

M316– Spannung und Strom messen und interpretieren

1	<i>Einstieg</i>	2
1.1	Hardwarekomponenten eines PCs	2
1.2	Elektrische Spannung (U in Volt).....	2
1.3	Elektrische Stromstärke (I in Ampere).....	3
1.4	Elektrischer Widerstand (R in Ohm)	3
1.5	elektrische Leistung und Energie.....	4
1.6	Zusammenschaltung von Widerständen	4
1.6.1	Serieschaltung	4
1.6.2	Parallelschaltung	4
2	<i>Messen und Prüfen von Daten</i>	5
3	<i>Der technische Stromkreis</i>	5
4	<i>Elektrisches Feld und Kondensator</i>	5
5	<i>Magnetisches Feld und Spule</i>	5
6	<i>Schutzmassnahmen</i>	5
7	<i>PC-Bauteile</i>	5
8	<i>Formelsammlung</i>	6
8.1	Ohm'sches Gesetz	6
8.2	Stromstärke I	6
8.3	Spannung U	6
8.4	Widerstand R.....	6
8.5	Energie W	6
8.6	Leistung P	6
8.7	Gleichstrom (DC).....	6
8.8	Wechselstrom (AC)	6

1 Einstieg

1.1 Hardwarekomponenten eines PCs

1.2 Elektrische Spannung (U in Volt)

Die elektrische Spannung ist der Unterschied in der Elektronenbesetzung zwischen zwei Punkten.

elektrische Ladungen

- Der Atomkern besteht aus positiv geladenen Protonen und elektrisch ungeladenen Neutronen.
- Die Atomhülle besteht aus elektrisch negativ geladenen Elektronen.
- Ist ein Körper positiv geladen, so herrscht Elektronenmangel.
Ist ein Körper negativ geladen, so herrscht Elektronenüberschuss.
- Gleichartige elektrische Ladungen stoßen sich ab. Ungleichartige elektrische Ladungen ziehen sich an.
- Formelzeichen: Q
- Einheit: 1 Coulomb (C) oder 1 As (Amperesekunden)

$$Q = I * t \text{ in As}$$

potenzielle Energie

$$W_{pot} = F_H * h$$

Als Energie bezeichnet man das Arbeitsvermögen eines Körpers. Potenzielle Energie ist die Energie der Lage (Lageenergie)

elektrisches Potenzial

$$\varphi = \frac{W_{pot}}{Q}$$

Das elektrische Potenzial gibt an, wie gross die an der Ladung 1 Coulomb verrichtete Trennungsarbeit ist, d.h. wie gross die potenzielle Energie ist, die eine Ladung von 1 Coulomb besitzt.

elektrische Spannung

$$U = R * I$$

Elektrische Spannung ist der Unterschied zwischen zwei Potenzialen (Potentialdifferenz).

Eine elektrische Spannung liegt immer zwischen zwei Punkten mit unterschiedlichen Potenzialen.

Potentialdifferenz

$$U_{21} = \varphi_1 - \varphi_2$$

© by Flavio De Roni

- Der Spannungspfeil weist immer vom höheren zum niedrigeren Potenzial.
- Elektrische Spannung wird durch die Trennung ungleichartiger elektrischer Ladungen erzeugt.
- Eine Spannungsquelle ist ein Energiewandler, der die zugeführte Energie in elektrische Energie umwandelt.
- Am Pluspol einer Spannungsquelle herrscht Elektronenmangel.
Am Minuspol herrscht Elektronenüberschuss.
- An der Spannungsquelle zeigt der Spannungspfeil immer vom Pluspol (höheres Potenzial) zum Minuspol (niedrigeres Potenzial).

Augenblickswert u

Momentanwert: dieser Spannungswert ist von der Zeit abhängig und ändert sich fortwährend.

Maximalwert \hat{u}

Höchstwert, Scheitelwert: der höchste Spannungswert in einer Periode.

Spitze-Spitze-Wert u_{ss}

der Spannungswert zwischen dem positiven und negativen Maximalwert.

Periodendauer T

die Zeit, in der die Wechselspannung ihre Augenblickswerte einmal durchläuft.

Frequenz f

sie ist der Kehrwert der Periodendauer und gibt die Anzahl Perioden pro Sekunde an. Sie hat die Einheit 1/s = 1 Hz (Hertz).

$$f = \frac{1}{T}$$

Effektivwert U

$$U = \frac{\hat{u}}{\sqrt{2}}$$

Winkelgeschwindigkeit ω

$$2\pi f$$

- **Phasenweise Wechselspannungen**
durchlaufen ihre Null- und Maximalwerte zur gleichen Zeit.
- **Phasenverschobene Wechselspannungen**
durchlaufen ihre Null- und Maximalwerte zu verschiedenen Zeitpunkten.

1.3 Elektrische Stromstärke (I in Ampere)

elektrischer Stromkreis

- Ein **Spannungsmesser** wird immer an die beiden Punkte angeschlossen, zwischen denen die Spannung gemessen werden soll.
- Ein **elektrischer Stromkreis** besteht aus Spannungsquelle, Leitung und Verbraucher.
- Ein **elektrischer Stromkreis** ist im Prinzip ein System zur Übertragung elektrischer Energie.

elektrischer Strom

Elektrischer Strom ist die gerichtete Bewegung elektrischer Ladungen in einem Stromkreis. Elektrischer Strom kann nur fließen, wenn der Stromkreis geschlossen ist.

Stromrichtung

Die **technische Stromrichtung** führt vom Pluspol der Spannungsquelle über den Verbraucher zum Minuspol.

Stromstärke

$$I = \frac{Q}{t} \quad 1 \text{ A} = \frac{1 \text{ C}}{1 \text{ s}}$$

- Die elektrische Stromstärke gibt an, wie gross die elektrische Ladung ist, die in einer Sekunde durch den Querschnitt eines Leiters fliesst.
- In einem geschlossenen Stromkreis ist die Stromstärke an allen Stellen gleich.

Stromdichte

$$S = \frac{I}{A} \quad 1 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}$$

- Die Stromdichte gibt an, wie gross die Stromstärke je Quadratmillimeter in einem Leiterquerschnitt ist.
- Die in einem Leiter entwickelte Wärme ist umso grösser, je grösser die Stromdichte ist.

1.4 Elektrischer Widerstand (R in Ohm)

- Der **elektrische Widerstand** definiert das Verhältnis zwischen Spannung und Stromstärke.
- **Elektrischer Widerstand** ist die Eigenschaft eines Leiters, die Fortbewegungen elektrischer Ladungen zu behindern.
- Der elektrische Widerstand gibt an, wie gross die Spannung an einem Leiter ist, in dem ein Strom von 1 A fliesst.

Ohm'sches Gesetz

- Bei einem elektrischen Leiter ist die Stromstärke der angelegten Spannung direkt proportional.
- Bei einem elektrischen Leiter ist die Stromstärke dem Widerstand umgekehrt proportional.

$$I = \frac{U}{R} \quad U = R * I \quad R = \frac{U}{I}$$

Widerstandskennlinie

- Die **Widerstandskennlinie** eines elektrischen Bauelements zeigt die durch das Bauelement bestimmte Abhängigkeit der Stromstärke von der Spannung ($I = f(U)$).
- An der Steigung der Widerstandskennlinie erkennt man die Grösse des Widerstandes.

Je grösser der Widerstand, umso kleiner die Steigung.

- Mit steigender Temperatur nimmt der Widerstand von Leiterwerkstoffen zu.
- Die Widerstandsänderung durch Temperaturänderung ist
 - der Temperaturdifferenz (Δv),
 - dem Widerstandswert bei 20°C (R_{20}) und
 - dem Temperaturbeiwert (α) direkt proportional.

Widerstandsänderung

$$R = R_{20} * \alpha * \Delta v$$

Der Temperaturbeiwert α eines Werkstoffes gibt an, wie viel Ohm ein Widerstand, der bei 20°C einen Wert von 1 Ω hat, zunimmt, wenn er um 1°C erwärmt wird.

1.5 elektrische Leistung und Energie

Elektrische Leistung: Formelzeichen P in Watt
 Elektrische Energie: Formelzeichen W in Ws, J

elektrische Energie

$$W = U * I * t \quad 1 \text{ Ws} = 1 \text{ V} * 1 \text{ A} * 1 \text{ s}$$

Die durch den Stromkreis zu einem Verbraucher übertragene elektrische Energie errechnet sich aus:

- der am Verbraucher liegenden Spannung U
- der vom Verbraucher aufgenommenen Stromstärke I und
- der Einschaltdauer t des Verbrauchers

Energiekosten

$$K = W * p \quad \text{wobei } p = \text{Kwh-Preis}$$

Energiekosten = Energieverbrauch * Kilowattstundenpreis

Leistung

$$P = \frac{W}{t} \quad 1 \text{ W} = \frac{1 \text{ J} (=1 \text{ Ws})}{1 \text{ s}}$$

Die Leistung P eines Verbrauchers (Energiewandlers) ist definiert als das Verhältnis der von ihm umgewandelten Energie W zu der dafür benötigten Zeit t.

Die Leistung gibt an, wie viel Energie (in Joule) ein Wandler in 1 Sekunde aus einer Energieform in eine andere umformen kann.

elektrische Leistung

$$P = U * I \quad 1 \text{ W} = 1 \text{ V} * 1 \text{ A}$$

Elektrische Leistung ist das Produkt aus Spannung und Stromstärke.

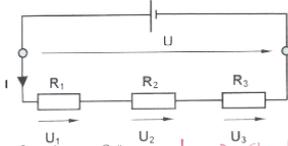
Wirkungsgrad

- Der Wirkungsgrad ist das Verhältnis von abgegebener und zugeführter Leistung.
- Der Gesamtwirkungsgrad einer Anlage ist das Produkt aus den Wirkungsgraden der einzelnen Energiewandler.

1.6 Zusammenschaltung von Widerständen

1.6.1 Serieschaltung

a) Serieschaltung (Reihenschaltung) → Details finden Sie im Buch von Seite 325 bis 328!



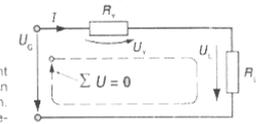
Bei der links gezeichneten Serieschaltung (Reihenschaltung) sind die Widerstände hintereinander geschaltet. Dabei gilt folgendes:

- Der Gesamtwiderstand „R“ ist gleich der Summe der Teilwiderstände: $R = \Sigma R_n$
- Der Gesamtwiderstand ist immer größer als der grösste Teilwiderstand „R_n“.
- Durch alle in Serie geschaltete Widerstände fließt der gleiche Strom: $I = I_1 = I_2 = I_3$
- Die Summe der Teilspannungen ist gleich der Gesamtspannung: $U = U_1 + U_2 + U_3$
- Die Teilspannungen verhalten sich wie die zugehörigen Widerstandswerte, d.h. am grössten Widerstand R_n ist die grösste Spannung.

- Gemeinsame Grösse: $I \rightarrow$ Stromstärke
 - Maschensatz: $U = U_1 + U_2 + U_3$
 - Ohmsches Gesetz: $R \cdot I = R_1 \cdot I + R_2 \cdot I + R_3 \cdot I$
 - Gesamtwiderstand: $R = R_1 + R_2 + R_3$

Der Maschensatz (2. Kirchhoffsches Gesetz) lautet:
 In jedem geschlossenen Stromkreis ist die Summe aller Spannungen gleich Null.

Wenn an einem Verbraucher bzw. an einem Widerstand nicht die gesamte Generatorspeisespannung U_G sein soll, so kann z.B. ein Vorwiderstand R_V in den Seriekreis eingebaut werden. Der Vorwiderstand R_V reduziert die Spannung am vorhandenen, rechts gezeichneten Lastwiderstand R_L.



In jedem geschlossenen Stromkreis ist die Summe aller Spannungen gleich Null.

Gemeinsame Grösse

I → Stromstärke

Maschensatz

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

Ohm'sches Gesetz

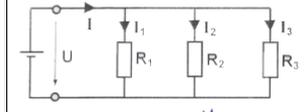
$$R * I = R_1 * I + R_2 * I + R_3 * I$$

Gesamtwiderstand

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

1.6.2 Parallelschaltung

b) Parallelschaltung → Details finden Sie im Buch von Seite 329 bis 331!

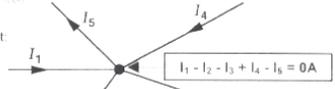


Für die links gezeichneten Parallelschaltung gilt:

- Alle parallelen Teilwiderstände R_n liegen an derselben elektrischen Spannung U.
- Der Gesamtleitwert „G“ ist gleich der Summe der Teilleitwerte: $G = \Sigma G_n$
- Der Gesamtwiderstand ist immer kleiner als der kleinste Teilwiderstand „R_n“.
- Die Summe der Teilströme ist gleich dem Gesamtstrom: $I = I_1 + I_2 + I_3$
- Die Teilströme I_n verhalten sich umgekehrt proportional zum zugehörigen Widerstandswert, d.h. durch den kleinsten Teilwiderstand R_n fließt der grösste Teilstrom
- Parallelwiderstände können jederzeit zu- und weggeschaltet werden, ohne dass die andern Verbraucher beeinflusst werden.

- Gemeinsame Grösse: $U \rightarrow$ Spannung
 - Knotensatz: $I = I_1 + I_2 + I_3$
 - Ohmsches Gesetz: $\frac{U}{R} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3}$
 - Gesamtwiderstand: $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$
 - Gesamtleitwert: $G = G_1 + G_2 + G_3$

Der Knotensatz (1. Kirchhoffsches Gesetz) lautet:
 In einem Knoten ist die Summe aller Ströme jederzeit gleich Null => $\Sigma I = 0 \text{ A}$



In einem Knoten ist die Summe aller Ströme jederzeit gleich Null → $\Sigma I = 0 \text{ A}$

Gemeinsame Grösse

U → Spannung

Knotensatz

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

Ohm'sches Gesetz

$$\frac{U}{R} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3}$$

Gesamtwiderstand

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Gesamtleitwert

$$G = G_1 + G_2 + G_3$$

Einheit : Siemens (S)

$$G = 1/R$$

4 Elektrisches Feld und Kondensator

5 Magnetisches Feld und Spule

6 Schutzmassnahmen

7 PC-Bauteile

2 Messen und Prüfen von Daten

Die Fehlerspannungsschaltung ist für grosse Widerstände geeignet.

Die Fehlerstromschaltung ist für kleine Widerstände geeignet.

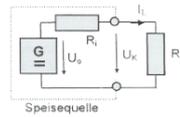
3 Der technische Stromkreis

3.1 Spannungsquellen -- FB: K5.3.1 - S335..347

3.1.1 Aufbau -- FB: K5.3.1.1 - S335..336

Jede Spannungsquelle hat einen Innenwiderstand, den man bei Berechnung der Klemmenspannung berücksichtigen muss. Dabei ergeben sich die folgenden Grössen:

$U_k = U_s - I_L \cdot R_i$	U_k	Klemmenspannung in V
	U_s	Leerlaufspannung in V
	I_L	Laststrom in A
	R_i	Innenwiderstand in Ω
$I_k = \frac{U_s}{R_i}$	I_k	Kurzschlussstrom in A



Im weiteren gilt:

- Im Leerlauf, d.h. wenn kein R_L angeschlossen ist ($R_L = \infty \Omega$), ist $U_k = U_s$, da $I_L = 0A$ und damit $U_L = 0V$
- Im Kurzschluss ist $U_L = 0V$, da $R_L = 0\Omega$

3.1.2 Anpassungen -- FB: K5.3.1.2 - S336..337

Der Spannungszeuger gibt bekanntlich an einem angeschlossenen Lastwiderstand eine Spannung U_L einen Strom I und damit eine Leistung P ab. Je nach der Grösse des bei einem Spannungszeuger vorhandenen Innenwiderstandes R_i unterscheidet man zwischen den folgenden Anpassungen:

- Spannungsanpassung:

Bei Spannungsanpassung ist der Lastwiderstand R_L gross gegenüber dem Innenwiderstand R_i . Damit ist die Ausgangsspannung U_L meist gleich der Speisespannung U_s .

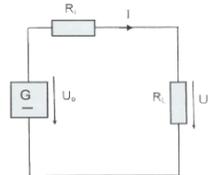
- Stromanpassung:

Bei Stromanpassung ist der Lastwiderstand R_L klein gegenüber dem Innenwiderstand R_i . Damit ist die Stromstärke I fast unabhängig vom Lastwiderstand R_L .

- Leistungsanpassung:

Bei Leistungsanpassung ist der Lastwiderstand R_L gleich gross wie der Innenwiderstand R_i . Damit ergibt sich am Lastwiderstand R_L die maximale Leistung P_L . Diese Anpassung ist vor allem bei der Signalübertragung zu beachten, indem eben der Widerstand des Empfängers (R_L) gleich dem Leitungswiderstand plus dem Ausgangswiderstand des

Senders (ergibt den Widerstand R) sein sollte. Die Leistungsanpassung wird meist auch als Widerstandsanpassung bezeichnet. Bei dieser Widerstandsanpassung ergibt sich auch eine reflexionsfreie Signalübertragung, womit eine Fehlanpassung vermieden wird.



8 Formelsammlung

Legende:

Bezeichnung	Formelzeichen	Einheit
elektrische Ladung	Q	1 Coulomb (1C) oder 1 As
elektrische Spannung	U	V (Volt)
elektrische Stromstärke	I	A (Ampère)
elektrischer Widerstand	R	Ω (Ohm)
elektrische Leistung	P	W (Watt)
elektrische Energie	W	Ws, J (Joule)
Frequenz	f	1 Hz (Hertz)

8.1 Ohm'sches Gesetz

$$I = \frac{U}{R} \quad U = R * I \quad R = \frac{U}{I}$$

8.2 Stromstärke I

$$I = \frac{U}{R} \quad I = \frac{P}{U} \quad I = \sqrt{\frac{U}{R}} \quad I = \frac{W}{U * t}$$

8.3 Spannung U

$$U = R * I \quad U = \frac{P}{I} \quad U = \sqrt{P * R} \quad U = \frac{W}{I * t}$$

8.4 Widerstand R

$$R = \frac{U}{I} \quad R = \frac{U^2}{P} \quad R = \frac{P}{I^2}$$

8.5 Energie W

$$W = U * I * t \quad W = P * t$$

8.6 Leistung P

$$P = U * I \quad P = \frac{U^2}{R} \quad P = R * I^2 \quad P = \frac{W}{t}$$

8.7 Gleichstrom (DC)

Als Gleichstrom wird ein elektrischer Strom bezeichnet, dessen Stärke und Richtung sich nicht ändert. In der theoretischen Elektrotechnik wird nur zeitlich unveränderlicher Stromfluss als Gleichstrom bezeichnet. In der Praxis wird jedoch auch Mischstrom mit überwiegendem Gleichanteil als Gleichstrom bezeichnet. Dies insbesondere dann, wenn die Schwankungen (als Welligkeit bezeichnet) des Stroms für den an die Stromquelle angeschlossenen Verbraucher nicht störend sind. Die englische Bezeichnung ist **Direct Current** mit dem Kürzel **DC**.

8.8 Wechselstrom (AC)

Wechselstrom bezeichnet elektrischen Strom, der seine Richtung (Polung) periodisch und in steter Wiederholung meist sinusförmig ändert.

Weltweit wird die elektrische Energieversorgung am häufigsten mit Wechselstrom vorgenommen. Die Gründe für diese Bevorzugung sind die einfache Erzeugung, einfache Transformation der Spannung zur verlustarmen Fernübertragung des hochgespannten Wechselstroms, einfache Motoren mit hohem Wirkungsgrad durch verkettete Dreiphasen-Wechselstrom-Systeme, was Wechselstrom im Betrieb wesentlich billiger macht als Gleichstrom. Daneben ist in der Nachrichtentechnik hochfrequenter Wechselstrom unverzichtbar.

International wird Wechselstrom häufig auf Englisch mit **Alternating Current**, bzw. mit dem Kürzel **AC** bezeichnet.