

Einführung in Reparaturtechnik & Messtechnik

Offene Werkstatt Karlsruhe e.V.



Grobe Übersicht zu Arbeitsschritten, Geräten und Bauteilen

Stand

30.05.2025

1	Inhalt	
2	Einleitung	3
3	SI-Präfixe	4
4	Strom, Spannung Widerstand	5
4.1	Was ist elektrischer Strom?	5
4.2	Was ist elektrische Spannung?	5
4.3	Was ist elektrischer Widerstand?	6
4.4	Was ist elektrische Leistung? (P in Watt)	6
4.4.1	Was ist eine Kilowattstunde (kWh)?	7
4.4.2	Typische Leistungen im Alltag:	7
5	Funktion der verschiedenen Bauteile	8
5.1	Widerstand	8
5.1.1	Reihenschaltung von Widerständen	9
5.1.2	Parallelschaltung von Widerständen	9
5.1.3	Potentiometer	9
5.1.4	Ablesen von Widerständen	10
5.2	Kondensator	11
5.3	Spule	11
5.4	Transistor	12
5.4.1	NPN	12
5.4.2	PNP	12
5.4.3	Mosfet	12
6	Löten lernen	14
6.1	Unterschied bleihaltiges vs. bleifreies Lot	14
6.2	Flussmittel: Arten, Anwendung, Dosierung	14
6.3	Temperaturgrenzen für Bauteile	14
6.4	Richtiges Löten & Entlöten: Schritt-für-Schritt	15
6.5	Häufige Fehler & wie man sie vermeidet	15
7	Messgeräte in der Praxis	16
7.1	Multimeter	16
7.1.1	Funktionsweise der Strommessung	17
7.1.2	Funktionsweise der Spannungsmessung	18
7.1.3	Funktionsweise der Widerstandsmessung	18
7.1.4	Strom- und spannungsrichtige Messung	19
7.2	Labornetzteil	21
7.2.1	Vorgehensweise zur Nutzung:	21

7.2.2	Strombegrenzung:.....	21
7.2.3	Verhalten bei Kurzschluss:.....	22
7.2.4	Typische Anwendungsfehler und Sicherheitshinweise	22
7.3	Oszilloskop.....	23
7.3.1	Funktionen zur Inbetriebnahme und generellen Darstellung:.....	23
7.3.2	Vertikale Funktionen:	24
7.3.3	Horizontale Funktionen:.....	24
7.3.4	Was ist Triggerung?	26
7.4	Trenntrafo	26
7.5	Zusammenfassung – sicher arbeiten:.....	27
8	Elektrosicherheit	28
8.1	Was ist ESD (Elektrostatische Entladung)?.....	28
8.2	Die 5 Sicherheitsregeln der Elektrotechnik	28
8.3	Umgang mit Netzspannung – Lebensgefahr!	29
8.4	Typische Fehler vermeiden	29
9	Kabel & Verbindungstechnik	30
9.1	Aderquerschnitte & Strombelastbarkeit.....	30
9.2	Was ist Crimpen?.....	30
9.2.1	Crimpzangen – Arten & Einsatz	30
9.3	Steckverbinder & Hülsenarten	31
9.4	Typische Fehler & wie man sie vermeidet	31
10	Fehlersuche bei elektrischen Geräten	32
10.1	Tipps und Tricks	32

2 Einleitung

Eine zu 100% richtige Niederschrift in allen Punkten kann ich nicht garantieren, Fehler passieren immer. Solltest du Fragen haben oder dir Fehler auffallen kannst du diese gerne melden.

Reparieren statt Wegwerfen – dieser Leitgedanke steht im Zentrum dieser Anleitung. Elektronische Geräte sind oft nicht wirklich kaputt, sondern nur an einer kleinen Stelle defekt: ein Wackelkontakt, ein geplatzter Elko, ein durchgebranntes Bauteil. Mit etwas Wissen, dem richtigen Werkzeug und einem sicheren Vorgehen lassen sich viele Dinge wieder in Gang bringen – ganz im Sinne der Nachhaltigkeit.

Diese Sammlung richtet sich an alle, die lernen wollen, wie man sachgerecht mit elektronischen Geräten umgeht: vom ersten Löten, über die Nutzung von Messgeräten bis hin zur Kabelverbindung und Sicherheitsregeln bei der Arbeit mit Netzspannung.

Du findest hier Grundlagenwissen, konkrete Anleitungen und wichtige Hinweise zur Elektrosicherheit. Ziel ist es, **Hilfe zur Selbsthilfe** zu leisten – für Repair-Cafés, Werkstätten, Bildungseinrichtungen und alle, die lieber reparieren als entsorgen.

Wichtig: Du brauchst keine teure Ausrüstung, aber du brauchst Respekt vor Strom und ein wenig Übung. Diese Anleitung hilft dir dabei, Schritt für Schritt sicherer und besser zu werden.

Warnung: Das Arbeiten mit Spannung kann lebensgefährlich sein. Sei dir sicher was du tust. Lieber nochmal nachfragen, wenn du etwas nicht weißt.

Eine digitale Form dieses Dokumentes ist in unserem Wiki zu finden:

<https://wiki.offene-werkstatt-ka.de/werkstatt/elektronik>

3 SI-Präfixe

Im Elektrischen sind Präfixe relevant, da Bauteile sehr genau auch bis ins kleinste Dimensioniert werden. piko Farad (Kapazität), mega Ohm (Widerstand), milli Henry (Induktion), usw...

Eine Übersicht der relevanten Größen:

Präfix	Name	Wert	Ganzzahl
G	Giga	10^9	1.000.000.000
M	Mega	10^6	1.000.000
k	Kilo	10^3	1.000
-	-	10^0	1
m	Milli	10^{-3}	0,001
μ	Mikro	10^{-6}	0,000.001
n	Nano	10^{-9}	0,000.000.001
p	Piko	10^{-12}	0,000.000.000.001
f	Femto	10^{-15}	0,000.000.000.000.001

0,22 mF ist also äquivalent zu 220 nF

220 nF kann beschrieben werden mit 0,000.000.220 F

Die allgemeinen Si-Basiseinheiten zu Vervollständigung:

Basisgröße	Größensymbol	Dimensionssymbol	Einheit	Zeichen
Zeit	t	T	Sekunde	s
Länge	l	L	Meter	m
Masse	m	M	Kilogramm	kg
Elektr. Stromstärke	I	I	Ampere	A
Temperatur	T	Θ	Kelvin	K
Stoffmenge	n	N	Mol	mol
Lichtstärke	I_v	J	Candela	cd

4 Strom, Spannung Widerstand

Strom, Spannung und Widerstand sind drei Grundbegriffe der Elektrizitätslehre. Sie bilden das Fundament unseres Verständnisses dafür, wie elektrische Geräte funktionieren – vom Handy bis zum Kühlschrank. Auch wenn sie zunächst technisch klingen, lassen sich diese Konzepte mit einfachen Bildern und Vergleichen gut erklären.

4.1 Was ist elektrischer Strom?

Definition:

Elektrischer Strom ist die Bewegung von elektrischen Ladungen – meistens Elektronen – durch einen Leiter, z. B. ein Kupferkabel.

Vergleich mit Wasser:

Stell dir einen Gartenschlauch vor. Wenn Wasser durch den Schlauch fließt, kannst du sagen: "Es fließt Wasserstrom." So ähnlich ist es mit elektrischem Strom – nur dass statt Wasser winzige Elektronen durch einen Draht fließen.

Einheit:

Die Stromstärke wird in **Ampere (A)** gemessen.

1 Ampere bedeutet, dass etwa **6,24 Trillionen Elektronen pro Sekunde** durch einen Punkt im Leiter fließen.

Beispiel:

Wenn du eine Taschenlampe einschaltest, fließt elektrischer Strom vom Pluspol der Batterie, durch den Schalter, zur Glühbirne und zurück zum Minuspol – ein geschlossener Kreis, ein sogenannter "Stromkreis".

4.2 Was ist elektrische Spannung?

Definition:

Spannung ist die **Kraft**, die den elektrischen Strom "antreibt". Sie bringt die Elektronen dazu, sich zu bewegen.

Vergleich mit Wasser:

Stell dir vor, du hast einen Wassertank auf einem Hügel und einen Schlauch, der ins Tal führt. Der Höhenunterschied erzeugt Druck im Schlauch – genau wie die Spannung im Stromkreis.

Einheit:

Spannung wird in **Volt (V)** gemessen.

Wichtig:

Ohne Spannung – also ohne "Druck" – fließt kein Strom. Auch wenn die Leitungen verbunden sind, passiert nichts, wenn keine Spannung da ist.

Beispiel:

Eine typische AA-Batterie liefert 1,5 Volt. Das reicht aus, um kleine Geräte wie eine Fernbedienung zu betreiben.

4.3 Was ist elektrischer Widerstand?

Definition:

Der Widerstand ist die Eigenschaft eines Materials, den Stromfluss zu **verlangsamen oder zu stoppen**. Jeder Draht, jedes Bauteil hat einen gewissen Widerstand.

Vergleich mit Wasser:

Wenn du in den Wasserschlauch eine enge Stelle oder einen Filter einbaust, fließt weniger Wasser durch. Genauso wirkt ein Widerstand im Stromkreis: Er verlangsamt oder begrenzt den Strom. Allerdings wird der Druck an dieser Stelle groß, im Elektrischen würde der Widerstand heiß werden. Wenn zu viel Druck bzw. Leistung am Widerstand anliegt geht er kaputt.

Einheit:

Der Widerstand wird in **Ohm (Ω)** gemessen.

Je höher der Widerstand, desto weniger Strom fließt – bei gleicher Spannung.

Beispiel:

Eine Glühlampe hat einen Widerstand. Der Strom muss durch einen dünnen Draht im Inneren der Lampe, der dadurch heiß wird und zu leuchten beginnt.

Mehr dazu siehe: Kapitel 5.1 Widerstand

4.4 Was ist elektrische Leistung? (P in Watt)

Definition:

Elektrische **Leistung** sagt aus, **wie viel Energie pro Sekunde verbraucht oder umgesetzt wird**. Je höher die Leistung, desto mehr Strom „arbeitet“ pro Sekunde – zum Beispiel um Licht zu erzeugen, einen Motor anzutreiben oder Wärme zu erzeugen.

Einheit:

Die Einheit der Leistung ist das **Watt (W)**.

Als Formel zur Berechnung: $P = U \cdot I$

- **P** = Leistung (in Watt)
- **U** = Spannung (in Volt)
- **I** = Stromstärke (in Ampere)

Mit anderen Worten:

Spannung mal Stromstärke ergibt die elektrische Leistung. Je höher die Spannung oder je mehr Strom fließt, desto mehr Leistung wird verbraucht.

4.4.1 Was ist eine Kilowattstunde (kWh)?

Definition:

Die **Kilowattstunde (kWh)** beschreibt, **wie viel elektrische Arbeit** über eine bestimmte Zeit hinweg verrichtet wurde. Je größer die Leistung (z. B. 1000 Watt) und je länger du sie nutzt, desto mehr Energie (kWh) wird verbraucht. Ein Gerät mit 1000 Watt verbraucht 1kWh in einer Stunde.

Die Bedeutung der kWh:

- Eine **Wattzahl (W)** sagt, **wie viel Strom ein Gerät pro Sekunde verbraucht** (Leistung).
- Die **Kilowattstunde (kWh)** sagt, **wie viel Strom das Gerät insgesamt über eine Zeitspanne verbraucht** (Energieverbrauch).

4.4.2 Typische Leistungen im Alltag:

Gerät	Leistung	Verbrauch pro Stunde	Stromkosten (ca. 30 ct/kWh)
LED-Lampe	10 W	0,01 kWh	0,3 Cent
Laptop	50 W	0,05 kWh	1,5 Cent
Fernseher (LED, 100 W)	100 W	0,1 kWh	3 Cent
Staubsauger (1400 W)	1,4 kW	1,4 kWh	42 Cent
Wasserkocher (2000 W)	2 kW	0,5 kWh (bei 15 min)	15 Cent

5 Funktion der verschiedenen Bauteile

Elektronische Schaltungen bestehen aus einer Vielzahl von Bauteilen, die gemeinsam bestimmte Funktionen übernehmen: Strom begrenzen, speichern, verstärken, schalten oder steuern. Um Elektronik sinnvoll zu verstehen und einsetzen zu können, musst du die **Grundfunktionen, Eigenschaften und das Zusammenspiel** dieser Bauteile verstehen.

Diese Bauteile lassen sich grob in zwei Gruppen einteilen:

- **Passive Bauteile:** Widerstand, Kondensator, Spule – sie verbrauchen oder speichern Energie, **verstärken aber nicht**.
- **Aktive Bauteile:** Transistoren (NPN, PNP, MOSFET) – sie können **verstärken oder schalten** und benötigen eine aktive Steuerung.

Es gibt für jedes Bauteil ein Datenblatt, wenn die Möglichkeit besteht das Bauteil zu identifizieren schaue nach was die Grenzwerte des Bauteils sind um es nicht zu überlasten.

Unterschied zwischen THT und SMD:

THT (Through-Hole Technology) bezeichnet Bauteile mit Drahtanschlüssen, die durch Bohrlöcher in der Leiterplatte gesteckt und auf der Rückseite verlötet werden. SMD (Surface-Mount Device) hingegen sind Bauteile, die direkt auf die Oberfläche der Leiterplatte gelötet werden, ohne Durchkontaktierungen. THT ist mechanisch stabiler und wird oft bei belastbaren Bauteilen eingesetzt, während SMD kompakter ist und eine automatisierte, platzsparende Bestückung ermöglicht.

5.1 Widerstand

Ein Widerstand begrenzt den elektrischen Strom in einem Stromkreis. Er setzt dem Stromfluss einen festen Wert entgegen – je größer der Widerstand, desto weniger Strom fließt.

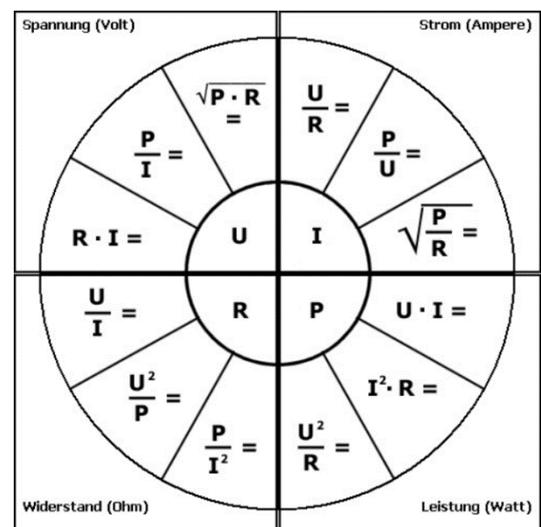
Die Leistung über den Widerstand erzeugt Wärme:

Achte darauf, dass die Verlustleistung nicht größer ist als die angegebene Maximalleistung, i.d.R. 0,25W oder 0,5W.

Wenn du z. B. 100 mA bei 5 V über 100 Ω laufen lässt, könntest du einen 0,5W Widerstand betreiben, ein 0,25W Widerstand würde durchbrennen.

$$P = U \cdot I = 5V \cdot 0,1A = 0,5W$$

Kaskadieren möglich: Wenn du keine passenden Werte hast, kannst du mehrere Widerstände in Reihe oder parallelschalten.



5.1.1 Reihenschaltung von Widerständen

Formel:

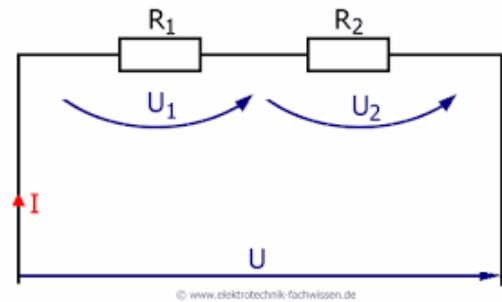
$$R_{ges} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_x$$

Beispiel:

$$100 \Omega + 200 \Omega = 300 \Omega$$

Beachte:

- **Gesamtwiderstand wird größer**
- **Strom durch alle Widerstände ist gleich**



Spannungen teilen sich auf:

$$U_{ges} = U_1 + U_2 + \dots + U_x$$

Beispiel:

$$R_1 = 100 \Omega, R_2 = 200 \Omega, R_{ges} = 300 \Omega$$

$$U_{ges} = 3V$$

U_{ges} teilt sich auf R_{ges} auf somit:

$$U_1 = 1V, U_2 = 2V$$

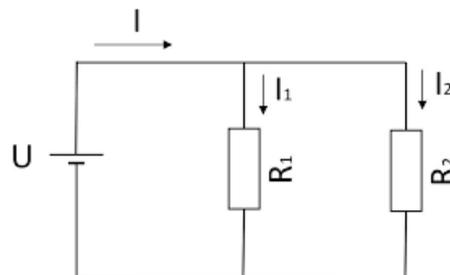
5.1.2 Parallelschaltung von Widerständen

Formel:

$$\frac{1}{R_{ges}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_x}$$

Oder bei zwei Widerständen:

$$R_{ges} = \frac{R_1 * R_2}{R_1 + R_2}$$

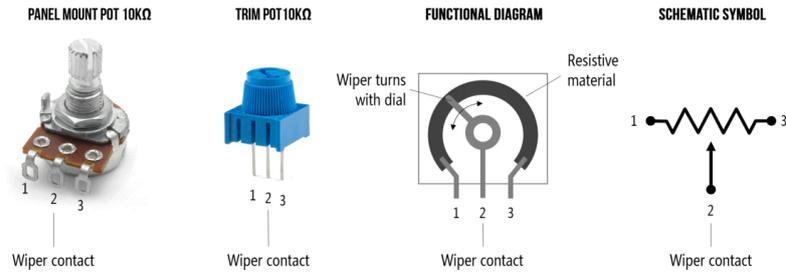


Beachte:

- **Gesamtwiderstand wird kleiner**
- **Strom teilt sich auf**
- **Spannung über allen Widerständen ist gleich**

5.1.3 Potentiometer

Ein Potentiometer ist ein **verstellbarer Widerstand** mit drei Anschlüssen: zwei feste Enden und ein Schleifer (Abgriff). Es dient zur **manuellen Steuerung von Spannung oder Strom**, z. B. als Lautstärkereger.

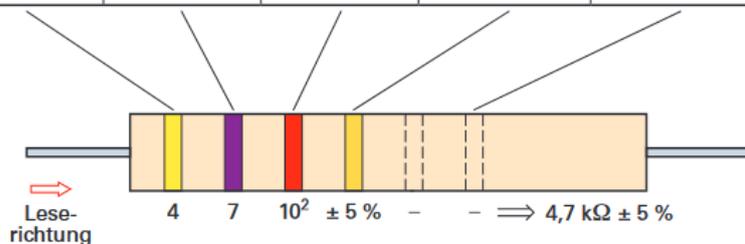


5.1.4 Ablesen von Widerständen

Sollte kein Multimeter verfügbar sein, ist es möglich THT Widerstände mittels der farbigen Ringe zu klassifizieren. Die Leserichtung zu bestimmen ist nicht immer einfach. Alte oder große Widerstände haben an einer Seite deutlich mehr freie Stellen. Neuere sind enger beringt, dort ist meist der Toleranzring gesondert auf einem „Hubbel“ des Rings oder hat ein klein wenig mehr Abstand zu den anderen Ringen. Per Ausschluss – Schwarz, Orange, Gelb, Grau ist nie der Toleranzring (letzter Ring) Gold und Silber nie zu Beginn, eher als Toleranzring. Gold (5%) und Silber (10%) für die Toleranz sind sehr verbreitete Bauweisen.

Farbkennzeichnung von Widerständen und Kondensatoren						
Farbe		1. Ring 1. Ziffer	2./3. Ring 2./3. Ziffer	3./4. Ring Multiplikator	4./5. Ring Toleranz in %	Temperatur- koeffizient α
nach DIN EN 60062	nach IEC 757	Widerstandswert in Ω / Kapazität in pF				
schwarz (sw)	BK (black)	—	0	1	—	$\pm 250 \cdot 10^{-6}/K$
braun (br)	BN (brown)	1	1	10	± 1	$\pm 100 \cdot 10^{-6}/K$
rot (rt)	RD (red)	2	2	10^2	± 2	$\pm 50 \cdot 10^{-6}/K$
orange (or)	OG (orange)	3	3	10^3	—	$\pm 15 \cdot 10^{-6}/K$
gelb (gb)	YE (yellow)	4	4	10^4	—	$\pm 25 \cdot 10^{-6}/K$
grün (gn)	GN (green)	5	5	10^5	$\pm 0,5$	$\pm 20 \cdot 10^{-6}/K$
blau (bl)	BU (blue)	6	6	10^6	$\pm 0,25$	$\pm 10 \cdot 10^{-6}/K$
violett (vi)	VT (violet)	7	7	10^7	$\pm 0,1$	$\pm 5 \cdot 10^{-6}/K$
grau (gr)	GY (grey)	8	8	10^8	—	$\pm 1 \cdot 10^{-6}/K$
weiß (ws)	WH (white)	9	9	10^9	—	—
gold (au)	GD (gold)	—	—	10^{-1}	± 5	—
silber (ag)	SR (silver)	—	—	10^{-2}	± 10	—
ohne Farbe		—	—	—	± 20	

Bei Kondensatoren bedeutet der 5. Ring die zulässige Bemessungsspannung in 100-V-Schritten.



SMD Widerstände sind oft mit drei Ziffern beschriftet, die ersten zwei geben den Widerstandswert an, die dritte die Zehnerpotenz die mit den ersten beiden multipliziert wird.

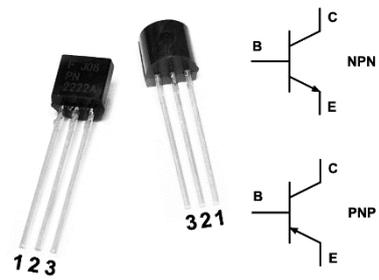
Beispiel: „392“ – $39 \cdot 10^2 = 3900$

Alternativ gibt es noch den drei- und den vierzigen Code, das führt hier aber zu weit.

5.4 Transistor

Transistoren sind **aktive Halbleiter**, die als Schalter oder Verstärker verwendet werden.

Nicht alle Transistoren sind so verschaltet wie auf diesem Bild:



5.4.1 NPN

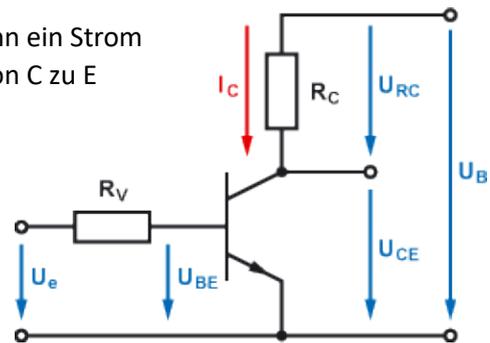
Ein **stromgesteuerter Schalter**. Strom fließt vom Collector (C) zum Emitter (E), wenn ein kleiner Strom von Basis (B) zu Emitter fließt.

Es benötigt einen Widerstand vor der Basis (R_V). Dadurch kann ein Strom eingestellt werden mit dem der Transistor der Verbindung von C zu E öffnet. Für einen Schalter berechnet man R_b so:

$$I_b = \frac{I_C}{10} \quad R_b = \frac{V_e - V_{be}}{I_b}$$

Anwendungen:

- Verstärker (Kleinsignal)
- Digitale Steuerung von Lasten (Relais, LEDs, Motoren)



5.4.2 PNP

Gleich wie NPN, aber „umgekehrt“. Strom fließt von Emitter nach Collector, wenn die **Basis negativer als der Emitter** ist. Beachte die „Invertierte“ Logik. High-Side-Schalter ist schwieriger mit Mikrocontrollern zu betreiben.

5.4.3 Mosfet

Ein **spannungssteuerbarer Schalter**. Keine Steuerströme wie beim Bipolartransistor, sondern nur **Gate-Spannung** nötig.

Arten:

- **N-Kanal (häufiger)**: Leitet bei positivem Gate > Source
- **P-Kanal**: Leitet bei negativem Gate < Source

Gate-Ansteuerung:

- Spannung muss **über Schwellwert (z. B. 2–4 V)** liegen
- Logic-Level MOSFETs geeignet für 3.3 V / 5 V
- Gate muss **geladen und entladen** werden → Treiber notwendig bei schnellen Anwendungen

Anwendungen:

- Stromversorgungsschalter
- Schaltregler
- Motorsteuerungen

Tipps:

Gate-Widerstand einbauen (10–100 Ω) → schützt gegen Schwingungen

Gate-Source-Zwischenwiderstand (z. B. 10 k Ω) → schützt vor unbeabsichtigtem Einschalten

Body-Diode beachten bei H-Brücken/Motoren

6 Löten lernen

Löten ist eine zentrale Fähigkeit in der Elektronikreparatur. Dabei werden elektrische Verbindungen durch das Aufschmelzen von Lot hergestellt – einem Metall mit niedriger Schmelztemperatur. Das Ziel ist eine dauerhafte, mechanisch stabile und elektrisch leitfähige Verbindung.

6.1 Unterschied bleihaltiges vs. bleifreies Lot

Bleihaltiges Lot (z. B. Sn60Pb40)

- Vorteile: Fließt leicht, haftet gut, niedrigere Schmelztemperatur (~183 °C)
- Nachteile: Gesundheits- und Umweltgefahr durch Blei (giftig!)
- Hinweis: In gewerblichen Bereichen verboten, in der Reparatur von Altgeräten (vor 2006) noch erlaubt.

Bleifreies Lot (z. B. Sn99Cu, Sn96Ag4)

- Vorteile: Umweltfreundlich, gesetzlich vorgeschrieben (RoHS-konform)
- Nachteile: Höhere Schmelztemperatur (~217–227 °C), schwerer zu verarbeiten
- Empfehlung: Eine Lötstation mit präziser Temperaturregelung verwenden.

6.2 Flussmittel: Arten, Anwendung, Dosierung

Flussmittel entfernt Oxide von den Metalloberflächen und verbessert so die Benetzbarkeit.

Arten:

- **Kolophonium (Rosin):** Klassisch, oft in Drahtlot enthalten
- **No-Clean-Flussmittel:** Rückstände müssen nicht entfernt werden
- **Aktives Flussmittel:** Sehr effektiv, aber oft korrosiv – Reste müssen entfernt werden!

Anwendung & Dosierung:

- Zu viel Flussmittel führt zu Rückständen, zu wenig zu schlechten Lötstellen.
- Bei Bedarf zusätzlich auf die Lötstelle auftragen, z. B. mit einem Pinsel oder Stift.
- Nach dem Löten reinigen – mit Isopropanol und einer Bürste.

6.3 Temperaturgrenzen für Bauteile

Die meisten Bauteile vertragen nur **kurzzeitig Temperaturen bis ca. 260 °C**.

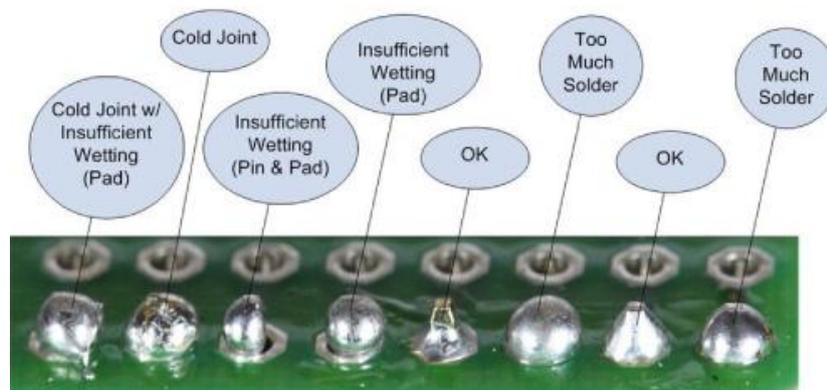
Tipps:

- Lötzeit pro Anschluss: max. 2–3 Sekunden
- Hitzegefühl beachten: Kunststoffgehäuse, LEDs, ICs
- Bei empfindlichen Bauteilen: **Kühlzange oder Wärmeableitblech** verwenden
- Auf Multilayer-Platinen: längere Erwärmung nötig, da Wärme abgeleitet wird

6.4 Richtiges Löten & Entlöten: Schritt-für-Schritt

Löten:

1. Lötstelle und Bauteilanschluss reinigen
2. Lötspitze aufheizen (350°C ist in der Regel ein guter Wert)
3. Lötspitze an Bauteilanschluss und Pad halten
4. Lot zuführen – nicht auf die Spitze, sondern an die Verbindung
5. Lot entfernen, dann Lötspitze – in dieser Reihenfolge
6. Lötstelle visuell prüfen: Glänzend, kegelförmig, ohne „Krater“ oder „Kugeln“



Entlöten:

- Mit **Entlötlitze**: Auflegen, erhitzen, Lot wird aufgenommen
- Mit **Entlötpumpe**: Lot erhitzen, dann mit der Pumpe absaugen
- Bei Durchkontaktierungen: Vorsicht – zu viel Hitze kann Pads ablösen!
- Ggf. Heißluft verwenden:
 - Platine erwärmen um das Bauteil herum
 - Vorsichtig die Beine des Bauteils erwärmen nicht aktiv auf das Bauteil halten
 - Wenn Lotstellen glänzen löst sich das Bauteil meist ab.

6.5 Häufige Fehler & wie man sie vermeidet

Fehler	Ursache	Lösung
Kalte Lötstelle	Lötstelle wurde nicht richtig erhitzt	Bessere Wärmezufuhr sicherstellen
Lotkugel bildet sich, haftet nicht	Oxidierter Oberfläche, zu wenig Flussmittel	Reinigen & ausreichend Flussmittel verwenden
Verbranntes Pad	Zu hohe Temperatur oder zu lang erhitzt	Temperatur senken, zügig arbeiten
Lötbrücke (Kurzschluss)	Zu viel Lot, eng liegende Pins	Lotmenge reduzieren, ggf. mit Entlötlitze korrigieren
Mattgraue Lötstelle	Meist bleifreies Lot, zu kalt oder bewegt beim Abkühlen	Ausreichend aufheizen & ruhig halten

7 Messgeräte in der Praxis

Wer elektrische Geräte reparieren möchte, muss Spannungen, Ströme und Signale zuverlässig messen können. Dabei kommt eine Reihe von Messgeräten zum Einsatz. Dieses Kapitel zeigt dir, wie du sie richtig und sicher benutzt.

7.1 Multimeter

Ein Multimeter misst **Spannung (V)**, **Strom (A)** und **Widerstand (Ω)** – oft auch Dioden, Durchgang, Frequenz oder Kapazität.

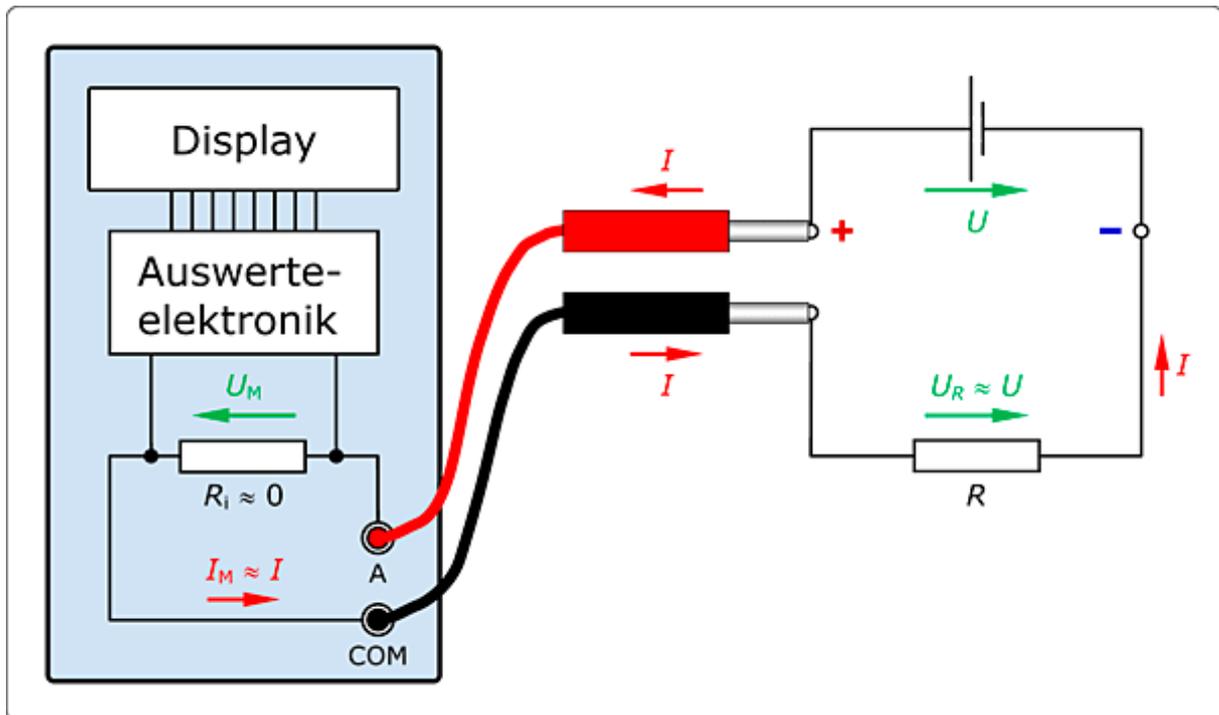
Wichtige Bedienungshinweise:

- **Spannung messen:** Immer **parallel** zum Verbraucher anschließen
- **Strom messen:** Immer **in Reihe** (Stromkreis muss unterbrochen werden!)
- **Messbereich richtig wählen:** Automatik oder manuell – nie blind messen
- **Sicherungsschutz:** Strommessbuchse ist oft extra abgesichert – falscher Anschluss = Sicherung defekt

Symbol / Bereich	Funktion	Erklärung
V = (DC)	Gleichspannung messen	z. B. Batterie
V ~ (AC)	Wechselspannung messen	z.B. Steckdose
A =	Strom in DC messen	in Reihe messen, Strombereich und max.
A ~	Strom in AC messen	Strom beachten! Stromkreis unterbrechen.
Ω	Widerstand messen	Bauteile/Kabel/Verbindung prüfen
	Durchgangsprüfung	Piepston bei Verbindung /Kurzschluss
	Diodenmessung	
	Kondensatormessung	Kapazitätsmessung / Funktionsprüfung

7.1.1 Funktionsweise der Strommessung

Um die Größe eines Stromes ermitteln zu können, müssen sich die Ladungsträger durch das Messgerät hindurchbewegen. Es ist daher erforderlich, **den Stromkreis aufzutrennen** und anschließend über die beiden Pole des Amperemeters wieder zu schließen



Damit die Strommessung nicht verfälscht wird, darf das Messgerät den fließenden Strom nicht hemmen. **Der Widerstand sollte idealerweise 0Ω betragen.** In der Praxis muss das Amperemeter aber einen kleinen Innenwiderstand besitzen, damit der Strom an ihm einen Spannungsfall verursachen kann. Die Auswerteelektronik benötigt diese zum Strom proportionale Spannung, um sie mit einer Referenzspannung vergleichen und das Messergebnis bestimmen zu können. Der Innenwiderstand beträgt bei einem guten Multimeter ca. $0,5-2 \Omega$.

Das Amperemeter wird so angeschlossen, dass an der roten Ampere-Buchse („+“-Pol) der Strom in das Messgerät eintritt und an der schwarzen **COM**-Buchse („-“-Pol) der Strom das Gerät wieder verlässt.

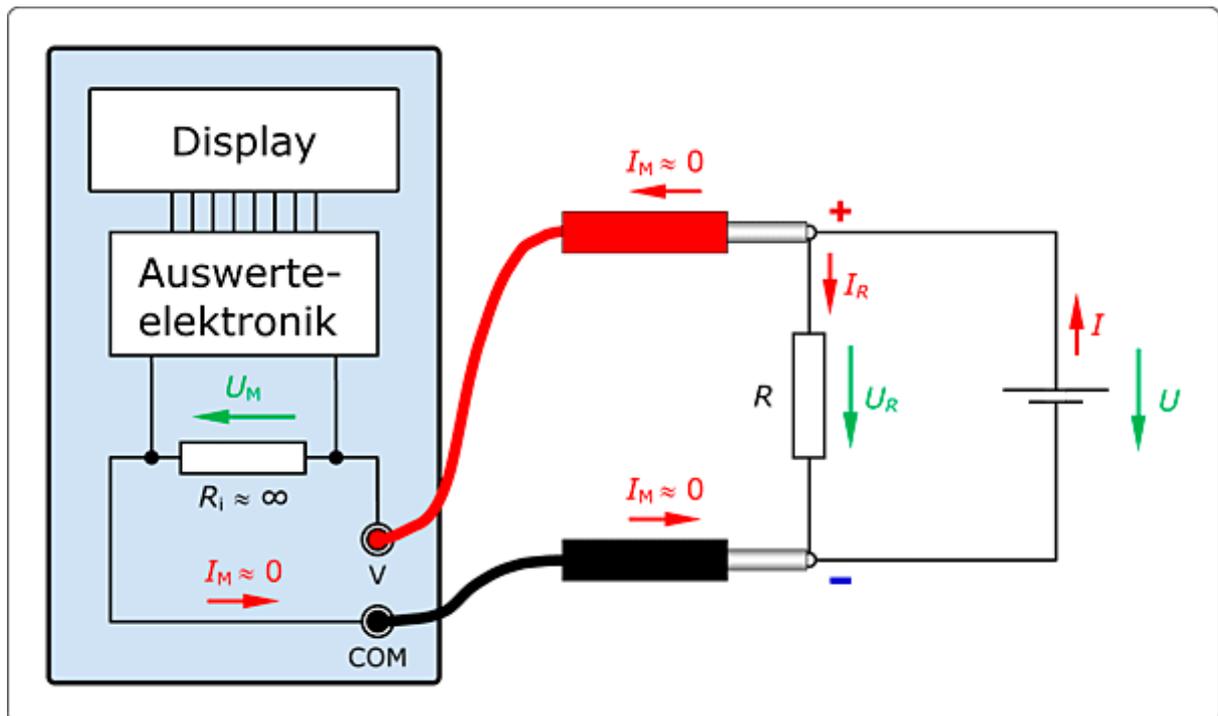
Jedes Multimeter hat einen maximalen Strom den es messen kann, z.B. 10A, alles darüber hinaus zerstört das Multimeter, wenn es nicht durch eine Sicherung geschützt ist.

Was wäre eine Kritische Messung? Strom und Spannung vertauscht und wir messen Fälschlicherweise die Steckdose in der Einstellung zum Strom messen. Bei einem Innenwiderstand von 1Ω und 230V fließen dann theoretisch $I = U / R = 230V / 1\Omega = 230A$. Ein derart großer Strom killt jedes Multimeter.

0

7.1.2 Funktionsweise der Spannungsmessung

Die Spannungsmessung ist nur dort möglich, wo es zwei unterschiedliche Potenziale und somit eine Potenzialdifferenz gibt. Zwischen diesen unterschiedlichen Potenzialen darf das Voltmeter keinen Stromfluss verursachen, der einen Ladungsträgerausgleich und somit eine Verringerung der Spannung bewirken könnte. **Idealerweise muss der Innenwiderstand des Voltmeters daher unendlich hoch sein.**



Da aber auch hier eine elektrische Spannung für die Auswertung benötigt wird, hat der Innenwiderstand des Spannungsmessers einen endlichen Wert. Er liegt bei einem besseren Multimeter bei mindestens $10\text{ M}\Omega$. Es fließt ein sehr geringer Strom, der an dem sehr hohen Innenwiderstand eine Spannung erzeugt, die wiederum mit einem Referenzwert verglichen und ausgewertet wird.

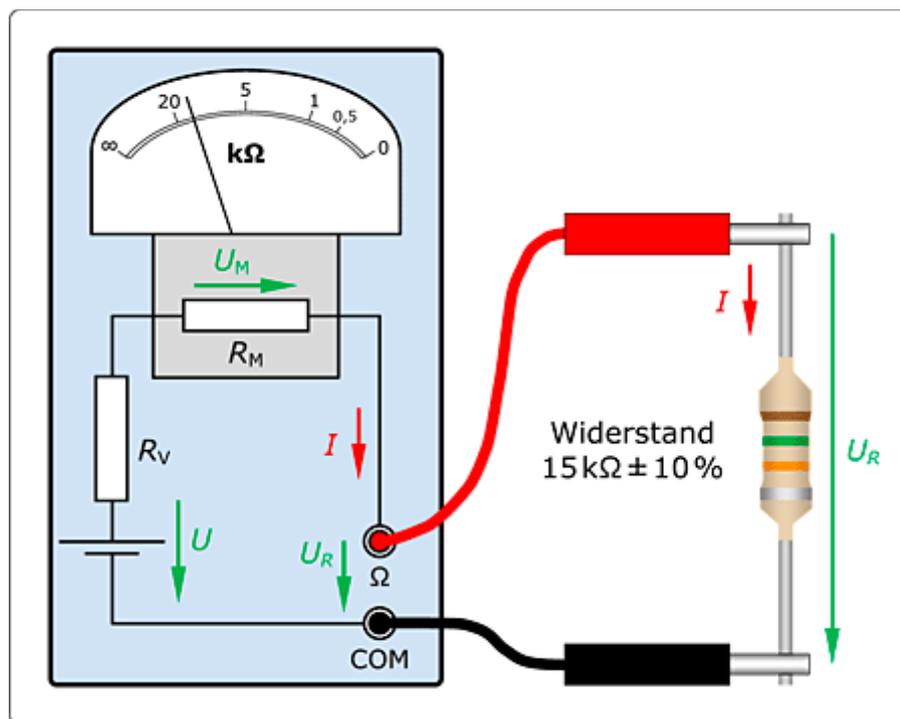
Für die Spannungsmessung ist ein Auftrennen des Stromkreises nicht erforderlich. Die beiden Eingangsbuchsen des Messgerätes müssen lediglich an die unterschiedlichen Potenziale angeschlossen werden. Das positive Potenzial an die Volt-Buchse („+“-Pol) und das negative Potenzial an die COM-Buchse („-“-Pol). **Ein Voltmeter ist also immer parallel zur messenden Spannung (Potentialdifferenz) anzuschließen.**

7.1.3 Funktionsweise der Widerstandsmessung

Die Messung eines Widerstandswertes kann über eine gleichzeitige **Strom- und Spannungs-messung** und anschließender Berechnung des Wertes mit Hilfe des Ohmschen Gesetzes erfolgen (**indirekte Widerstandsmessung**). Das Problem bei diesem Verfahren ist, dass nur eine der beiden Größen „richtig“ gemessen werden kann und somit ein **systematischer Fehler** entsteht.

Wenn aber z. B. der reale Widerstandwert eines $15\text{ k}\Omega$ -Widerstandes der E12-Reihe mit einer Toleranz von 10% mit einem Multimeter direkt bestimmt werden soll, muss der Widerstand während der Messung Teil eines geschlossenen Stromkreises mit einer Spannungsquelle werden. Dieser Stromkreis muss vom Messgerät erzeugt werden, damit ein auswertbarer – vom Widerstand abhängiger – Strom / fließen kann. Bei der **direkten Widerstandsmessung** unterscheidet man das **Strommessprinzip** und das **Spannungsmessprinzip**. Für diese Verfahren eignen sich besonders gut analoge Messgeräte mit einem Drehspulmesswerk und einer eigenen Spannungsquelle in Form einer Batterie.

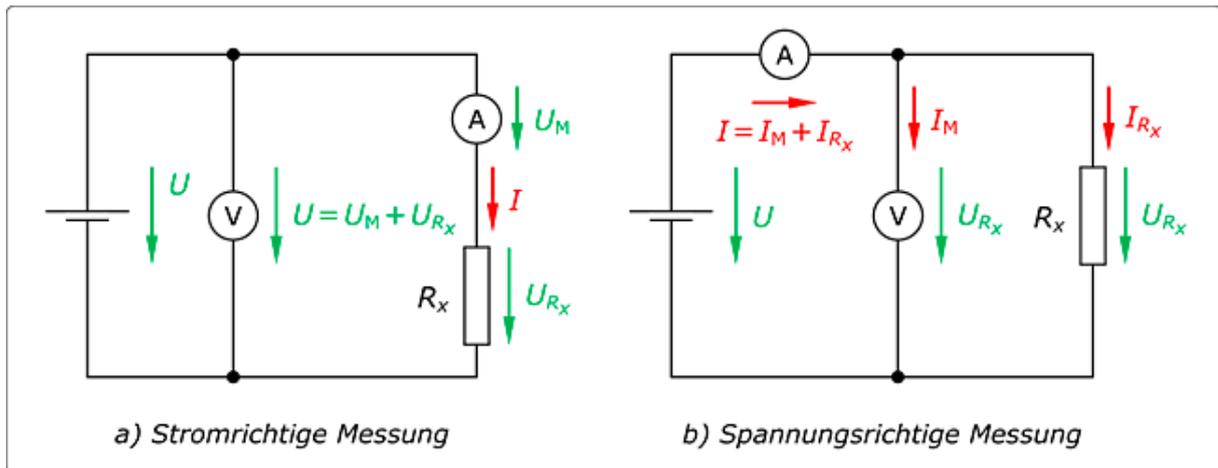
Beim meist verwendeten **Strommessprinzip** sind das Messwerk und das Messobjekt in Serie geschaltet. Dadurch sinkt der Strom mit größerem Widerstand.



7.1.4 Strom- und spannungsrichtige Messung

Soll der Wert eines unbekanntes Widerstandes indirekt über eine gleichzeitige Strom- und Spannungsmessung ermittelt werden, entsteht während der Messung ein systematischer Fehler. Dieser ergibt sich aus der Tatsache, dass nur eine der beiden Messgrößen richtig gemessen werden kann.

Liegt das Amperemeter in Reihe zum unbekanntes Widerstand R_x , wird der Strom richtig gemessen (a, **Stromrichtige Messung**); es entsteht aber am Amperemeter ein zusätzlicher Spannungsfall U_M . Das Voltmeter misst somit die Summe der Spannungen $U_M + U_{R_x}$. Ist der Innenwiderstand des Amperemeters im gewählten Messbereich bekannt, kann der Fehler mathematisch korrigiert werden.



Bei der zweiten Schaltungsvariante wird die Spannung am unbekannten Widerstand korrekt gemessen (b, **Spannungsrichtige Messung**). Da das Voltmeter aber einen Strom benötigt, um das Messergebnis zu generieren, misst das Amperemeter die Summe der Ströme $I_M + I_{R_x}$. Ist der Innenwiderstand des Voltmeters im eingestellten Messbereich bekannt, kann der Fehler „herausgerechnet“ werden.

Der entstehende Spannungsmessfehler ist in der stromrichtigen Messanordnung vernachlässigbar, wenn der Widerstand R_x wesentlich größer als der Innenwiderstand des Amperemeters ist. In diesem Fall hat die sehr kleine Spannung U_M keinen signifikanten Einfluss auf das Messergebnis des Voltmeters. Die stromrichtige Messung eignet sich daher nur für die Messung großer Widerstände.

Dementsprechend liefert die spannungsrichtige Messung nur für kleine Widerstände nahezu korrekte Strommesswerte, weil dann der durch das Voltmeter fließende sehr kleine Strom I_M vernachlässigt werden kann.

7.2 Labornetzteil

Ein **Labornetzteil** dient dazu, eine elektronische Schaltung oder ein Gerät mit einer **definierten Spannung** und einem **begrenzten Strom** zu versorgen. Es wandelt Wechselspannung (z. B. 230 V) in eine geregelte Gleichspannung (DC) um. Dabei lässt sich sowohl die Ausgangsspannung (V) als auch der maximale Ausgangsstrom (A) einstellen. Die meisten modernen Labornetzteile bieten:

- **Stufenlose Regelung von Spannung und Strom**
- **Anzeige von Spannung, Strom und ggf. Leistung**
- **Überstromschutz (Strombegrenzung)**
- **Kurzschlussfestigkeit**

7.2.1 Vorgehensweise zur Nutzung:

1. **Gerät noch nicht anschließen!**
2. Stelle die Spannung am Netzteil ein – z. B. 5 V, wenn du einen Mikrocontroller versorgst.
3. Manche Netzteile ermöglichen ein Vorab-Einstellen ohne Last (ideal). Wenn nicht, kurz mit einer bekannten Last testen.
4. Ggf. Mit dem Multimeter Spannung prüfen.
5. Danach das Gerät anschließen.

Hinweis: Spannung ist das, was „angeboten“ wird – ein Verbraucher „nimmt“, was er braucht (im Rahmen seiner Spezifikation).

7.2.2 Strombegrenzung:

- **Strombegrenzung** (current limit): Gerät darf nur bis zu einem Maximalstrom Strom ziehen.
- **Stromregelung (Konstantstrom-Modus):** Strom ist fest eingestellt, Spannung passt sich an (z. B. bei LEDs sinnvoll).

Typische Anwendung:

1. Spannung einstellen (z. B. 5 V).
2. Kurzzeitig Ausgang kurzschließen (z. B. mit einem Kabel oder Multimeter auf A-Stellung).

NUR WENN LABORNETZTEIL KURZSCHLUSSFEST IST! (siehe Datenblatt)

3. Strombegrenzung so einstellen, dass nur z. B. maximal 200 mA fließen.
4. Kurzschluss wieder entfernen.

Danach ist das Netzteil so konfiguriert:

- Gibt 5 V aus, **solange** der Strom unter 200 mA bleibt.
- Sinkt die Spannung automatisch, wenn mehr Strom gezogen würde (U fällt, um I zu begrenzen).

Modi:

- **CC = Constant Current** (Strombegrenzung aktiv)
- **CV = Constant Voltage** (normaler Betrieb – Spannung geregelt)

7.2.3 Verhalten bei Kurzschluss:

Ein **Kurzschluss** bedeutet: Ausgang wird direkt verbunden – Strom kann theoretisch unendlich groß werden.

Gutes Labornetzteil:

- Erkennt Kurzschluss und schaltet entweder ab oder regelt in den CC-Modus.
- Spannung fällt auf fast 0 V, Strom wird auf den eingestellten Maximalwert begrenzt.
- Kein Schaden – das ist ein gewolltes Schutzverhalten.

Billige Netzteile ohne Schutz:

- Können überhitzen oder durchbrennen.
- Nicht für empfindliche Schaltungen geeignet.

Wichtig: Ein korrekt eingestellter Stromgrenzwert schützt Schaltungen und Netzteil im Fehlerfall.

7.2.4 Typische Anwendungsfehler und Sicherheitshinweise

Häufige Fehler:

- Strombegrenzung nicht eingestellt → Schaltung bei Defekt überlastet
- Spannung versehentlich zu hoch eingestellt → Bauteile zerstört
- Verpolung → Bauteile oder Netzteil beschädigt
- Netzteil an Geräten ohne vorherige Kontrolle angeschlossen

Sicherheitshinweise:

- Niemals ein Netzteil ohne Begrenzung an empfindliche Elektronik anschließen.
- Bei Kurzschluss oder ungewöhnlichem Verhalten: Netzteil sofort ausschalten.
- Bei Dauerbetrieb auf Temperatur und Kühlung achten.
- Niemals zwei Netzteile direkt parallel oder in Serie schalten ohne genaue Kenntnis ihrer Eigenschaften.

7.3 Oszilloskop

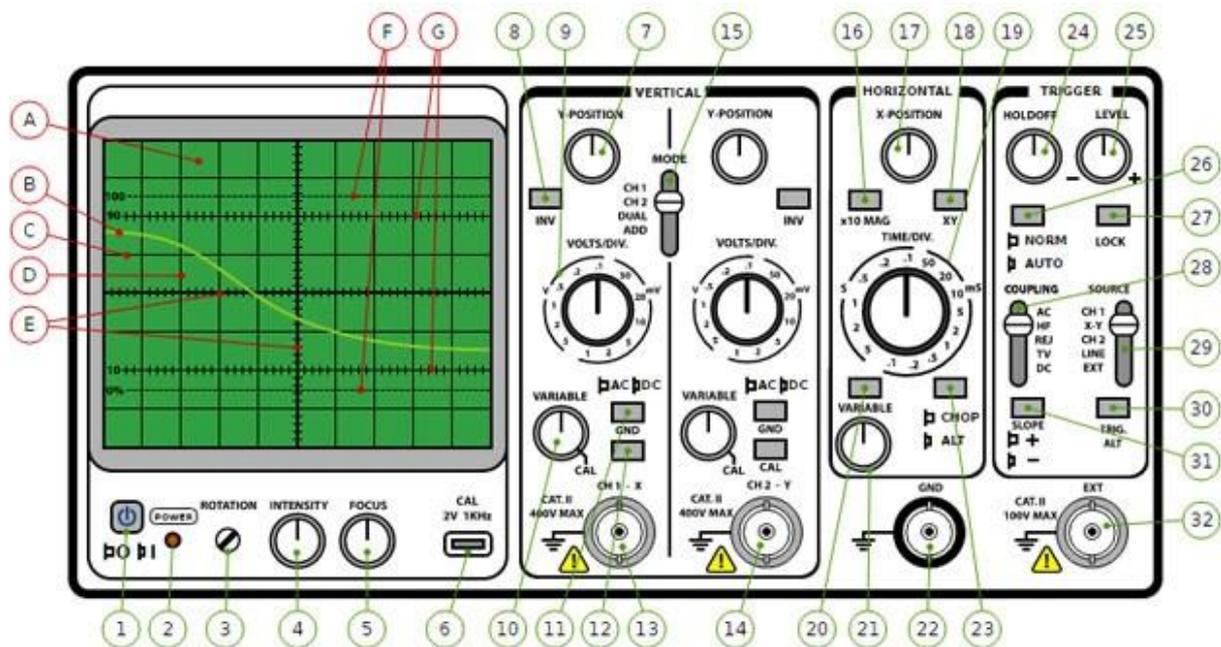
Ein Oszilloskop zeigt **Spannungsverläufe über die Zeit** – ideal zur Fehleranalyse bei Signalen, Taktleitungen oder Netzteilen.

Grundfunktionen:

- **Kanäle (CH1, CH2 ...):** Mehrere Signale gleichzeitig sichtbar
- **Timebase:** Zeitachse (z. B. 1 ms/div)
- **Trigger:** Startpunkt der Anzeige festlegen (z. B. steigende Flanke)
- **Tastkopf:** Hat meist eine Umschaltung 1:1 / 10:1 → Beachten!

Worauf du achten solltest:

- **Signalmasse = Gerätemasse:** Keine direkten Masseverbindungen bei Netzspannung!
- Oszilloskope sind empfindlich → keine Spannung über 400 V anlegen
- Für digitale Signale: korrekter Trigger wichtig (Flankenwahl, Pegel)
- 10:1-Tastkopf erlaubt Messung hoher Spannungen, reduziert Störungen



7.3.1 Funktionen zur Inbetriebnahme und generellen Darstellung:

1/2 Power On/Off: Klassischerweise der Ein- und Ausschalter des Gerätes. In den meisten Fällen befindet sich ein Lämpchen daneben (LED in den moderneren Oszilloskopen bzw. eine kleine Neonröhre in älteren Modellen), die bei eingeschaltetem Zustand leuchtet.

3 Trace Rotation: Ein Regler für die Feinabstimmung der horizontalen Spur mit den Rasterlinien.

4 Intensity: Regelt die Helligkeit des Elektronenstrahls auf dem Leuchtschirm. Meistens lässt sich diese über einen Drehregler erhellen bzw. dimmen. Aber Vorsicht: extrem helle Einstellungen können dazu führen, dass sich der Elektronenstrahl auf Dauer einbrennt.

5 Focus: Mit diesem Regler kannst du die Schärfe des Elektronenstrahl nachjustieren.

6 Cal-Buchse (Calibration Point): An dieser Buchse kann ein gleichmäßiges Rechtecksignal mit einer stabilen Spannung und Frequenz abgenommen werden – die so genannte Kalibrierungsspannung. Das ist nützlich für akkurate Einstellungen, Kalibrierungen und z. B. für den Abgleich von Tastteilern.

7.3.2 Vertikale Funktionen:

7 Position: Mit diesem Regler stellst du die Position des Elektronenstrahls ein. Das kann genutzt werden um den Strahl relativ zum Koordinatensystem auszurichten.

8 INV (englisch „invert“, zu Deutsch: „umkehren“): Mit diesem Schalter invertierst du den aktuellen Kanal indem die Polung des Signaleingangs vertauscht wird. In dem Fall wird der negative Wert der Spannung angezeigt und das Elektronenstrahlbild steht Kopf.

9 Vertikale-Skalierungskontrolle: Diesen Regler (auch öfters Volts/Div Kontrolle genannt) benutzt du für die vertikale Skalierung. Er stellt die Empfindlichkeit der Vertikalverstärker (Y-Verstärker) ein. Damit legst du die Höhe des Elektronenstrahls in kleinen Abstufungsschritten fest. Die Angaben beziehen sich auf Volt pro Zentimeter.

10 Variable: Die variable Höheneinstellungen. Mit dieser kannst du den Elektronenstrahl schrittweise in Bezug auf deine jeweilig eingestellte Vertikale-Skalierungseinheit feinjustieren. Mit dem Wert CAL legst du die Höhe genau auf die Werte der Vertikalen-Skalierungskontrolle fest.

11 Der AC/DC Schalter: Diesen benutzt du um zu definieren, wie das Messsignal gekoppelt wird:

- AC: Berücksichtigt nur die Wechselspannung. Gleichspannungsanteile werden herausgefiltert
- DC: Berücksichtigt sowohl Gleich- als auch Wechselspannungsanteile. Das Signal wird komplett durchgelassen und originalgetreu dargestellt.

12 GND-Schalter: Der Masse-Schalter. Wenn du diese Einstellung wählst, wird das Messsignal ignoriert und der Eingang des Oszilloskopes auf die Masse gelegt. Das kann unter anderem nützlich sein um Elektronenspuren vom Display zu entfernen.

13 Kanal-1 Eingang: Hier schließt du die Kabel des jeweiligen Kanals an.

7.3.3 Horizontale Funktionen:

16 x10 Mag (10-fache Lupe): Diese Funktion ist eine Art Schnellzoom und hilft dir, wenn du direkt in einen Bereich hineinzoomen möchtest, ohne die Zeit Basis oder sonstige Einstellungen zu verändern. Beachte: Diese Lupe vergrößert das Abbild nur in horizontaler Richtung (die Spannungshöhe bleibt unberührt)

17 X-Position Regler: Mit diesem Regler kontrollierst du die horizontale Position des Elektronenstrahl. So kannst du zum Beispiel nach links und rechts zu Messwerten navigieren, die außerhalb des Bildschirms sind, ohne den Zeitfaktor verändern zu müssen.

18 XY-Schalter: Dieser Schalter wechselt das Koordinatensystem von Spannung-Zeit zu XY. Dieser Modus bedeutet, dass deine Spannung auf Kanal 1 entlang der X-Achse dargestellt wird, während die Spannung auf Kanal 2 auf der Y-Achse abgebildet wird. Die dadurch entstehende neue Relation ermöglicht dir komplexere Vergleiche und Phasenanalysen.

19 Horizontale-Skalierungskontrolle (Time/Div Regler): Mit diesem Regler stellst du die horizontale Ablenkgeschwindigkeit des Elektronenstrahls auf dem Schirm in Relation in Zeit (in Millisekunden) je Einheit ein. Steht der Regler z. B. auf 5 ms pro Div, so heißt das, daß der Elektronenstrahl in 5 Millisekunden eine Strecke von einer Einheit auf dem Schirm zurücklegt.

21 Variable: Die variable Längeneinstellungen. Mit dieser kannst du den Elektronenstrahl schrittweise in Bezug auf deine jeweilig eingestellte Horizontale-Skalierungseinheit feinjustieren. Mit dem Wert CAL legst du die Länge genau auf die Werte der Horizontale-Skalierungskontrolle fest.

22 GND (englisch: „Ground“, zu deutsch: „Masse“): Das ist der Masseanschluss des Gehäuses.

23 Schalter zwischen Chop-Modus und Alt-Modus: Mit diesem Schalter wechselst du zwischen dem Chop und dem Alt (Alternativ) Modus

- Chop-Modus: In diesem Chop (englisch: „chop“, zu deutsch: „zerhacken“) Modus wird je horizontalem Durchlauf des Elektronenstrahls abwechselnd entweder das Signal des ersten oder das des zweiten Kanals abgebildet. Dabei wird mit einer hohen Frequenz zwischen den Kanälen umgeschaltet (während des Strahlenrücklaufs). So lassen sich auch niedrige Frequenzen flimmerfrei darstellen.
- Alt-Modus: Im Alt-Modus (zu deutsch: „Alternativ“) werden – wie der Name schon suggeriert – die Bilder vom ersten und zweiten Kanal abwechselnd einzeln abgebildet. Bei schneller Zeitablenkung sind sie damit zwar zeitgleich sichtbar. Jedoch empfehlen wir bei niedrigen Frequenzen eher den Chop-Modus, da dieser flimmerfreier arbeitet.

Trigger Funktionen:

24 Hold-Off (zu deutsch: „aushalten“): Mit diesem Schalter regelst du die Zeit, die dein Oszilloskop zwischen zwei horizontalen Durchläufen des Elektronenstrahls verstreichen lässt.

25 Level: Mit diesem Regler bestimmst du den Startpunktes für die Wellenform.

26 Auto/Norm Schalter: Steuert die Trigger. Mit dem Schalter „Auto/Norm.“ kannst du zwischen automatischer Triggerpegelwahl (Auto) manueller Triggerpegelwahl (Normal) umschalten.

28 Triggermodus: Über diesen Schieberegler wählst du letztlich den passenden Triggermodus. Sprich, bei welchem Ereignis die Signalmessung ausgelöst wird. Hier die gebräuchlichsten:

- „AC“: bei dieser Schalterstellung werden die Gleichspannungsanteile gezielt unterdrückt. Somit springt der Trigger nicht an, wenn Signale mit einer kleineren Grenzfrequenz eingehen als angegeben.
- „HF“ (englisch „High Frequency“, zu deutsch „hohe Frequenz“): in diesem Modus filtert dein Oszilloskop niederfrequente Signale. Das verwendest du um Störsignale gezielt zu unterdrücken.
- „DC“ (entspricht „Gleichspannungskopplung“) in dieser Schalterstellung tragen alle Messsignale ab 0 Hz zur Triggerung bei.

31 Slope: Mit diesem Schalter wählst du die Triggerflanke aus – als ob das Triggersignal auf die positive oder negative Flanke gerichtet ist.

32 Extern Trigger In: Dies ist die Eingangsbuchse für ein externes Triggersignal

7.3.4 Was ist Triggerung?

Unter Triggern versteht man Auslösen. Um bei der Messung mit einem Oszilloskop ein stehendes Bild zu erhalten, muss das zu messende Signal richtig getriggert werden. Hier kann über einen Umschalter beim Oszilloskop ausgewählt werden, auf welchen Kanal die Triggerung stattfinden soll. Die besseren Oszilloskope besitzen einen externen Triggereingang. Nach dem Darstellungsdurchgang wartet der Zeitablenkgenerator bis das Messsignal wieder die gleiche Richtung und den gleichen Pegel besitzt, erst dann kann wieder erneut getriggert werden.

7.4 Trenntrafo

Die Notwendigkeit eines Trenntransformators ist darin begründet, wie Strom transportiert wird. So wird der Strom bei der Produktion in Kraftwerken über eine positive Phase in das Versorgungsnetz eingespeist, während die null-Phase über die Masse in den Boden geerdet wird. Somit ist es für die Stromzufuhr nur notwendig die positive Phase über lange Kabelwege zu transportieren, während der negative Kontakt über die Erdung geschlossen wird. Dies hat jedoch zur Folge, dass es reicht alleine mit einem Kontakt in Berührung zu kommen, um den Stromkreis zur Erde über den eigenen Körper zu schließen und so einen elektrischen Schock zu erleiden, der mitunter lebensgefährliche Folgen haben kann.

Ein Trenntransformator überträgt die Netzspannung im Verhältnis 1:1 auf eine Sekundärwicklung, wobei eine sogenannte Schutzwicklung verwendet wird. Hierdurch sind die Netzspannung und die Sekundärwicklung mittels einer galvanischen Trennung von einander abgeschirmt. Dies hat zur Folge, dass wenn beide Pole an einen Verbraucher angeschlossen werden, ein Stromkreis geschlossen wird, es jedoch beim Kontakt mit dem positiven Pol nicht zur Endladung über den menschlichen Körper kommt. Dies hat zur Folge das durch die Verwendung eines Trenntrafos deutlich sicherer auch mit hohen Strömen gearbeitet werden kann und ein einziger Fehlgriff keine lebensbedrohlichen Folgen nach sich zieht.

Während ein Trenntransformator oder ein Trenntrafo das Risiko bei der Arbeit mit elektrischen Strömen verringern kann, endet die Schutzfunktion spätestens dann, wenn beide Kontakte der Sekundärwicklung berührt werden. Dies erzeugt hierbei einen Kurzschluss, welcher wieder über den eigenen Körper geschlossen wird und sorgt somit erneut für einen elektrischen Schlag.

Wozu brauchst du einen Trenntrafo?

- Arbeiten an Geräten mit Netzspannung (z. B. Netzteilen, Röhrenradios)
- Vermeidung von „fliegenden“ Masseverbindungen beim Oszilloskop
- Sicheres Messen ohne Auslösung des FI-Schalters

Wichtige Hinweise:

- **Trenntrafo ≠ Schutz!** Er verhindert Stromfluss über Erde, aber **nicht zwischen Phase und Neutralleiter**
- Niemals geerdete Geräte an der Sekundärseite anschließen
- Nicht für den Dauerbetrieb – nur bei Diagnose oder Reparatur einsetzen

7.5 Zusammenfassung – sicher arbeiten:

Gerät	Typische Gefahr	Sicherheitstipp
Multimeter	Kurzschluss durch falschen Modus	Immer Modus & Buchsen prüfen
Netzteil	Gerät überlasten	Strombegrenzung aktivieren
Oszilloskop	Masseschleife, Kurzschluss	Trenntrafo verwenden, Einstellungen prüfen
Trenntrafo	Stromschlag bei Berührung Phase– Neutralleiter	Schutz durch Abstände & Isolierung

8 Elektrosicherheit

Die Arbeit mit elektrischen Geräten birgt ernsthafte Gefahren – von Stromschlag bis Brand. Viele dieser Risiken lassen sich durch Wissen, Sorgfalt und geeignete Schutzmaßnahmen vermeiden.

Solltest du dir bei einem Arbeitsschritt nicht sicher sein, frag lieber nochmal nach.

8.1 Was ist ESD (Elektrostatische Entladung)?

ESD = Electrostatic Discharge, also eine elektrostatische Entladung.

Sie entsteht z. B. durch Reibung (Laufen auf Teppich) und kann Spannungen von **mehreren Tausend Volt** erreichen – für Menschen harmlos, aber für elektronische Bauteile **tödlich**.

Typische Schäden durch ESD:

- Zerstörung von MOSFETs, Mikrocontrollern, ICs
- „Schleichende Defekte“ – das Bauteil funktioniert noch, stirbt aber später
- Zerstörung ohne sichtbare Spuren

Schutzmaßnahmen:

- **ESD-Armband:** am geerdeten Punkt anschließen (z. B. Metallgehäuse, ESD-Matte)
- **ESD-Matte** auf dem Arbeitsplatz
- Keine Plastiktüten, Schaumstoffe o. ä. – nur ESD-sichere Verpackungen
- Beim Transport: **leitfähige Beutel** oder ESD-Kisten verwenden

8.2 Die 5 Sicherheitsregeln der Elektrotechnik

Diese Regeln gelten **immer**, wenn du an elektrischen Anlagen oder Geräten arbeitest:

1. **Freischalten**
→ Strom abschalten, Netzstecker ziehen, Sicherung raus
2. **Gegen Wiedereinschalten sichern**
→ Hinweiszettel an Schalter, ggf. Sicherung blockieren
3. **Spannungsfreiheit feststellen**
→ Mit geeignetem Spannungsprüfer kontrollieren (zweipolig!)
4. **Erden und kurzschließen** (*bei Hochspannung wichtig*)
→ Gilt vor allem in der Energietechnik
5. **Benachbarte, unter Spannung stehende Teile abdecken oder abschränken**
→ Keine Berührung möglich machen

Merksatz:

Freischalten – Sichern – Prüfen – Erden – Abdecken

8.3 Umgang mit Netzspannung – Lebensgefahr!

Schon **ab 50 Volt Wechselspannung** kann es für den Menschen gefährlich werden. Geräte mit direktem Netzanschluss (230 V) bergen das höchste Risiko.

Wichtige Hinweise:

- Netzgeräte nur im **spannungsfreien Zustand öffnen**
- Bei Prüfungen unter Spannung: Nur **eine Hand** benutzen (die andere in der Hosentasche → kein Stromfluss durchs Herz)
- Isolierte Werkzeuge verwenden
- Keine metallischen Armbänder, Ringe, Uhren tragen
- **FI-Schutzschalter** oder Trenntrafo verwenden
- Nur mit sicherer **Beleuchtung** und **rutschfreiem Untergrund** arbeiten

8.4 Typische Fehler vermeiden

Fehler	Risiko	Besser so
Spannung messen mit falscher Multimeter-Einstellung	Kurzschluss, Zerstörung	Messbereich & Buchse kontrollieren
Ohne ESD-Schutz ICs einsetzen	Bauteil zerstört	Immer erden & mit Armband arbeiten
Arbeiten an offenem Gerät mit 230 V	Lebensgefahr	Gerät vom Netz trennen oder über Trenntrafo speisen
Nicht prüfen, ob Gerät spannungsfrei ist	Stromschlag	Immer zweipolig messen!
Offene Lötstellen berühren	Verbrennung, Stromschlag	Immer isolieren oder schützen

9 Kabel & Verbindungstechnik

Elektrische Verbindungen müssen sicher, zuverlässig und mechanisch stabil sein. Besonders bei Reparaturen sind fachgerechte Kabelverbindungen entscheidend – sowohl für die Funktion als auch für den Schutz vor Hitze, Kurzschluss und Brand.

9.1 Aderquerschnitte & Strombelastbarkeit

Der **Querschnitt eines Leiters** (in mm²) bestimmt, wie viel Strom er führen kann – abhängig von Leitungslänge, Temperatur und Verlegeart.

Typische Werte:

Querschnitt mm ²	Maximaler Strom ca. (Verlegeart B)
0,14	1,5 A
0,25	2,5 A
0,5	5 A
1,0	6 - 8 A
1,5	10 A

Wichtig:

- Immer Reserve einplanen – Kabel sollen nicht heiß werden
- Für Netzspannung gelten **höhere Anforderungen** (VDE, DIN-Vorschriften)
- Bei langen Leitungen: Spannungsabfall berechnen!
- Litzen immer mit Aderendhülsen versehen, wenn sie in Schraubklemmen kommen

9.2 Was ist Crimpen?

Crimpen bedeutet, dass man ein Kabel **mechanisch mit einem Kontakt verbindet** – z. B. mit Aderendhülsen, Kabelschuhen, Steckverbindern.

Warum crimpen und nicht löten?

- Crimpverbindungen sind **vibrationsfest, gasdicht** und **dauerhaft**
- Löten an Litzen kann bei mechanischer Belastung zum **Drahtbruch** führen
- In der Fahrzeugtechnik und Industrie ist Crimpen der Standard

9.2.1 Crimpzangen – Arten & Einsatz

Je nach Anwendung gibt es unterschiedliche Crimpzangen:

Zangentyp	Anwendung
Aderendhülsenzange (Vierkant-/Trapezpressung)	Für Litzenenden, DIN 46228
Kabelschuhzange	Für Ring-, Gabel-, Flachsteckhülsen
D-Sub-Crimpzange / Dupont-Zange	Für kleine Stecker (z. B. Arduino, PC)
Automatische Crimpzange	Vereinfachtes Crimpen für gleichmäßige Ergebnisse

Crimpen Schritt für Schritt:

- Kabel abisolieren (nicht beschädigen!)
- Hülse/Schuh richtig wählen – auf Durchmesser achten
- Hülse aufchieben
- Mit passender Zange einmal, fest, vollständig crimpen
- Kontrolle: Fester Sitz, kein herausziehbarer Draht

9.3 Steckverbinder & Hülsenarten

Gängige Verbindungselemente:

- **Aderendhülsen:** Für Schraubklemmen, Verteilerdosen
- **Kabelschuhe (Ring, Gabel, Flachstecker):** Für Kfz, Maschinen
- **Dupont-Stecker:** Für Signalverbindungen auf Platinen
- **Lüsterklemmen, WAGO-Klemmen:** Für Hausinstallationen
- **Stecksysteme (JST, Molex, XT60):** In Elektronik und Modellbau

Hinweis:

Nicht jedes System ist für hohe Ströme geeignet. Immer auf den **Kontaktwiderstand und die Strombelastbarkeit** achten.

9.4 Typische Fehler & wie man sie vermeidet

Fehler	Folge	Lösung
Crimp nicht fest genug	Kontakt wird heiß, Stromfluss bricht ab	Korrektes Werkzeug verwenden
Litze ohne Hülse in Schraubklemme	Adern reißen ab, schlechter Kontakt	Immer Aderendhülse benutzen
Kabel zu dünn für Strom	Hitzeentwicklung, Brandgefahr	Querschnitt berechnen, Reserve einplanen
Löten statt Crimpen bei mechanischer Belastung	Kabel bricht	Crimpverbindung verwenden
Falscher Steckertyp	Kurzschluss oder Wackelkontakt	Typ, Größe & Strom passend wählen

Zusammenfassung:

- Wähle **Querschnitt und Verbindung** passend zur Strombelastung
- Crimpen ist **sicherer und langlebiger** als Löten bei mechanischer Beanspruchung
- Nur mit **geeigneten Zangen und Zubehör** arbeiten – Improvisieren ist gefährlich
- Eine gute Verbindung sieht **sauber, fest und professionell** aus

10 Fehlersuche bei elektrischen Geräten

Generell immer versuchen, den Fehler systematisch einzugrenzen. **Zuerst das Gerät spannungsfrei schalten, dann messen.** Eine allgemeingültige Anleitung gibt es nicht – jede Schaltung ist anders.

- **Ganzes Gerät defekt:**
Spannungseingang prüfen und Spannungsversorgung im Gerät verfolgen (siehe 4.3). Netzteil oder Sicherung defekt?
- **Wackelkontakt:**
Stecker, Taster, Schalter und Buchsen prüfen. Ist ein Anschluss locker oder nicht richtig verschraubt?
- **Teilbereiche defekt:**
Innerhalb der Schaltung weiter eingrenzen. Ist ein Bauteil defekt? Welcher Bereich ist für die jeweilige Funktion zuständig?
- **ICs:**
Diese sind robuster als oft angenommen. Häufig liegt der Fehler an defekten Verbindungskabeln, Kondensatoren oder Spulen.
- **Fehler reproduzierbar:**
Wenn der Fehler provoziert werden kann, kann dadurch oft der Fehler eingegrenzt werden.

10.1 Tipps und Tricks

- **Sichtprüfung zuerst:**
Oft erkennt man verschmorte Stellen, lose Kabel oder aufgeblähte Kondensatoren bereits mit bloßem Auge.
- **Geruchstest:**
Riecht ein Bauteil verbrannt? Das kann ein Hinweis auf einen thermischen Defekt sein.
- **Bauteile einzeln prüfen:**
Verdächtige Kondensatoren, Dioden oder Transistoren auslöten und separat durchmessen. (Messfehler)
- **Klopfest:**
Bei Verdacht auf Wackelkontakte vorsichtig mit einem isolierten Werkzeug klopfen – ändert sich das Verhalten?
- **Wärme-/Kälte test:**
Fehler treten manchmal nur bei bestimmten Temperaturen auf. Fön oder Kältespray können helfen.
- **Multimeter & Oszilloskop nutzen:**
Spannungen, Widerstände und Signale gezielt messen – keine „blindes Raten“. Ein Oszilloskop hilft vor allem bei Signalproblemen oder Taktfehlern.
- **Schaltplan & Doku nutzen:**
Wenn verfügbar, hilft ein Schaltplan enorm beim Verständnis der Signalwege und Funktionsgruppen.
- **Vergleich mit funktionierendem Gerät:**
Falls möglich, Messwerte mit einem intakten Gerät vergleichen.