



Kfz – Elektrik

Notizen

Jan Unger

Version: 6. Juni 2022

Dozent 1

Horst Weinkauff

Dozent 2

Benjamin Herrmann

Zusammenfassung

»Es gibt Abenteuer, die man sich besser erspart. Eine Deutschlandtour mit einem Elektroauto gehört dazu.«

– Dohmen, Frank, Hage, Simon

(Chaos an der Tanke, in Der Spiegel 26/26.6.2020)

Bücher:

- Motormanagement Sensoren, Schneehage [6].
- Techn. Mathe, Bell u. a. [3].
- Formelsammlung, Bell, Elbl und Schüler [1].
- Tabellenbuch, Bell, Elbl und Schüler [2].
- Prüfungsfragen (VOGEL), Schlüter und Deussen [5].
- Fachkunde Kfz-Technik, Brand u. a. [4].

Inhaltsverzeichnis

1 Grundlagen der Elektrotechnik	1
1.1 Spannung	1
1.2 Widerstand	1
1.3 Strom	1
1.4 Multimeter (Messen, Besonderheiten)	1
1.5 Magnetfeld eines stromdurchflossenen Leiters	2
1.6 Rechte Handregel (Generator Regel)	2
1.7 Linke Handregel (Motor Regel)	2
1.8 Das Ohmsche Gesetz	2
1.9 Festlegen des Nordpols einer stromdurchflossenen Spule	2
1.10 Einsatz von Widerständen	3
1.11 Zusammenhang zwischen Stromdichte und Leitungsquerschnitt	3
1.12 Leiterwiderstand	3
1.13 Reihenschaltung von Widerständen	4
1.14 Innenwiderstand von Spannungsquellen	4
1.15 Relais	4
1.16 Parallelschaltung von Widerständen	4
1.17 Leistung	5
1.18 Spannungsverlust, Spannungsfall	5
1.19 Potenzialbestimmung	5
2 02-Grundlagen-Elektrotechnik2	7
2.1 Pulsweitenmodulation	7
2.2 Halbleiter	7
2.3 Fragen zum Schaltplan Audi A3 2009	8
3 FS – Elektrik	11
3.1 Grundlagen	11
3.2 Fach Elektrotechnik	12
Literaturverzeichnis	17

1 Grundlagen der Elektrotechnik

1.1 Spannung

Spannung ist das Ausgleichsbestreben der Elektronen von negativem Pol zum positiven Pol.

1.2 Widerstand

Widerstand ist das Hemmen der Fortbewegung durch die Atome des Leiterwerkstoffes, auf die die Elektronen treffen, um sich durch den Leiter zu bewegen.

1.3 Strom

Strom ist die gerichtete Bewegung der Elektronen. Ursache für den Stromfluss ist die Spannung.

1.4 Multimeter (Messen, Besonderheiten)

Multimeter ist ein Multifunktionsgerät, das Spannungsmesser, Strommesser, Widerstandsmesser vereint.

Widerstandsmessung Bauteil/Leitung vollständig aus dem Stromkreis trennen. Messgerät legt Prüfstrom an, um den Widerstand zu messen.

Spannungsmessung Potenzialdifferenz bestimmen, hochohmig

Strommesser niederohmig

1.5 Magnetfeld eines stromdurchflossenen Leiters

Ist die technische Stromflussrichtung in beiden Seiten gleich, dann bildet sich ein Magnetfeld um die beiden Leiter herum.

Im Gegensatz dazu ist die technische Stromflussrichtung nicht gleich, bildet sich das Magnetfeld zwischen den beiden Leitern.

1.6 Rechte Handregel (Generator Regel)

Wir haben einen Dauermagneten, der Nordpol trifft in die Innenhandfläche.

Wenn ich bewege, d. h. die offene Handfläche dreht sich nach rechts, fließt der Strom Richtung Fingerspitzen.

1.7 Linke Handregel (Motor Regel)

Lasse ich Strom fließen, ist die Bewegung nach links.

1.8 Das Ohmsche Gesetz

Das ohmsche Gesetz zeigt die Beziehung zwischen Spannung, Strom und Widerstand im Stromkreis. Die Stromstärke steigt mit zunehmender Spannung und nimmt ab mit zunehmendem Widerstand.

$$\boxed{I = \frac{U}{R}} \quad \left[\frac{V}{\Omega} \right] = A \quad \boxed{R = \frac{U}{I}} \quad \left[\frac{V}{A} \right] = \Omega \quad \boxed{U = R \cdot I} \quad [\Omega \cdot A] = V$$

1.9 Festlegen des Nordpols einer stromdurchflossenen Spule

Wird eine stromdurchflossene Spule mit der rechten Hand so umfasst, dass die Finger in die technische Stromflussrichtung zeigen, so zeigt der abgespreizte Daumen in Richtung des Nordpols.

Anschluss dahinter gewickelt, dann zeigt der Daumen nach oben in Richtung Nordpol.

Anschluss davor gewickelt, dann zeigt der Daumen nach unten in Richtung Nordpol.

1.10 Einsatz von Widerständen

Spannung und Stromfluss zu begrenzen und dadurch Bauteile zu schützen.

Abhängig von Reihen-, Parallel- oder gemischte Schaltung.

Anwendung Reihenschaltung

- (1) Strombegrenzung
- (2) Spannungsteilung

Anwendung Parallelschaltung

- (1) Stromflusserhöhung

- (2) Leistungsteilung $R_{ges} = \frac{R_{Teil}}{n}$

1.11 Zusammenhang zwischen Stromdichte und Leitungsquerschnitt

Je größer die Fläche, desto kleiner die Stromdichte.

Kleine Fläche, große Stromdichte.

$$J = \frac{I}{A} \quad \left[\frac{A}{mm^2} \right]$$

$$A = \frac{\rho \cdot l \cdot I}{U_v} \quad \left[\frac{\Omega \cdot mm^2 \cdot m}{m \cdot \Omega} \right] = mm^2 \text{ (Mindestquerschnitt, Nennquerschnitt)}$$

$$\rho_{Cu} = 0,0178 \frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$$

1.12 Leiterwiderstand

Leiterwiderstand ist abhängig von der Leiterlänge, Leiterwerkstoff und von der Leiterfläche.

Guter Leiter – ist das Material leitend vs. nicht leitend.

$$R_l = \frac{\rho \cdot l}{A} \quad \left[\frac{\Omega \cdot mm^2 \cdot m}{m \cdot mm^2} \right] = \Omega \quad \rho_{Cu} = 0,0178 \frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$$

$$\text{max. Leiterwiderstand} = 1 \Omega$$

1.13 Reihenschaltung von Widerständen

Spannungsteilerschaltung, an den einzelnen Widerständen fällt individuell eine Spannung ab. Alle Einzelspannungen zusammen addiert ergibt die Gesamtspannung.

Der Strom bleibt konstant.

1.14 Innenwiderstand von Spannungsquellen

Ist der Gesamtwiderstand aller Zellen, ist auch Temperaturabhängig.

Die Klemmenspannung unter Last ist um Spannungsfall niedriger als die Leerlaufspannung.

$$U_k = U_q - I \cdot R_i \quad [V - A \cdot \Omega \rightarrow V - V] = V$$

$$R_i = \frac{U_i}{I} \quad U_k = U_q - U_i - U_v \quad R_{ges} = R_i + R_l + R_{\ddot{u}} + R_{La}$$

1.15 Relais

Mit einem kleinen Steuerstrom kann ich einen hohen Laststrom schalten.

Wird unterschieden zwischen Schließer-, Öffner- und Wechselrelais.

Relaispulenwiderstand: 50 – 100 Ω

1.16 Parallelschaltung von Widerständen

Stromteilerschaltung, der abfallende Einzelstrom ergibt, addiert den Gesamtstrom.

Der Gesamtwiderstand der Schaltung ist immer kleiner als der kleinste Einzelwiderstand.

Spannung ist überall gleich.

Ersatzwiderstand

$$R_{ges} = \frac{R_{Teil}}{n}$$

n = Anzahl der Widerstände (gleich große Widerstände)

$$R_{ges} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \quad R_{ges} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

$$\rightarrow R_1 = \frac{1}{\frac{1}{R_{ges}} - \frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_3}} \quad \rightarrow R_2 = \frac{1}{\frac{1}{R_{ges}} - \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_3}} \quad \rightarrow R_3 = \frac{1}{\frac{1}{R_{ges}} - \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}}$$

1.17 Leistung

Leistung ist das Produkt aus Spannung und Strom.

Mit 1 Volt Spannung und 1 Ampere Strom haben wir 1 Watt Leistung.

$$\boxed{P = U \cdot I} \quad [V \cdot A] = W \quad \boxed{P = \frac{U^2}{R}} \quad \boxed{P = R \cdot I^2}$$

Lampe 12 V/55 W

$$R_{La} = \frac{U^2}{P} \quad I_{tat} = \frac{U_k}{R_{La}} = \frac{U_{ges} - U_v}{R_{La}} \quad P_{tat} = U_k \cdot I_{tat}$$

1.18 Spannungsverlust, Spannungsfall

Spannungsverlust in einem stromdurchflossenen Leiter entsteht in Folge des Leiterwiderstandes, der sich am Verbraucher als Verlust auswirkt.

$$U_{ges} = U_v + U_k \quad U_v = R_l \cdot I \quad U_k = U_{ges} - R_l \cdot I$$

$$\boxed{U_v = \frac{\rho \cdot l \cdot I}{A}} \quad \left[\frac{\Omega \cdot mm^2 \cdot m \cdot A}{m \cdot mm^2} \right] = V \quad \rho_{Cu} = 0,0178 \frac{\Omega \cdot mm^2}{m} \quad \boxed{U_{v_{max}} = 0,5 V}$$

1.19 Potenzialbestimmung

Um das Potenzial in einem Punkt im Stromkreis zu bestimmen, bezieht man sich auf das Bezugspotenzial. Masse- und Pluspotenzial.

2 02-Grundlagen-Elektrotechnik2

2.1 Pulsweitenmodulation

1. **PWM-Signal:** Rechtecksignal
2. **Messen:** Oszilloskop
3. **Ansteuerung:** 0 – 100 %, Impuls - Pause - Verhältnisänderung / Frequenzänderung (keine Spannungsänderung!)
4. **Anwendung**
 - Motorgeschwindigkeit
 - Glühlampenhelligkeit
 - Beleuchtung, Beispiel: Einfaden-Glühlampe (Standlicht + Bremslicht)

Die **Pulsweitenmodulation** (PWM) ist eine digitale Modulationsart, bei der eine technische Größe zwischen zwei Werten wechselt. Dabei wird bei konstanter Frequenz ein Rechtecksignal moduliert, das in Weite, Breite bzw. Länge variiert. Das Verhältnis zwischen Impuls und Pause wird als **Tastgrad** bezeichnet. **Anwendung** in der Steuer- und Regelungstechnik.

2.2 Halbleiter

Material: reines Silizium, wenn es wärmer wird, wird es leidend.

Dotieren, um die Leitfähigkeit zu verbessern.

1. **P-Leiter** Silizium wird verunreinigt, mit Bohr, weniger Elektronen
2. **N-Leiter** Silizium wird verunreinigt, mit Phosphor, Elektronenüberschuss

→ Spannung anlegen, dann kommt es zum Elektronenfluss, weil die Elektronen versuchen sich auszugleichen.

Anwendung: Diesel-Abgastemperatursensoren (PTC-Widerstände)

2.3 Fragen zum Schaltplan Audi A3 2009

1. Beschreiben Sie die Spannungsversorgung für die Pumpe für Kühler der Abgasrückführung.

1. Stromverteiler (87)
2. über Sicherung (24)
3. Steckverbindung ($T_{40/11}$)
4. Plusverbindung B_{321}
5. Pumpe für Kühler der Abgasrückführung V_{400} (Pin 2)
6. Steckverbindung ($T_{14/9}$)
7. Masseverbindung (394)
8. Massepunkt (655) am Scheinwerfer links

2. Welche Fehler können auftreten und welche Auswirkungen haben diese?

Welches Signal erwarten wir? PWM-Signal

1. Bauteil defekt
2. Sicherung defekt
3. Leitungsunterbrechung (Signalleitung, Plusleitung, Masseleitung)
4. Übergangswiderstand (Spannungsfall im Stecker oder Leitungen)
5. Masseschluss oder Plusschluss

Mögliche Fehler

1. MIL-Lampe an → Abgas relevanter Fehler (Steuerhinterziehung)
2. AGR klemmt fest, wenn offen → Leistungsverlust im warmen Zustand

3. Fehler Abgastemperaturgeber 1, 3, 4 sind im Fehlerspeicher abgelegt. Nennen Sie mögliche Fehlerursachen.

1. Bauteil defekt (Temperatursensoren)
2. plusseitig

4. Motordrehzahlgeber hat kein Signal. Welche möglichen Ursachen liegen vor?

Was erwarten wir? Hallgeber, Versorgungsspannung (5 V)

1. Masseverbindung
2. Bauteil defekt
3. Plusverbindung (5 V)

5. Ihnen liegt ein Fehler zur Kraftstoffvorratsanzeige vor. Nennen Sie mögliche Fehler.

1. Geber defekt
2. Gebermasse
3. Übergangswiderstand
4. Leitungsunterbrechung von (Pin 3 + 4) zum Kombiinstrument
5. Widerstand defekt

3 FS – Elektrik

3.1 Grundlagen

Eingabe Rechner

z. B. $20\text{ mV} = 20.0 \times 10^{-3} \curvearrowright$ Rechner: $20\text{EE} - 3 = 0,02$

$$10^3 = 1.000 = 1.0 \times 10^3$$

$$10^{-3} = \frac{1}{1000} = 0,001 = 1.0 \times 10^{-3}$$

$$10^6 = 1.000.000 = 1.0 \times 10^6$$

$$10^{-6} = \frac{1}{1.000.000} = 0,000.001 = 1.0 \times 10^{-6}$$

Größen

$$K = 1.0 \times 10^3 \quad M = 1.0 \times 10^6 \quad G = 1.0 \times 10^9 \quad T = 1.0 \times 10^{12}$$

$$m = 1.0 \times 10^{-3} \quad \mu = 1.0 \times 10^{-6} \quad n = 1.0 \times 10^{-9} \quad p = 1.0 \times 10^{-12}$$

Einheiten

Faktor Länge 10, Fläche 100, Volumen 1000

$$\mu\text{m} \quad \text{mm} \quad \text{cm} \quad \text{dm} \quad \text{m} \quad \text{km}$$

$$1\text{ l} = 1\text{ dm}^3 \quad 10\text{ ml} = 1\text{ cl} = 0,01\text{ l}$$

$$\frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \quad \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} \quad \frac{\text{t}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Prozent } 10\% = \frac{10}{100} = 0,1$$

$$\text{km/h in m/s} \Rightarrow \frac{\text{km/h}}{3,6} \quad \frac{\text{km}}{\text{h}} \Rightarrow \frac{\text{m}}{\text{s}} \Rightarrow \frac{1000}{3600}$$

$$\text{Stunden:Min:Sek in Dezimalstunden} \Rightarrow \text{h} + \frac{\text{Min}}{60} + \frac{\text{Sek}}{60 \cdot 60}$$

$$\text{Zoll in mm } 1\text{ Zoll} = 25,4\text{ mm}$$

$$\text{Kreisfläche } \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \quad \text{Hinweis: } \frac{\pi}{4} \approx 0,785$$

$$\text{Masse } m = V \cdot \rho \quad \text{Dichte bleibt immer gleich} \rightarrow \text{Volumen ändert sich}$$

$$\text{Volumen } V = A \cdot h$$

Umfang $Umfang = d \cdot \pi$

Drehmoment $M = F \cdot r$

3.2 Fach Elektrotechnik

SPANNUNG U Volt $[V]$

STROM I Ampere $[A]$

WIDERSTAND R Ohm $[\Omega]$

Reihe

1. Strombegrenzung
2. Spannungsteilung

Parallel

1. Stromflusserhöhung

2. Leistungsteilung $R_{ges} = \frac{R_{Teil}}{n}$

OHMSCHE GESETZ

$$I = \frac{U}{R} \quad \left[\frac{V}{\Omega}\right] = A \quad R = \frac{U}{I} \quad \left[\frac{V}{A}\right] = \Omega \quad U = R \cdot I \quad [\Omega \cdot A] = V$$

STROMDICHT

$$J = \frac{I}{A} \quad \left[\frac{A}{mm^2}\right] \quad I = J \cdot A \quad \left[\frac{A \cdot mm^2}{mm^2}\right] = A \quad A = \frac{I}{J} \quad \left[\frac{A \cdot mm^2}{A}\right] = mm^2$$

LEITWERT S Siemens

$$G = \frac{1}{R} \quad \left[\frac{1}{\Omega}\right] = S \quad R = \frac{1}{G} \quad \left[\frac{1}{S} = \Omega\right]$$

LEITERWIDERSTAND

$$R_l = \frac{\rho \cdot l}{A} \quad \left[\frac{\Omega \cdot mm^2 \cdot m}{m \cdot mm^2}\right] = \Omega \quad A = \frac{\rho \cdot l}{R_l} \quad \left[\frac{\Omega \cdot mm^2 \cdot m}{m \cdot \Omega}\right] = mm^2$$

$$l = \frac{R_l \cdot A}{\rho} \quad \left[\frac{\Omega \cdot mm^2 \cdot m}{\Omega \cdot mm^2}\right] = m$$

SPEZIFISCHER WIDERSTAND ρ rho

$$\rho \quad \left[\frac{\Omega \cdot mm^2}{m}\right] \quad \rho_{Cu} = 0,0178 \frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$$

ELEKTRISCHE LEITFÄHIGKEIT κ Kappa

$$\kappa = \frac{1}{\rho} \quad \left[\frac{m}{\Omega \cdot mm^2} \right] \quad \kappa_{Cu} = 56 \frac{m}{\Omega \cdot mm^2}$$

REIHENSCHALTUNG

$$U_{ges} = U_{R_1} + U_{R_2} + U_{R_3} + \dots + U_{R_n} \quad [V + V + V] = V$$

$$U_{teil} = \frac{U_{ges}}{n} \quad \left[\frac{V}{1} \right] = V$$

$$I_{ges} = I_{R_1} = I_{R_2} = I_{R_3} = \dots = I_{R_n} \quad [A = A = A] = A$$

$$R_{ges} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n \quad [\Omega + \Omega + \Omega] = \Omega$$

SPANNUNGSVERLUST (Spannungsfall)

$$U_{ges} = U_v + U_k; \quad U_k = U_{ges} - U_v; \quad U_v = U_{ges} - U_k$$

$$U_v = R_l \cdot I; \quad R_l = \frac{\rho \cdot l}{A} \quad \left[\frac{\Omega \cdot mm^2 \cdot m}{m \cdot mm^2} \right] = \Omega$$

$$U_k = U_{ges} - R_l \cdot I$$

$$U_v = \frac{\rho \cdot l \cdot I}{A} \quad \left[\frac{\Omega \cdot mm^2 \cdot m \cdot A}{m \cdot mm^2} \right] = V \quad \rho_{Cu} = 0,0178 \frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$$

$$U_v \% = \frac{U_v \cdot 100}{U_{ges}} \quad \left[\frac{V \cdot \%}{V} \right] = \%$$

$$U_{v_{max}} = 0,5 V$$

$$\text{max. Leiterwiderstand} = 1 \Omega \quad (\text{außer Starterhauptleitung})$$

INNENWIDERSTAND (von Spannungsquellen)

$$U_q = U_k + U_i \quad [V + V] = V$$

$$U_k = U_q - U_i \quad [V - V] = V$$

$$U_i = U_q - U_k \quad [V - V] = V$$

$$U_i = I \cdot R_i \quad [A \cdot \Omega] = V$$

$$U_k = I \cdot R_a \quad [A \cdot \Omega] = V$$

$$I = \frac{U_i}{R_i} \quad \left[\frac{V}{\Omega} \right] = A$$

$$I = \frac{U_k}{R_a} \quad \left[\frac{V}{\Omega} \right] = A$$

$$I = \frac{U_q}{R_{ges}} \quad \left[\frac{V}{\Omega} \right] = A$$

$$I = \frac{U_q}{R_i + R_a} \quad \left[\frac{V}{\Omega + \Omega} \right] = A$$

$$U_k = U_q - I \cdot R_i \quad [V - A \cdot \Omega \rightarrow V - V] = V$$

$$R_i = \frac{U_i}{I} \quad \left[\frac{V}{A} \right] = \Omega$$

$$U_k = U_q - U_i - U_v \quad R_{ges} = R_i + R_l + R_{\dot{u}} + R_{La}$$

Herleitung

$$U_k = U_q - I \cdot R_i \quad | + I \cdot R_i$$

$$U_k + I \cdot R_i = U_q - I \cdot R_i + I \cdot R_i \quad | - U_k$$

$$-U_k + U_k + I \cdot R_i = U_q - U_k \quad | : I$$

$$\frac{I \cdot R_i}{I} = \frac{U_q - U_k}{I} \quad \left[\frac{V - V}{A} \rightarrow \frac{V}{A} \right] = \Omega$$

$$R_i = \frac{U_i}{I}$$

PARALLELSCHALTUNG

$$I_{ges} = I_{R_1} + I_{R_2} + I_{R_3} + \dots + I_{R_n} \quad [A + A + A] = A$$

$$U_{ges} = U_{R_1} = U_{R_2} = U_{R_3} = \dots = U_{R_n} \quad [V = V = V] = V$$

$$R_{ges} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}} \quad \left[\frac{1}{\frac{1}{\Omega} + \frac{1}{\Omega} + \frac{1}{\Omega}} = \frac{1}{\frac{1}{\Omega}} = \frac{1}{\frac{1}{S}} \right] = \Omega$$

$$\text{Ersatzwiderstand} \quad R_{ges} = \frac{R_{Teil}}{n} \quad \left[\frac{\Omega}{1} \right] = \Omega \quad \rightarrow \text{Anzahl } n = \frac{R_{Teil}}{R_{ges}} \quad \left[\frac{\Omega}{\Omega} \right] = 1$$

n = Anzahl der Widerstände (gleich große Widerstände)

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

$$R_{ges} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

$$\rightarrow R_1 = \frac{1}{\frac{1}{R_{ges}} - \frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_3}} \quad \rightarrow R_2 = \frac{1}{\frac{1}{R_{ges}} - \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_3}} \quad \rightarrow R_3 = \frac{1}{\frac{1}{R_{ges}} - \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}}$$

LEISTUNG P (Power) Watt, [W], [kW]

$$P = U \cdot I \quad [V \cdot A] = W$$

$$U = \frac{P}{I} \quad \left[\frac{W}{A} \rightarrow \frac{V \cdot A}{A} \right] = V$$

$$I = \frac{P}{U} \quad \left[\frac{W}{V} \rightarrow \frac{V \cdot A}{V} \right] = A$$

wenn I fehlt (Einsetzverfahren)

$$P = U \cdot I \quad [V \cdot A] = W, \quad I = \frac{U}{R} \quad \left[\frac{V}{\Omega} \right] = A$$

$$P = U \cdot \frac{U}{R} \rightarrow \boxed{P = \frac{U^2}{R}} \quad \left[\frac{V \cdot V}{\Omega} \rightarrow A \cdot V \right] = W$$

wenn U fehlt (Einsetzverfahren)

$$P = U \cdot I \quad [V \cdot A] = W, \quad U = R \cdot I \quad [\Omega \cdot A] = V$$

$$P = R \cdot I \cdot I \rightarrow \boxed{P = R \cdot I^2} \quad [\Omega \cdot A \cdot A \rightarrow V \cdot A] = W$$

Lampe 12 V/55 W

1. $R_{La} = \frac{U^2}{P}$
2. $I_{tat} = \frac{U_k}{R_{La}} = \frac{U_{ges} - U_v}{R_{La}}$
3. $P_{tat} = U_k \cdot I_{tat}$

Literaturverzeichnis

- [1] Marco Bell, Helmut Elbl und Wilhelm Schüler. *Formelsammlung Fahrzeugtechnik*. ger. 10., überarbeitete und erweiterte Auflage. Hamburg: Handwerk und Technik, 2020. ISBN: 9783582515902.
- [2] Marco Bell, Helmut Elbl und Wilhelm Schüler. *Tabellenbuch Fahrzeugtechnik*. ger. 29., völlig überarbeitete Auflage. Fahrzeugtechnik. Hamburg: Handwerk und Technik, 2021. ISBN: 9783582939579.
- [3] Marco Bell, Helmut Elbl, Wilhelm Schüler und Bell. *Technische Mathematik Fahrzeugtechnik*. ger. 5., überarbeitete Auflage. Fahrzeugtechnik. Stuttgart: Handwerk und Technik, 2016. ISBN: 9783778235409.
- [4] Monika Brand, Richard Fischer, Rolf Gscheidle, Tobias Gscheidle, Uwe Heider, Berthold Hohmann, Wolfgang Keil, Rainer Lohuis, Jochen Mann, David Renz, Bernd Schlögl und Alois Wimmer. *Fachkunde Kraftfahrzeugtechnik*. ger. 31., neubearbeitete Auflage, korrigierter Nachdruck. Europa-Fachbuchreihe für Kraftfahrzeugtechnik. Haan-Gruiten: Verlag Europa-Lehrmittel Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 2020. ISBN: 9783808523254.
- [5] Volkert Schlüter und Ralf Deussen. *Prüfungsfragen und Antworten für das Kfz-Techniker-Handwerk*. German. 2021. ISBN: 9783834362742. URL: <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:101:1-2021060315504020014374> (besucht am 3. Nov. 2021).
- [6] Gerald Schneeage. *Motormanagement Sensoren Aufbau, Funktion und Prüfung mit dem Oszilloskop*. German. Krafthand Medien GmbH, 2021. ISBN: 9783874411868.