

# Form- und Crestfaktor

## AC-Grundlagen

Bildquellen: uwa

Wechselstrom ist definitionsgemäss ein Strom, der die Stärke und die Richtung periodisch ändert. Bei der Messung sowie der Beurteilung der Spannung und des Stromes ist es deshalb wichtig, zu wissen, welche Werte gemeint sind.

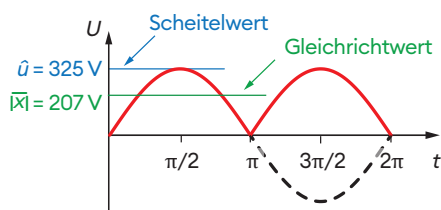
### Gleichrichtwert

Der arithmetische Mittelwert bestimmt einen Durchschnittswert. Er wird berechnet, indem viele einzelne Momentanwerte addiert und durch die Anzahl der Werte dividiert werden. Die Formel lautet:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} (x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n)$$

Weil beim Wechselstrom der Anteil positiver und negativer Werte gleich gross ist, ist der arithmetische Mittelwert Null. Um ein nützliches Resultat zu erhalten, werden deshalb nur die absoluten Werte, also ohne Berücksichtigung des Vorzeichens verwendet.

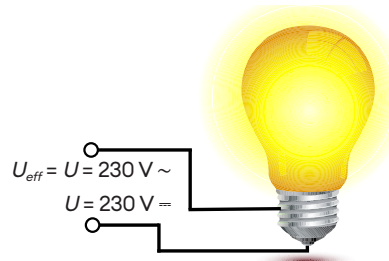
Das führt zum Begriff des Gleichrichtwertes. Dieser gibt gemäss der Definition des IEV (International Electrotechnical Vocabulary) den Mittelwert des Betrages einer Wechselgrösse während einer Periode an. Über die Zeitdauer einer Periode transportiert der Gleichrichtwert eines Wechselstromes die gleiche Ladungsmenge wie ein entsprechender Gleichstrom. Er ist also das Integral der Funktion über eine Periode, dividiert durch eine Periode. Bei der reinen, gleichgerichteten Sinusschwingung entspricht die Periode der Zahl  $\pi$ . Weil das Integral von  $\sin(x)$  2 gibt, lässt sich der Gleichrichtwert durch die Multiplikation des Scheitelwertes mit dem Faktor  $2/\pi$ , berechnen. Einfachheitshalber wird auch der gerundete Wert 0.637 verwendet.



Der Gleichrichtwert entspricht dem Mittelwert der gleichgerichteten Spannung und lässt sich bei der Sinusschwingung berechnen, indem der Scheitelwert mit 0.637 multipliziert wird.

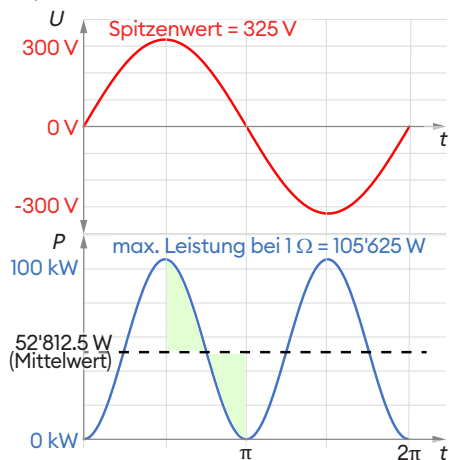
### Effektivwert

Definitionsgemäss ist der Effektivwert, oder RMS (Root Mean Square Value), die positive Quadratwurzel aus dem arithmetischen Mittelwert des Quadrats dieser Grösse über ein gegebenes Zeitintervall. Mit anderen Worten entspricht der Effektivwert der Gleichspannung, die in einem Widerstand dieselbe Leistung umsetzt. Weil der Effektivwert massgebend für die Stromwirkung ist, wird er üblicherweise als Nenngrösse angegeben. Deshalb sind die bekannten 230 V des Haushaltsnetzes die Effektivwertangabe.



Der Effektivwert einer Wechselspannung und die gleich grosse Gleichspannung lassen bspw. eine Glühlampe gleich hell leuchten.

Die Leistung berechnet sich aus dem quadratischen Wert der Spannung, geteilt durch den Widerstand. Zur Bestimmung des Effektivwertes muss also der Spitzenwert ins Quadrat gesetzt werden. Wenn wir einen Widerstand von 1 Ohm und einen nominalen Spitzenwert des Haushaltsnetzes von 325 V annehmen, ergibt dies eine Leistung von 105'625 W. Vorausgesetzt, dass es sich um eine Sinusschwingung handelt, ist der Mittelwert der Leistung genau die Hälfte des Spitzenwertes. Im konkreten Beispiel sind dies 52'812.5 W. Von diesem Wert müssen wir nur noch die Wurzel ziehen und erhalten die bekannten 230 V. Der Faktor für die Umrechnung vom Spitzenwert zum Effektivwert beträgt deshalb  $1/\sqrt{2} = 0.707$ .



Die Leistung berechnet sich aus dem Quadrat der Spannung, geteilt durch den Widerstand. Deren Mittelwert ist bei einer Sinusschwingung genau die Hälfte des Spitzenwertes (die beiden grünen Flächen sind gleich gross).

Ist die Wechselspannung nicht sinusförmig, muss das Integral der Funktion über eine Periode berechnet werden. Durch Dividieren dieses Wertes mit einer Periode und anschliessendem Ziehen der Wurzel erhält man den Effektivwert.

### Form- und Crestfaktor

Der Formfaktor bezeichnet das Verhältnis des Effektivwertes zum Gleichrichtwert. Weil der Gleichrichtwert nie grösser als der Effektivwert ist, liegt der Formfaktor abhängig von der Kurvenform zwischen 1 und unendlich. Der Crestfaktor, oder Scheitelfaktor, gibt das Verhältnis zwischen Scheitel- und Effektivwert an.

Auch dieser Wert ist immer gleich oder grösser als 1. Beide Faktoren dienen zur Beschreibung der Signalform und werden in der Messtechnik verwendet.

| Schwingungsart            | Formfaktor | Crestfaktor |
|---------------------------|------------|-------------|
| Sinus<br>                 | 1.11       | 1.414       |
| Einweggleichrichtung<br>  | 1.571      | 2           |
| Vollweggleichrichtung<br> | 1.11       | 1.414       |
| Dreieck<br>               | 1.155      | 1.732       |
| Sägezahn<br>              | 1.155      | 1.732       |
| Rechteck<br>              | 1          | 1           |

### Messen mit dem Digitalvoltmeter

Ein preisgünstiges Digitalvoltmeter bestimmt den Gleichrichtwert. Dabei kommen Gleichrichterschaltungen mit Halbleiterdioden zum Einsatz. Mit der gleichgerichteten Spannung wird ein Kondensator bis zur Scheitelspannung aufgeladen. Damit die Dioden bei kleinen Eingangsspannungen das Resultat nicht übermässig verzerren, können Verstärkerschaltungen verwendet werden. Weil bei diesen Geräten stets von einer Sinusschwingung ausgegangen wird, lässt sich aus der Scheitelspannung der Gleichrichtwert ermitteln, welcher anschliessend für die Anzeige mit dem Formfaktor von 1,11 multipliziert wird. Ist eine andere Schwingungsform vorhanden, hat die Messanzeige einen Fehler. Die wahre oder TRMS (True Root Mean Square) Effektivwertmessung ist wesentlich genauer, aber aufwendiger. Eine Möglichkeit ist das Abtasten des Signals mit einer hohen Frequenz und einer anschliessenden digitalen Berechnung. Dazu ist jedoch eine sehr gute Rechenleistung nötig. Ein anderer Ansatz nutzt die Definition des Effektivwertes über die Leistung. Dazu wird die zu messende Spannung an einen Widerstand angelegt. Mittels Temperaturfühler kann die Wirkung mit einem gleich grossen, an eine Gleichspannung angelegten Widerstandes verglichen werden. Zu beachten ist jeweils der Crestfaktor. Je höher dieser Faktor, desto ungenauer ist der Anzeigewert. Der Messgerätehersteller gibt deshalb die Genauigkeit abhängig vom Crestfaktor an.

Partner: © A&W Verlag AG / SVBA-ASETA-ASITA / AGVS/UPSA / uwa