

KFZ – Starteranlage

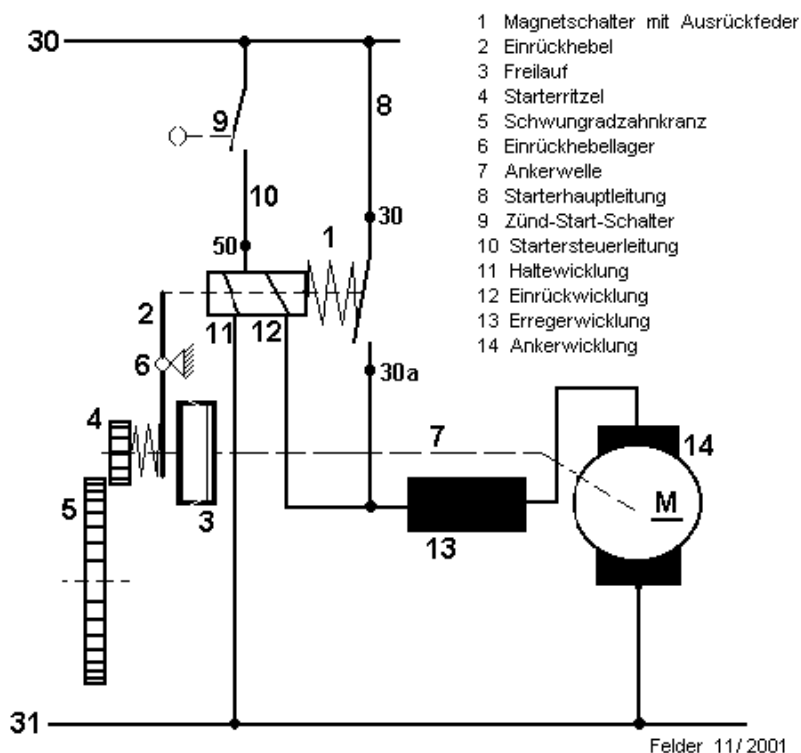
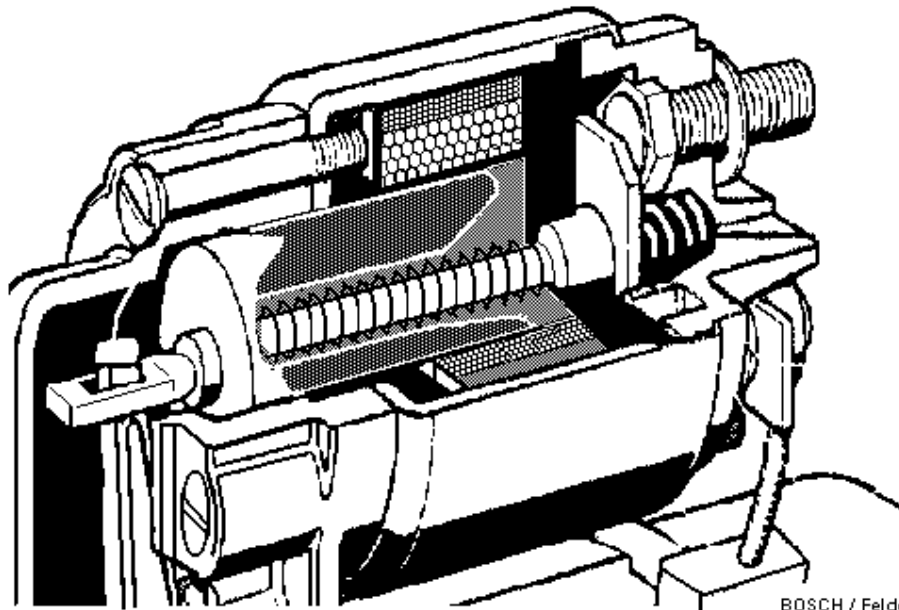
<http://www.kfz-tech.de/Anlasser.htm>

Schubschraubtriebstarter

Aufgabe siehe:

<http://mitglied.multimania.de/Autoelektrik/>

- ➔ Grundlagen der Elektrotechnik ➔ Gleichstromtechnik Gemischte Schaltungen
- ➔ Maschenregel
- ➔ an das Ende dieser Seite scrollen ➔ Berechnungen der Ströme und Spannungen in einer Startanlage



Ströme und Spannungen zu dem Zeitpunkt, wenn das Ritzel gerade eingespurst ist

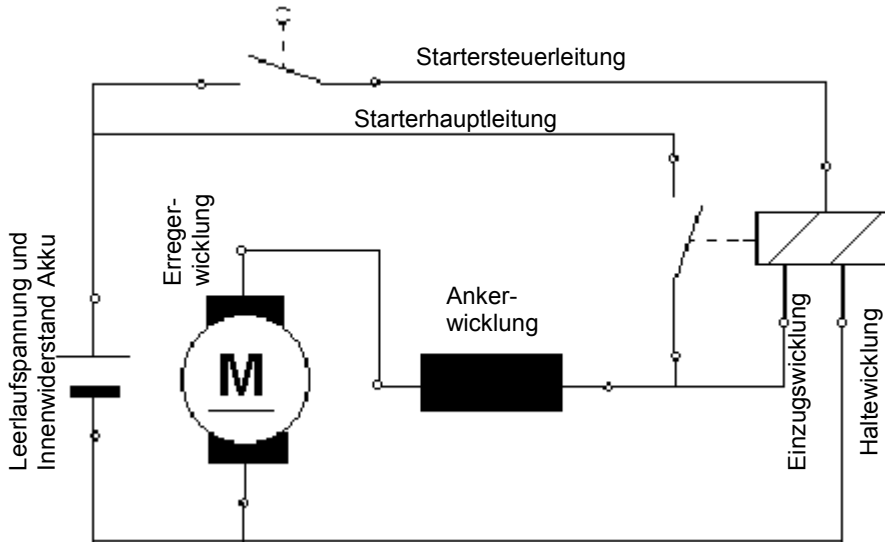


Abb.: Vereinfachter Schaltplan

Technische Daten

Starterhauptleitung	Material	Kupfer
	Länge	0,9 m
	Querschnitt	
	Leitungswiderstand	
Startersteuerleitung	Material	Kupfer
	Länge	2,9 m
	Querschnitt	
	Leitungswiderstand	
Widerstand der Haltewicklung	1,2 Ω	
Widerstand der Erregerwicklung	12 mΩ	
Widerstand der Einzugswicklung	0,4 Ω	
Innenwiderstand des Akkus	20 mΩ	
Ankerwicklung	12 mΩ	
Ruhespannung des Akkus	12,8 V	

Widerstände und Spannungen der Starterhaupt- und Startersteuerleitung:

Zulässige Spannungsverluste an Leitungen (Kfz¹):

Leitung	Zulässiger Spannungsverlust in V
Lichtschalter bis Leuchte (bis 15 W)	0,1 V
Lichtschalter bis Leuchte (ab 15 W)	0,5 V
Lichtschalter bis Scheinwerfer	0,3 V
Ladeleitung (Generator – Akku 12 V Nennspannung)	0,4 V
Ladeleitung (Generator – Akku 24 V Nennspannung)	0,8 V
Leitung Generator - Regler (12 V Nennspannung)	0,1 V
Leitung Generator - Regler (24 V Nennspannung)	0,2 V
Startersteuerleitung (KI 50 Zündschloss – Starter, 12 V)	1,4 V
Startersteuerleitung (KI 50 Zündschloss – Starter, 24 V)	2,8 V
Leitung vom Schalter – Relais (12 V)	0,5 V
Leitung vom Schalter – Relais (24 V)	1 V
Starterhauptleitung (12 V)	0,5 V
Starterhauptleitung (24 V)	1 V

Zulässige Leitungsbelastungen:

Für Leitungen, die nur kurzzeitig belastet werden (z. B. Starterhauptleitung, Startersteuerleitung, Hupe, ...) gilt die maximale Stromdichte von $J = 30 \text{ A/mm}^2$.

Die Starterhauptleitung mit einem Querschnitt von 16 mm^2 darf mit 480 A ($30 \text{ A/mm}^2 \cdot 16 \text{ mm}^2$) kurzzeitig belastet werden, ohne dass sie überhitzt.

Wegen Festigkeit (Vibrationen ...) ist A_{\min} auf $1,5 \text{ mm}^2$ festgelegt!

Starterhauptleitung: $\Delta U_{zul} = 0,5 \text{ V}$
 $A_{gew} = 16 \text{ mm}^2$

$$R_{20^\circ C} = \frac{l}{\kappa_{Cu} \cdot A} = \frac{0,9 \text{ m}}{56 \frac{\text{m}}{\Omega \text{ mm}^2} \cdot 16 \text{ mm}^2}$$

$$= 1,00 \text{ m}\Omega$$

$$\Delta U = R \cdot J_{\max} \cdot A$$

$$= 0,001 \Omega \cdot 30 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2} \cdot 16 \text{ mm}^2$$

$$= 0,48 \text{ V} \leq \Delta U_{zul}$$

Startersteuerleitung: $\Delta U_{zul} = 1,4 \text{ V}$
 $A_{gew} = 1,5 \text{ mm}^2$

$$R_{20^\circ C} = \frac{l}{\kappa_{Cu} \cdot A} = \frac{2,9 \text{ m}}{56 \frac{\text{m}}{\Omega \text{ mm}^2} \cdot 1,5 \text{ mm}^2}$$

$$= 34,52 \text{ m}\Omega$$

$$\Delta U = R \cdot J_{\max} \cdot A$$

$$= 0,033452 \Omega \cdot 30 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2} \cdot 1,5 \text{ mm}^2$$

$$= 1,55... \text{ V} \geq \Delta U_{zul}$$

Wir behalten den R-Wert bei und prüfen später, ob zulässig!

¹ Vgl.: Tabellenbuch Kraftfahrttechnik; Holland + Josenhans Verlag; Stuttgart, 1990, 17. Aufl.; S. 199; ISBN 3-7782-3510-9

Nun zeichnet man den Ersatzschaltplan (Widerstandsersatzschaltplan), wo die Komponenten jeweils durch ihre Widerstände ersetzt werden.

Da zu dem betrachteten Zeitpunkt beide Schalter geschlossen sind, sind deren Widerstände jeweils 0Ω . Also werden die Schalter weder als Schalter noch als Widerstände eingezeichnet.

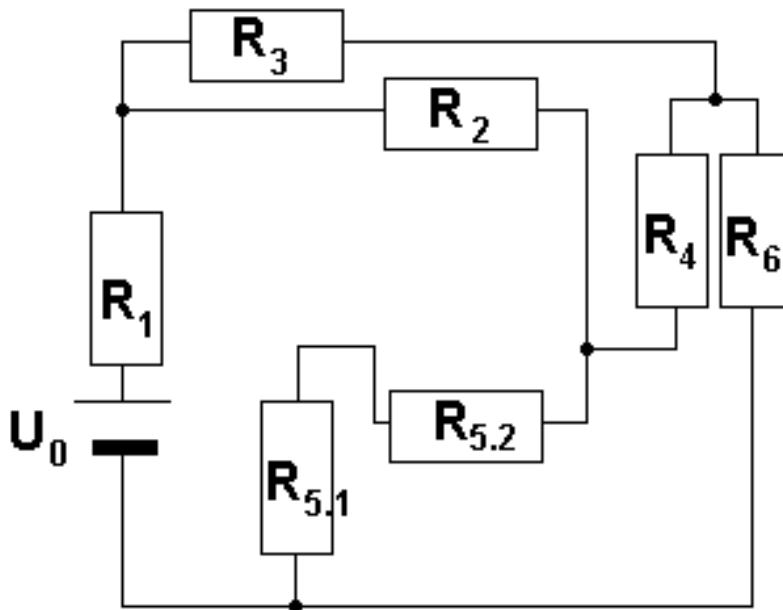


Abb.:
Ersatzschaltplan

Widerstand	
R_1	Innenwiderstand Akku
R_2	Starterhauptleitung
R_3	Startersteuerleitung
R_4	Einzugwicklung
$R_{5.1}$	Erregerwicklung
$R_{5.2}$	Ankerwicklung
R_6	Haltwicklung

Die Widerstände $R_{5.1}$ und $R_{5.2}$ bilden eine Reihenschaltung. Wir übernehmen Sie im weiteren Lösungsweg als Widerstand mit $R_{5.1} + R_{5.2} = R_5$

Zur Berechnung dieses Systems muss man nun ein **Gleichungssystem** aufstellen, das mit Hilfe

- des Ohm'schen Gesetzes.
- der Knotenpunktregel und
- der Maschenregel

gewonnen werden kann.

Zur Verbesserung der Übersichtlichkeit wird der Schaltplan noch einmal umgezeichnet mit $R_{5.1} + R_{5.2} = R_5$:

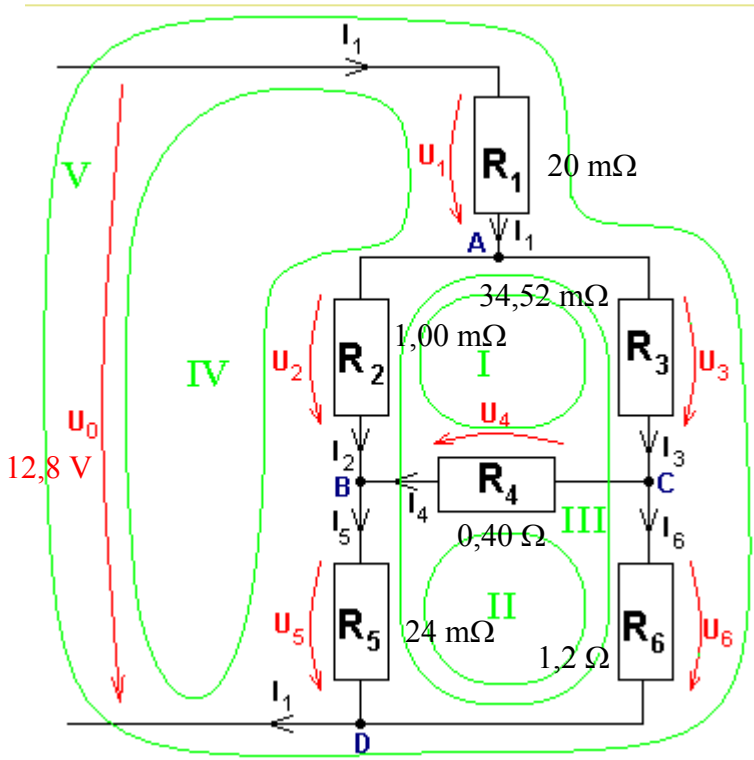


Abb.:
Knoten und Maschen im
Ersatzschaltplan KFZ-Startanlage

Es gibt in dieser Schaltung

- die Knoten A, B, C und D und
- die Maschen I, II, III, IV und V,

für die die entsprechenden
Gleichungen aufzustellen sind.

1. Knotenpunktgleichungen

Knotenpunkt	Knotenpunktgleichung
A	$I_1 = I_2 + I_3$
B	$I_5 = I_2 + I_4$
C	$I_3 = I_4 + I_6$
D	$I_1 = I_5 + I_6$

2. Maschengleichungen

Masche	Maschengleichung	Maschengleichungen mit Ohm'schen Gesetz
I	$U_3 + U_4 = U_2$	$R_3 \cdot I_3 + R_4 \cdot I_4 - R_2 \cdot I_2 = 0$
II	$U_6 = U_4 + U_5$	$R_6 \cdot I_6 - R_4 \cdot I_4 - R_5 \cdot I_5 = 0$
III	$U_3 + U_6 = U_2 + U_5$	$R_3 \cdot I_3 + R_6 \cdot I_6 - R_2 \cdot I_2 - R_5 \cdot I_5 = 0$
IV	$U_1 + U_2 + U_5 = U_0$	$R_1 \cdot I_1 + R_2 \cdot I_2 + R_5 \cdot I_5 = U_0$
V	$U_1 + U_3 + U_6 = U_0$	$R_1 \cdot I_1 + R_3 \cdot I_3 + R_6 \cdot I_6 = U_0$

Für die Lösung des Gleichungssystems wählen Sie im Internet folgende Seite:

Rechner zum Lösen linearer Gleichungssysteme:

<http://www.ardt-bruenner.de/mathe/scripts/gleichungssysteme.htm>

3. Gleichungen umformen:
Variablen alphabetisch sortiert links, Konstanten rechts

$[U]=V, [I]=A, [R]=\Omega$	Substitution, Einsetzen der Werte $R_1 \dots R_6$ und U_0			Lineares Gleichungssystem
$I_1 - I_2 - I_3 = 0$	$I_1 = u$ $I_2 = v$ $I_3 = w$ $I_4 = x$ $I_5 = y$ $I_6 = z$	$u - v - w = 0$		$u - v - w = 0$
$-I_2 - I_4 + I_5 = 0$		$-v - x + y = 0$	$:-1 \rightarrow$	$v + x - y = 0$
$I_3 - I_4 - I_6 = 0$		$w - x - z = 0$		$w - x - z = 0$
$-R_2 \cdot I_2 + R_3 \cdot I_3 + R_4 \cdot I_4 = 0$		$-0,001 \cdot v + 0,03452 \cdot w + 0,4 \cdot x = 0$	$:-0,001 \rightarrow$	$v - 34,52 \cdot w - 400 \cdot x = 0$
$-R_4 \cdot I_4 - R_5 \cdot I_5 + R_6 \cdot I_6 = 0$		$-0,4 \cdot x - 0,024 \cdot y + 1,2 \cdot z = 0$	$:-0,4 \rightarrow$	$x + 0,06 \cdot y - 3 \cdot z = 0$
$R_1 \cdot I_1 + R_3 \cdot I_3 + R_6 \cdot I_6 = U_0$		$0,02 \cdot u + 0,03452 \cdot w + 1,2 \cdot z = 12,8$	$:0,02 \rightarrow$	$u + 1,726 \cdot w + 60 \cdot z = 640$

Lösung

Gleichungen (oder Koeffizientenmatrix) hier eingeben

Lösungen (werden berechnet)

```

u - v - w = 0
v + x - y = 0
w - x - z = 0
v - 34,52w - 400x = 0
x + 0,06y - 3z = 0
u + 1,726w + 60z = 640
                
```

```

u = 287,6173173816
v = 281,7187090924
w = 5,8986082892
x = 0,1952468774
y = 281,9139559698
z = 5,7033614119
                
```

Lösen des Gleichungssystems
Eingaben löschen
Ausgabe als Dezimalzahl ▾

Übernahme der Ergebnisse

Stromstärken	Widerstände	Spannungen
		$U_0 = 12,8 \text{ V}$
$u = I_1 = 287,62 \text{ A}$	$R_1 = 20 \text{ m}\Omega$	$U_1 = 5,75 \text{ V}$
$v = I_2 = 281,72 \text{ A}$	$R_2 = 1,00 \text{ m}\Omega$	$U_2 = 0,282 \text{ V}$
$w = I_3 = 5,90 \text{ A}$	$R_3 = 34,52 \text{ m}\Omega$	$U_3 = 0,204 \text{ V}$
$x = I_4 = 0,20 \text{ A}$	$R_4 = 400 \text{ m}\Omega$	$U_4 = 0,080 \text{ V}$
$y = I_5 = 281,91 \text{ A}$	$R_5 = 24 \text{ m}\Omega$	$U_5 = 6,77 \text{ V}$
$I_{5.1} = 281,91 \text{ A}$	$R_{5.1} = 12 \text{ m}\Omega$	$U_{5.1} = 3,38 \text{ V}$
$I_{5.2} = 281,91 \text{ A}$	$R_{5.2} = 12 \text{ m}\Omega$	$U_{5.2} = 3,38 \text{ V}$
$z = I_6 = 5,70 \text{ A}$	$R_6 = 1,2 \Omega$	$U_6 = 6,84 \text{ V}$

Die Spannungsabfälle und Ströme an bzw. durch R2 und R3 bleiben deutlich unter den zulässigen Maximalwerten.

