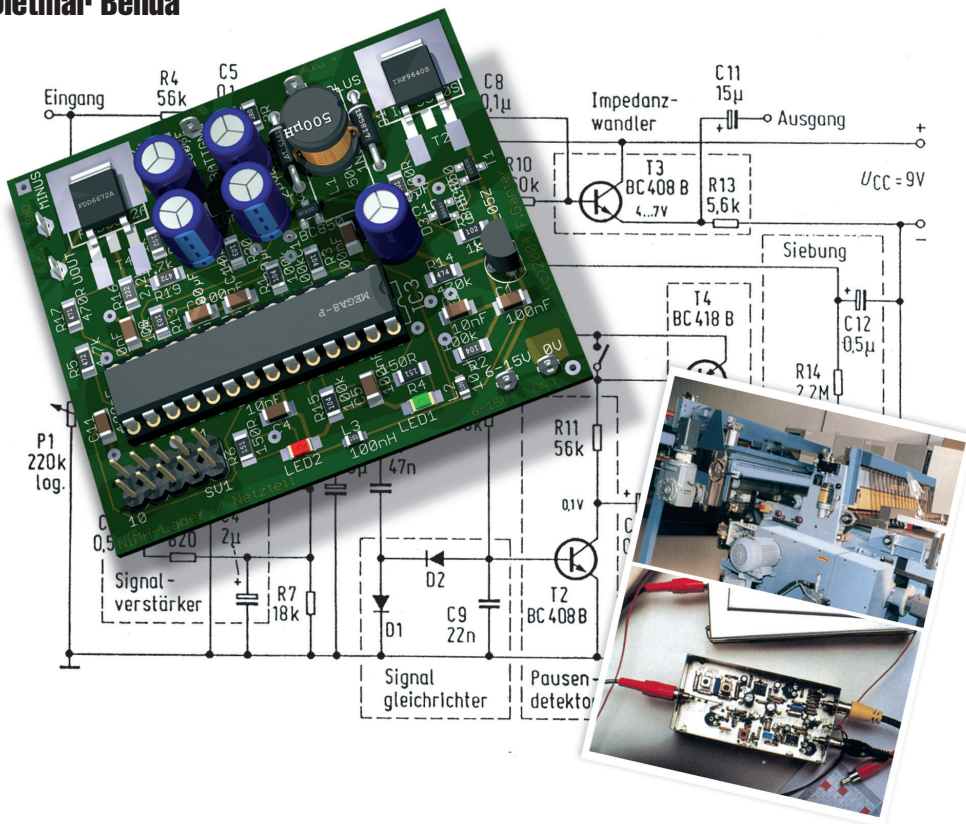


# Elektronik

Dietmar Benda



## Wie sucht man Fehler in elektronischen Schaltungen?

Fehlersuche mit Methode

FRANZIS

Dietmar Benda

**Wie sucht man Fehler in  
elektronischen Schaltungen?**

**Elektronik**

**Dietmar Benda**

# **Wie sucht man Fehler in elektronischen Schaltungen?**

**Fehlersuche mit Methode**

Mit 170 Abbildungen

**FRANZIS**

### **Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek**

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

### **© 2007 Franzis Verlag GmbH, 85586 Poing**

Alle Rechte vorbehalten, auch die der fotomechanischen Wiedergabe und der Speicherung in elektronischen Medien. Das Erstellen und Verbreiten von Kopien auf Papier, auf Datenträger oder im Internet, insbesondere als PDF, ist nur mit ausdrücklicher Genehmigung des Verlags gestattet und wird widrigenfalls strafrechtlich verfolgt.

Die meisten Produktbezeichnungen von Hard- und Software sowie Firmennamen und Firmenlogos, die in diesem Werk genannt werden, sind in der Regel gleichzeitig auch eingetragene Warenzeichen und sollten als solche betrachtet werden. Der Verlag folgt bei den Produktbezeichnungen im Wesentlichen den Schreibweisen der Hersteller.

Alle in diesem Buch vorgestellten Schaltungen und Programme wurden mit der größtmöglichen Sorgfalt entwickelt und getestet. Trotzdem können Fehler im Buch und in der Software nicht vollständig ausgeschlossen werden. Verlag und Autor übernehmen für fehlerhafte Angaben und deren Folgen keine Haftung.

**Satz:** Fotosatz Pfeifer, 82166 Gräfelfing

**art & design:** [www.ideehoch2.de](http://www.ideehoch2.de)

**Druck:** Legoprint S.p.A., Lavis (Italia)

Printed in Italy

**ISBN 978-3-7723-5268-3**

# Vorwort

Der Fehlersuche in Anlagensystemen, Baugruppen, Schaltungen und Bauelementen kommt in Hinblick auf einen kostengerechten und qualitativen Service- und Wartungsaufwand eine sehr große Bedeutung zu.

Die weitgehendst automatisierten Produktions- und Fertigungsanlagen erfordern gut ausgebildete Instandhalter.

Die Fehlersuche auf nicht logisch begründete Ursachen oder nur vage Vermutung und das daraus unsystematische Vorgehen bei der Fehlersuche ist fehlerträchtig, zeit- und kostenaufwendig. Dies führt auch in den überwiegenden Fällen zu einer erheblichen Qualitätsminderung des Geräts bzw. der Anlage.

Erfolgreiche Instandhaltung erfordert daher eine Persönlichkeit mit folgenden Eigenschaften:

- solides Fachwissen,
- schnelles Erfassen von Systemzusammenhängen,
- Teamfähigkeit und Organisationstalent zum Austausch und zur Beschaffung von Informationen.

Entsprechend diesem Anforderungsprofil und der Vorgehensweise einer systematischen Fehlersuche, gliedert sich der Inhalt dieses Buchs in vier Themenbereiche:

## **Aneignung von Systemwissen**

An dem Beispiel einer automatisierten Fertigungsanlage wird die Erkundungs- und Strukturierungsphase zur Ermittlung der Systemzusammenhänge aufgezeigt.

## **Systematische Fehlersuche an automatisierten Geräten und Anlagen**

Anhand von Informationen, Ist-Zustand und Diagnoseergebnissen wird eine Instandsetzung an einer automatisierten Produktionsanlage beschrieben.

## **Signalüberprüfungen und Messungen elektrischer Größen in Baugruppen und Schaltungen**

An vielen exemplarischen Schaltungsbeispielen aus der Linear-, Digital-, SPS- und der Computertechnik wird die schaltungsspezifische Systematik der Fehlersuche erklärt.

## **Fehlersuche mit automatischen Clip-Test- und Diagnosesystemen in Baugruppen**

Möglichkeiten der Funktionsprüfung über Spannungs-, Verbindungs-, VI-Kurven- und Vergleichstests sowie Kurzschluss-Lokalisierung.

In der Elektronik gibt es unterschiedliche Anwendungsbereiche mit unterschiedlichen Schaltungstechniken und Schaltungskonfigurationen. **Daher kann es nicht nur eine Betrachtungsweise geben,** sondern es werden entsprechend den schaltungsspezifischen Merkmalen und den Erfahrungen aus der Praxis unterschiedliche Funktionsbetrachtungen und Überprüfungsmethoden beschrieben und dargestellt.

Das Buch versteht sich als Leitfaden für alle, die Instandhaltung und Fehlersuche unterrichten, vermitteln und anwenden müssen.

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Grundregeln für erfolgreiche Instandhaltung</b>	9
1.1	Systematik, Logik und Erfahrung sichern den Erfolg	9
1.2	Auftreten und Verhalten beim Kunden	11
<b>2</b>	<b>Aneignen von Anlagen- und Systemkenntnissen</b>	13
2.1	Systemerkundung über Bekanntes und Unbekanntes	13
2.2	Informationen gezielt sammeln	14
2.3	Strukturmerkmale festlegen	16
<b>3</b>	<b>Systematisierte Fehlersuche an automatisierten Anlagen</b>	23
3.1	Voraussetzungen und Ablauf einer erfolgreichen Fehlersuche	23
3.2	Ist-Zustandserfassung	25
3.3	Fehlerbereich eingrenzen	27
3.4	Instandsetzungsmaßnahmen und Wiederinbetriebnahme	31
<b>4</b>	<b>Bestimmung der Polaritäten und der Spannungen an elektronischen Baugruppen und Schaltungen</b>	34
4.1	Spannungsmessungen	34
4.2	Fehler im Stromkreis	35
4.3	Bezugspotenzial bestimmt Polarität und Spannungswert	40
4.4	Durchführung von Polaritäts- und Spannungsbestimmungen an Beispielen	42
4.5	Übungen zur Vertiefung	52
<b>5</b>	<b>Fehlersuche mit System an analogen Schaltungen</b>	55
5.1	Spannungsbestimmungen an Schaltungen	55
5.2	Auswirkungen von möglichen Kurzschlüssen oder Unterbrechungen bei unterschiedlichen Kopplungsarten	57
5.3	Systematische Fehlersuche an einer Analogschaltung	64
5.4	Fehlersuche an Steuer- und Regelschaltungen	71
5.5	Fehlersuche an Schwingerschaltungen	78
5.6	Fehlersuche an Operationsverstärkern	85
5.7	Übungen zur Vertiefung	91
<b>6</b>	<b>Fehlersuche mit System an Impuls- und digitalen Schaltungen</b>	95
6.1	Spannungsbestimmungen an Schaltungen	95

6.2	Auswirkungen von möglichen Kurzschlüssen oder Unterbrechungen .....	97
6.3	Systematische Fehlersuche an einer Digitalschaltung .....	107
6.4	Fehler digitaler ICs .....	111
6.5	Übungen zur Vertiefung .....	120
<b>7</b>	<b>Fehlersuche mit System an Computerschaltungen .....</b>	<b>124</b>
7.1	Fehlerdiagnose an Tri-State-Schaltungen .....	124
7.2	Überprüfung statischer Funktionszustände .....	126
7.3	Überprüfung dynamischer Funktionszustände .....	127
7.4	Systematische Fehlersuche an einer Computerschaltung .....	132
7.5	Fehlersuche an Schnittstellen-(Interface-)Schaltungen .....	136
7.6	Übungen zur Vertiefung .....	142
<b>8</b>	<b>Fehlersuche mit System an SPS-Schaltungen .....</b>	<b>144</b>
8.1	Überprüfung statischer und dynamischer Funktionszustände .....	147
8.2	Service über Bildschirmdiagnose .....	148
8.3	Systematische Fehlersuche an einer SPS-Schaltung .....	153
8.4	Übungen zur Vertiefung .....	157
<b>9</b>	<b>Fehlersuche mit System an Netz- und Betriebsspannungen .....</b>	<b>160</b>
9.1	Netzstörungen und ihre Auswirkungen .....	160
9.2	Fehlersuche an Gleichrichterschaltungen .....	164
9.3	Fehlersuche an Netzgeräten .....	168
9.4	Übungen zur Vertiefung .....	171
<b>10</b>	<b>Fehlersuche mit Testsystemen im Service und in der Fertigung .....</b>	<b>175</b>
10.1	In-Circuit-Test .....	176
10.2	Fehlersuche mit Clip-Testsystemen .....	186
10.3	Vorbereitung der Baugruppen .....	208
10.4	Kurzschluss-Lokalisierung .....	208
10.5	Übungen zur Vertiefung .....	210
	<b>Lösungen zu den Übungen .....</b>	<b>211</b>
	<b>Sachverzeichnis .....</b>	<b>215</b>



# 1 Grundregeln für erfolgreiche Instandhaltung

Durch die Automatisierung aller Produktionsbereiche ist die Instandhaltung und die Fehlerbeseitigung in der Prozessautomation ein zunehmender Kosten- und Qualitätsfaktor (Verfügbarkeit und Genauigkeit).

## 1.1 Systematik, Logik und Erfahrung sichern den Erfolg

Aufgrund der großen und komplexen Anlagen und der unterschiedlichen Anlagensystematik muss der Instandhalter in der Lage sein, sich in die Systemfunktionen der Anlage vor Ort einzuarbeiten. Der Instandhalter unterscheidet sich hierbei von einem Reparaturmann von immer gleichen Serienprodukten.

Fehler suchen kann man auf zwei verschiedene Arten: Mit Logik und Systematik oder auf Verdacht und Intuition. Bei beiden Methoden ist die Berufserfahrung für den Erfolg ausschlaggebend. **Aber nur die auf Logik und Systematik aufbauende Fehlersuche führt zum sicheren Erfolg in einem vertretbaren Zeitrahmen.** Die Fehlersuche auf Verdacht und Intuition ist auf den Zufall angewiesen; sie kann – muss aber nicht – zum Erfolg führen.

Bei der Fehlersuche muss zwischen bekannten und unbekannten Systemen und Funktionen unterschieden werden. Bei bekannten Systemen und Funktionen wird ein Großteil der Störungen und Defekte zu Routinefehlern. Dazu ein Beispiel:

Ein Wartungsfachmann, der über einen längeren Zeitraum Geräte mit gleicher Funktion repariert und instand hält, z. B. Fernseh-, Rundfunk- und Videogeräte oder Personal-Computer, hat es immer oder in den meisten Fällen mit gleich gearteten Fehlern an Geräten mit demselben Funktionsprinzip zu tun. An diesen Geräten ist das Funktionsprinzip von vornherein bekannt (auch bei verschiedenen Fabrikaten), d. h., es braucht nicht anhand von Unterlagen rekonstruiert zu werden. Die defekten Baugruppen und die damit auftretenden Fehlersymptome können mit zunehmenden Erfahrungseindrücken immer sicherer lokalisiert und gedeutet werden. Hier entwickelt sich ein Fehlersucheschema – kein Fehlersuchsystem –, das nur auf Erfahrungswerten basiert und in etwa so abläuft:

- Fehlersymptom A verursacht durch Fehler in Baugruppe X oder Schaltung Y.
- Fehlersymptom B verursacht durch Defekt in Schaltung Z.

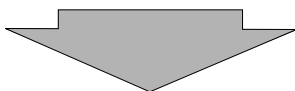
Diese Art – oder besser gesagt Gewohnheit – der Fehlersuche hat ihre Vorteile, aber auch Nachteile. Der Instandhalter verlernt es, unter Anwendung seiner fachlichen Kenntnisse Fehler methodisch und systematisch zu analysieren und zu lokalisieren. Die Folge ist die zwangsläufige Verminderung der permanenten Übung, die systematische Anwendung des erlernten Fachwissens. Verbunden ist damit gleichzeitig eine Verminderung der Lernfähigkeit, sich auf neue oder unbekannte Systeme und Funktionen einzustellen.

Das Gegenteil ist der Instandhalter, der aufgrund seiner fundierten Fachkenntnisse sowie einer gewissen Systematik und Logik an kundenspezifischen und z. T. einmaligen Geräten und Anlagen Fehler orten und lokalisieren kann, über deren Funktionsabläufe und Funktionseinheiten er sich erst anhand von Informationen und Dokumentationen eine Übersicht und einen Einblick verschaffen kann. Hier zeigt sich der Fachmann in Hinblick auf selbständiges und methodisches Arbeiten.

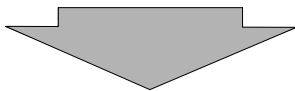
In den folgenden Abschnitten soll dem Lernenden an typischen Beispielen aus der Industriepaxis ein systematischer Orientierungsweg aufgezeigt werden, wie er selbständig an automatisierten Anlagen Schaltungen und Komponenten durch zielgerichtetes und systematisches Vorgehen sich die Systemübersicht und Kenntnisse aneignet, die es ihm ermöglichen, selbständig eine Störung oder einem Defekt zu beseitigen. Der hierbei begangene systematische Weg orientiert sich immer an dem in Abb. 1.1 dargestellten Schemata.

Zuvor jedoch sollte noch der folgende Abschnitt aufmerksam aufgenommen werden. Er ist ein sehr wesentlicher Beitrag für eine erfolgreiche Instandhaltung und die Repräsentation Ihres Unternehmens.

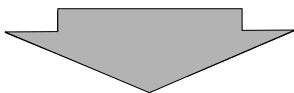
#### **Aneignung von System- und Anlagenwissen**



#### **Systematische Fehlersuche an Systemen und Anlagen**



#### **Spannungs- und Signalüberprüfungen an Baugruppen und Schaltungen**



#### **Fehlersuche und Funktionsprüfungen an Komponenten und Bauteilen**

Abb. 1.1: Systematische Fehlersuche von der Anlage bis zum Bauelement

## 1.2 Auftreten und Verhalten beim Kunden

Das Auftreten und die Gesprächsführung beim Kunden sind wichtige Bestandteile für eine erfolgreiche Tätigkeit des Instandhalters.

Der erste Eindruck, den Sie machen, ist äußerst wichtig. Sobald Sie dem Kunden gegenüberstehen, werden Sie von ihm beurteilt. Dies ist eine einmalige Chance, die Sie haben, das Verhältnis zum Kunden auf Dauer gesehen gut und positiv zu gestalten (Abb. 1.2). Hierzu gehören:

- positive Einstellung
- Pünktlichkeit
- Äußeres Erscheinungsbild
- Augenkontakt
- sicheres Auftreten

Die Vertrauensbasis, die man sich durch sein Auftreten aufgebaut hat, darf man sich nicht durch schlecht geführte Gespräche oder durch falsche Aktivitäten zerstören. Stellen Sie deshalb Fragen und bitten Sie den Kunden, über die Störung zu berichten.

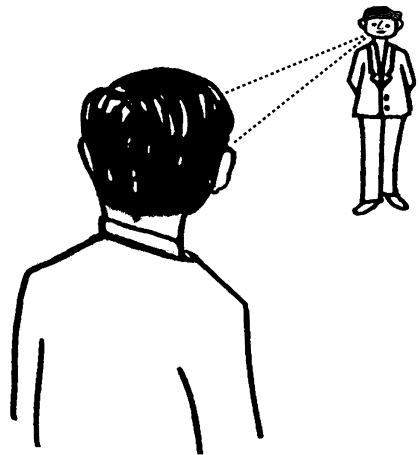


Abb. 1.2: Ersten Eindruck positiv gestalten

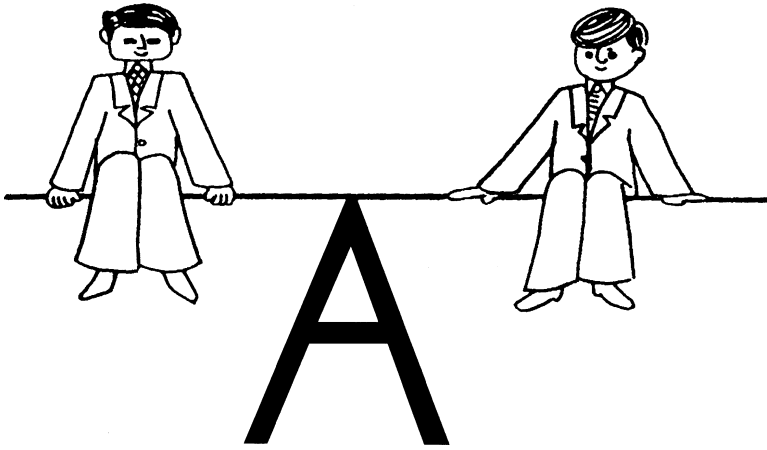


Abb. 1.3: Gleichgewicht der Gesprächsführung

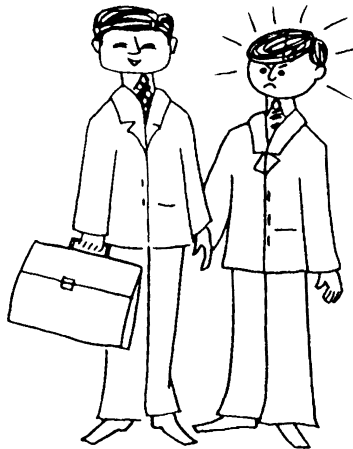


Abb. 1.4: Auf Einwände ruhig und überzeugend eingehen

Achten Sie hierbei auf ein gutes Gleichgewicht im Gespräch (Abb. 1.3) und versuchen Sie Einwänden durch aktives Zuhören, überzeugende Analyse des Einwands sowie durch ruhiges und überzeugendes Antworten zu begegnen (Abb. 1.4). Denken Sie immer an ein Ziel:

Ihre Arbeit ist das Vertrauen, das der Kunde Ihnen und dem Produkt entgegenbringt.

## 2 Aneignen von Anlagen- und Systemkenntnissen

Ausgangspunkt dieser Betrachtung ist die Notwendigkeit, sich an einer unbekannten automatisierten Produktionsanlage einen Überblick zu verschaffen, insbesondere über den Aufbau, den Funktions- und den Prozessablauf, die Bedienung und die Programmierung.

### 2.1 Systemerkundung über Bekanntes und Unbekanntes

Bearbeitungszentren, Industrieroboter und Fertigungszentren haben bestimmte Hardware- und Software-Strukturen, die es zu erfassen und der Gesamtfunktion zuzuordnen gilt.

**Bei den Hardware-Funktionen wären dies z. B. die Fragen:**

- Werkstücktransport,
- Werkzeugwechsel,
- CNC-Achsen, Art der Antriebe,
- Schmiersysteme für Achsen,
- hydraulisch und pneumatisch gesteuerte Funktionsabläufe,
- Kühlsystem,
- Hilfsaggregate zur Druck-, Schmier- und Kühlmittelversorgung, Standort,
- Sicherungssysteme für Not-Aus- und Sperrfunktionen, wie z. B. Lichtschranken, Lichtvorhänge, Kontaktmatten, Schranken und Türen,
- Art und Typ der Steuerungen bzw. der Automatisierungsgeräte, z. B. zentrale oder dezentrale Steuerung,
- Standorte der Bedienpulte und ihre Zuordnung,
- Standort der Steuerschränke.

**Fragen zu den Software-Strukturen:**

- Programmstrukturen, Programmiersprache,
- Verkettung von CNC- und SPS-Programmen,
- Vernetzungsstruktur bei dezentraler Steuerung,
- Bedienprogramme,
- Fehlersuchprogramme und Umfang der Service-Unterstützungsprogramme,
- Sicherung der Programme.

**Besonders wichtig ist es, detaillierte Informationen über abweichende oder unbekannte Funktionsmerkmale zu bekommen. Dazu gehören Erkundungen über zuständige Personen für:**

- Verantwortung der Produktionseinrichtung,
- Bedienung der Anlage,
- Systemverantwortung,
- CNC-Programmierung,
- SPS-Programmierung,
- Elektrik,
- Mechanik, Hydraulik, Pneumatik.

Ein erheblicher Teil der hier gestellten Fragen und die wichtigsten Informationen können mit Hilfe der Dokumentation der Anlage beantwortet werden. Dokumentationen können sehr umfangreich, aber auch sehr verwirrend und unübersichtlich aufgebaut sein. Sollten wichtige Bestandteile zur Erlangung einer vollständigen Systemübersicht oder Bearbeitungsunterlagen (z. B. Programmablaufpläne, Programmlisten, Schaltungsunterlagen) fehlen, dann müssten diese Unterlagen unbedingt vor dem Serviceeinsatz beschafft werden.

## 2.2 Informationen gezielt sammeln

Auf die Frage: **Was zeichnet einen guten Instandhalter aus?** erhält man vielleicht die Antwort: **Der kennt alle wichtigen Informationsquellen!**

Einen schlechten Eindruck macht immer der Instandhalter, der planlos in der Gegend herumtelefoniert, um sich Informationen und Unterlagen zu beschaffen.

Bevor das Betriebspersonal oder über Telefon die Herstellerfirma befragt wird, sollte sich der Instandhalter eine Checkliste mit den zu stellenden Fragen anlegen. Nur auf präzise Fragen erhält man präzise Antworten.

### Hierzu einige Beispiele:

- unpräzise Frage:  
Es fehlen wichtige Programmlisten.
- präzise Frage:  
In der Programmliste fehlen die Schrittketten für die Steuerventile des Werkzeugwechslers.
- unpräzise Frage:  
Die Elemente-Bezeichnungen verstehe ich nicht.
- präzise Frage:  
Die Kürzel der Elemente-Bezeichnungen kann ich nicht deuten, haben Sie eine eigene Hausnorm? Wo finde ich darüber eine Liste?

Wichtig ist auch bei der Erstellung der Frageliste über fehlende Unterlagen oder Informationen, an welche Person die einzelnen Fragen gestellt werden sollten. Gezielte Fragen an die richtigen Personen (Fachkompetenz) erhöhen die Auskunftsbereitschaft der befragten Personen. Die Hilfsbereitschaft der befragten Personen sinkt, wenn sie mit Fachfragen überfordert werden.

### **Hierzu zwei Beispiele:**

- **Falsche Frage an den Bediener:**  
Wissen Sie, welche Hydraulikventile den Rundtisch steuern?  
Mit einer gezielten Fachfrage wird der Bediener meistens überfordert. Damit er nicht nochmals in diese Verlegenheit gebracht wird, wird er versuchen, sich weiteren Fragen zu entziehen.
- **Falsche Frage an den Anlagenführer:**  
Können Sie mir sagen, wer für die Technik der Anlage in diesem Hause verantwortlich ist?  
Der Anlagenführer wird in diesem Falle, damit er keinen Fehler begeht, die ranghöchste Person benennen. Dies sollte man durch Präzisierung der Fragen vermeiden. Der Technische Leiter wird sonst zu einem Vermittler von Fachpersonal missbraucht.

Aus diesen Beispielen ist ersichtlich, dass schon die Erkundung von Informationsquellen und das Erlangen von Auskünften eine professionelle Fragetechnik und die Beachtung von Organisationsstrukturen erfordert.

Der Instandhalter sollte bei der Aneignung von Systemkenntnissen folgende vier **Werkzeuge** benutzen:

### **Beobachten**

Gehen Sie an die Anlage. Stellen Sie fest, was Ihnen schon bekannt ist oder was für Sie neu ist. Beobachten Sie Arbeitsabläufe der Bediener und Anlagenführer sowie die Funktionsabläufe der Anlageneinheiten.

### **Auskundschaften**

Verschaffen Sie sich Informationen über das Umfeld der Anlage (z. B. Materialfluss, Verkettung, Informationsvernetzung). Welche Bedeutung hat die Anlage für die Gesamtproduktion? Ermitteln Sie Zuständigkeiten zur Betreuung, Bedienung und Programmierung der Anlage.

### **Beschaffen**

Dokumentationen, Gerätehandbuch, neueste Softwarekopien, Serviceberichte.

### Befragen

Bediener, Anlagenführer, Systemverantwortliche gezielt über unklare und unbekannte Bedien- und Funktionsabläufe sowie Fehlersymptome befragen, die für Ihr Verständnis besonders wichtig sind.

## 2.3 Strukturmerkmale festlegen

Nachdem Sie sich alle erforderlichen Anlagen- und Systemkenntnisse beschafft haben, sollten Sie anhand der Informationen und Dokumentationsunterlagen einen Funktionsablauf (Prozess und Arbeitsablauf) in Form eines Programtablaufplans erstellen, sofern er in den Dokumentationsunterlagen nicht vorhanden ist (Abb. 2.1).

Zur Selbstkontrolle ist es von Vorteil, den vorhandenen Programtablaufplan mit seinen eigenen Kenntnissen zu vergleichen und durch die neu hinzugekommenen aktuellen Informationen zu ergänzen. Gliedern Sie den Programtablaufplan in sinnvolle Teilschritte! Erfassen Sie die Komponenten eines Systems in einer Übersichtsdarstellung, wobei Sie die Begriffsdefinitionen nach DIN 31051 verwenden (Abb. 2.2). Skizzieren Sie eine maßstäbliche Draufsicht der Anlage mit den wesentlichen Umrissen (Layout der Anlage, soweit nicht in den Dokumentationsunterlagen vorhanden).


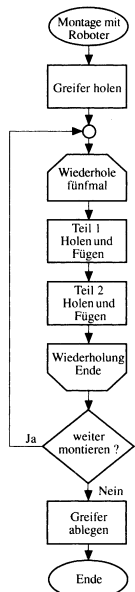






Symbol	Bezeichnung	Bedeutung	Beispiel
	große Marke	Anfang oder Ende des Absatzes	 <pre> graph TD     Start([Montage mit Roboter]) --&gt; GreiferHolen[Greifer holen]     GreiferHolen --&gt; Join(( ))     Join --&gt; Wiederhole[Wiederhole fünfmal]     Wiederhole --&gt; Teil1[Teil 1 Holen und Fügen]     Teil1 --&gt; Teil2[Teil 2 Holen und Fügen]     Teil2 --&gt; WiederholungEnde[/Wiederholung Ende/]     WiederholungEnde --&gt; Decision{weiter montieren ?}     Decision -- Ja --&gt; Join     Decision -- Nein --&gt; GreiferAblegen[Greifer ablegen]     GreiferAblegen --&gt; End([Ende])           </pre>
	kleine Marke	Verknüpfungsstelle	
	Anweisung	Arbeitsschritte	
	Entscheidungsraute	binäre Abfrage von Bedingungen	
	Parallelogramm	Ein- und Ausgabe-Anweisungen	
	Anfang Schleife	Wiederholungsteile	
	Ende Schleife	Wiederholungsteile	

Abb. 2.1: Elemente eines Programtablaufplans



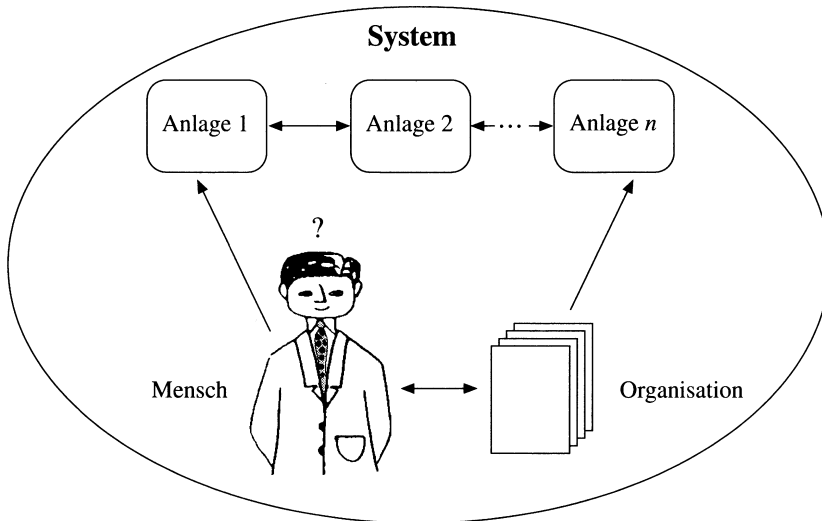


Abb. 2.2: Begriffsdefinitionen zu einer Systemübersicht nach DIN 31051:

**System:** In der Instandhaltung die Gesamtheit technischer, organisatorischer und anderer Mittel zur selbständigen Erfüllung eines Aufgabenkomplexes.

**Anlage:** Die Gesamtheit der technischen Mittel eines Systems.

**Gruppe:** Zusammenfassung oder Verbindung von Elementen. Die Gruppe hat eine eigenständige Funktion, sie ist innerhalb einer Anlage jedoch nicht selbständig verwendbar.

**Elemente:** Stellen in Abhängigkeit von der Betrachtung kleinste, als unteilbar aufgefasste technische Einheiten dar.

**Betrachtungseinheit:** In der Instandhaltung der Gegenstand einer Betrachtung, der jeweils nach Art und Umfang ausschließlich vom Betrachter abgegrenzt wird (DIN 40150). Ein automatisiertes System entspricht dieser Definition.

**Funktion:** Eine durch den Verwendungszweck bedingte Aufgabe.

**Störung:** Eine unbeabsichtigte Unterbrechung der Funktionserfüllung einer Betrachtungseinheit.

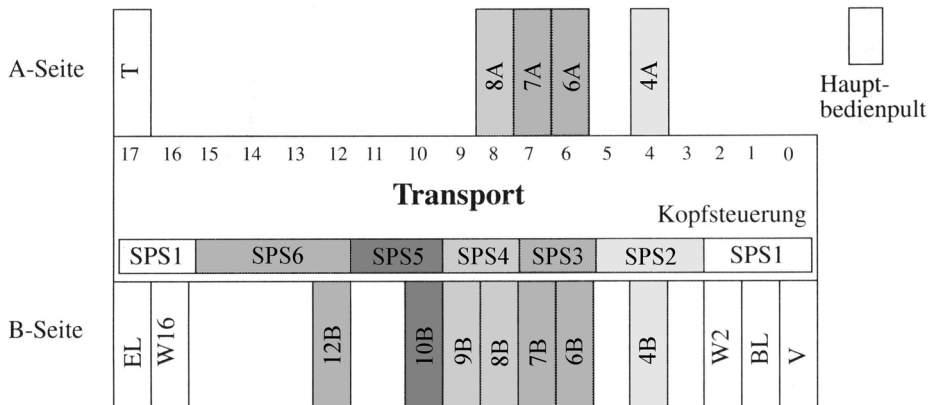


Abb. 2.3: Systemübersicht am Beispiel einer Transferstraße

**Transport (T):** Der Transport wird mit der Kopfsteuerung bewegt. Zur Bedienung des Transports gibt es zwei Möglichkeiten: Hauptbedienpult oder separates Transportbedienpult.

**Vereinzelung (V), Belader (BL), Entlader (EL), Wendestation (W2, W16):** Transporteinheiten, die mit der Kopfsteuerung bewegt werden. Bedient werden diese Stationen am Hauptbedienpult in Verbindung mit dem Transport. Es gibt auch die Möglichkeit, diese Einheiten über spezielle Einrichtungsbilder an den jeweiligen Bedienpulten der Bearbeitungseinheiten zu bedienen: EL und W16 am Bedienpult der Bearbeitungseinheit W16 und W2, BL und V am Bedienpult der Station 1.

**Stationen 3, 5, 11, 13, 15:** Leerstationen; diese Stationen führen keine Bearbeitungen aus.

**Einheiten 4A, 4B, 6A, 6B, 8A, 8B, 10B, 12B:** Einheiten mit zwei Verfahrensachsen und eigenem Bedienpult. Zur Steuerung und Positionierung der Einheiten sind SPS-Steuerungen vom Typ U115 mit der Positionierbaugruppe WF 726 eingebaut.

**Einheiten 7A, 7B, 9B:** Prüfeinheiten, die Werkzeugbruch erkennen sollen.

Ergänzen Sie die Komponenten mit Definitionen (Beispiel Abb. 2.3), wenn diese nicht vorhanden sind. Aus dieser Zeichnung ist die Lage und die Form der einzelnen Komponenten ersichtlich. Nachdem Sie die Komponenten der Anlage kennen, ist es für das Systemverständnis besonders wichtig, die Informationsverbindungen zwischen den einzelnen Gruppen und Elementen kennen zu lernen. Untersuchen Sie daher die Informationsflüsse innerhalb eines Systems. Welche Elemente, Gruppen, Anlagen tauschen Informationen aus? Diese funktionalen Zusammenhänge der Komponenten sollen zur besseren Übersicht in verschiedenen Ebenen grafisch dargestellt werden. Ein Beispiel hierzu zeigt Abb. 2.4 für eine Transfer-Bearbeitungsmaschine. In dieser Darstellung ist nicht die Lage der Einheiten dargestellt, sondern die Informationsverbindungen der Komponenten.

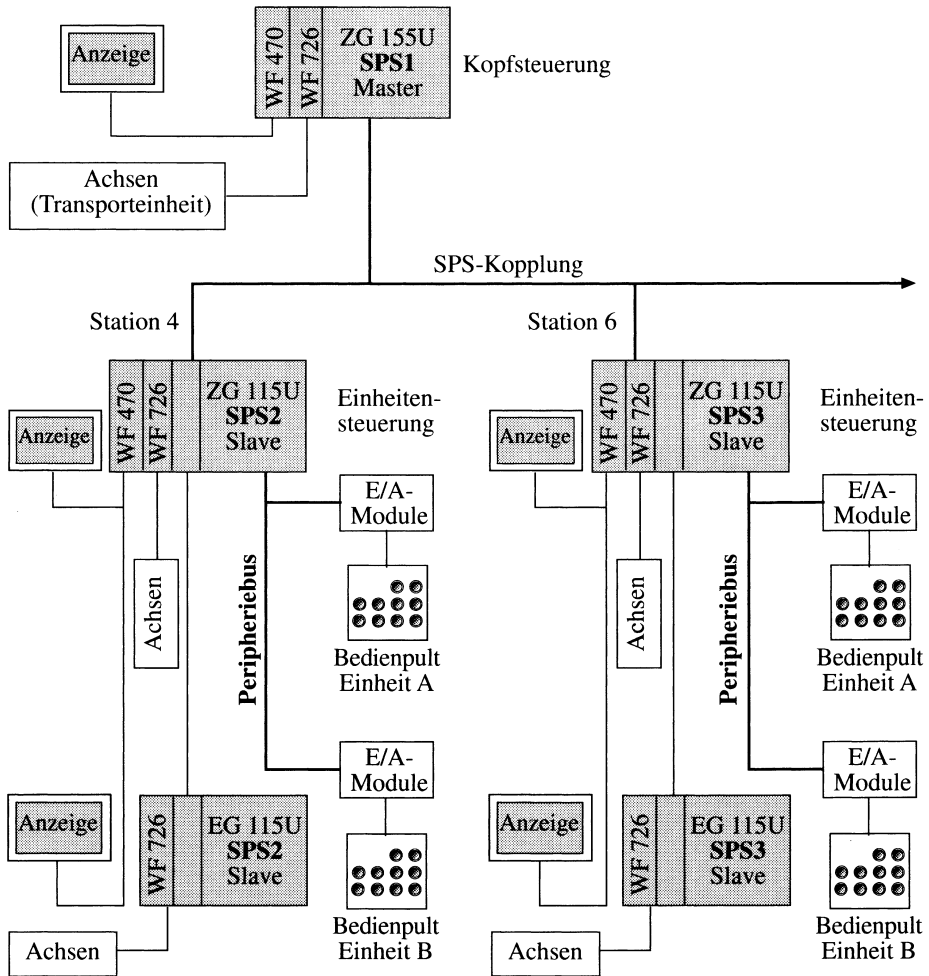


Abb. 2.4: Systemübersicht über elektronische Informationsflüsse

Für die erfolgreiche systematische Fehlersuche ist die Verfolgung von elektrischen Signalwegen und Fluidwegen von entscheidender Bedeutung (siehe hierzu Abschnitt 3). Hierbei werden in Systemen und Anlagen drei Funktionsgruppen unterschieden:

- Aktoren, z. B. Ventile, Motoren, Elektromagnete.
- Sensoren, z. B. mechanische-, optische-, induktive-, kapazitive- und Halbleiterschalter, Drehzahlgeber, Druckmesser.
- Signalverarbeitung, z. B. speicherprogrammierbare Steuerung, Robotersteuerung, Computersteuerung, Analogsteuerung, Digitalsteuerung.

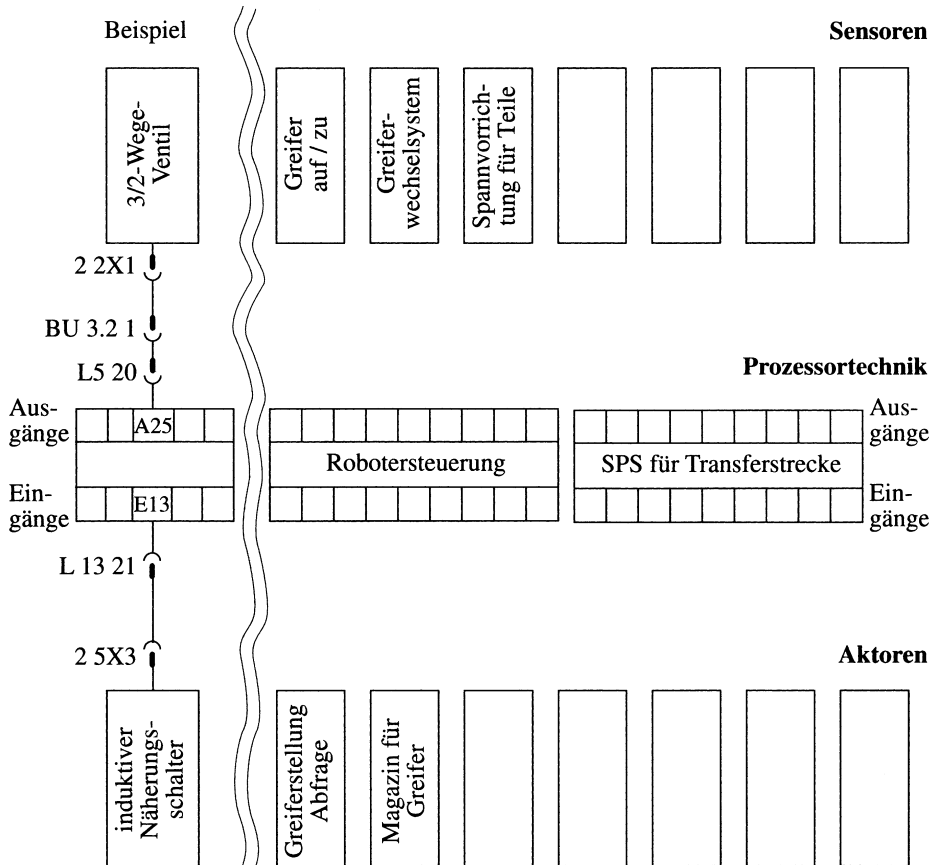


Abb. 2.5: Übersicht über elektrische Signalwege

In Abb. 2.5 ist als Beispiel ein Übersichtsplan für elektrische Signalwege dargestellt. Für die Instandhaltung ist es wichtig, die Funktionsabläufe der einzelnen Elemente, Gruppen und Anlagen zu kennen. In den Anlagendokumentationen oder den Herstellerunterlagen sollen die Funktionsabläufe von Baugruppen beschrieben sein, wie z. B. Robotergreifer, Werkzeugwechsler. Darüber müssten auch die Schaltpläne (Pneumatik, Hydraulik, Elektrik) zur Verfügung stehen. Eine vollständige Dokumentation sollte im Idealfall die in Abb. 2.6 dargestellten Inhalte aufweisen.

Für die Instandhaltung ist es erforderlich, dass man die Anlage bedienen und in dem vom Hersteller vorgegebenen Rahmen Programm- oder Parameteränderungen vornehmen kann.

Bevor man an dem System und der Anlage selbständig Funktionsabläufe in Gang setzt, sollte man in der Lage sein – sicherheitshalber im Beisein des Bedienpersonals,

1. **Informationen zur Anlage**
  - Kurzbezeichnung
  - Ansprechpartner
  - Änderungsliste
2. **Anlagenschaubilder**
  - Layout der Anlage
  - Explosionsdarstellung
  - Dreidimensionale Darstellung
  - Darstellungen von Einzelkomponenten
3. **System- und Steuerungsstruktur**
  - Programmablaufpläne
  - Funktionsabläufe
  - Beschreibung des Prozessablaufs
  - Technologieschema
4. **Programme**
  - Anwenderprogramme (Roboter, SPS, CNC, PC)
  - Systemprogramme (Betriebssystem, Maschinendaten)
  - Ein- und Ausgangsbelegungen
  - Zuordnungslisten
5. **Schaltpläne**
  - Elektrische Stromlaufpläne
  - Klemmenpläne
  - Installationspläne
  - Pneumatische und hydraulische Schaltpläne
6. **Bedienung und Programmierung**
  - Bedienleitfaden
  - Hinweise zur Diagnose
  - Fehlermeldungen
  - Programmierhinweise
7. **Instandhaltung**
  - Wartung
  - Inspektion
  - Instandsetzung
  - Wiederinbetriebnahme
8. **Inbetriebnahme**
9. **Stücklisten und Ersatzteillisten**

Abb. 2.6: Inhalte einer Dokumentation

das Fragen beantworten und notfalls korrigierend eingreifen kann –, die Bedienungsabläufe und die damit verbundenen Systemabläufe auslösen zu können. Hierzu ist es erforderlich, anhand der Betriebsanleitung die Funktionsgliederung der Bedien- und Steuerpulte (Abb. 2.7) sowie die Anzeigefelder der Bildschirme (Abb. 2.8) zu studieren.

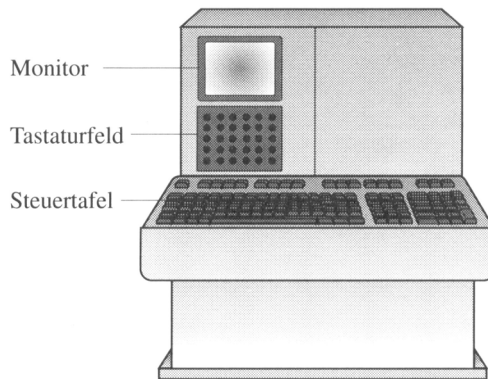


Abb. 2.7: Bedien- und Steuerpult einer Anlage

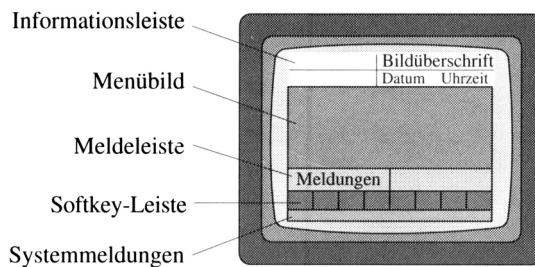


Abb. 2.8: Anzeigenfelder der Bildschirmdiagnose

Das Hauptbedienpult unterteilt sich in ein Tastaturfeld mit Monitor und der Bedientafel zur Steuerung der Maschine, des Transports und der Transporteinheiten. Das Anzeigesystem erleichtert das Bedienen durch eine Bedienführung am Bildschirm. Es stehen diverse Funktionsbilder zur Verfügung, die Auskunft über den Status sämtlicher Einheiten, Werkzeuge und Werkstücke der Maschine geben. Die Steuerung arbeitet zusammen mit einem Diagnose- und Anzeigesystem, das Störungen schnell und sicher erkennt, lokalisiert und am Bildschirm zur Anzeige bringt. Dabei erfolgen Hinweise auf Störungsart, Ort der Störung, Störungsursache und Störungsbeseitigung.

## 3 Systematisierte Fehlersuche an automatisierten Anlagen

Große verkettete und vernetzte Produktionsanlagen können möglicherweise durch einzelne Störungen oder Ausfälle stillgesetzt werden. Es gibt praktisch kein technisches System, das ununterbrochen störungsfrei arbeitet. Je größer die Anzahl der Elemente in einer Anlage ist, um so höher ist die statistische Ausfallrate. Die damit für das Unternehmen entstehenden Ausfallkosten können sehr groß werden. Aufgabe einer guten Instandhaltung ist es, diese Kosten durch vorausschauende und vorbeugende Wartung und Ersatzteilbevorratung sowie durch schnelle Beseitigung auftretender Störungen niedrig zu halten. Daher wird eine gute Instandhaltung:

- durch vorbeugende Wartung eine Funktionseinschränkung der Anlage vermeiden,
- auftretende Störungen durch Inspektion frühzeitig erkennen,
- Störungen richtig einschätzen,
- möglichst schnell instandsetzen.

Nach DIN 31051 umfasst die Instandhaltung folgende Aufgaben:

- **Inspektion**, bezieht sich auf die Maßnahmen zur Feststellung und Beurteilung des Ist-Zustands von technischen Mitteln eines Systems.
- **Wartung**, betrifft Maßnahmen zur Bewahrung des Soll-Zustands von technischen Mitteln eines Systems.
- **Instandsetzung**, umfasst Maßnahmen zur Wiederherstellung des Soll-Zustands von technischen Mitteln eines Systems.

### 3.1 Voraussetzungen und Ablauf einer erfolgreichen Fehlersuche

In den vorhergehenden Abschnitten wurde aufgezeigt, wie man sich Systemkenntnisse einer Anlage aneignet (erkundet) und wie man diese Kenntnisse strukturiert. Darauf aufbauend setzt nun die systematisierte Fehlersuche ein (vgl. Abb. 3.1). Basierend auf Ihren Systemkenntnissen sollten Sie die Lösung der Probleme mit Logik und einer gewissen Systematik unter Einbeziehung Ihrer Erfahrungen angehen.

In unserem Musterfall ist an einer automatischen Produktionsanlage eine Störung aufgetreten. Daraus ergibt sich folgender Ablauf bzw. folgende Vorgehensweise:

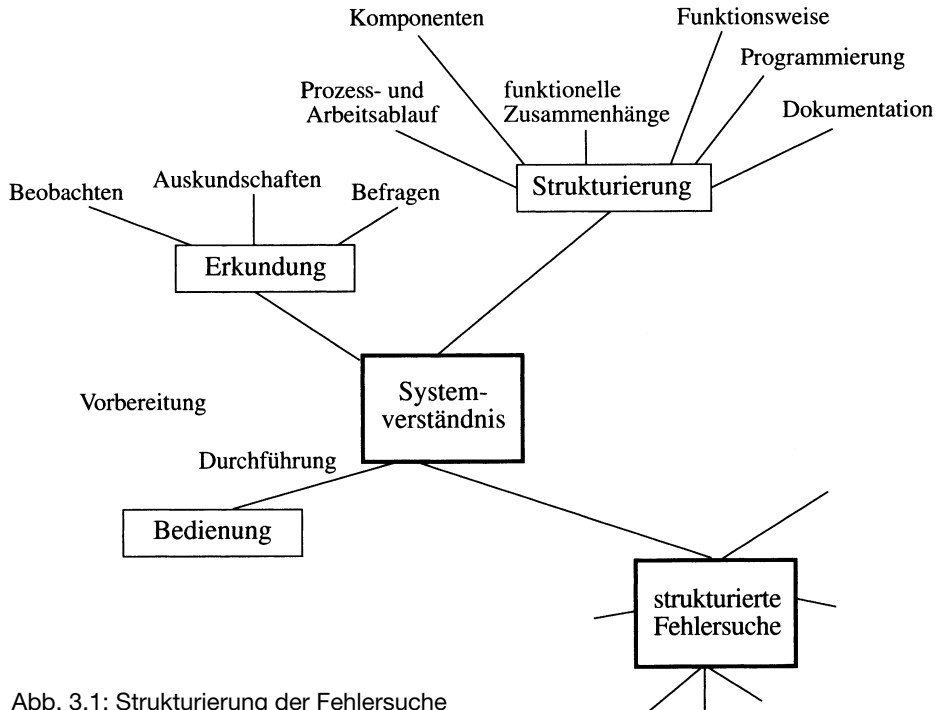


Abb. 3.1: Strukturierung der Fehlersuche

- Der Störfall wird dem Instandhalter gemeldet.
- Diese Störmeldung löst einen Instandhaltungsauftrag aus.
- Der Instandhalter erfasst den Ist-Zustand mit Hilfe des Anlagenführers oder des Bedienpersonals.
- Der Instandhalter beginnt mit der Fehlersuche, die zu einer Fehlerdiagnose führt.
- Der festgestellte Fehler wird behoben (Softwarekorrektur oder Justage) bzw. die Instandsetzung (Wechsel von Baugruppen oder Bauelementen) erfolgt.
- Dann schließt sich die Funktionsprüfung bzw. die Wiederinbetriebnahme der Anlage an.
- In einem Schadensbericht wird der Fehler beschrieben. Ist der Fehler auf falsche Bedienung oder Wartung zurückzuführen, sollten konkrete Hinweise zur Vermeidung dieser Fehlerursachen gegeben werden.
- In den technischen Unterlagen müssen Korrekturen an der Software oder Veränderungen an Bauteilkennwerten dokumentiert werden. Von der geänderten Software sind Kopien anzufertigen.



### 3.2 Ist-Zustandserfassung

Die Ist-Zustandserfassung erfordert das Aufnehmen und Auswerten aller sichtbaren Funktionsmerkmale. Dazu gehören:

- *Das Erfassen von sichtbaren Beschädigungen und des Gesamtzustands der Anlage sowie das Erfassen von äußeren Merkmalen.*  
Macht die Anlage einen gepflegten Eindruck oder sieht sie verlottert aus? Das Bedienpersonal sollte in diese Betrachtungen mit einbezogen werden. Ist es motiviert oder desinteressiert? Das zeigt sich an vielen Verhaltensmerkmalen. Freut sich z. B. das Bedienpersonal über die Ausfallzeit und verschwindet es? Oder bleibt es bei der Anlage und hilft Ihnen bei Ihren Bemühungen?
- *Das Erfassen der Leuchtmelder und Leuchttaster (Abb. 3.3).*  
Welche leuchten und welche nicht? Sind die Leuchtanzeigen richtig, entsprechen sie dem Betriebszustand und der Betriebsart? Hierbei erhält man schon Informationen über fehlende Betriebsmittel, z. B. fehlende Lastspannung, Schmierung und Kühlmittel oder Störung in der Elektrik. Fehlt eines dieser Betriebsmittel, bleibt die Anlage im Stillstand.
- *Zeigen die Bildschirmdiagnosen Status-, Fehler- oder Störungsmeldungen (Abb. 3.2)?*  
Für welche Station oder Anlagenteil?

		Anlagenübersicht																	
		Datum								Zeit									
		A-Seite																	
		T															T		
Fertigmeldung																			
Transportstellung																			
verketteter Betrieb																			
Stillgelegt																			
Störung																			
Station		EL	W1	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	W2	BL	V
Transportstellung																			
Gespannt																			
Gelöst																			
Störung																			
Störung																			
Stillgelegt																			
verketteter Betrieb																			
Transportstellung																			
Fertigmeldung																			
		B-Seite																	
		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8										
		Start	Transport- baugruppe		Information	Service		Diagnose	Zurück										

Abb. 3.2: Zustandserfassung über Anlagenübersicht

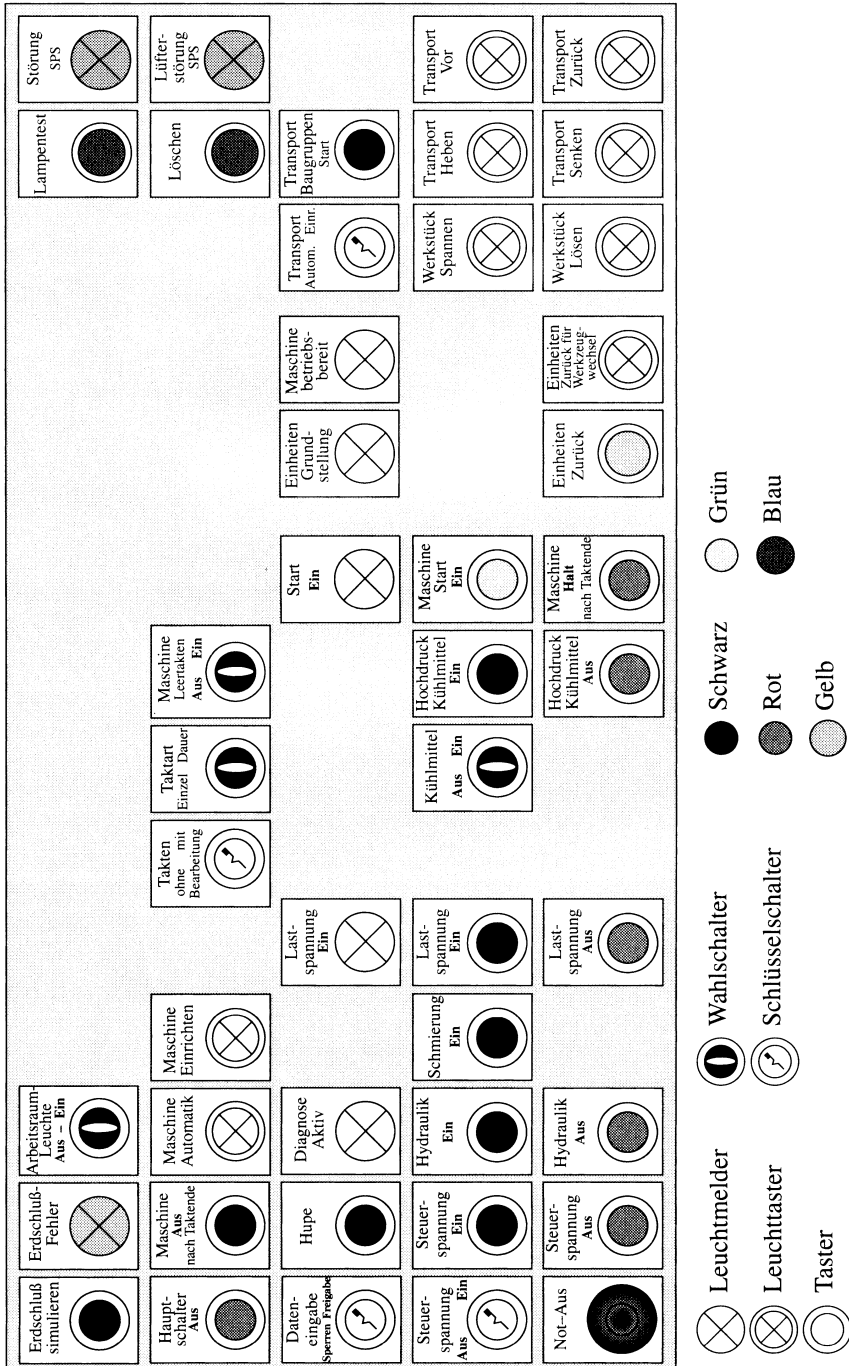


Abb. 3.3: Steuertafel des Hauptbedienpults

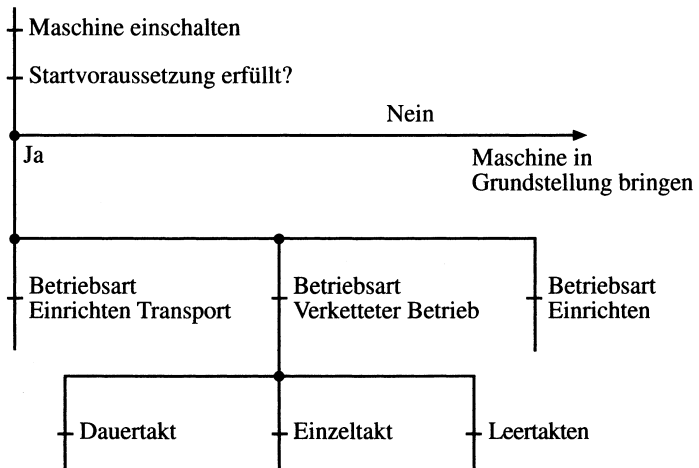


Abb. 3.4: Betriebsartenübersicht

- *In welcher Betriebsart befindet sich die Anlage (Abb. 3.4)?*  
Auf der Steuertafel des Hauptbedienpults (Abb. 3.3) sollten die Taster und Wahlschalter auf Stellung überprüft werden.
- *In welchen Betriebsarten tritt der Fehler auf, ist es ein Dauerfehler oder ein sporadischer Fehler?*  
Auf jeden Fall ist es erforderlich, die Anlage in den einzelnen Betriebsarten zu überprüfen, damit Einstell- und Bedienfehler ausgeschlossen werden. Daher die Anlage abschalten, wieder einschalten und alle Einheiten in Grundstellung bringen (vgl. Abb. 3.3 und Abb. 3.4). Hierbei sind die Funktionsabläufe anhand der Leuchtmelder und der Bildschirmdiagnose aufmerksam zu verfolgen. Schon die ersten Störmeldungen können auf die defekte Einheit verweisen.
- *Transport- oder Zeitfehler im verketteten Dauerbetrieb können in den Betriebsarten Einrichten oder Einzeltakt am ehesten identifiziert werden.*

### 3.3 Fehlerbereich eingrenzen

Aus der Ist-Zustandserfassung – sofern dieser noch nicht zur Fehlereingrenzung geführt hat – ergibt sich ein Anlagenbereich (z. B. Transportereinheit, Be- und Entlader, Wendestation, Messstation, Bearbeitungseinheit), in dem die Fehlerursache liegt. Diesen Anlagenbereich bezeichnen wir als Suchraum. Der Suchraum lässt sich anhand der zur Verfügung stehenden Unterlagen definieren und kennzeichnen, oder er wird über die Bildschirmdiagnose definiert. Hierzu kann man sich ein Übersichtsblatt erstellen, in das der Suchraum eingezeichnet wird. Dazu verwendet man die Informationen aus der Bildschirmdiagnose, der Komponentenübersicht, dem Layout der Anlage, aus dem informationstechnischen Modell und dem Programmablaufplan des Prozesses.

Die Anlagenbereiche, die man mit Sicherheit ausschließen kann, sollte man in diesem Fall auch kennzeichnen. Ein Beispiel hierzu zeigen die Darstellungen in Abb. 3.5.

Nachdem der Suchraum festgelegt wurde, sollte man seine Vermutungen (Hypothesen) über die möglichen Störungsursachen aufstellen. Dazu sollte man den Suchraum und seine Erfahrung nutzen. Die Betrachtung der unterschiedlichsten Fehlermöglichkeiten soll helfen, alle Techniken mit einzubeziehen. Bei der Aufstellung von Hypothesen sollten die wichtigsten Komponenten in Betracht gezogen werden.

Dies sind:

- die Mechanik,
- die Elektrik,
- die Software,
- die Hardware der Elektronik (z. B. Steuerungs-, Antriebs- und Überwachungselektronik).

Das Einfließen des Erfahrungswissens berücksichtigt bei der Erstellung einer Vermutung die Wahrscheinlichkeit, dass eine Störung aufgrund eines einfachen Fehlers ausgelöst wurde, z. B.:

- Spannungs- oder Druckluftausfall,
- Sensor oder Schalter verstellt,
- Software nicht in Funktion.

Weitere Erkenntnisse aus der Erfahrung sind z. B.:

- Mechanisch bedingte Fehler durch Verstellung und Verschmutzung sind am häufigsten.
- Sporadische Ausfälle werden vielfach durch Umwelteinflüsse (Temperatur, Luftfeuchte, Störstrahlungen) verursacht.
- Fehler in der Steuerungselektronik sind selten.
- Fehler in der Leistungselektronik (Lastschalter, Antriebsstufen) treten häufiger auf.
- Jeder irgendwie mögliche Fehler kann doch einmal auftreten.
- Softwarefehler nur im Bereich der Änderungsmöglichkeiten. Über- oder Unterschreiten von Grenzwerten.

Kommen mehrere Vermutungen oder Hypothesen in Frage, dann muss eine Prioritätsauswahl getroffen werden. Hierbei sollte den Hypothesen, die auf logischen Überlegungen basieren, der Vorrang vor intuitiven Eingebungen gegeben werden. Die Vorgehensweise der Fehlersuche muss dabei ebenfalls in Betracht gezogen werden. Folgende Kriterien sollten daher beachtet werden:

- Die Wahrscheinlichkeit der Fehlermöglichkeit, z. B. Elektronik, Software oder Mechanik.
- Aufwand der Fehlersuche, z. B. zeitlicher, technischer oder personeller Aufwand.
- Risiko der Fehlersuche, z. B. durch Versuche oder Experimente, z. B. Überlastung (elektrisch, mechanisch), Crash-Situationen (mechanisch).

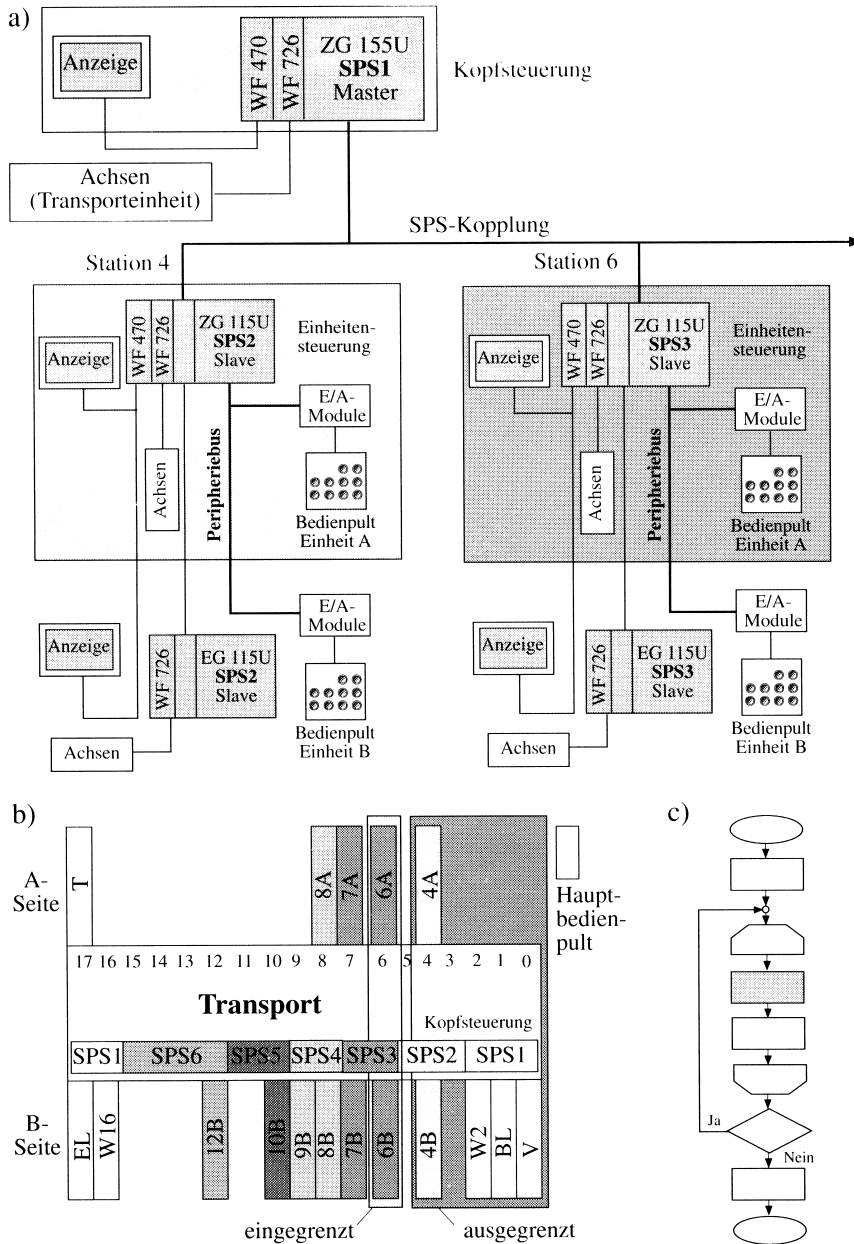


Abb. 3.5: Suchraum festlegen

a) Layout der Anlage

b) Informationstechnisches Modell

c) Programmablaufplan für informationstechnisches Modell

Bei der Fehlersuche sollte man vergleichen, ob man nach der aufgestellten und favorisierten Hypothese vorgeht. Ist dies nicht der Fall, sollte man für sich die Vorgehensweise in Stichworten festhalten.

Dieser bewusste Soll-Ist-Vergleich zwischen theoretischen Überlegungen und der praktischen Vorgehensweise zeigt auf, inwieweit Sie fähig sind, eine systematische Fehlersuche zu betreiben, oder ob Sie immer wieder in ein einmal angeeignetes und bevorzugtes Suchschema verfallen, das weitgehend unabhängig von der gezeigten Störung ist.

Die Vorgehensweise bei der Prüfung der Hypothese zur Fehlerdiagnose ist abhängig von der Art der Suchraumfestlegung und der Hypothese (Abb. 3.6). Hierzu einige Beispiele für die Vorgehensweise (Abb. 3.7):

Nur selten führt die erste Fehlereinschätzung und die daraus abgeleitete Fehlersuche zum Erfolg. Dann ist es erforderlich, weiter zurückliegende Eingrenzungsmaßnahmen, wie z. B. Suchraumfestlegung, Hypothesenbewertung, zu korrigieren und zu präzisieren. Dieser Einkreisungsprozess (Abb. 3.8), der zur immer besseren Annäherung an die Lösung der Störungsursache führt, wird nach mehrmaligem Durchlaufen zur Erstellung der richtigen Hypothese und damit zur richtigen Fehlerdiagnose führen.

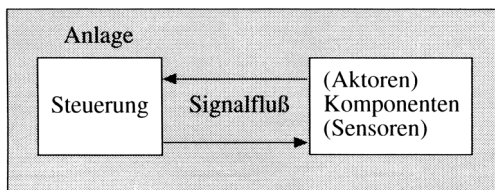


Abb. 3.6: Suchraum für Hypothesenfestlegung

Teilsystem	Vorgehensweise
Anlage	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Bildschirmdiagnose anwenden.</li> <li>– Leuchttaster, Leuchtmelder auf Bedienpulten prüfen.</li> <li>– Hinweise in Serviceunterlagen beachten.</li> </ul>
Steuerung	<ul style="list-style-type: none"> <li>– LED-Anzeigen der binären Ein- und Ausgänge überprüfen.</li> <li>– Programmablaufpläne in den Serviceunterlagen beachten.</li> <li>– Status-, Schritketten- und Diagnosefehlermeldungen auswerten.</li> </ul>
Signalfluß	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Sichtprüfung von Stecker und Leitungen auf feste Verbindung und mechanische Beschädigung.</li> <li>– Sichtprüfung von Klemmenleisten.</li> <li>– Prüfung der hydraulischen und pneumatischen Installationen (Anschlüsse).</li> <li>– Messung der Steuerspannungen an Steckern und Klemmenleisten.</li> </ul>
Komponenten	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Funktionsprüfung über Statusanzeigen (LED) und Taster bei Ventilen und Schützen.</li> <li>– Sichtprüfung auf Beschädigung und Lageänderung von Sensoren und Schaltern.</li> </ul>

Abb. 3.7: Vorgehensweise zur Hypothesenfestlegung

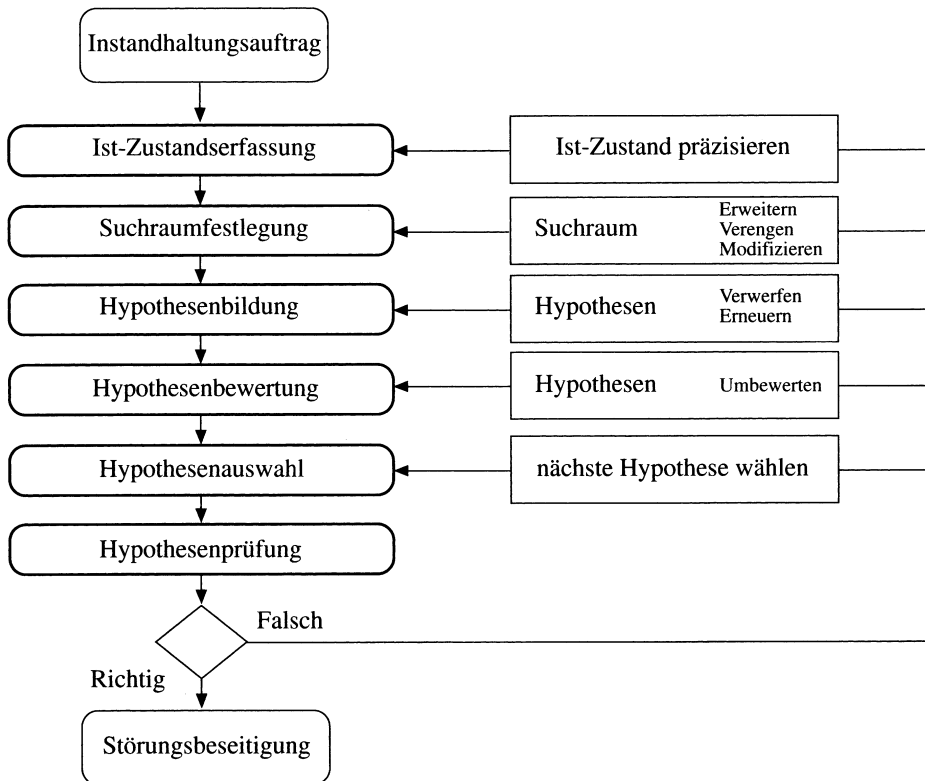


Abb. 3.8: Entscheidungsbewertung

### 3.4 Instandsetzungsmaßnahmen und Wiederinbetriebnahme

Nachdem anhand der erfolgreichen Fehlerdiagnose mit Hilfe des Soll-Ist-Vergleichs, der Festlegung des Suchraums und der richtigen Hypothesenerstellung die Störungursache lokalisiert wurde, erfolgt nun die Fehlerbeseitigung. Die Instandsetzung kann sehr umfangreich sein, wenn z. B. große Teile ausgewechselt werden müssen (z. B. mechanische Funktionseinheiten, Geräte, Antriebsspindeln, Motoren oder Messsysteme).

Bei umfangreichen Instandsetzungen sollte daher ein Arbeitsplan zur Durchführung erstellt werden. Dieser Arbeitsplan könnte wie folgt aussehen:

- notwendige Ersatzteile,
- erforderliche Werkzeuge,
- weiteres Personal zur Unterstützung,

- zusätzliches Informationsmaterial (spezielle Aus- und Einbauanweisungen),
- Vorgehensweise mit Absprache über Arbeitsablauf und Einsatzplan,
- Sicherheitseinrichtungen, Beachtung von Unfallvorschriften.

Wird bei der Instandsetzung eine ganze Geräte-, bzw. Funktionseinheit ausgewechselt, dann wäre die Instandsetzung beendet und die Wiederinbetriebnahme der Anlage könnte erfolgen. Hierbei muss zuerst geprüft werden, ob die ausgewechselten Geräte-, bzw. Funktionseinheit richtig angeschlossen wurde. Dazu gehört nochmals die Überprüfung der angeschlossenen Leitungsverbindungen mit Hilfe der Belegungs- und Klemmenpläne. Auch muss anhand der Serviceunterlagen geprüft werden, ob an der Geräteeinheit Justage- oder Einstellarbeiten vorgenommen werden müssen. Danach sollte die Geräteeinheit im Einrichtbetrieb oder Einzeltakt in ihrer Gesamtfunktion innerhalb der Anlage überprüft und in ihren geforderten oberen und unteren Grenzwerten (z. B. Antriebe) ausgetestet werden. Erst dann sollte die Anlage in ihrer Gesamtfunktion in den einzelnen Betriebsarten geprüft und getestet werden.

Hat man die Anlage wieder in ihren betriebsfähigen Zustand gebracht und den Reparaturplatz aufgeräumt, sollte man, bevor man die Anlage verlässt, den so genannten

Arbeitsschritt	Hilfsmittel	Kommentar
Störungsmeldung aufnehmen	Formular	erster Hinweis auf Störungsverhalten
Instandsetzungsauftrag	Formular	Arbeitsauftrag mit Zeit- und Kostenvoranschlag
Ist-Zustandserfassung	Fragenkatalog vgl. Abschnitt	Erfassung des sichtbaren Funktionszustands der Anlage
Suchraum festlegen	vgl. Bild 3.5	aufgrund der Ist-Merkmale Störungsursache eingrenzen
Fehlerhypothesen erstellen	Serviceunterlagen	Fehlereingrenzung mit Suchraum, Logik und Erfahrung
Fehlerhypothesen bewerten und auswählen	Prioritätenliste	Auswahl der erfolgversprechendsten Fehlerhypothese
Fehlerhypothese prüfen	Meßgeräte, Serviceunterlagen, Werkzeug	Fehlersuche, evtl. neue Fehlerhypothese
Instandsetzung planen und durchführen	Ersatzteile, Einbauvorschriften, Prüfvorschriften	Planung der Instandhaltung, Störung beheben
Wiederinbetriebnahme durchführen	Funktionstest, Betriebsanweisung	Komponenten prüfen, Inbetriebnahme in den einzelnen Betriebsarten
Störungsbericht erstellen	Instandhaltungsformular, Anlagentagebuch	Störungsursache, Auswirkung, vorbeugende Maßnahmen, Schwachstellenanalyse
Dokumentation und Software ergänzen	Anlagendokumentation, Speichermedien	Anlagendokumentation aktualisieren

Abb. 3.9: Beispiel einer Checkliste zur systematischen Fehlersuche



**Hut- und Manteltest** durchführen. Das heißt, dass man noch so lange bei der Anlage verbleibt, bis das Bedienpersonal die Anlage in Betrieb genommen und einige Arbeitszyklen störungsfrei damit durchgeführt hat.

Die systematische und strukturierte Fehlersuche an einer Anlage kann mit der Checkliste (Abb. 3.9) als Gedankenstütze erfolgen:

Hat man keine Ersatzgeräteeinheiten zur Verfügung oder sind keine vorgesehen (kundenspezifische Einzelanfertigung), müssen die Geräte selbst einer Fehlersuche auf Schaltungs- oder Komponentenebene unterzogen werden. Wie man hierbei vorgeht und was man dabei zu beachten hat, wird in den folgenden Abschnitten sehr ausführlich beschrieben!

## 9 Fehlersuche mit System an Netz- und Betriebsspannungen

Die häufigsten Defekte und Fehlersymptome in Geräten und Anlagen haben ihren Ursprung in der Betriebsspannungsversorgung. Begründet wird dies durch die z. T. hohe Leistungsbelastung (Wärmeerzeugung) der Bauelemente.

Daher ist es sinnvoll die hierfür eingesetzten Schaltungen in ihrer Funktion und bei Defekten eingehend zu betrachten.

Die Betriebsgleichspannungen von elektronischen Schaltungen werden über Regelschaltungen zur Stabilisierung der Gleichspannungen über Gleichrichter aus der Netzspannung gewonnen (Abb. 9.1). Fehler in elektrischen Schaltungsfunktionen erfordern daher immer als eine der ersten Maßnahmen die Überprüfung der Versorgungsspannungen und bei bestimmten Fehlersymptomen auch die Überprüfung der Netzspannung.

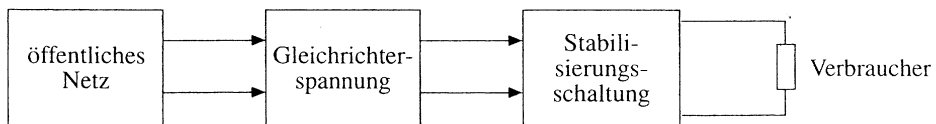


Abb. 9.1: Geregeltes Netzgerät, Blockschema

### 9.1 Netzstörungen und ihre Auswirkungen

Viele Netzstörungen entstehen durch Rückwirkungen elektrischer Einrichtungen, die sich durch Spannungsänderungen (große Laständerungen), Unsymmetrie der Spannungen im Drehstromnetz (einseitige Belastung der Phasen), Oberschwingungsspannungen (Frequenzumrichter, Gleichrichter) und Spannungen von Zwischenharmonischen (Stromrichterantriebe) ergeben.

Viele dieser aufgeführten Netzstörungen führen bei elektronischen Schaltungen zu folgenden Auswirkungen:

- Netzspannungsänderungen führen zu Änderungen der gleichgerichteten Spannungen und dadurch bei elektronisch stabilisierten Gleichspannungen zu Veränderungen des Innenwiderstandes der Regelschaltung. Liegen die Netzspannungs-

änderungen außerhalb des Regelbereichs der Stabilisierungsschaltung, dann ändern sich die Betriebsgleichspannungen und die überlagerten Brummspannungen (Restwelligkeit von der Netzspannung).

- Unsymmetrische Spannungen im Drehstromnetz führen zu Veränderungen der Lastleistung von Drehstromverbrauchern und bei elektronisch geregelten einphasigen Netzteilen zu ähnlichen Auswirkungen wie bei Netzspannungsänderungen.
- Oberschwingungsspannungen der Netzfrequenz und Zehnerfrequenzen und Spannungen von Zwischenharmonischen führen zur Erhöhung der Verlustleistung und damit zur Erwärmung von Kondensatoren, Motoren, Filternetzwerken, Sperr- und Siebdröseln, sowie Transformatoren.

Die Diagnose der Netzspannung und des Netzstromes kann mit Hilfe eines Speicher-Oszilloskops durchgeführt werden. Die wichtigsten Signalformen und ihre Bedeutung sind in Abb. 9.2 dargestellt.

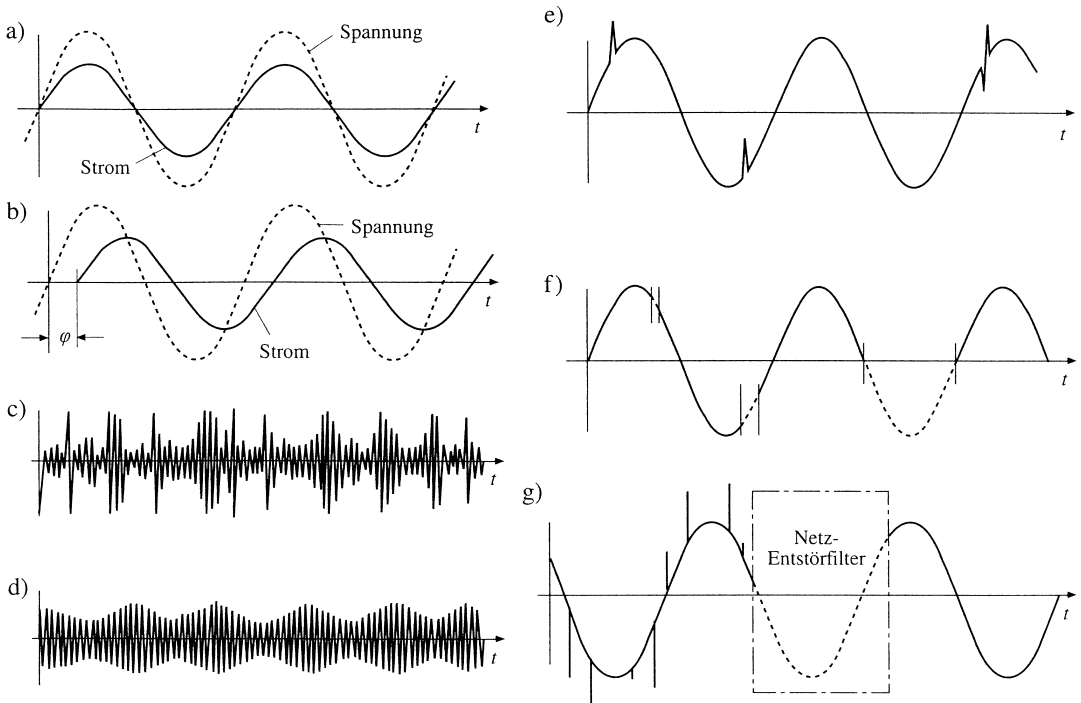


Abb. 9.2: Netzspannungsformen

- ideale Netzenergie, Phasengleichheit zwischen Strom und Spannung
- induktiv- oder kapazitiv belastetes Netz erzeugt Phasenverschiebung
- nichtperiodische Spannungsschwankungen
- periodische Spannungsschwankungen
- transiente Störungen
- Kurzzeitunterbrechungen
- Kompensation von Netzstörungen durch ein Netzfilter

Abb. 9.2a zeigt Strom und Spannung phasengleich in einer „sauberen“ Netzspannung.

Abb. 9.2b zeigt eine Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung, die durch kapazitive und induktive Verbraucherlast entstehen.

Periodische und nicht periodische Spannungsschwankungen zeigen die Abb. 9.2c und Abb. 9.2d.

Störimpulse oder Spannungsstörspitzen auf der Netzspannung (Abb. 9.2e) werden verursacht durch Motorschalter, Thyristorregler, durch Funkenbildung beim Schweißen, durch Trennen von Sicherungen oder bei atmosphärischen Entladungen.

Kurzzeitunterbrechungen in Abb. 9.2f werden durch Phasenkompensation, Überlastung, Kurzschlüsse oder atmosphärische Beeinflussungen erzeugt.

Voraussetzung für die einwandfreie Funktion aller am öffentlichen Versorgungsnetz angeschlossenen elektrischen Betriebsmittel ist u. a., dass der Betrieb eines Gerätes durch den Betrieb anderer Geräte nicht unzulässig beeinflusst wird. Das heißt, dass die Bedingungen der Elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) eingehalten werden.

Ist ein Netz mit Netzstörungen behaftet, die kurzfristig nicht beseitigt werden können, dann muss zur Abhilfe der Netzstörungen ein Netzfilter eingeschaltet werden. Abb. 9.3 zeigt ein Schaltungsbeispiel für ein leistungsfähiges Netzfilter. Mit einer oberen Grenzfrequenz von 400 Hz wird eine Dämpfung von 20 dB pro Dekade erreicht, sodass Störungen unterschiedlichster Art wirksam unterdrückt werden. Durch den Varistor  $R_1$  werden Spannungsspitzen kurzgeschlossen. Die Magnetfelder der Drosselspule  $L_1$  heben sich gegenseitig auf. Für den Netzstrom ist die Induktivität der Drosselspulen daher sehr gering und somit auch der Spannungsverlust über den Wicklungen. Einseitige Störungen auf dem Phasenleiter oder dem Null-Leiter werden durch die Drosselspule stark bedämpft. Mittel- und höherfrequente Störspannungen werden über die Kondensatoren  $C_3$  und  $C_4$  gegen den Schutzleiter abgeleitet. Auf der Netzseite wirkt der Kondensator  $C_1$  als Kurzschluss für höherfrequente Störspannungen, auf

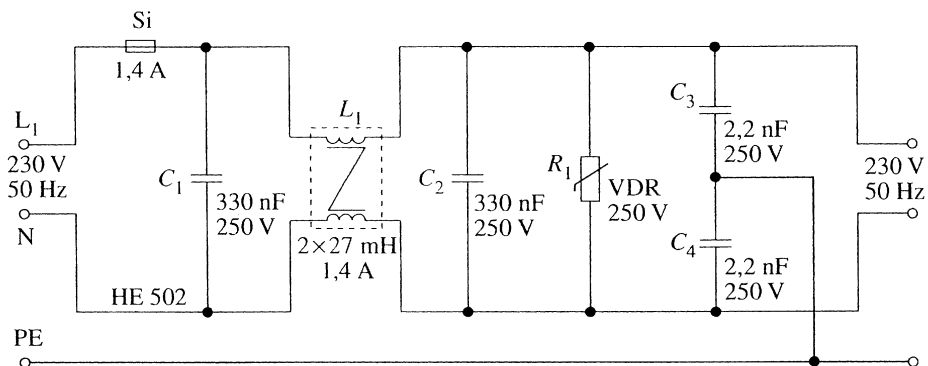


Abb. 9.3: Schaltung eines Netzfilters

der Geräteseite der Kondensator  $C_2$ . Das Netzfilter ist daher in beiden Richtungen wirksam.

Das Flussdiagramm in Abb. 9.4 zeigt die einzelnen Untersuchungsschritte zur Lösung des Netzversorgungsproblems eines störimpfindlichen Gerätes.

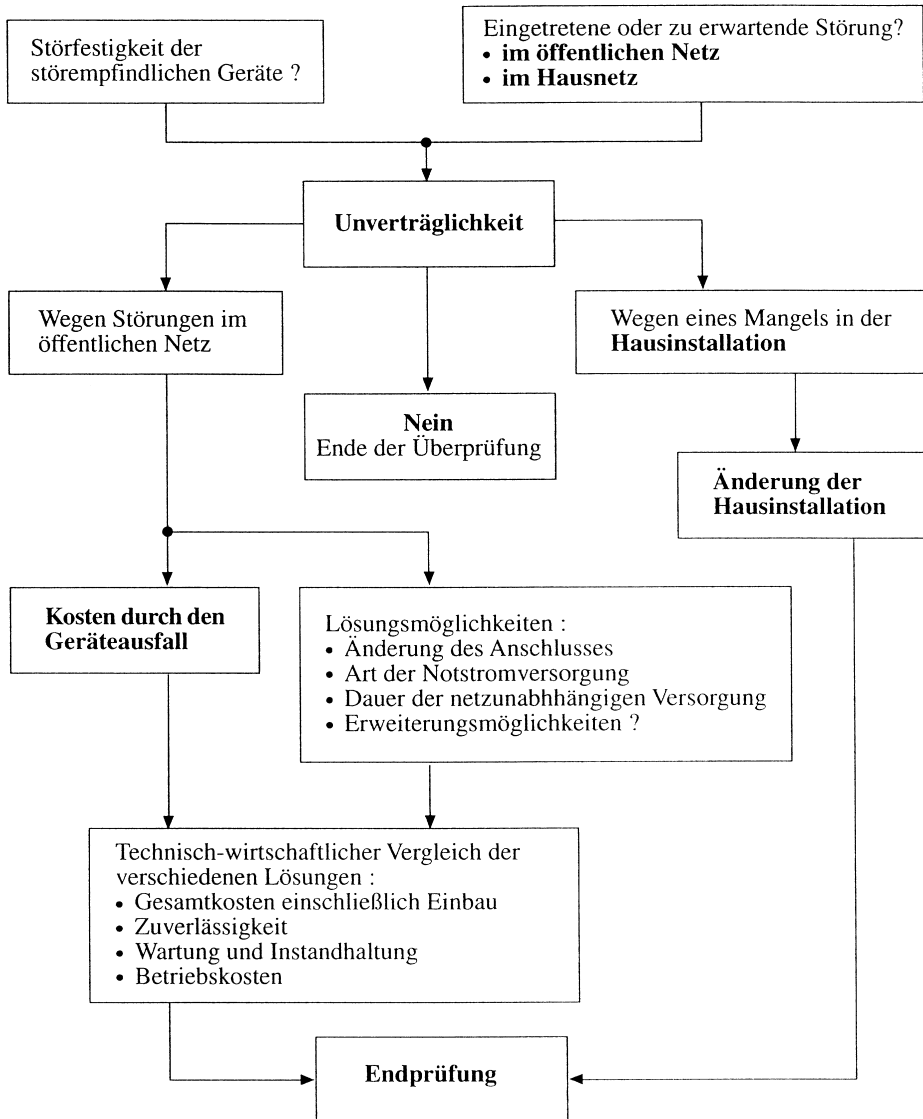


Abb. 9.4: Flussdiagramm zur Störungssuche an Netzen

## 9.2 Fehlersuche an Gleichrichterschaltungen

Jedes netzbetriebene Gerät mit elektronischen Bauelementen benötigt eine Gleichrichterschaltung, die eine der häufigsten Fehlerquellen eines Gerätes darstellt. Und dies aus zweierlei Gründen: Wenn in einem Gerät ein Fehler auftritt, der einen höheren Betriebsstrom zur Folge hat, z. B. Kurzschluss eines Bauelementes, dann wird die Gleichrichterschaltung mit diesem Fehlerstrom zusätzlich belastet und damit u. U. überlastet.

Außerdem ist in einer Leistungsschaltung, wie sie eine Gleichrichterschaltung zur Erzeugung der gesamten Leistungsaufnahme (Wärmeerzeugung) darstellt, die Fehlerwahrscheinlichkeit am höchsten.

### Vollwellen- und Brückengleichrichter

Die häufigsten Fehlersymptome bei defekten Gleichrichterschaltungen sind zu hohe Brummspannungen auf den Betriebsspannungen oder totaler Ausfall der Betriebsspannungen. Bei einem netzbetriebenen Verstärker machen sich diese Defekte z. B. durch 50- oder 100 Hz-Brummen bemerkbar oder durch stark geschwächte oder verzerrte Wiedergabe.

Bei einem defekten Gerät mit Gleichrichterschaltung wird man zuerst die gleichgerichtete Betriebsspannung und die überlagerte Brummspannung messen. Stimmen beide Werte mit den Sollwerten nicht mehr überein, d. h., ist die Gleichspannung zu niedrig und die überlagerte Wechselspannung zu hoch, muss als nächstes der Laststrom geprüft werden. Entspricht dieser, dem Sollwert, kann man direkt mit der Fehlersuche an der Gleichrichterschaltung beginnen.

Damit man bei der Doppelweggleichrichtung und der Brückengleichrichtung klare Vorstellungen über die zu messenden Spannungswerte erhält, ist es sinnvoll, sich vorzustellen, was für Spannungen gemessen würden, wenn an der Schaltung anstelle der 50 Hz-Wechselspannung vom Transformator eine Gleichspannung anliegen würde. Diese Überlegung hat den Vorteil, dass man mit Hilfe der Gleichspannung dieselben Bedingungen für die Momentanwerte der Wechselspannung simulieren kann.

In Abb. 9.5a ist eine Doppelweggleichrichtung dargestellt. Die Spitzenspannung  $U_S = 50 \text{ V}$  pro Wicklung wurde entsprechend ihrer Spannungsaufteilung eingetragen. Hieraus ist die Funktion der Schaltung ersichtlich: Eine Diode ist leitend, die andere gesperrt. Bei Umkehr der Polarität verhalten sich die Spannungswerte an den Dioden umgekehrt.

Um es nochmals zu erwähnen, hier handelt es sich um Momentanwerte, die man nur mit einem Oszilloskop, aber nicht z. B. mit einem üblichen Spannungsmessgerät messen kann.

Mit einem Messinstrument in der Betriebsart „Wechselspannung“ würde man an allen Dioden und am Lastwiderstand (bei abgetrenntem Kondensator) einen Wechselspan-

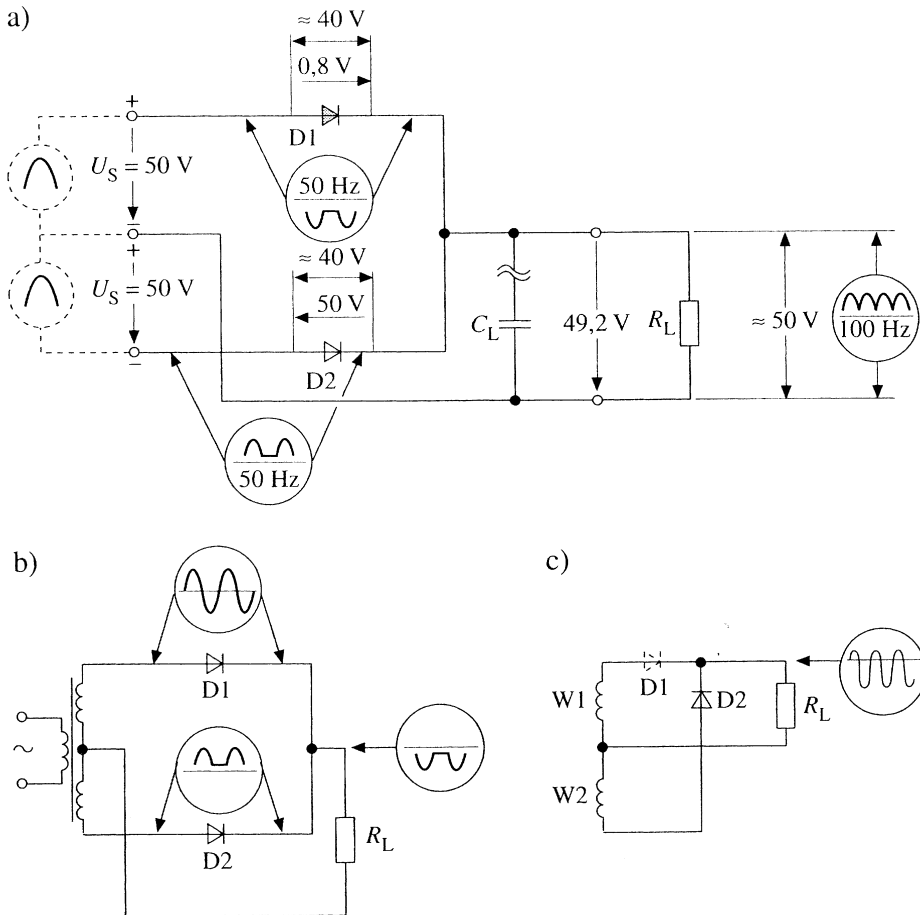


Abb. 9.5: Gleichrichterschaltungen

a) Prüfen der Zweiwegschaltung

b) Messungen mit dem Oszilloskop zur Feststellung der defekten Diode

c) Ersatzschaltbild für Kurzschluss in der defekten Diode

nungswert von ca. 40 V messen (vgl. Abb. 9.5a). Und dies aus dem einfachen Grund: ein Messinstrument (Vielfachmessinstrument oder Voltmeter) kann zwischen einzelnen Momentanwerten nicht unterscheiden und zeigt daher immer einen integrierten Effektivwert an. Mit einem Messinstrument ist es daher wesentlich schwerer einen Fehler an der Gleichrichterschaltung zu definieren.

Die Messung mit einem Oszilloskop ist daher schon wesentlich effektiver und aufschlussreicher, wie dies die Darstellungen in der Abb. 9.5a zeigen.

Da ein Oszilloskop nicht nur die Amplitude, sondern auch bei entsprechender eingestellter Ablenkzeit die Signalform darstellt, kann man sehr wohl erkennen, welches Verhalten die einzelnen Bauelemente an Wechselspannung zeigen.

Es ist hier offensichtlich, dass an den nichtleitenden Dioden jeweils nur die Halbwellen mit negativer Polarität gemessen werden. Am Lastwiderstand werden, entsprechend der Funktion der Schaltung, beide Halbwellen der Sinusperiode mit gleicher positiver Polarität gemessen.

An den Dioden ergibt dies eine Frequenz von 50 Hz, weil der Abstand der Halbwellen 20 ms beträgt. Am Lastwiderstand wird eine Frequenz von 100 Hz gemessen, da hier der Abstand der zu messenden Halbwellen nur 10 ms beträgt.

In Abb. 9.5b sind die Signalformen an einer defekten Schaltung dargestellt. An der Diode D1 werden die vollständigen Sinusperioden mit positiven und negativen Halbwellen gemessen. An der Diode D2 entspricht die Signalform der in Abb. 9.5a. Die Messung am Lastwiderstand  $R_L$  zeigt das gleiche Ergebnis wie an der Diode D2, nur mit umgekehrter Polarität.

Das Messergebnis am Lastwiderstand  $R_L$  lässt bereits die Fehlerursache dahingehend erkennen, dass die Schaltung nur noch die Funktion einer Einweggleichrichtung besitzt. Die Messung der vollständigen Sinusperioden an der Diode D1 lässt den Rückschluss zu, dass diese Diode eine Unterbrechung hat, d. h. dass sie für beide Polaritäten der Sinushalbwellen einen sehr hohen Widerstand aufweist.

Zeigt eine Diode einen Kurzschluss, dann gilt die Ersatzschaltung nach Abb. 9.5c. Aus dieser Schaltungsanordnung ist ersichtlich, dass der Lastwiderstand direkt zur Wicklung W1 parallel geschaltet ist. Man wird daher den Sinusverlauf der Wechselspannung messen. Die Diode D2 ist parallel zu den Wicklungen W1 und W2 geschaltet. Die Diode wirkt somit als Lastwiderstand für beide Wicklungen, aber mit unterschiedlicher Wirkung. Wenn die Diode leitend ist, stellt sie praktisch einen kurzschlussähnlichen niedrigen Lastwiderstand für die Wicklungen dar. Bei dieser Halbwelle fließt durch die Wicklungen ein hoher Strom, durch den der Eisenkern des Transformatorkerns nahezu bis zur Sättigung vormagnetisiert wird. Während dieser Belastung kann auch an der Wicklung W1, an der der Lastwiderstand  $R_L$  angeschlossen ist, nur eine geringe Spannung wirksam werden.

Bei der Fehlersuche an einer Brückenschaltung geht man nach den selben Überlegungen vor. In Abb. 9.6 ist die Funktion der Schaltung bei der positiven Spitzenspannung dargestellt. Eine Gleichspannungsmessung zu diesem Zeitpunkt zeigt, dass die Dioden D1 und D3 leitend sind – der Stromkreis ist über diese Dioden und den Lastwiderstand  $R_L$  geschlossen – und die Dioden D2 und D4 sind gesperrt. Somit ergibt sich eine Gleichspannungsaufteilung entsprechend Abb. 9.6.

Eine Wechselspannungsmessung an den Bauelementen würde dieselben Messergebnisse wie in Abb. 9.5 ergeben.



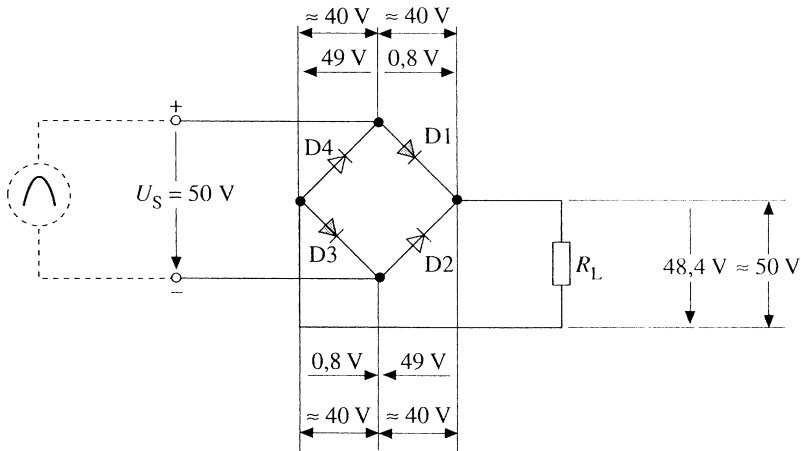


Abb. 9.6: Prüfen der Brückengleichrichterschaltung

Die Messungen mit einem Oszilloskop ergeben an den Dioden 50-Hz-Halbwellen mit unterschiedlicher Polarität. Entsprechend der Anordnung der Dioden ergibt sich für die Dioden D1 und D3 dieselbe Polarität – vorausgesetzt, dass an den Dioden mit derselben Polarität gemessen wird – wie an den Dioden D2 und D4. Der Vergleich dieser Diodenpaare untereinander ergibt entgegengesetzte Polarität. An Widerstand  $R_L$  zeigen sich die 100-Hz-Halbwellen mit positiver Polarität.

Messungen mit dem Oszilloskop an Gleichrichterschaltungen mit angeschlossenem Ladekondensator und Siebgliedern ergeben andere Signalbilder. Man kann aber auch hier aus der Amplitude der überlagerten Brummspannung und deren Frequenz wesentliche Fehlersymptome ableiten (vgl. Abb. 9.7).

Die Amplitude der Brummspannung gibt darüber Aufschluss, ob der Siebfaktor der Siebglieder in Ordnung ist. Die Brummspannung wird größer, wenn der Siebwider-

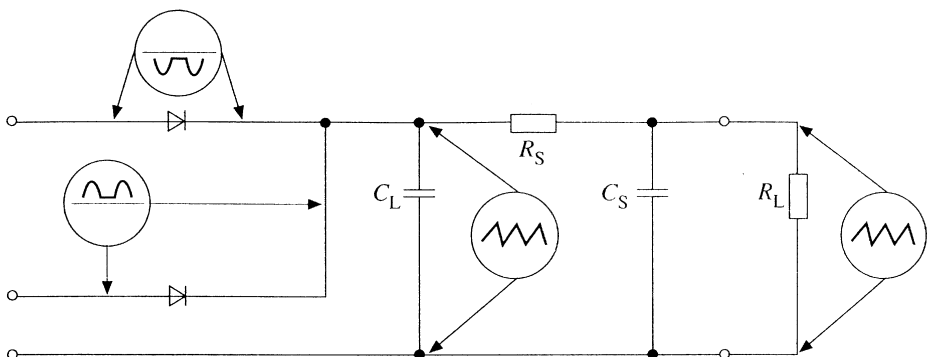


Abb. 9.7: Prüfen der Siebschaltung

stand kleiner (Kurzschluss) oder die Kapazität des Lade- oder Siebkondensators kleiner geworden ist.

Ob die Doppelweg- oder Brückengleichrichter-Schaltung noch für beide Halbwellen ihre Funktion erfüllt, kann man an der Frequenz der Brummspannung erkennen. Bei richtiger Funktion der Schaltung zeigt die Brummspannung eine 100-Hz-Frequenz. Ist ein Gleichrichterzweig ausgefallen, werden nur 50-Hz-Brummspannungen gemessen. An den Dioden wird, wie zuvor in Abb. 9.5 und 9.6 gezeigt, eine Halbwelle mit entsprechender Amplitude gemessen.

### 9.3 Fehlersuche an Netzgeräten

Bei der Fehlersuche an Geräten, die bereits einmal funktionsfähig waren, lautet die erste Frage:

#### Sind die Betriebsspannungen vorhanden?

Wenn nein, muss geprüft werden, ob an dem Netzgerät die entsprechenden Betriebsspannungen vorhanden sind. Diese Prüfung erfasst nicht nur die Gleichrichterschaltung, sondern die gesamte Schaltung, beginnend beim Netzanschluss (vgl. Abb. 9.8).

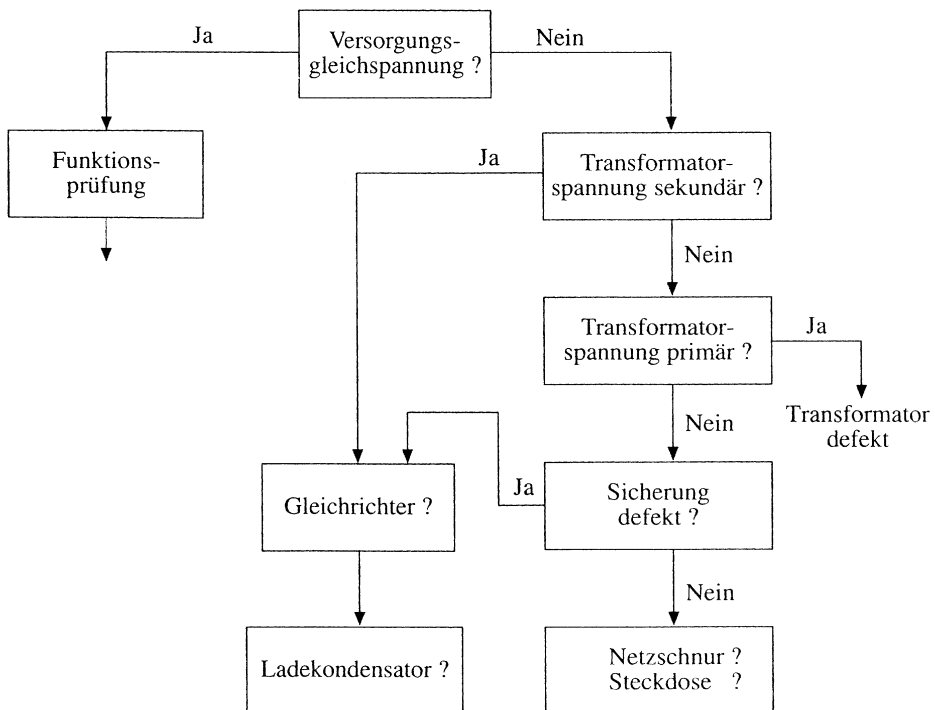


Abb. 9.8: Flussdiagramm zur Störungssuche an Netzgeräten

Ein Netzgerät mit elektronisch stabilisierten Betriebsspannungen zeigt die Abb. 9.9a.

Dieses Netzgerät weist eine Fülle von Schaltungsmerkmalen auf, die für eine erfolgreiche und systematische Fehlersuche erst erkannt und in Zusammenhang gebracht werden müssen.

Bei einem Netzgerät mit mehreren Versorgungsspannungen muss geprüft werden, in welchem Maße die Spannungen aufeinander aufbauen oder gegenseitig als Hilfsspannung genutzt werden. Das Blockschema in Abb. 9.9b verdeutlicht die folgenden Zusammenhänge:

Die Spannungsregler IC 503 (+5 V) und IC 501 (+5 V) erhalten die Gleichspannung von einem Brückengleichrichter D 508. Der Strombegrenzer OPV IC 50 im +5-V-Netzteil erhält die Betriebsspannung aus dem –12-V-Netzteil. Der Brückengleichrichter D 509 ist nicht mit dem Bezugspotenzial verbunden. Erst die Regler IC 505 (+12 V), IC 506 (–12 V) und IC 507 (–5 V) beziehen sich auf das gemeinsame Bezugspotenzial.

Zu beachten ist die Lastverteilung an dem +12-V- und an dem –12-V-Regler. Die daran angeschlossenen Schaltungen als Lastwiderstände liegen über die Regler IC 505 und IC 506 am Pluspol, bzw. am Minuspol des Brückengleichrichters D 509. Die Lastwiderstände liegen dadurch in Reihe zwischen den Spannungen +12 V und –12 V. Extreme Laststromänderungen in einem Lastwiderstand können dadurch zu Spannungsänderungen führen, die beide Regler nicht mehr ausgleichen können (vgl. hierzu Abb. 4.7). Hierdurch kann auch der Regler IC 507 für die Stabilisierung der Spannung –5 V in Mitleidenschaft gezogen werden.

Die Regelungsschaltungen für die einzelnen Versorgungsspannungen zeigen die folgenden Funktionsmerkmale:

Der Regler IC 503 arbeitet mit einer externen Strombegrenzung, bestehend aus dem Operationsverstärker IC 50.

Die Referenzspannung für die interne Referenzspannungsquelle wird durch den Spannungsteiler R 511 und R 512 bestimmt.

Der Transistor T 01 ist zur Stromerhöhung dem internen Leistungsregler in Kaskade zugeschaltet.

Die Strombegrenzung für den 5-V-Regler IC 501 erfolgt über den Operationsverstärker IC 502. Bei Überschreiten einer Stromobergrenze wird der Thyristor Th 501 durchgeschaltet, wodurch die Schmelzsicherung S 502 ausgelöst wird.

In der 26-V-Regelungsschaltung wird der Strom über den Transistor T 506 begrenzt. Die Spannung wird über die Referenzspannungsquelle D 503 und den Differenzverstärker T 503 und T 505 geregelt.



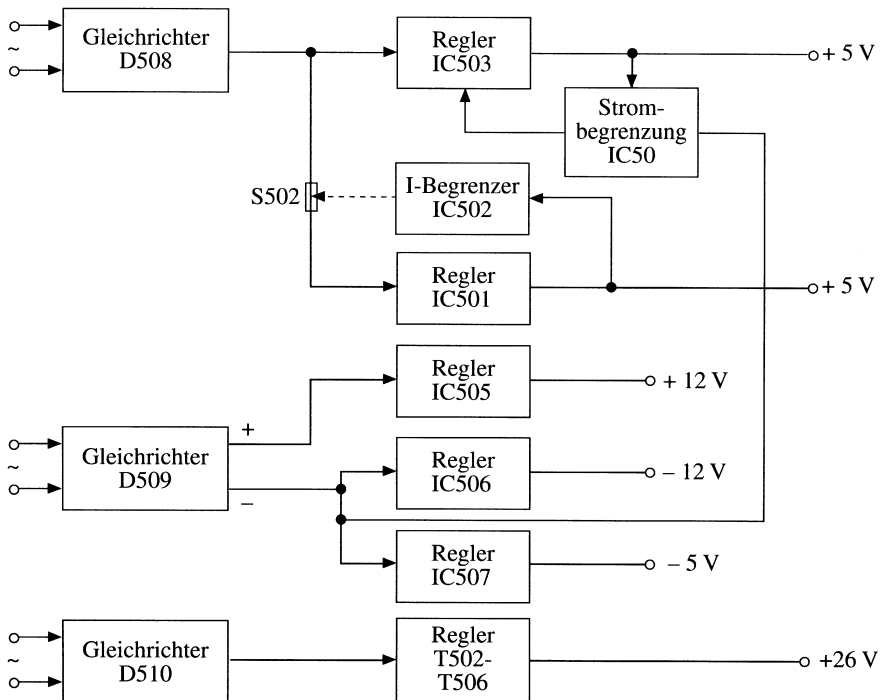


Abb. 9.9b: Blockschema

Der Transistor T 503 dient in Verbindung mit den Dioden D 505 und D506 zur Temperaturengleichsregelung der Schaltung.

Die Vorgehensweise zur Fehlerortung an diesen Regelschaltungen wurde eingehend im Abschnitt 5.4, Abb. 5.25 erklärt.

## 9.4 Übungen zur Vertiefung

- Ein Netzteil (Abb. 9.10) ist für die Spannung  $U_2 = 250 \text{ V}$  ausgelegt, bei einer Stromentnahme von  $I = 0,05 \text{ A}$ . Eine Spannungsmessung bei dieser Stromentnahme ergab den Spannungswert von  $U_2 = 210 \text{ V}$ .

Welche der folgenden Fehlerursachen sind wahrscheinlich?

- (A) Diode D1 defekt
- (B) Netztransformator, Windungsschluss
- (C) Spule  $L_1$ , Windungsschluss
- (D)  $C_1$  defekt (keine Kapazität)

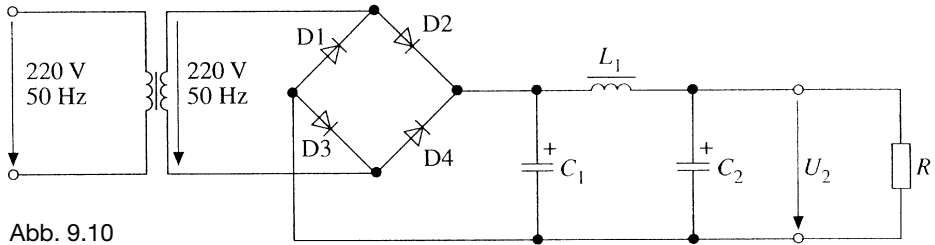


Abb. 9.10

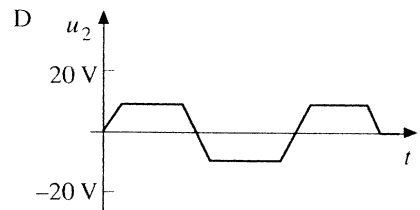
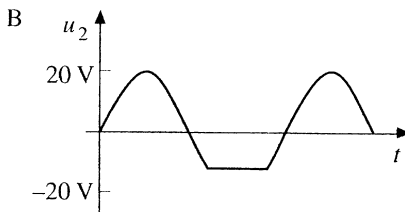
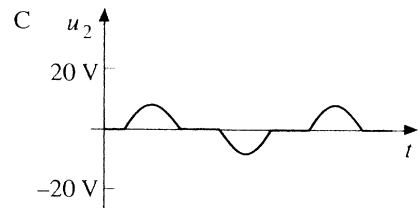
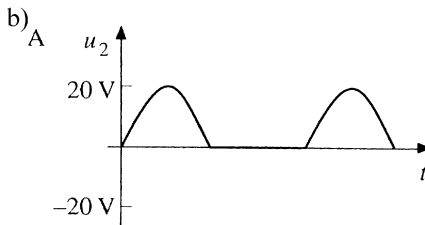
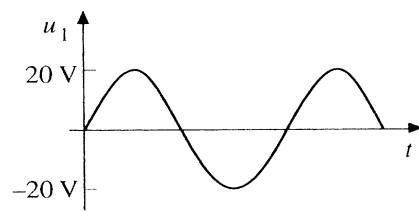
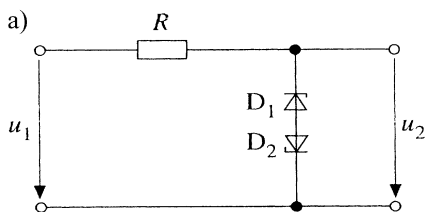
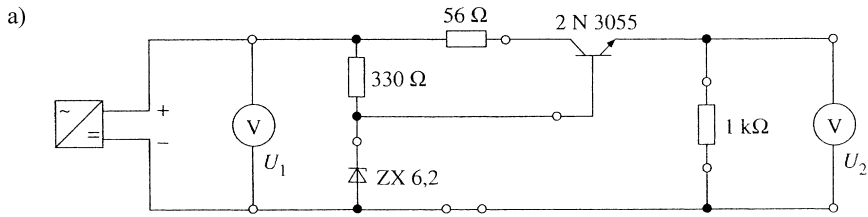


Abb. 9.11

2. Die Z-Spannung der Dioden in Abb. 9.11a beträgt 10 V. Die Eingangsspannung  $u_1$  der Begrenzerschaltung hat den dargestellten Verlauf (Sinus, 50 Hz): Welcher Verlauf der Ausgangsspannung  $u_2$  entspricht den in Abb. 9.11b dargestellten Spannungsverläufen?



b)

	$\frac{u_1}{V}$	4,5	5,5	6,6	7,0	12,0	20,0	30,0
A	$\frac{u_2}{V}$	4,5	5,5	6,6	7,0	11,0	19,0	29,0
B	$\frac{u_2}{V}$	4,5	5,5	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2
C	$\frac{u_2}{V}$	3,9	4,9	5,6	5,6	5,7	5,7	5,8
D	$\frac{u_2}{V}$	4,5	5,5	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0

Abb. 9.12

3. Mit der funktionsfähigen Schaltung in Abb. 9.12a soll bei veränderlicher Eingangsspannung von 0 bis 30 V die Ausgangsspannungsänderung ermittelt werden. Welche der in Abb. 9.12b vorgeschlagenen Messwerte sind bei dieser Schaltung zu erwarten?

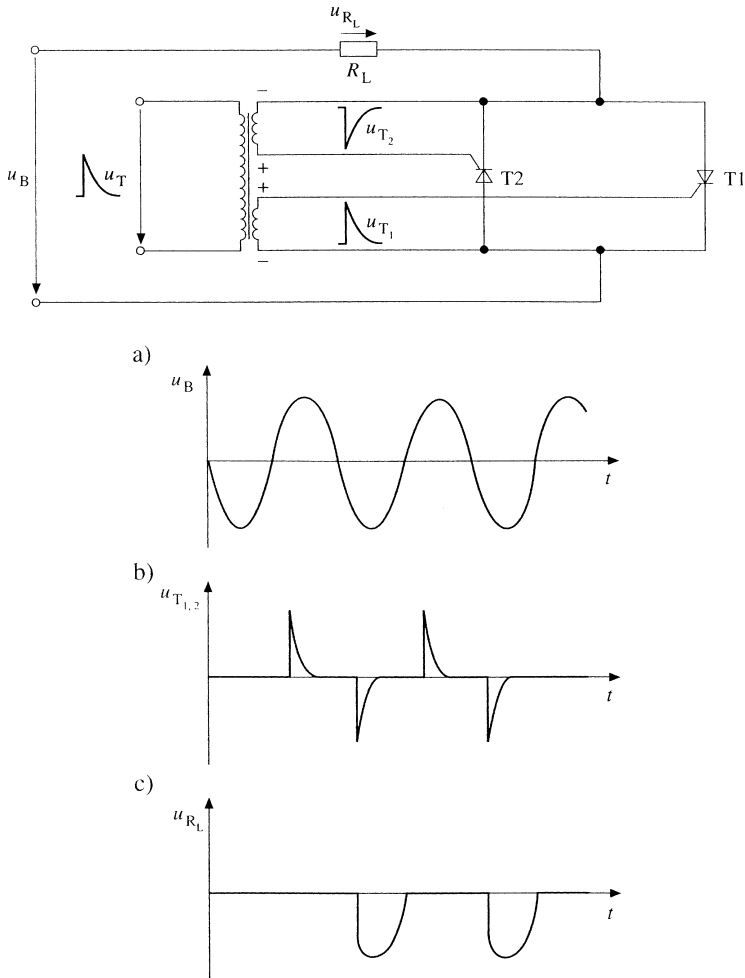


Abb. 9.13

4. In der Schaltung (Abb. 9.13) ergibt sich bei einem Spannungsverlauf  $u_B$  (Abb. 9.13a) und einem Verlauf der Triggerspannungen  $u_T$  (Abb. 9.13b) die folgende Ausgangsspannung  $u_{R_L}$  (Abb. 9.13c).

Welche der folgenden Fehlerursachen ist wahrscheinlich:

- (A) Windungsschluss im Steuertransformator
- (B) Thyristor T2 defekt (innere Unterbrechung)
- (C) Thyristor T1 defekt (innere Unterbrechung)
- (D) Lastwiderstand  $R_L$  unterbrochen

Lösungen im Anhang!



# Sachverzeichnis

## A

Ablaufkette 145  
Ablaufsteuerungen 144  
Aktoren 19  
Anlage 17  
Anlagenschaubilder 21  
Arbeitspunkt 56  
Arbeitspunktspannung 40  
Auskundschaften 15  
Auslösesperre 128

## B

Backdriving 181  
Basisspannungsteiler 56  
Basisvorwiderstand 56  
Bauelemente 35  
Bedienung und Programmierung 21  
Befehlsausgabe 145  
Befragen 16  
Begrenzerschaltung 48  
Belastbarkeit 111  
Belegungsliste 157  
Beobachten 15  
Beschaffen 15  
Betrachtungseinheit 17  
Betriebsarten 27  
Betriebsartenteil 145  
Betriebsspannungen 168  
Bibliothek-Datei 188  
Bildschirmdiagnose 22  
Brückenschaltungen 45  
Brummspannung 167  
BUS-Disabling 184  
Bus-Funktion 143

## C

Checkliste 14, 32

## D

Datenübertragung 124  
Diagnosebild 151  
Differenzspannungen 39  
Digitaler In-Circuit-Test 180  
Digitales Guarding 208  
Diode 38  
Disabling 183  
Doppelweggleichrichtung 164  
Drehstromantrieb 71  
Dual-In-Line 188

## E

Eigenschwingung 89  
Eingangsoffsetspannung 86  
Eingangspegel 96  
Elektronische Impulsgeber 106  
Elemente 17  
Endverstärker 90  
Entscheidungsbewertung 31  
Ersatzteillisten 21

## F

Fan-out 112  
Flipflop 112  
Floating 191  
Funktion 17  
Funktionsgenerator 83  
Funktionstest 197  
Funktionszustand 43

**G**

Gatter 112  
Gegenkopplung 58  
Gegenkopplungswiderstand 87  
Gruppe 17

**H**

Hardware-Strukturen 13  
HOLD 126  
Hypothesenfestlegung 30

**I**

IC-Verbindungstest 192  
Impulsformerstufe 48  
Inbetriebnahme 21  
Informationen zur Anlage 21  
Informationsflüsse 19  
Inhibiting 184  
Inspektion 23  
Instandhaltung 21  
Instandsetzung 23  
Integrator 83  
Isolationstechnik 194

**K**

Kombinatorische Triggerung 131  
Konstantstrom 179  
Kontaktgabe 111  
Kreisverstärkung 74  
Kurzschluss 35  
Kurzzeitunterbrechungen 162

**L**

Lasteinheit 112  
Lastverteilung 169  
LATCH 130  
LC-Sinusoszillator 78  
Linearer In-Circuit-Test 177  
Linearverstärker 48  
Logikplan 155  
Logikschleifen 183

**M**

Maschinensteuerungen 144  
Mid- oder Center-Triggerung 131  
Mitkopplung 58

**N**

Nadelbett adapter 186  
Nennstromaufnahme 85  
Netzfilter 162  
NF-Verstärker 51  
Node-forcing 181

**O**

Over-writing 181

**P**

Phasenverschiebung 162  
PID-Regler 75  
Plastic Leaded Chip Carrier 188  
Post-Triggerung 131  
Pre-Triggerung 131  
Programmablaufplan 16  
Programme 21  
Prüfprozeduren 187  
Pull-up-Widerstand 119

**R**

RC-Brückenoszillator 82  
Regelschaltung 76  
Reihenschaltung 41  
Reparaturverfahren 204  
RESET 126  
Ruhestrom 90

**S**

SAMPLE 130  
Schaltzustand 96  
Schleppfehler 73  
Schmitt-Trigger 50  
Schrittkettenanalyse 148  
Schrittmotor 132  
Sensoren 19  
Serienstabilisierung 76

Serviceinformationen 152  
Siebfaktor 167  
Siebglieder 167  
Signal-Parameter 143  
Signalverarbeitung 19  
Signalwege 20  
Slew Rate 89  
Software-Flussdiagramm 141  
Software-Strukturen 13  
Spannungsmessung 35  
Spannungsregler 169  
Spannungsstörspitzen 162  
Spannungstest 188  
Steuerpult 22  
Steuertafel 26  
Störimpulse 162  
Störspannungsabstände 96  
Störung 17  
Stromlaufpläne 153  
Strommessung 35  
Strukturierung 24  
Stufenwertigkeit 104  
Suchraum 29  
Suchverfahren 200  
Surface Mounted Device 188  
System 17  
System- und Steuerungsstruktur 21

## **T**

Tastspitzen 186  
Testelektrode 183  
Teststrategien 201  
Testsysteme 175  
Testverfahren 175  
Transferstraße 18  
Transistor 39  
Transitionen 149  
Tri-state-Ausgänge 97

## **U**

Übergangswiderstand 35  
Übersichtsplan 20  
Umrichter 72

Untersuchungsschritte 163

## **V**

Verbindungskopplung 58  
Verbindungstest 191  
Vergleichsfunktion 204  
Vergleichswerte 50  
Verknüpfungssteuerungen 144  
Vierquadrantenmethode 179  
VI-Kennlinien 194  
VI-Kurven-(Kennlinien-)test 193  
virtuelle Nullpunkt 178

## **W**

Wartung 23  
Widerstandsbrücke 45  
Widerstandskopplung 100  
Widerstandsmessung 35  
Wired-Or-Schaltung 120

## **Z**

Zähldekade 105  
Zählstufen 102  
Zeitbezug 128  
Zustandserfassung 25

# Elektronik

**Dietmar Benda**

## Wie sucht man Fehler in elektronischen Schaltungen?

Instandhaltung und die damit verbundene Fehlersuche können bei den heutigen komplexen Geräteschaltungen nur mit Methodik und praktischem Fachwissen effektiv durchgeführt werden. Nur so ist ein schneller, kostengünstiger und qualitativ hochwertiger Service möglich.

Dieses Buch ist in langjähriger Praxis entstanden. Es enthält im Wesentlichen Strategien und praktische Erfahrungen zur Fehlersuche an Schaltungen der Analog-, Digital-, Computer- und Stromversorgungstechnik mit vielen praktischen Beispielen.

Die effiziente Fehlersuche mit Clip-Testsystemen, Serviceanleitungen für integrierte Schaltungen und praxisbezogene Hinweise für den schnellen Komponententest lassen kaum Fragen offen.

Praktische Übungsaufgaben nach jedem Hauptkapitel helfen, das Gelernte zu vertiefen und unmittelbar anzuwenden.

Für alle, die noch keine ausreichenden Erfahrungen in der systematischen Fehlersuche haben, auch für Hobby-Elektroniker, ist dieses Buch ein idealer Ratgeber.

### Aus dem Inhalt:

- Grundregeln für die erfolgreiche Instandhaltung
- Anlagen- und Systemkenntnisse
- Fehlersuche an automatisierten Anlagen
- Spannungs- und Polaritätsbestimmung
- Fehlersuche an analogen und digitalen Schaltungen
- Fehlersuche an Computerschaltungen
- Fehlersuche an SPS-Schaltungen
- Fehlersuche an Stromversorgungen
- Schneller Komponententest

ISBN 978-3-7723-5268-3



9 783772 352683

Euro 19,95 [D]

**FRANZIS**

Besuchen Sie uns im Internet: [www.franzis.de](http://www.franzis.de)