

# Praxis des Fehlersuchens

## Regeln und praktische Strategie

Das Aufspüren von Fehlern ist ein schwieriges Geschäft. Werden Experten nach ihren Vorgehensweisen gefragt, können sie die Regeln und Methoden selten klar formulieren. Deshalb kann man über dieses Gebiet nur selten etwas lesen. Wir wollen Ihnen deshalb ein paar Wegweiser aufstellen, mit denen sich Funktionsprobleme an einem willkürlich angenommenen Ernstfall möglichst einfach lösen lassen.

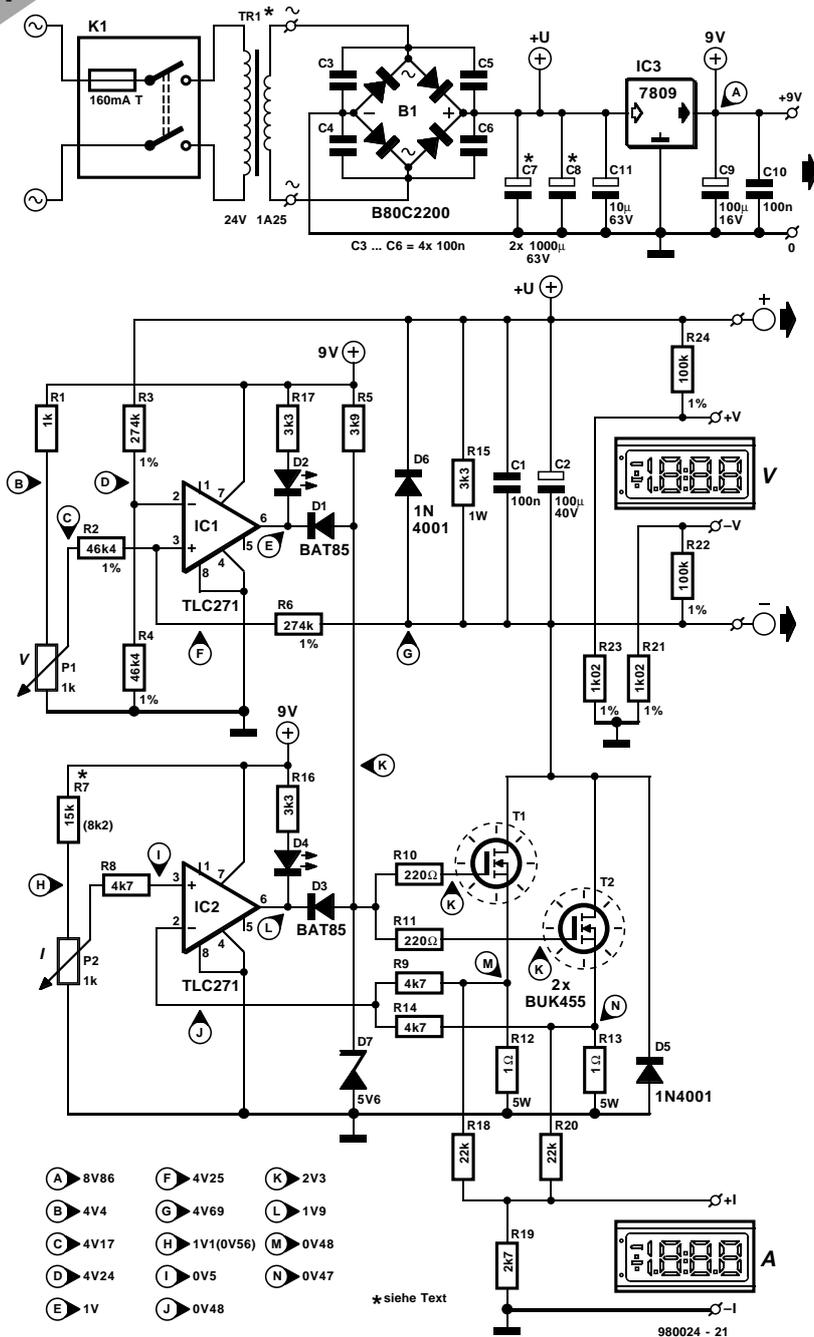


Man mag so viel Liebe, Sorgfalt und Mühe in den Bau einer elektronischen Schaltung stecken wie man will - dennoch kann es einem immer wieder passieren, daß das verflixte Ding einfach nicht läuft.

Und schon gar nicht auf Anhieb!  
Was dann?

Auch wenn solche Situationen prima dazu geeignet sind, die Zeit während der Ursachenforschung parallel gleich zu einem Wechselbad an Gefühlen zu

nutzen, zeigen sich elektronische Schaltungen in aller Regel von der Emotionslage ihres Erbauers völlig ungerührt. Schlimmer noch: Elektronische Bauteile und Lötstellen scheinen die Eigenschaft zu haben, selbst bei deftigsten Flüchen einfach wegzuhören und sich stur erst recht zu weigern, so zu funktionieren, wie sie sollen. "Keep cool" wäre also die erste Vergeltungsmaßnahme angesichts störrischer Elektronik.



**Bild 1. Des besseren Überblicks wegen drucken wir hier die Schaltung "Einstellbares Netzteil" aus Elektor 3/98 ein zweites mal ab.**

Aus Fehlern kann man bekanntlich lernen und aus nicht funktionierender Elektronik sogar eine ganze Menge. So betrachtet zeigt sich die "noch nicht ganz so gut funktionierende" Elektronik oft als Herausforderung, als Möglichkeit, das eigene Können zu beweisen und als Chance, Wissen zu erweitern.

Bevor man aber sicher sein kann, an einen so "richtig schwierigen" Fehler geraten zu sein, der genügend Lernpotential bietet, empfiehlt es sich, erstmal die banaleren Fehlerquellen zu isolieren. Man denke etwa an die allgemeinen Aufbauhinweise, die extra dafür regelmäßig in Elektor abgedruckt werden. Man beginne mit dem

Einfachsten: Stecken tatsächlich alle Bauteile der Stückliste in der Schaltung? Insbesondere die Drahtbrücken neigen dazu, in Vergessenheit zu geraten.

Wenn garantiert nichts vergessen wurde, dann lautet die nächste Frage, ob die Bauteile auch wirklich da sitzen, wo sie hingehören. Insbesondere bei Widerständen kommen Verwechslungen häufiger vor, als man glauben mag.

Die dritte allgemeine Richtlinie erfordert, daß ICs und andere "gepolte" Bauteile wie Elkos und Dioden nicht nur am richtigen Ort, sondern auch richtig herum auf der Platine stecken. Last not least ist die Kontrolle der Lötbemühungen angesagt. Lötstellen kön-

nen nicht nur vom sogenannten Typ "kalt" sein, sondern auch mehr verbinden, als sinnvoll ist. Per Zinn gebaute Kurzschlüsse sind wirkungsvolle Funktionsverhinderer. A propos Löten: Beim Temperaturniveau eines handelsüblichen LötKolbens wandelt sich der Halbleiter Silizium gerne in einen Ganzleiter. Also immer nur kurz (< 3 s) erhitzen und insbesondere beim Auslöten Pausen zum Abkühlen einlegen. An kalten Lötstellen hingegen ist zu sparsames Erhitzen und/oder manchmal eine Oxidschicht schuld.

Genug der allgemeinen Regeln! Sollte Ihre Schaltung auch jetzt noch nicht kooperieren wollen, dann wird es spannend. Generelle Meßregeln anzugeben ist deshalb schwierig, da Schaltungen so verschieden sind. Stattdessen schlagen wir den umgekehrten Weg ein: Wir beschreiben das Vorgehen bei nur einer einzigen Schaltung - das aber gründlich. Wir hoffen, daß es Ihnen so besser möglich ist, die Prinzipien zu extrahieren und auf Ihren konkreten Problemfall anzuwenden.

## NETZTEILFEHLER

Bei dieser Strategie ist es im Prinzip gleichgültig, welche Schaltung man als Demonstrationsobjekt auswählt. Da das "Einstellbare Netzteil" aus Elektor 3/98 sehr häufig nachgebaut wurde und wir aus den Rückmeldungen wissen, daß doch einige Leser damit so ihre Schwierigkeiten hatten, liegt der Kandidat fest. Um genauer zu sein: Die nicht funktionierenden Netzteile lieferten wohl eine Spannung, aber die ließ sich in einigen Fällen einfach nicht einstellen. Insofern und weil die betroffenen Leser versicherten, daß sie die Standardregeln befolgt haben und kein Bestückungs- oder Lötfehler vorliegt, ist dies auch kein trivialer, sondern ein eher interessanter Fehler. Also auf ins Detail!

## ERSTE KONTROLLE

Die gemeine Schaltung wird zum BUT (Board Under Test) erklärt, die Platine auf die Werkbank plaziert und die Elektorausgabe mit der Schaltung (Bild 1) daneben gelegt. Was nun? Der möglichen Fehlerursachen gibt es viele. Ein platter Kurzschluß, defekte Leistungstransistoren, gestörte Regel-IC und noch viel mehr. Es empfiehlt sich also, die Sache einzugrenzen.

Der erste Blick richtet sich auf den Spannungsregler IC3. Sitzt da auch wirklich ein 7809 und kein 12-V-Typ. Auch keine "Negativ"-Ausführung (7909)?

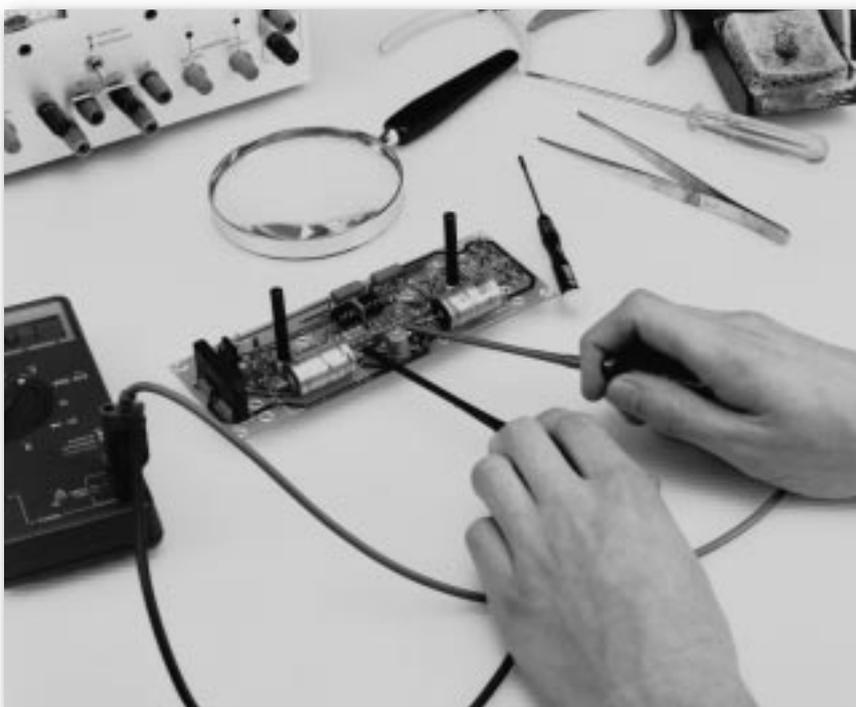
Vorausgesetzt, die Platine ist korrekt bestückt und gelötet, käme als nächster Schritt der Anschluß des Trafos und das anschließende Einschalten. Aber da Vorsicht immer besser als Nachsicht



spannung (Punkt "+") nicht mit P1 verstellen läßt, liegt der Verdacht nahe, daß zumindest einer der beiden FETs (T1, T2) dauerhaft leitet. Das kann den Grund haben, daß mindestens einer von beiden entweder defekt, falsch angeschlossen oder dauernd hoch angesteuert ist. Um die möglichen Ursachen zu isolieren, wird zuerst die Anschlußweise überprüft. Wenn die in Ordnung ist, sollte die Ansteuerung gemessen werden. Wenn zwischen Gate (Punkte "K") und Source (Punkte "M" bzw. "N") etwa 5...6 V zu messen sind, dann braucht man sich nicht zu wundern: Die FETs sind voll durchgesteuert. Die Frage ist nur warum. Bei Spannungen um 0 V liegt der Verdacht auf den FETs selbst. Hier heißt es FETs ausbauen und überprüfen.

### VON HINTEN NACH VORNE

Um die Ursache einer zu hohen Steuerspannung zu finden, muß man sie zur Quelle zurückverfolgen. Eine zu hohe Gate-Source-Spannung wird durch den Stromfluß durch R5 und die Spannungsbegrenzung von D7 generiert. Normalerweise sollte IC1 via D1 die Spannung über D7 dann reduzieren, wenn die Ausgangsspannung (Punkt "+") zu groß ist oder IC2 via D3 dann, wenn der Ausgangsstrom zu groß ist. Also mißt man jetzt am Ausgang des für Spannung zuständigen IC1. Ist die Spannung an der Kathode von D1 (relativ zur Masse) größer als die an der Kathode von D7, dann war es wohl ein Treffer: IC1 arbeitet nicht. Die Klärung der Frage, warum IC1 nicht arbeitet, wirft wie immer neue Fragen auf: Ist es defekt? Wird es selbst falsch angesteuert?



### EINGRENZEN

Um die letzte Frage klären zu können, sollten die Spannungen direkt an den IC-Pins gemessen (gegen Masse) werden. An Pin 7 liegen z.B. 8,94 V - das ist gut, denn das entspricht der Versorgung durch IC3. An Pin 4 und Pin 8 sollte 0 V zu messen sein, da sie schließlich mit Masse verbunden sind. An Pin 6 hatten wir ja schon gemessen? Hier liegen im Fehlerfalle über 6 V und die gilt es ja zu erklären. Also bleiben Pin 2 und Pin 3. Hier liegen z.B. 5,2 (Punkt "F") und 3,6 V (Punkt "D"). Da die Spannung am nichtinvertierenden Eingang also höher als am invertierenden ist, braucht uns das Verhalten von IC1 nicht zu wundern. Im normalen Betrieb sollten beide Eingänge die gleiche Spannung führen.

ist, empfiehlt es sich, zunächst einmal statt des Trafos ein funktionierendes einstellbares Netzteil anzuschließen. Selbstverständlich als Ersatz und nicht parallel zum Trafo! Nun kann man die Versorgungsspannung langsam auf etwa 25 V hochfahren und am Punkt "+ U" kontrollieren, ob die Spannung nach dem Gleichrichter in gebührendem Abstand (1,5 V Differenz) folgt. Weiter empfiehlt sich, die Versorgung umzupolen (erst Spannung auf Null drehen!) und so den Brückengleichrichter auf Funktion zu testen. Mehr als einige zig mA sollten in keinem Fall

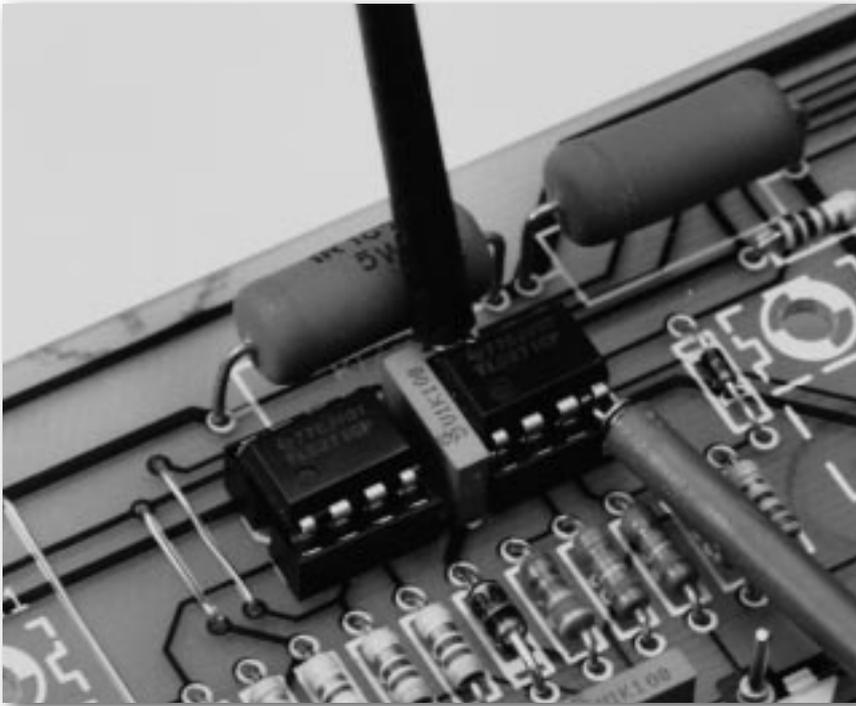
(außer vielleicht kurzfristig beim Einschalten) von der Schaltung aufgenommen werden. Schließlich wäre die "digitale" Prüfung der Temperatur von IC3 (sollte nicht warm werden) sinnvoll, und außerdem die Klärung der Frage, ob IC3 an Punkt "9 V" auch liefert, was es soll. Ende der Vorab-Checks.

### MESSEN

Ist alles bisher gut gegangen, kann man sicher sein, daß die Schaltung gut versorgt wird. Falls sich die Ausgangs-

### DER PUNKT

Der Fehler ist also fast vollständig eingegrenzt. Bleibt noch herauszufinden,



ob die Spannungen an Punkt "D" und "F" stimmen können. Bei Punkt "D" ist es einfach: Die Spannung errechnet sich aus der Ausgangsspannung an Punkt "+" und dem Verhältnis von R3 und R4. Bei 25 V Ausgangsspannung kommen rechnerisch 3,62 V heraus. Dieser Teil stimmt also.

Nun zu Punkt "F": Hier müßte sich die Spannung abhängig von der Stellung von P1 verhalten. Also Drehen an P1. Und jetzt? Die Spannung verändert sich zwar, aber bleibt immer über der von Punkt "D". Aha!

### SCHLUSSFOLGERUNG

Wie kommt die zu hohe Spannung an Punkt "F"? Über R6 ist dieser Punkt mit dem Minuspol der Ausgangsspannung und damit mit Masse verbunden. Das bringt nicht viel weiter. Über R8 ist er mit der einzig anderen Einflußquelle verbunden: dem Schleifer von P1. Also eine Messung am Schleifer. Ergebnis: Abhängig von der Stellung von P1 ergeben sich irgendwelche Werte zwischen 4 V und 5 V. Da der Poti an einem Ende auf Masse liegt, darf so ein Ergebnis nicht sein. Nochmal messen. Siehe da: Der Poti muß 'ne Macke haben! Nach Austausch durch ein neues

Exemplar arbeitet die Schaltung, wie sie soll.

### ANDERE FEHLER

Nach Klärung der Verhältnisse bei der Spannungseinstellung sollten zwecks Vollständigkeit noch die Angelegenheiten bei der einstellbaren Strombegrenzung beleuchtet werden. Hierzu schließt man einen kräftigen Lastwiderstand (z.B. 10  $\Omega$ /10 W) an den Ausgang der Schaltung an und stellt die Ausgangsspannung z.B. auf 5 V ein. Jetzt müßten 0,5 A fließen. Verstellt man P2, so müßte ab einem bestimmten Punkt die LED D4 leuchten und die Ausgangsspannung zurückgehen. Das reicht, um die prinzipielle Funktion der Strombegrenzung zu testen. Soweit, so gut.

Falls aber zu irgendeinem Zeitpunkt die Nase die Funktion eines Fehlerdetektors übernimmt und somit verrät, daß irgend etwas zu heiß geworden ist, dann ist guter Rat teuer. Wenn aber hier etwas zu heiß wird, können das fast nur die FETs sein. Die aber sitzen auf einem großen Kühlkörper. Und wenn der sich nicht heiß anfühlt, sondern nur die Transistoren, dann steht man zunächst vor einem Rätsel. Die Frage ist, ob die Transistoren nicht fest

auf dem Kühlkörper sitzen. Sitzen die Schrauben fest, dann nützt das nichts. Die FETs müssen trotzdem runter vom Kühlkörper. Manchmal nämlich reicht ein kleiner Grat an den beiden Bohrungen des Kühlkörpers für die FET-Anschlüsse, um die Transistoren zwar galvanisch mit dem Kühlkörper zu koppeln, ihn aber thermisch zu isolieren. Also weg mit dem Grat, etwas Wärmeleitpaste (weniger ist hier oftmals mehr) dazwischen und wieder festschrauben. Wenn man Glück hat, haben es die FETs überlebt.

### ZUM SCHLUSS

Was sich aus der bisherigen Beschreibung ableiten läßt, das ist die Folgerung, daß es nützlich ist, die Nebenwirkungen und Grenzen einer ganzen Reihe typischer Fehler zu kennen. Defekte Potis kommen im Elektor-Labor zwar extrem selten vor, bei unseren Lesern dafür aber öfter, so scheint es. Ähnliches gilt für das seltsame Hitzephänomen der beiden auf einen Kühlkörper geschraubten Leistungstransistoren. Doch gibt es nichts, was es nicht gibt. Auch 10-k $\Omega$ -Widerstände mit einem realen Widerstand von einigen Megaohm und Kondensatoren mit der Funktion einer Drahtbrücke wurden schon gesichtet. Insbesondere dann, wenn es sich um alte Bauteile oder gar um Oldtimer aus der Grabbelkiste handelt.

Wenn man also anhand der systematischen Suchregeln im ersten Teil dieses Beitrags auf den ersten, zweiten und auch dritten Blick nichts findet, dann sollte man in Betracht ziehen, daß sich irgendwo in der Schaltung ein Bauteil aus einer Montagsproduktion befindet. Nebenbei erwähnt, war die abgedruckte Schaltung definitiv frei von Fehlern in Schaltbild, Platine oder Stückliste. Elektor war also (diesmal ausnahmsweise) nicht schuld.

Ihr Interesse vorausgesetzt, gibt es vielleicht einen Nachfolgebeitrag zum Thema Fehlersuche mit einer anderen Schaltung. Schreiben Sie uns, was Sie interessieren würde.

(980089)