochtopf von der kalten Platte auf die heiße zu stellen („Das Wasser wird einfach nicht warm!“) oder ein zweites Mal seine Analysisaufgabe zu rechnen („Wo ist denn nun der Vorzeichenfehler?“). Bei den meisten Fehlern, die so im Alltag auftreten, sagt uns unsere Erfahrung, was zu tun ist. Somit wissen wir, dass die Birne durchgebrannt ist oder die Batterien im Walkman leer sind. Falls man den Fehler aber damit nicht beheben konnte, sollte jemand zu Rate gezogen werden, der sich damit auseinander setzen kann – z. B. den kaputten Fernseher zum Reparieren bringen. In der Werkstatt wird dann das Gerät nach Fehlern durchsucht. Dies passiert auf zweierlei Wegen. Zum einen weiß auch der dortige Fachmann aus seiner Erfahrung, wo das Problem herkommen könnte. Er kann also gleich an dieser Stelle anfangen zu suchen. Wenn der Fehler lokalisiert ist, kann er meist mit Ersatzteilen entfernt werden. Dies ist oft der preiswertere Weg gegenüber einer Neuanschaffung. Der andere Weg ist der Weg, der wohl immer zum sicheren Entdecken des Fehlers führt. Mit logischen und methodischen Vorgehen lässt sich jeder Fehler finden, auch wenn dieser Weg sehr viel Zeit in Anspruch nehmen kann. In unserer heutigen Wegwerfgesellschaft ist eine solche Suche manchmal recht teuer und der Mensch kauft sich lieber ein neues Auto, einen neuen Fernseher oder ein neues Mobiltelefon anstatt eine teure Reparatur zu bezahlen.

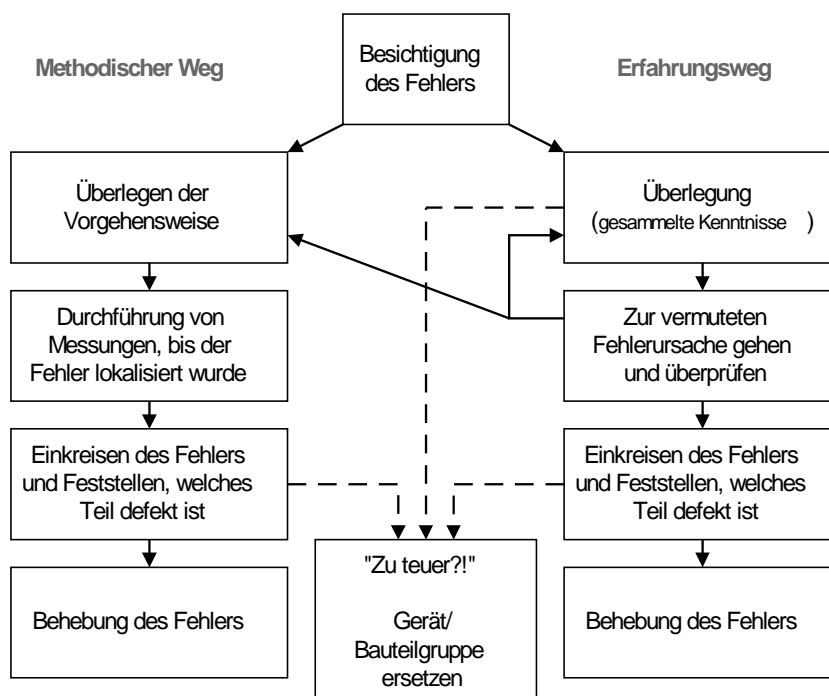


Abb. 1: Blockschaltbild Fehlersuche

2. Allgemeine Fehlersuch- Methodik

Erfahrungswerte gibt es natürlich viele und nur wenige lassen sich auf die Schnelle Erlernen! Solche Erfahrungswerte kann man aber sammeln. Es sollte während einer Fehlersuche Protokoll geführt werden, damit sich später nachvollziehen lässt, woran das Gerät mal gelitten hat oder warum es (immer noch) nicht funktioniert. Für solche Prüf-/Reparatur- und Abnahmeprotokolle gibt es Vordrucke. Allgemein werden ermittelte Messwerte und aufgefundene Fehler oder andere Mängel in das Protokoll aufgenommen. Bei elektrischen Anlagen und Geräten sind vor allem die Sicherheitsbestimmungen einzuhalten, bevor diese wieder in Betrieb genommen werden. Festlegungen darüber sind in DIN VDE 070 und DIN VDE 0701 zu finden.

2.1 Herangehensweise

An einem defektem Gerät oder einer nichtfunktionierenden Schaltung, sollte als erstes versucht werden, den Fehler anhand von äußeren Eindrücken zu lokalisieren oder einzugrenzen. Solche Fehlerquellen können zum Beispiel abgebrannte Widerstände, mit Kratern übersäte Käfer/Chips oder in der Luft hängende Leiter sein.

Falls keine Fehler per Draufschauen eingegrenzt werden können, wird meistens beim Einschalten geschaut: Was passiert von dem, was geschehen soll und was passiert, was eigentlich nicht auftreten soll? Dieses Ergebnis wird dann ausgewertet und wenn möglich wird die Fehlerquelle beseitigt. Ist der Fehler in dem Teil des Gerätes / der Schaltung nicht zu finden oder die gerade benutzte Funktion hilft nicht dabei, den Fehler aufzufinden, so überprüft man weiter Schaltungsteile und / oder benutzt eine andere Funktion. Die Fehlersuche kann also in drei einfache Schritte eingeteilt werden:

- Auslösen einer Funktion
- Auswerten des Ergebnisses
- Fehler korrigieren

Diese Methodik wird benutzt, um den Fehler einzugrenzen. Hierbei werden je nach möglichem Anwendungsgebiet verschiedene Fehlersuchverfahren ihre Anwendung finden.

2.2 Spannungsverfolgung

Die Spannungsverfolgung wird bei Anlagen benutzt, die gefahrlos in Betrieb genommen werden dürfen. Bei der Suche nach dem Fehler geht man den Weg zum Verbraucher oder vom Verbraucher zur Stromquelle. Der Fehler liegt dann zwischen zwei benachbarten Messpunkten, von denen einer eine Spannung aufweist, die dem Normalwert entspricht, und einer eine fehlerhafte (oder gar keine) Spannung aufweist.

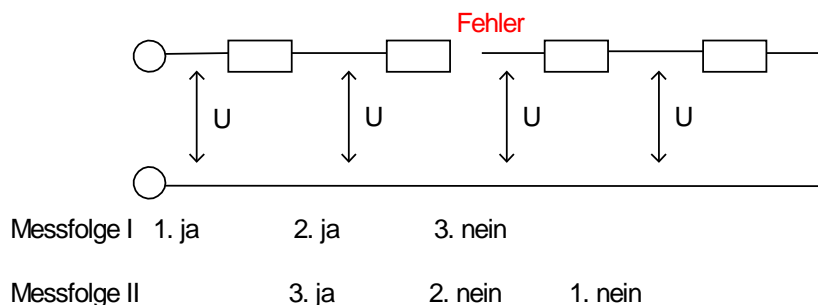


Abb. 2: Spannungsverfolgung

MERKE: Anlage in Betrieb
große Anlagen
Unterbrechungen (vermutlich)
WERKZEUG: Spannungsmesser
KRITERIUM: ?Richtige Spannung ?

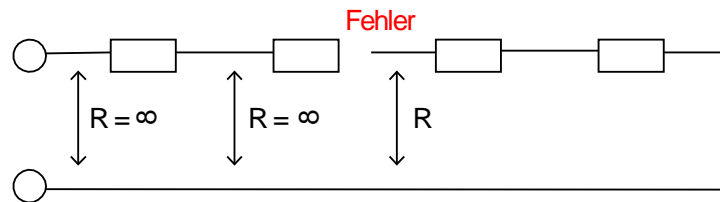
Falls die Spannungsverfolgung zu keinem befriedigenden Ergebnis kommt, so könnte es sich als zweckmäßig erweisen, die Durchgangs- und Spannungsverfolgung zu nutzen!

2.3 Durchgangs- und Schlussverfolgung

Wenn aufgrund eines Fehlers in der Schaltung (z. B. Kurz- oder unerwünschte Erdschlüsse) die Anlage nicht in Betrieb genommen werden kann, so nutzt man die Durchgangs- und Schlussverfolgung – der Stromkreis wird also im spannungslosen Zustand überprüft! Gemessen wird der Stromkreiswiderstand. In den meisten Fällen wird von der Quelle aus die Anlage abgetastet. Hierbei können zwei Fälle auftreten:

1. Zu hoher Stromkreiswiderstand – also eine Unterbrechung
2. Zu niedriger Stromkreiswiderstand – also ein Kurzschluss (oder Erdung)

Wenn der Stromkreiswiderstand zu groß ist, wird das Widerstandsmessgerät benutzt. Den Fehler findet man zwischen der letzten Messstelle mit zu hohem und der ersten Stelle mit normalem Stromkreiswiderstand.



Messfolge | 1. nein | 2. nein | 3. ja

Abb. 3: Durchgangs- und Schlussverfolgung - Unterbrechung

Bei zu niedrigem Stromkreiswiderstand gibt es mindestens zwei Orte, in denen dasselbe Potential vorliegt, obwohl nach der Art der Schaltung eine Spannungsdifferenz vorliegen sollte. Nachdem sichergestellt wurde, dass die Anlage nicht mehr unter Spannung steht, wird an der Einspeisestelle der Widerstand gemessen, während die Schaltung beginnend beim letzten Verbraucher aufgetrennt wird. Der Fehler liegt zwischen zwei Messpunkten, an denen die gleichen Widerstandswerte gemessen werden und wo vor dem ersten ein anderer Wert gemessen werden kann.

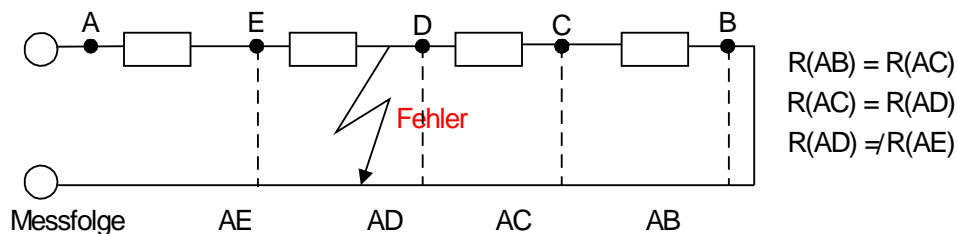


Abb. 4: Durchgangs- und Schlussverfolgung - Kurzschluss

MERKE: Anlage außer Betrieb
große Anlagen
Unterbrechungen (vermutlich)

WERKZEUG: Durchgangsprüfer
Niederohmmeter
Isolationswiderstandsmesser

KRITERIUM: ?Normaler Stromkreiswiderstand ?

In einigen Fällen können mit dem Widerstandsmessgerät keine Fehler gemessen werden, zum Beispiel wenn der Fehler nur unter hoher (>12V) Spannung auftritt. In solch einem Fall werden alle Verbraucher vom Stromkreis getrennt und man prüft mit dem Isolationsmessgerät.

Zeigen die Widerstandsmessungen nicht den gewünschten Erfolg, so ist eine Strommessung zweckmäßig!

2.4 Strommessung

Strommessungen werden nicht nur durchgeführt, wenn Widerstandsmessungen keinen Aufschluss geben. Es lassen sich vor allem induktive Widerstände, wie Spulen, Transformatoren der Motoren, überprüfen.

Wenn ein Kurzschluss vorliegt, so kann es passieren, dass der Strom Werte annimmt, die Schutzmechanismen auslösen. Vor allem wenn die Kurzschlüsse erst bei angelegter Spannung entsteht, lässt sich der Fehler nicht durch eine Widerstandsmessung finden – Strommessungen wären in diesem Fall also nicht möglich! Um trotzdem die Ströme messen zu können, wird ein Schutzwiderstand eingebaut, wodurch ein geringerer Strom in die Schaltung fließt und somit verhindert, dass Schutzmechanismen eingeschaltet werden. Der gemessene Strom kann dann in den tatsächlichen Strom zurückgerechnet werden:

$$I_{\text{tat}} = \frac{1}{\frac{1}{I_{\text{mess}}} - \frac{R_{\text{Schutz}}}{U}}$$

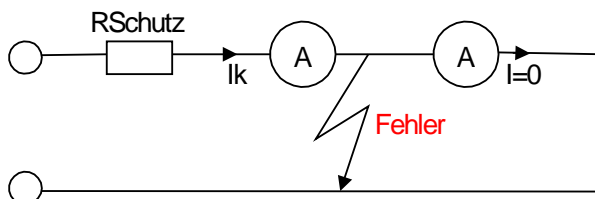


Abb. 5: Strommessung

2.5 Oszilloskopieren

Falls die vorangegangenen Fehlersuchmethoden nicht die erwünschten Messungen durchführen lassen, so lassen sich über das Oszilloskop Spannungs- und (über Messwiderstände) Stromkurven darstellen. Solange das Oszilloskop richtig eingestellt ist – Messbereiche, Triggerung / Synchronisation u. ä. – kann aufgrund verzerrter oder falscher Kurvenverläufe schwer auffindbare Fehler entdeckt werden.

Zusammenfassung (empfohlene Reihenfolge):

<i>bei gefahrloser Inbetriebnahme</i>	<i>ohne Inbetriebnahme (z.B. bei Gefahr)</i>
Besichtigung	
Spannungsverfolgung	
Durchgangsverfolgung	
- Widerstandsmessung - eventuelle Strommessung	- Widerstandsmessung - eventuelle Strommessung mit Schutzwiderstand - eventuelle Spannungsmessung von Teilanlagen, die stufenweise (zu-/) eingeschaltet werden
Funktionsprüfung	

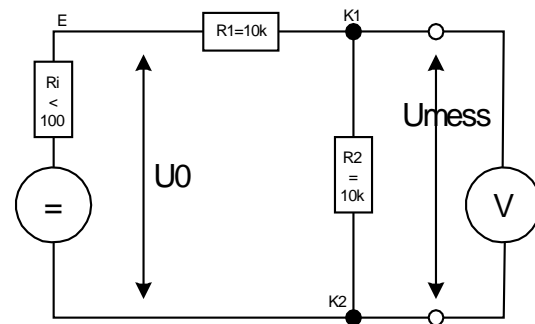
Tab. 1: Vorgehensweise

3. Beispiele

3.1 Fehler im Spannungsteiler

Gegeben: $U_0 = 10V$, $R_1 = R_2 = 10\text{ k}\Omega$

Wir wissen: $\frac{U_0}{U_{\text{mess}}} = \frac{R_1 + R_2}{R_2}$,



unsere gemessene Spannung sollte nur halb so groß sein, wie die Angelegte!

A: Wir messen keine Spannung! – Die Erfahrung sagt einem, dass es wahrscheinlich ist, dass in der Schaltung eine Unterbrechung vor dem Knoten K1 oder hinter dem Knoten K2 vorliegen könnte. Aber der Fehler kann auch aufgrund eines Kurzschlusses entstehen, falls R_2 oder R_1 und R_2 kurzgeschlossen werden.

Da wir keine sichtbaren Schäden an den Widerständen wahrnehmen können, führen wir eine Spannungsverfolgung durch:

- (1) U_{mess} ist 0V
- (2) U_0 ist auch 0V → ???
- (3) Überprüfung, ob die Versorgung einwandfrei arbeitet → alles okay !
- (4) Schlussfolgerung Fehler (Unterbrechung) liegt zwischen der Versorgungsquelle und dem ersten Widerstand

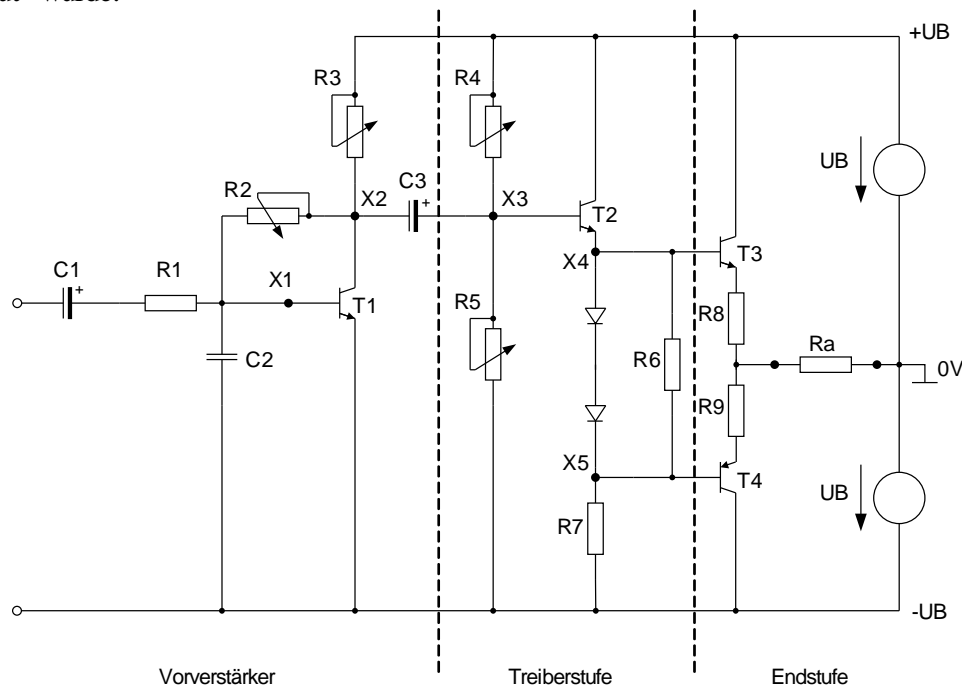
B: Wir messen eine Spannung von 10V! - Da sich eine Spannung von 10V einstellt, besteht die Möglichkeit, dass sich zwischen den beiden Knoten eine Unterbrechung finden lässt oder das R_1 kurzgeschlossen ist.

Da es sich wahrscheinlich um den Kurzschluss handelt, führen wir eine Widerstandsmessung durch:

- (1) Der Gesamtwiderstand von E nach K1 ist kleiner als R_1 .
- (2) Schlussfolgerung R_1 ist kurzgeschlossen!

3.2 Fehler in einem NF-Verstärker

Gegeben ist der NF-Verstärker, der im Labor der „Grundlagen der Elektrotechnik Ib“ aufgebaut wurde:



Folgender Fehler tritt auf:

- 2 Die Ausgangsspannung zeigt in laufender Periode immer wieder Abschnitte, in denen kein Signal am Ausgang anliegt!

Wir wollen uns nun im folgenden die Schaltung anschauen und uns dessen Funktionsweise bewusst machen.

Der NF-Verstärker ist in drei Stufen unterteilt (Vorverstärker, Treiberstufe, Endstufe). Zuerst wird die Spannung verstärkt und die Phase um 180° verschoben. Dann erfolgt eine Stromverstärkung. In der Endstufe arbeiten zwei Transistoren im Gegentakt, d.h. der eine Transistor lässt die „positiven“ Spannungen durch und der andere die „negativen“.

Da wir die Schaltung in Betrieb nehmen können und wir einen sich periodisch wiederholenden Fehler haben, wollen wir die Schaltung mit einem einfachen Signal testen und die Fehlersuche am Ausgang beginnen.

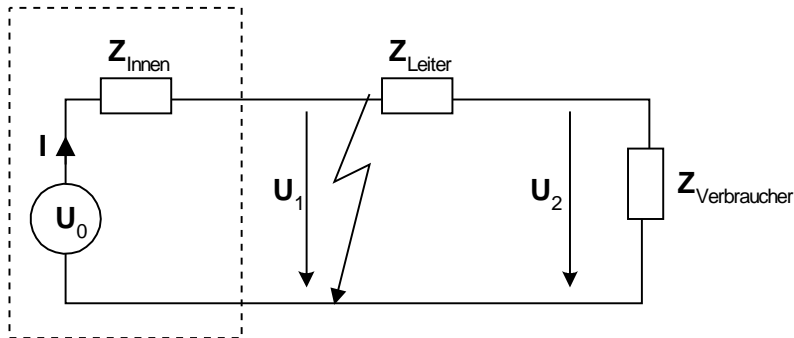
- (1) Wir schicken ein Sinussignal hinein.
- (2) Messung am Ausgang: Nur eine Halbwelle kommt durch!
- (3) Vermutung: Fehler in der Endstufe
{T₃, T₄, R₈ oder R₉ kaputt}
- (4) Da nur positive Signale durchgelassen werden, wird der obere Zweig untersucht
- (5) Feststellung: der Transistor wird zu keiner Zeit leitend
- (6) Austausch des Transistors und abschließender Test

4. Grundlagen

4.1 Der Stromkreis

In jedem Stromkreis gelten dieselben allgemeinen Regeln. Die beiden wichtigsten Sätze sind die von Kirchhoff (Knoten- und Maschenregel). Mit deren Hilfe können Fehler innerhalb eines Stromzweiges aufgezeigt werden, solange man weiß wie die Schaltung im Normalfall funktionieren sollte.

In folgendem vereinfachtem Aufbau, lassen sich mögliche Fehler anhand der Widerstände im Stromkreis aufzeigen:



Falls der (Realteil vom) Gesamtwiderstand ($Z_{\text{Gesamt}} = Z_{\text{Innen}} + Z_{\text{Leiter}} + Z_{\text{Verbraucher}}$) größer wird, so wird der Strom kleiner. Umgekehrt können auch sehr große Ströme auftreten, wenn Kurzschlüsse im System auftreten. Bei Kurzschlüssen ist es nicht möglich Spannungsmessungen durchzuführen. Auch die Widerstandsmessung ist nicht immer von Erfolg gekrönt. Sobald sich zwischen den Messpunkten und dem zu messenden Bauelement ein Kurzschluss befindet, der zum Beispiel nur bei angelegter Spannung auftritt (Überschlag), führt eine Widerstandsmessung mit geringer Messspannung nicht zum Ziel.

Wenn U_1 und U_2 kleiner sind, als sie sollten, so liegt der Fehler innerhalb der Strom-/Spannungsquelle – R_i ist zu hoch! Ist ein Fehler im Leitungsweg, so ist die Spannung U_2 am Verbraucher meist zu klein (Z_{Leiter} zu groß) oder man kann gar nicht erst eine Spannung messen (Kurzschluss). Auch im oder am Verbraucher könnte etwas kaputt sein – z. B. ein Kurzschluss (U_2 würde kleiner sein oder komplett verschwinden) oder der Widerstand des Verbrauchers ist zu groß oder sogar unendlich groß (Stromkreis ist nicht mehr geschlossen). Außerdem ist darauf zu achten, dass die Schaltung richtig gespeist wird (DC, AC, richtige Frequenz,...). Um sich das Leben zu erleichtern, sollte nach Möglichkeit die verschiedenen Stromkreise einzeln betrachtet und bei mehreren Quellen die Schaltung pro Quelle durchgemessen werden.

4.2 Nicht der Stromkreis

Es liegt nicht immer am Stromkreis, wenn ein Gerät nicht funktioniert. So gibt es weitere Fehlerarten, die teilweise schnell (durch Anschauen/Horchen) zu entdecken sind:

<i>Mechanik</i>	<i>Licht</i>	<i>Thermik</i>	<i>Akustik</i>
Schaltmechanismen, gebrochene Hebel oder Zahnräder usw.	verschmutzte oder unterbrochene Lichtwege	defekte Wärmeisolierung oder Kühlung	defekte oder verklemmte Membranen

5. Prüfen und Messen

Es gibt natürlich unzählig viele Mess- und Prüfgeräte, aber die wichtigsten sollten hier zusammen gefasste sein!

Man unterscheidet generell zwischen dem Prüfen und Messen eines bestimmten Zustands/Werts. Es lässt sich zum Beispiel schnell feststellen, ob der Herd an ist oder nicht!

Unter dem Prüfen versteht man das Feststellen eines bestimmten Zustandes – u. a. Vorhanden- oder Nichtvorhandensein einer Spannung, eventuell sogar die Polung bei Gleichstrom, oder Vorliegen eines Durchgangs oder einer Isolation.

Spannungsprüfer	Anzeige per LED, ob Spannung anliegt [Wechsel- und Gleichspannung; bei Gleichspannung oft mit (Polaritäts-) Anzeige]
Durchgangsprüfer	Feststellung eines leitenden Durchgangs [meist in der $0,1 \text{ bis } 10 \text{ k}\Omega$; auch hochohmig \rightarrow Isolationswiderstandsmesser]
Logiktester	Anzeige der Schaltzustände L und H

Um festzustellen, welchen genauen Wert ein Zustand besitzt, wird diese Größe gemessen. Dabei ist zu beachten mit welcher Genauigkeit man den Wert messen möchte.

Vielfachmessgerät	analog oder digital Spannung ($< 1000 \text{ V}$), Strom ($< 10 \text{ A}$), Widerstand, Kapazität, Temperatur, ... Gleichspannung: arithmetischer Mittelwert Wechselspannung: Effektivwert; ca. 15 bis 1k Hz
Strommesser	bis ca. 1000 A
Niederohmmeter	Strommessung bei einer Spannung von 1,5 bis 9 V 0,1 bis 100 Ω
Oszilloskop	hohe Frequenzen auch für höhere Spannungen keine Strommessung Anzeige der Kurve(n) - Vergleich eventuelle möglich Kurven zu speichern +++
Isolationsmesser	Messspannung von 250 -1000 V (im Mittel: 500 V) Strom sollte unter 12 mA liegen Gebrauchsbereich $10^3 \text{ bis } 10^6 \Omega$ (Anzeige $1 \text{ bis } 10^6 \Omega$)

Man kann leider nicht immer davon ausgehen, dass ein benutztes Gerät einem den absolut genauen Wert gibt. Jedem Gerät wird eine relative Genauigkeit bescheinigt, wie nahe der angezeigte Wert, dem tatsächlichen Wert ist.

Aber es treten auch andere Fehlerquellen auf!

- *Ablesefehler bei Analogmessgeräten*
Immer senkrecht auf die Skala schauen!
- *Einsatzfehler von Messgeräten*
Messbereich zu klein / zu groß
Stromrichtig: Innenwiderstand bei Strommessung geringer als der zu Messende
Spannungsrichtig: Innenwiderstand bei Spannungsmessung größer als der zu Messende
Drehspulmesswerke: Anzeige des arithmetische Mittelwertes
(Gleichstrommessung, Mischstrom mit geringem Wechselstromanteil)
Drehpulmesswerke mit Gleichrichter: Richtige Anzeige des Effektivwertes bei annähernd sinusförmigen Wechselstrom
Dreheisenmesswerke: Anzeige des Effektivwertes
- *Bedienungs- und Anschlussfehler*
- *Umwelteinflüsse*

6. Quellen

„Fehlersuche in elektrischen Anlagen und Geräten“ 6. Auflage (überarbeitet)
von Josef Eiselt in der Reihe „ep – Elektro- Praxis“
Richard Pflaum Verlag München

„Methodische Fehlersuche in der Industrie- Elektronik
„Fehlerortung durch zielbewußte Systematik und Logik““ 4. Auflage (erweitert)
von Dietmar Benda Franzis Praxisbuch
Franzis- Verlag GmbH, München