

Heinrich Riedl

Handbuch praktische Traktorentechnik

6., aktualisierte Auflage



Ulmer

Heinrich Riedl

Handbuch praktische Traktoren- technik

Grundlagen, Fehlersuche, Selbsthilfe

6. vollständig neu bearbeitete und erweiterte Auflage
544 Abbildungen
56 Tabellen



Inhalt

1 Grundlagen 6

1.1 Elektrotechnik 6

- 1.1.1 Gerätetechnik 9
- 1.1.2 Schaltplantechnik 11
- 1.1.3 Messgeräte 21
- 1.1.4 Messtechnik 23

1.2 Maschinenbau 24

- 1.2.1 Werkstoffe 24
- 1.2.2 Werkzeichnung 26
- 1.2.3 Maschinenteile 26
- 1.2.4 Kraftübertragung 31
- 1.2.5 Hydraulik 40

1.3 Arbeitsverfahren 62

- 1.3.1 Grundlegende Arbeitsverfahren 62
- 1.3.2 Arbeiten mit schneidenden Werkzeugen 63
- 1.3.3 Arbeiten mit Werkzeugmaschinen 67
- 1.3.4 Zuschneiden von Blechen 71
- 1.3.5 Verbindungen 72

2 Traktor-Technik 81

2.1 Verbrennungsmotoren 82

- 2.1.1 Benzinmotor 86
- 2.1.2 Dieselmotor 89
- 2.1.3 Ansauganlage 107
- 2.1.4 Schmieranlage 110
- 2.1.5 Motorkühlung 112
- 2.1.6 Abgasanlage 118

2.2 Kraftübertragung 119

2.3 Fahrwerk 131

2.4 Bremsanlage 139

- 2.4.1 Bauarten 139
- 2.4.2 Lenkhilfe 141
- 2.4.3 Motorbremse 142
- 2.4.4 Hydraulische Bremsanlage 142
- 2.4.5 Druckluft-Bremsanlage für Anhänger 144

2.5 Hydraulikanlage 148

- 2.5.1 Heck- und Frontlader-Hydraulik 156
- 2.5.2 Regelhydraulik 158
- 2.5.3 Regelarten 161
- 2.5.4 Elektrohydraulische Hubwerks-Regelung (EHR) 162
- 2.5.5 Elektronische Schlupfregelung 166
- 2.5.6 Dreikreis-Hydraulik 168
- 2.5.7 Dreipunktkupplung 168
- 2.5.8 Heckhydraulik mit Schwingungstilgung EHR-D 169
- 2.5.9 Elektronische Hubwerksregelung (EDC) 169
- 2.5.10 Elektronisches Fronthubwerk (EFH) 169
- 2.5.11 Frontlader 171
- 2.5.12 Hydraulische Ladewagen-Antriebe 172
- 2.5.13 Zusätzliche Öldruckanzapfung (hydraulische Steckdose) 172

2.6 Elektrische Anlage 174

- 2.6.1 Bordnetz 174
- 2.6.2 Starteranlage 178

- 2.6.3 Instrumentierung 188
- 2.6.4 Messungen 191
- 2.6.5 Meldungen 195
- 2.6.6 Beleuchtungsanlage 196
- 2.6.7 Bremsleuchten 204
- 2.6.8 Fahrerhaus 206
- 2.6.9 Blinkanlage 209
- 2.6.10 Wischeranlage 210
- 2.6.11 Signalanlage 213
- 2.6.12 Heizung und Klimatisierung der Kabine 214
- 2.6.13 Spiegelheizung/elektrische Spiegelverstellung 219
- 2.6.14 Umkehrlüfter 219

3 Störfälle 222

- 3.1 Störfallübersicht 223
- 3.2 Störfallerläuterungen 240

4 Praxis 262

- 4.1 Fehlersuche, Fehlerbehebung 264
 - 4.1.1 Motor 266
 - 4.1.2 Schmieranlage 271
 - 4.1.3 Kühlanlage 273
 - 4.1.4 Klimaanlage 276
 - 4.1.5 Einspritzanlage 276
 - 4.1.6 Vorglühanlage 279
 - 4.1.7 Starteranlage 287
 - 4.1.8 Kraftübertragung 291
 - 4.1.9 Bremsen 296
 - 4.1.10 Druckluftbeschaffungsanlage 301
 - 4.1.11 Lenkung 303
 - 4.1.12 Beleuchtungsanlage 305

- 4.1.13 Signalanlage 306
- 4.1.14 Instrumentierung 307
- 4.1.15 Bordnetz 313
- 4.1.16 Hydraulik 317

4.2 Wartung 338

- 4.2.1 Motor 339
- 4.2.2 Kühlanlage 339
- 4.2.3 Einspritzanlage 341
- 4.2.4 Ansauganlage/Abgasanlage 345
- 4.2.5 Hydraulikanlage 346
- 4.2.6 Kraftübertragung 348
- 4.2.7 Fahrwerk 352
- 4.2.8 Bremsanlage 356
- 4.2.9 Druckluftanlage 362
- 4.2.10 Elektrik 366

5 Pflege 369

- 5.1 Reinigen 369
- 5.2 Sandstrahlen 369
- 5.3 Maschinenpflege 370
- 5.4 Blechschäden ausbessern 373
- 5.5 Stilllegung eines Traktors 375

6 Tabellen (Fortsetzung) 377

Stichwortverzeichnis 386

1 Grundlagen

1.1 Elektrotechnik

Jeder überhaupt vorkommende Stoff ist aus Atomen aufgebaut, die sich im Wesentlichen aus Elektronen, Protonen und Neutronen zusammensetzen.

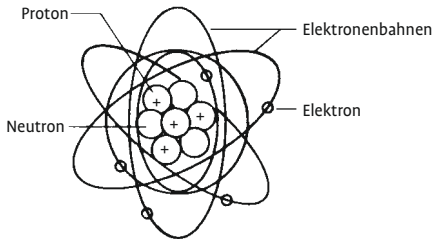


Abb. 2. Prinzipieller Aufbau eines Atoms

Um die atomaren Vorgänge verstehen zu können, stellt man sich am besten ein Atom mit einem kugelförmigen Kern vor (Abb. 2), um den auf bestimmten Bahnen (wie die Planeten um die Sonne) die Elektronen kreisen. Außer dem Wasserstoff-Atom, das aus einem Proton (positive elektrische Ladung) und einem Elektron (elektrisch negativ geladenes Elementarteilchen) besteht, weisen alle übrigen Elemente mehrere Protonen und Elektronen auf. Außerdem sind in ihren Atomkernen neben den Protonen auch Neutronen vorhanden (elektrisch neutrale Elementarteilchen, das heißt, sie haben nach außen keine wirksame Ladung).

Da ein Leiter dadurch gekennzeichnet ist, dass er außer den Elektronen, die um den Atomkern kreisen, noch freie, das heißt: an keinen Atomkern gebundene Elektronen besitzt, kann er ein aus dem Atomverband entferntes Elektron ersetzen. Daraus folgt, dass ein elektrischer Stromfluss ein Austausch von Elektronen ist.

Nichtleiter (z. B. Isolatoren), zum Beispiel aus Glas oder Gummi, besitzen keine freien Elektronen, und ihre Atome sind nicht in der Lage, gegenseitig Elektronen auszutauschen.

Spannung und Strom

Zum leichteren Verständnis dieser Begriffe gehen wir von einem Wasserkreislauf gemäß Abb. 3 A aus.

Wird die Pumpe P von einem Motor M angetrieben, so stellt sich bei geschlossenem Ventil V auf der Druckseite P1 gegenüber der Saugseite P2 ein Überdruck ein, das heißt, zwischen P1 und P2 entsteht eine Druckdifferenz Δp .

Abb. 3 B zeigt den entsprechenden elektrischen Kreislauf mit einem galvanischen Element (Stromquelle, z. B. eine Batterie), das als Elektronenpumpe zu betrachten ist. Der Druckunterschied Δp des Wassers lässt sich mit der Spannung U der Stromquelle U_q vergleichen. Innerhalb der Stromquelle bewirkt die Spannung eine Verschiebung der freien Elektronen von einer Klemme zur anderen. Beim galvanischen Element besteht an der Minusklemme eine Anhäufung von Elektronen, während an der Plusklemme ein Elektronenmangel besteht.

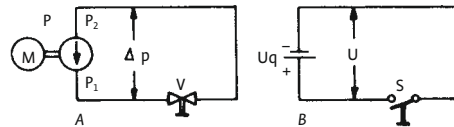


Abb. 3. A: Wasserkreislauf; B: elektrischer Stromkreislauf

Öffnet man das Ventil V im Wasserkreislauf, dann bewirkt das von der Pumpe erzeugte Druckgefälle eine Wasserströmung, das heißt, der Wasserkreislauf ist geschlossen.

Dementsprechend wird durch Einschalten des Schalters S der elektrische Stromkreis geschlossen, und die Elektronenbewegung setzt ein. Die Spannung ist dabei die Ursache der Elektronenbewegung. Der Elektronenstrom ist wie beim Wasserstrom an jeder Stelle des Kreislaufes gleich groß. Die Stromstärke ist jedoch von der Größe der Spannung abhängig.

Für die bisherigen Betrachtungen diene als Stromquelle das galvanische Element. Anstelle dessen kann natürlich jeder Stromerzeuger (Dynamo, Generator) treten. Die sog. rotierenden Stromerzeuger liefern entsprechend

ihres Aufbaus einen Gleich-, Wechsel- oder Drehstrom.

In jedem Spannungserzeuger entsteht durch Ladungstrennung eine elektrische Spannung. Einen Strom von konstanter Stärke und Richtung bezeichnet man als Gleichstrom. Ändert ein Strom seine Stärke und Richtung sinusförmig, so spricht man von Wechselstrom. Die Frequenz des Wechselstromnetzes beträgt 50 Schwingungen pro Sekunde, bezeichnet als 50 Hertz. Bei Spannungs- und Stromangaben ist immer der Effektivwert (Mittelwert) zu verstehen; das ist der Wert, der von Spannungs- und Strommessern angezeigt wird.

Die Maßeinheit der Stromstärke ist das Ampere, das Kurzzeichen ist A und das Formelzeichen ist I. 1 A ist die Stärke des Stromes, der aus einer Silbernitratlösung in einer Sekunde 1,118 Milligramm Silber ausscheidet.

Die Maßeinheit der elektrischen Spannung ist das Volt, das Kurzzeichen ist V und das Formelzeichen ist U. 1 V ist die Spannung, die durch einen Widerstand von 1 Ohm einen Strom von 1 A treibt.

Widerstand

Ist das Ventil V im Wasserkreislauf gemäß Abb. 3 A ganz geöffnet und der Motor treibt die Pumpe P mit konstanter Drehzahl an, dann fließt entsprechend dem Druckunterschied Δ p ein konstanter Wasserstrom. Wird das Ventil allmählich geschlossen, der Rohrquerschnitt also verkleinert, dann reduziert sich der Wasserstrom so lange, bis er schließlich bei geschlossenem Ventil (größter Widerstand) vollkommen unterbrochen ist. Ferner entsteht insbesondere an der Einschnürung infolge der Reibung eine erhöhte Erwärmung. Daraus ergeben sich zwei grundlegende Effekte:

- Der Widerstand verkleinert den Wasserstrom, • der Widerstand erwärmt sich dabei.
- Analoge Verhältnisse ergeben sich bei einem elektrischen Stromkreis gemäß Abb. 4 mit dem elektrischen Widerstand R.

Die Maßeinheit des elektrischen Widerstandes ist das Ohm, das Kurzzeichen ist Ω (griechisch Omega), das Formelzeichen ist R.

1 Ω ist der Gleichstrom-Widerstand einer Quecksilbersäule von 1 mm2 Querschnitt und 106,3 cm Länge bei einer Temperatur von 0 °C. Über die Beziehung zwischen Strom und Widerstand gibt folgende Gleichung Aufschluss:

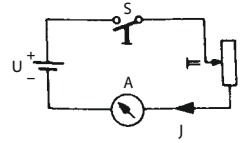


Abb. 4. Einfacher Stromkreis mit Stromquelle U. Schalter S, Widerstand R und Strommesser A

$$\text{Spannung [V]} = \text{Strom [A]} \times \text{Widerstand [\Omega]}$$

$$U = I \times R$$

Das ist das „Ohmsche Gesetz“, das grundlegende und wichtigste in der Elektrotechnik.

Durch Umwandlungen obiger Formel ergeben sich die Gleichungen:

$$I = \frac{U}{R} \text{ bzw. } R = \frac{U}{I}$$

Bei der Reihen- oder Hintereinanderschaltung von Widerständen durchfließt der Strom nacheinander die Einzelwiderstände. Die Stromstärke ist wie im gesamten Stromkreis in allen Widerständen gleich groß, die Gesamtspannung ist gleich der Summe der Teilspannungen

$$U = U_1 + U_2 + \dots$$

und der Gesamtwiderstand R gleich der Summe der Einzelwiderstände R1, R2 und so weiter.

$$R = R_1 + R_2 + \dots$$

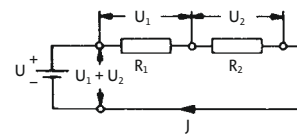


Abb. 5. Reihenschaltung von zwei Widerständen.

Durch Umformung ergeben sich die Gleichungen:

$$R_1 = R - R_2$$

$$R_2 = R - R_1$$

Schaltet man mehrere Widerstände parallel oder nebeneinander, dann wird jeder Einzelwiderstand von einem ihrem Widerstandswert entsprechenden Strom durchflossen. Der Gesamtstrom JG ist gleich der Summe der Teilströme.

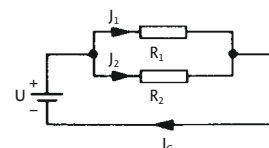


Abb. 6. Parallel- oder Nebeneinanderschaltung von zwei Widerständen.

Der Gesamtwiderstand R einer Parallelschaltung von Widerständen ist immer kleiner als der kleinste Einzelwiderstand.

Für zwei parallel geschaltete Widerstände ergibt sich der Gesamtwiderstand R zu:

$$R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

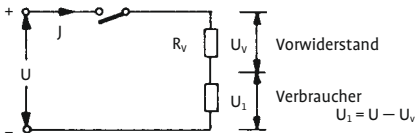


Abb. 7. Schaltung eines Vorwiderstandes.

Schaltet man vor einem Verbraucher einen Festwiderstand, so teilt sich die angelegte Spannung den Widerstandswerten entsprechend auf. In der Mess-, Regel- und Steuerungstechnik findet man häufig den sog. Spannungsteiler. Eine Spannungsteilung kann durch Reihenschaltung von Festwiderständen, einstellbaren Widerständen bzw. durch einen stufenlos einstellbaren Widerstand (Potentiometer) gemäß Abb. 8 erreicht werden.

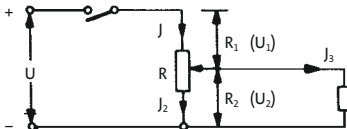


Abb. 8. Schaltung eines Spannungsteilers.

Bei Verwendung eines Potentiometers kann jeder Spannungswert zwischen null und der vollen Spannung U eingestellt werden. Der Gesamtstrom I fließt durch den Widerstand R_1 und teilt sich dann – entsprechend den Widerstandsgrößen R_2 und R_3 – in die Teilströme I_2 und I_3 .

Jedes Leitermaterial hat einen bestimmten, den sog. spezifischen Widerstand (für Kupfer 0,0175). Er ist eine Materialkonstante für einen Draht von 1 m Länge und 1 mm² Querschnitt und hat das Formelzeichen ρ (griechisch Rho). Demnach ist der Widerstand eines Drahtes oder einer elektrischen Leitung:

$$R = \frac{\rho \cdot l \text{ [m]}}{A \text{ [mm}^2\text{]}} \text{ [\Omega]}$$

Energie und Leistung

Wird ein Stromverbraucher an eine Stromquelle angeschlossen, wird dem Gerät elektrische Energie zugeführt. Sie ist abhängig von der Höhe der Spannung U , der Stromstärke I und der Zeitdauer t .

Die Einheit der elektrischen Energie ist das Watt W (1000 W = 1 Kilowatt = 1 kW)

$$\text{Elektrische Energie } W = \frac{\text{Spannung} \times \text{Strom} \times \text{Zeit}}{U \times I \times t}$$

Da die elektrische Energie von der Zeitdauer abhängig ist, während der sie verbraucht wird, und sich zeitlich stark ändern kann, wurde die elektrische Leistung P eingeführt, die zeitunabhängig ist.

$$P \text{ [W]} = U \text{ [V]} \times I \text{ [A]}$$

Die Maßeinheit für die aufgenommene bzw. verbrauchte elektrische Leistung und die abgegebene mechanische Leistung ist das Kilowatt (1 kW = 1,36 PS). Ist die Leistung eines Gleichstromverbrauchers und die Netzspannung bekannt, so fließt bei geschlossenem Stromkreis ein Strom von

$$I \text{ [A]} = \frac{P \text{ [W]}}{U \text{ [V]}}$$

Die Kenntnis der Stromstärke ist bei der Fehlersuche in der elektrischen Anlage häufig eine Voraussetzung.

Wirkungen des Stroms

Wärmewirkung – In jedem stromdurchflossenen Leiter wird durch Bewegung von Elektronen Wärme erzeugt. Die Wärmemenge ist von der Leistung des Stromes und von seiner Einschaltdauer abhängig. Beispiel: Elektrischer Heizstrahler.

Chemische Wirkung – Stoffe, deren Lösungen (Metallsalzlösungen, Säure, Basen) den Strom leiten, nennt man Elektrolyte. Werden sie von einem Gleichstrom durchflossen, erfolgt eine chemische Zersetzung (Elektrolyse) an den Elektroden (Anode = Pluspol, Kathode = Minuspol). Die ausgeschiedenen Metalle und der ausgeschiedene Wasserstoff wandern immer zur negativen Elektrode (Kathode), die übrigen frei werdenden Stoffe zur positiven Elektrode (Anode). Die ausgeschiedene Stoffmenge ist von der Art

des Stoffes, der Stromstärke und der Zeit abhängig.

Nach diesem Verfahren wird verchromt, vernickelt, verkupfert und eloxiert.

Magnetische Wirkung – Unter Magnetismus versteht man die Eigenschaft bestimmter Stoffe, Eisen anzuziehen. Nach den Erkenntnissen der Atomphysik wird jeder Magnetismus, auch der eines Dauermagneten (der sog. permanente Magnet), durch elektrische Ströme erzeugt.

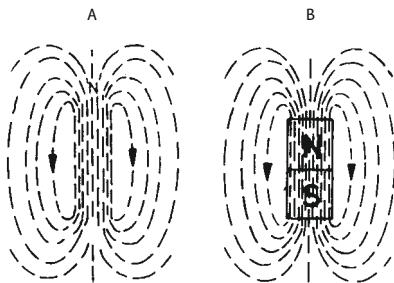


Abb. 9. Magnetisches Kraftfeld: A: einer stromdurchflossenen Spule; B: eines Dauermagnets.

Um einen stromdurchflossenen Leiter bildet sich ein **Magnetfeld** aus, dessen Feldlinien den Leiter auf seiner ganzen Länge ringförmig umgeben. Die Richtung der Feldlinien ist von der Stromrichtung abhängig. Wie aus Abb. 9 ersichtlich, besteht zwischen dem magnetischen Kraftfeld einer stromdurchflossenen Spule und dem eines Dauermagneten kein wesentlicher Unterschied. Lediglich die magnetische Wirkung eines Elektromagneten hält im Gegensatz zum Dauermagneten nur so lange an, solange die Spule vom Strom durchflossen wird.

Bewegt man einen Leiter (z. B. eine Drahtschlinge) in einem Magnetfeld so, dass er magnetische Kraft- oder Feldlinien schneidet, dann wird in diesem Leiter eine Spannung induziert.

Die Größe der erzeugten **Spannung** ist abhängig von der Länge des Leiters, der Stärke des magnetischen Feldes und von der Geschwindigkeit, mit der der Leiter bewegt wird, d. h. mit der die Kraftlinien geschnitten werden.

Der gleiche Effekt tritt ein, wenn sich, ohne Bewegung des Leiters, das Magnetfeld ändert, verstärkt oder geschwächt wird.

1.1.1 Gerätetechnik

Schaltgeräte

Schaltgeräte sind Geräte, die Strompfade, das heißt Stromkreise, schließen bzw. unterbrechen. Es gibt verschiedene Arten von Schaltgeräten, die sich auf Grund ihres Aufbaus und ihrer Wirkungsweise erheblich voneinander unterscheiden.

Schalter

Bei den Schaltern unterscheidet man zwischen

- Stellschalter: Schalter ohne Rückzugskraft (Ein, Aus),
- Tastenschalter: Schalter mit Rückzugskraft,
- Schlossschalter: Schalter mit mechanischer Sperre (Schlüsselschalter),
- Wahlschalter: Schalter, mit denen zwischen zwei oder mehreren Strompfaden ausgewählt wird,
- Grenzschalter: Schalter, die eine physikalische Größe bzw. einen Betriebszustand überwachen und beim Über- oder Unterschreiten einer eingestellten Grenze schalten.

Die Schalter können je nach Ausführung und Verwendungszweck mit folgenden **Kontakten** bestückt sein:

- Schließer: Schaltkontakt, der im Ruhezustand eines Schaltgerätes offen ist und bei Betätigung schließt.
- Öffner: Schaltkontakt, der im Ruhezustand eines Schaltgerätes geschlossen ist und bei Betätigung öffnet.
- Wechsler: Schaltkontakte, die im Ruhezustand eines Schaltgerätes geschlossen bzw. offen sind und bei Betätigung ihre Schaltstellung wechseln, d. h. der Öffner schließt und der Schließer öffnet. Öffner- und Schließkontakt des Wechslers haben eine gemeinsame Zuleitung.
- Wischer: Schaltkontakt, der bei Betätigung des Schaltgerätes kurzzeitig geschlossen wird.

Zur Abschwächung der beim Schalten auftretenden Funkenbildung finden, sofern erforderlich, Gegenmaßnahmen gemäß Abb. 10 Anwendung.

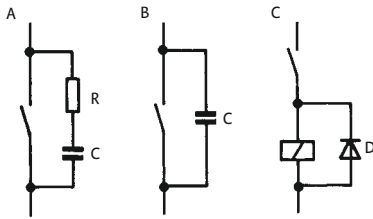


Abb. 10. Funkenlöschung: A: durch ein RC-Glied; B: durch einen Kondensator, C: durch eine Diode

Relais

Ein Relais ist ein elektromagnetisch betätigter Fernschalter mit Rückzugskraft. Es besteht im Wesentlichen aus einem Elektromagnet, einem Kontakt oder einem Kontaktsatz mit Schaltbalken, einem Anker, den Kontaktfedern und dem Gehäuse.

Wird der Stromkreis des Elektromagneten geschlossen, d. h. das Relais erregt, baut sich ein elektromagnetisches Feld auf, durch dessen Wirkung der Anker gegen die Federkraft an den Magnetkern gezogen wird. Dadurch werden die Kontakte gleichzeitig über den auf dem Anker ruhenden, aus Isoliermaterial bestehenden Kontaktbalken betätigt.

Sinkt die magnetische Kraft unter einen bestimmten Wert – wenn also die Spannung auf ein bestimmtes Maß abfällt oder gleich Null wird, was beim Unterbrechen des Stromkreises der Fall ist –, dann wird der Anker durch die Federkraft in seine Ruhelage bewegt. Man bezeichnet diesen Vorgang als Abfallen des Relais.

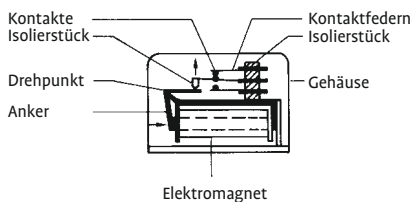


Abb. 11. Schematische Darstellung eines Relais

Sicherungen

Sicherungen dienen zum Schutz elektrischer Geräte und Anlagen. Sie zählen zu den Schaltgeräten, da sie die Stromkreise bei zu hohem Strom durch Schmelzen des stromführenden Teils selbst-

tätig öffnen bzw. unterbrechen. Die Auslösezeit ist abhängig von der Größe der Überstromstärke. Wird der Nennstrom um ein Mehrfaches überschritten (z. B. bei einem Kurzschluss), unterbricht die Schmelzsicherung den Stromkreis unverzögert.

Eine kaputte Sicherung ist durch eine neue gleicher Stärke zu ersetzen. Wiederholtes Durchbrennen weist auf defekte Leitungen/Verbraucher hin.

Stecker

Aus Rationalisierungsgründen hat sich der Stecker als verbindendes Element auch im Kraftfahrzeugbau durchgesetzt. Ferner erleichtern Steckverbindungen die Fehlersuche und Fehlerbehebung. Entsprechend ihrer Form unterscheidet man zwischen Rund- und Flachsteckern. Die Verbindung mit der elektrischen Leitung erfolgt durch Quetschen mit einer Spezialzange. Soll an einer mit einem Stecker versehenen Leitung eine weitere Leitung angeschlossen werden, sind Steckverteiler erforderlich.

Außer den meist blanken Einzelsteckern werden auch Mehrfachstecker eingesetzt. Diese Stecker bestehen aus zwei Gehäuseteilen, von denen das eine die Buchsen, das andere die Stifte beinhaltet. Über einen derartigen Stecker können mehrere Leitungen geführt werden.

Widerstände

Widerstände haben in elektrischen Schaltungen verschiedene Aufgaben zu erfüllen. Ihrem Aufbau bzw. ihrer Wirkungsweise entsprechend lassen sie sich in Festwiderstände und Stellwiderstände einteilen.

Der Widerstandswert eines Festwiderstandes ist nicht verstellbar.

Stellwiderstände sind dadurch gekennzeichnet, dass der Widerstandswert stetig oder in Stufen verstellbar ist. Verstellbare Widerstände werden als Schiebewiderstand oder als Drehwiderstand ausgeführt. Die Widerstandsänderung wird durch Verschieben eines Schleifers erreicht. Bei Stufenwiderständen kann der Widerstandswert stufenweise verstellt werden.

Die Belastbarkeit eines Widerstandes ist die elektrische Leistung, die er in Wärme überführen kann, ohne Schaden zu nehmen.

1.1.2 Schaltplantechnik

Schaltpläne

Schaltpläne sind die zeichnerische Darstellung der im Traktor ein- oder angebauten elektrischen Bauteile, Geräte, Komponenten und Leitungen (isolierte Kupferdrähte). Dem Verwendungszweck entsprechend unterscheidet man zwischen einem Stromlaufplan, Anschlussplan, Übersichts- schaltplan.

Stromlaufplan – Er ist die ausführliche Darstellung einer Schaltung, d. h., er zeigt den Stromverlauf, die Schaltfolge und alle Einzelheiten.

Gerätetechnik und Wirkungsweise sind eindeutig zu entnehmen. Die räumliche Lage und der mechanische Zusammenhang der einzelnen Teile können unberücksichtigt bleiben. So können sich zum Beispiel die Kontakte eines Schaltelementes an verschiedenen Stellen eines Stromlaufplanes befinden, da ihre Zusammengehörigkeit aus der Bezeichnung hervorgeht. Gelesen wird der Stromlaufplan – der festgelegten Stromrichtung entsprechend – von Plus (+: Pluspol der Batterie) nach Minus (–: Minuspol der Batterie).

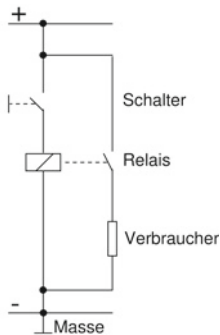


Abb. 12. Relaissteuerung eines Verbrauchers

In der Kraftfahrzeugelektrik dient meist die Masse (Motorblock, Fahrgestell) als Rückleitung zum Minuspol der Batterie.

Nur wenn keine Gewähr für eine einwandfreie leitende Verbindung gegeben ist, ist auch die Rückleitung isoliert verlegt.

Die Verfolgung des Stromverlaufs eines Gleichstromkreises beginnt immer beim Pluspol.

Schaltkontakte werden generell in der Ruhe- oder Nullstellung gezeichnet, d. h. im ausgeschalteten Zustand eines Schalters bzw. stromlosen Zustand eines Relais. Das bedeutet, dass die Kontakte eines Relais im Schaltplan in der Lage

offen oder geschlossen gezeichnet werden, als wäre das Relais unerregt (Relaiswicklung stromlos beziehungsweise Relaisanker abgefallen).

Wird z. B. gemäß Abb. 12 der Schalter geschlossen, fließt Strom von Plus (+) über den Kontakt des Schalters und durch die Magnetwicklung des Relais nach Minus (-). Dadurch schließt der Relaiskontakt, und der Verbraucher ist eingeschaltet.

Mithilfe eines Stromlaufplanes ist es relativ einfach, die einzelnen Stromkreise bei einer Fehlersuche zu verfolgen bzw. die Wirkungsweise der elektrischen Anlagenteile zu verstehen.

Die Stromlaufpläne der elektrischen Anlage sind in Teil 2.6 dargestellt. Damit die Stromverläufe bzw. Wirkungsweise einer elektrischen Anlage leicht zu erkennen sind, wurden nicht alle Einzelheiten, wie z. B. Stecker und Steckverbindungen, berücksichtigt.

Außerdem kommt man ohne Stromlaufplan

Tabelle 1 Kennbuchstaben elektrischer Bauteile	
Kennbuchstabe	Bauteil
A	Batterie
B	Anlasser
C	Drehstromgenerator
D	Zündanlassschalter
E	Schalter für Handbedienung
F	Mechanische Schalter
G	Geber, Kontrollgeräte
H	Horn, Doppeltonhorn, Fanfare
J	Relais, Steuergerät
K, L, M, W, X	Kontrolllampen, Lampen, Leuchten
N	Elektroventile, Widerstände, Schaltgeräte
O	Zündverteiler
P, Q	Zündkerzenstecker, Zündkerzen
R	Radio
S	Sicherungen
T	Steckverbindungen
V	Elektromotor

nicht aus, will man nachträglich ein elektrisches Zubehör montieren.

In den einzelnen Stromkreisen können Schalter, Relais, Sicherungen, Messgeräte, elektrische Motoren oder andere elektrische Bauteile integriert sein. Damit diese Bauteile richtig angeschlossen werden können, haben die einzelnen Kontakte entsprechende Klemmenbezeichnungen.

Um das Kabelgewirr zumindest auf dem Stromlaufplan übersichtlich zu ordnen, sind die einzelnen Strompfade senkrecht nebeneinander angeordnet und durchnummeriert.

Unten mündet der Stromkreis auf einer waagerechten Linie, die den Masseanschluss symbolisiert. Die Masseverbindung wird normalerweise direkt über die Karosserie hergestellt oder aber über eine Leitung von einem an der Karosserie angebrachten Massepunkt.

Wenn der Stromkreis durch ein Quadrat unterbrochen wird, in dem eine Zahl steht, weist die Ziffer auf den Strompfad hin, in dem der Stromkreis weitergeführt wird, z. B. XXX. Die Strompfad-Nummern sind fortlaufend und befinden sich unten eines Stromlaufplanes.

In der Legende unter dem jeweiligen Stromlaufplan sind die einzelnen Bauteile aufgelistet. In der linken Spalte steht die Kurzbezeichnung der Bauteile. In der rechten Spalte steht die Benennung der Bauteile.

Zur genaueren Unterscheidung werden den Kennbuchstaben noch Zahlen angefügt.

Eine Ziffer im schwarzen Quadrat kennzeichnet den Relaisplatz auf der Relaisplatte mit Sicherungshalter. Direkt am eingezeichneten Relais befindet sich die Kontaktbezeichnung. Beispiel: Lautet die Kontaktbezeichnung im Stromplan 17/87, dann ist 17 die Bezeichnung der Klemme auf der Relaisplatte, 87 ist die Bezeichnung der Klemme am Relais/Steuergerät.

Die Bezeichnung der Klemmen ist nach DIN genormt. Die wichtigsten Klemmenbezeichnungen sind:

Klemme 30. An dieser Klemme liegt immer die Batteriespannung an. Die Kabel sind meist rot oder rot mit Farbstreifen.

Klemme 31 führt zur Masse. Die Masse-Leitungen sind in der Regel braun.

Klemme 15 wird über das Zündschloss gespeist. Die Leitungen führen nur bei eingeschalteter Zündung Strom. Die Kabel sind meist grün oder grün mit farbigem Streifen.

Klemme X führt ebenfalls nur bei eingeschalteter

Zündung Strom, dieser wird jedoch unterbrochen, wenn der Anlasser betätigt wird. Dadurch ist sichergestellt, dass während des Startvorganges der Zündanlage die volle Batterieleistung zur Verfügung steht.

Im Stromlaufplan sind in den einzelnen Leitungen Ziffern und darunter Buchstabenkombinationen eingefügt.

Beispiel: 1,5

ws/ge

Die Ziffern geben an, welchen Leitungsquerschnitt die Leitung hat. Die Buchstaben weisen auf die Leitungsfarben hin. Besteht die Kennzeichnung aus zwei Buchstabengruppen, die durch einen Schrägstrich getrennt sind, wie im Beispiel, dann nennt die erste Buchstabenfolge die Leitungsgrundfarbe: ws = weiß, und die zweite ge = gelb – die Zusatzfarbe.

Da es vorkommt, dass gleichfarbige Leitungen für verschiedene Stromkreise verwendet werden, empfiehlt es sich, die Farbkombination an den betreffenden Anschlussklemmen zu kontrollieren. Weiße Leitungen sind zur Unterscheidung zusätzlich mit einer Kennnummer versehen, die im Stromlaufplan unter der Farbkennzeichnung steht.

Tabelle 2 Schlüssel für Leitungsfarben:

bl = blau	li = lila
br = braun	or = orange
ge = gelb	ro = rot
gn = grün	sw = schwarz
gr = grau	ws = weiß

Leitungen, die mittels Einzel- oder Mehrfachsteckverbindungen miteinander verbunden sind, haben zum Buchstaben „T“ für die Steckverbindung eine zusätzliche Ziffern-Kombination.

Beispiel: T2p = Zweifachstecker, T32/27 = 32fach Steckverbindung mit Kontaktpunkt 27.

Der geänderte Stromverlauf nach Betätigung eines Schalters wird gemäß Abb. 13 anhand eines Zweistufen-Schalters erläutert.

Wird am Schalter „01242“ die erste Stufe gedrückt, fließt der Strom von der Klemme 82 kommend über die Klemme 83. Die Brücke der zweiten Schalterstufe rückt in Mittelstellung, jedoch ohne eine Verbindung herzustellen. Erst

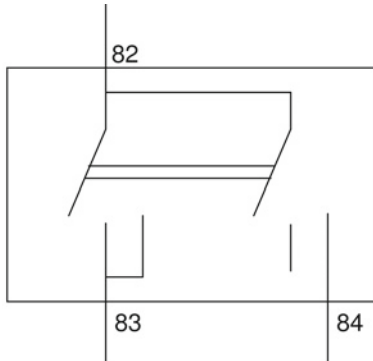


Abb. 13. Schaltbild eines Zweistufenschalters

beim Drücken der zweiten Schalterstufe rückt die Brücke der zweiten Schalterstufe von der internen Leitung 82 auf 84 und gibt den Strom über 84 weiter. Dabei bleibt über die interne Verbindung im Schalter, also über die rechts abgewinkelte Leitung von 83 der Stromfluss der ersten Schalterstufe bestehen.

Stromlaufpläne können auch ohne Eintragung von z. B. Leitungsfarbe, Querschnitt, Abzweigungen, Steckverbindungen dargestellt werden, wenn nur die Funktion von Interesse ist.

Anschlussplan – Bei ihm werden sämtliche Geräte und Komponenten durch Quadrate, Rechtecke, Kreise, Schaltzeichen oder bildlich dargestellt und die Anschlussklemmen mit Leitungen verbunden. Anschlussklemmen und Steckverbindungen werden mit den am Gerät vorhandenen Klemmenbezeichnungen bezeichnet. Ferner sind die Kabelfarben und Kabelquerschnitte eingetragen.

Tabelle 3 Grundfarben elektrischer Leitungen	
Farbe	Abkürzung
Rot	ro (RO)
Schwarz	sw (SW)
Braun	br (BR)
Weiß	ws (WS)
Gelb	ge (GE)
Grün	gn (GN)
Grau	gr (GR)
Hellblau	hb (HB)

Eine weitere Unterscheidung der Kabel wird durch farbige Wendel oder Ringe auf der Isolierung erreicht.

Die vollständige Bezeichnung einer elektrischen Leitung lautet demnach zum Beispiel 1,5 ro, das heißt, der Leitungsquerschnitt beträgt 1,5 mm², die Leitungsfarbe ist Rot. Ist eine Leitung außer der Grundfarbe noch mit einer Kennfarbe versehen, so lautet die gesamte Bezeichnung zum Beispiel 2,5sw-ge, das heißt, der Leitungsquerschnitt beträgt 2,5 mm², die Grundfarbe ist Schwarz und die Kennfarbe Gelb.

Geräte, deren Funktion trotz Vertauschung der Anschlüsse aufrechterhalten bleibt, werden mit keiner Klemmenbezeichnung versehen. Dies trifft im übrigen auch für Geräte zu, deren Anschlüsse zwar nicht vertauscht werden dürfen, eine Verwechslung jedoch auf Grund verschieden großer Klemmen unmöglich ist. Mehrfachstecker sind mit fortlaufenden Buchstaben oder Zahlen gekennzeichnet.



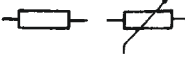

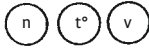
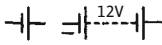
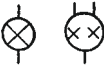

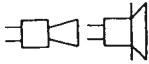

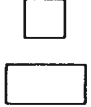

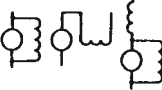
Übersichtsschaltplan – Er zeigt die elektrische Anlage in vereinfachter Form. Er gibt Aufschluss über den Umfang der Anlage, d. h. über die wesentlichen gerätetechnischen Bestandteile und deren elektrische Verbindungen in einpoliger Darstellung.

Schaltzeichen

Das Schaltzeichen ist die schaltungstechnische Darstellung von Bauteilen, Geräten und Komponenten in vereinfachter Form. Durch sie ist das Erstellen eines Schaltplanes möglich.

Tabelle 4 Schaltzeichen der Kraftfahrzeugelektrik (Auszug aus DIN 40700–40719)

Schaltzeichen	Benennung	Erläuterung, Beispiel
	Leitung; Leitungskreuzung ohne bzw. mit Verbindung	mit Punkt z. B. Lötstelle Klemmverbindung
	mechanische Wirkverbindung; Kreuzung, ohne bzw. mit Verbindung	z. B. zwischen Betätigung und Kontakten
	Verbindung, allgemein; lösbar	lösbare Verbindungen sind Klemmen
	Stecker; Steckbuchse; Steckverbindung	bei Mehrfachstecker wird die Steckverbindung gleichzeitig hergestellt bzw. getrennt
	Masse (Gehäusemasse, Fahrzeugmasse)	Minuspol der Batterie; bei deutschen Kfz Fahrzeugmasse
	Schalterstellungen	Grundstellung: ausgezogene Linie
	Betätigung von Hand, durch Fühler (Nocken), thermisch (Bimetall)	Elemente zur Kontaktbetätigung
	Raste; selbsttätiger Rückgang in Pfeilrichtung (Taste)	Raste bei Schalter
	Bestätigung allgemein, Kolbenantrieb, Betätigung durch Drehzahl n, Druck p, Menge Q, Zeit t, Temperatur t°	Kontaktbetätigungselemente
	Veränderbarkeit allgemein	nicht selbsttätig, sondern durch äußere Einwirkung
	Tastschalter Schließer, Öffner	Schließer, Einschaltglied Öffner, Ausschaltglied
	Stellschalter Schließer, Öffner	Schalter mit Raste
	Zweiwegschließer, mit drei Schalterstellungen	Wechsler, Umschaltglied; z. B. Blinkschalter
	Schließer – Öffner, Zwillingschließer	Schließer und Öffner werden gleichzeitig betätigt
	Mehrstellenschalter	z. B. 3 Schaltstellungen
	Antrieb mit einer Wicklung	Elektromagnet, durch den im stromdurchflossenen Zustand elektrische Kontakte oder Ventile betätigt werden

Tabelle 4 Schaltzeichen der Kraftfahrzeugelektrik (Auszug aus DIN 40700–40719)		
Schaltzeichen	Benennung	Erläuterung, Beispiel
	elektrothermischer Antrieb, Thermorelais	schaltet bei Erreichen einer bestimmten Temperatur
	elektromagnetischer Antrieb, Hubmagnet; Magnetventil	
	Widerstand, Potentiometer	Potentiometer mit 3 Anschlüssen
	Anzeigeelement allgemein, Spannungsmesser, Uhr	V: Voltmeter (Spannungsmesser) A: Amperemeter (Strommesser) O: Ohmmeter (Widerstandsmesser)
	Drehzahlanzeige, Temperaturanzeige Geschwindigkeitsanzeige	Instrumente
	Batterien allgemein, mit mehreren Zellen	Stromquelle
	Glühlampe mit einem, mit zwei Leucht- körpern	z. B. Biluxlampe
	Sicherung	schützt elektrische Geräte durch Unter- brechen des Stromkreises bei Kurz- schluss
	Horn oder Fanfare, Lautsprecher	akustische Geräte
	Strich-Punkt-Linie zur Abgrenzung oder Umrahmung zusammengehöriger Schal- tungsteile	z. B. Umrahmung der zu einem Gerät gehörenden Bauteile z. B. Elektronikbox
	Gerät oder Schaltungsglied	in die Felder können Erläuterungen ein- getragen werden, z. B. Schaltzeichen, Formelzeichen, Kennlinien, Geräteken- nzeichen
	Gleichstromgenerator; Gleichstrommotor	
	Neben-, Reihen-, Doppelschlussmaschine	Schaltbilder für Elektromotoren mit dar- gestellten Erregerwicklungen

Klemmenbezeichnungen

Die Klemmenbezeichnungen sind nicht gleichzeitig Leitungsbezeichnung, da an beiden Enden einer Leitung Geräte mit unterschiedlicher Klemmenbezeichnung angeschlossen sein können.

Reichen die Klemmenbezeichnungen nicht mehr aus (Mehrfachsteckverbindungen), so erhalten die Klemmen fortlaufende Zahlen- oder Buchstabenbezeichnungen, die keine genormte Funktionszuordnung haben.

Tabelle 5 Klemmenbezeichnungen (DIN 72552)		
Anlage/ Komponente	Klemmen- bezeichnung	Bedeutung
Batterie	15	Geschaltetes Batterie PLUS (über Zündschloss)
	30	Dauer-PLUS von der Batterie
	30a	Eingang der 2. Batterie am Batterieumschaltrelais 12V/24 V
	31	Masseanschluss oder Anschluss an Batterie MINUS
	31a	MINUS Rückleitung der 2. Batterie am Batterieumschaltrelais 12 V/24 V
	31b	Geschalteter Masseanschluss zum Minuspol der Batterie bzw. Masse, über Schalter oder Relais (geschaltetes MINUS)
	31c	MINUS Rückleitung der 1. Batterie am Batterieumschaltrelais 12 V/24 V
Generator	61	Generatorkontrollleuchte
Regler	B+	Batterie Plus (Klemme 30)
Drehstrom- generator	B-	Batterie Minus (Klemme 31)
	D+	Dynamo Plus
	D-	Dynamo Minus
	DF	Dynamo Feld
	DF1	Dynamo Feld 1
	DF2	Dynamo Feld 2
	U	Drehstrom Klemmen am Drehstromgenerator
	V	Drehstrom Klemmen am Drehstromgenerator
W	Drehstrom Klemmen am Drehstromgenerator	
Generator Wechsel- strom	51	Gleichspannung am Gleichrichter
	51e	Gleichspannung am Gleichrichter mit Drosselspule für Tagfahrten
	59	Wechselspannungsausgang und Gleichrichter Eingang
	59a	Ladeanker Ausgang
	59b	Schlusslichtanker Ausgang
	59c	Bremslichtanker Ausgang
Glühstart- schalter	15	Eingang Glühshalter (nach Zündschloss)
	17	Starten
	19	Vorglühen
	50	Startersteuerung
Schalter	81	Eingang Öffner und Wechsel
	81a	1. Ausgang Öffner und Wechsel
	81b	2. Ausgang Öffner und Wechsel
	82	Eingang Schließer
	82a	1. Ausgang Schließer
	82b	2. Ausgang Schließer
	82z	1. Eingang Schließer
	82y	2. Eingang Schließer
	83	Eingang Mehrstellenschalter
	83a	Ausgang Stellung 1
83b	Ausgang Stellung 2	