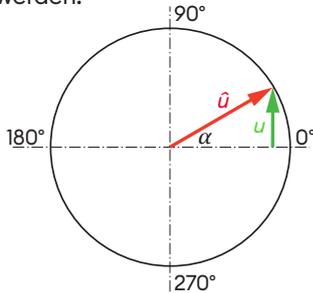


# Drehstrom

Die Entstehung einer einphasigen Wechselspannung wurde im Beitrag AC-Grundlagen, Definition und Arten erklärt. Mit der Zeigerdarstellung kann der Verlauf auf einfache Weise nachvollzogen werden.



Wird der rote Zeiger im Gegenuhrzeigersinn gedreht, kann der augenblickliche Wert der Spannung mithilfe des grün eingezeichneten Pfeils abgelesen werden. Ist der Winkel  $\alpha = 0^\circ$ , ist die Spannung gleich null. Bei einem Winkel von  $90^\circ$  ist die Spannung auf dem Scheitelwert ( $\hat{u}$ , Amplitude). Mithilfe der Trigonometrie kann die Spannung auch berechnet werden.

$$u = \hat{u} \cdot \sin \alpha$$

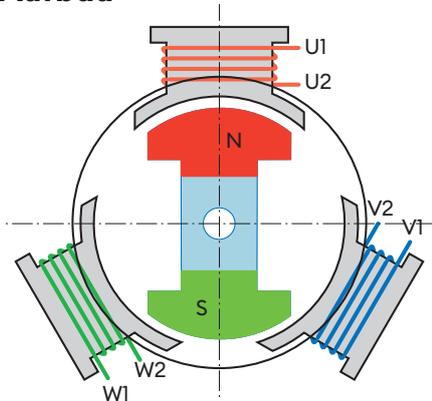
Zahlenbeispiel:

Der rote Pfeil entspricht einer Wechselspannung von 100 V. Welche Momentanspannung wird bei einem Winkel von  $30^\circ$  erreicht?

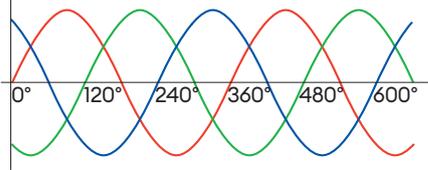
$$u = 100 \text{ V} \cdot \sin 30^\circ = 100 \text{ V} \cdot 0,5 = 50 \text{ V}$$

Um die geforderten Antriebsleistungen für Hybrid- oder rein elektrische Fahrzeuge zu erreichen, wird nicht mit einphasiger, sondern mit dreiphasiger Wechselspannung gearbeitet.

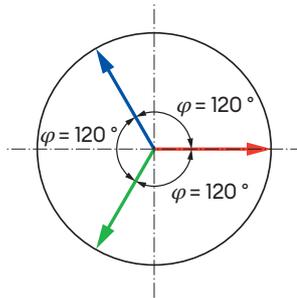
## Aufbau



Drei Spulen U, V und W sind um  $120^\circ$  versetzt angeordnet. Wird der Permanentmagnet gedreht, wird in den Spulen nacheinander eine Wechselspannung induziert. Es wird dreiphasige Wechselspannung erzeugt. Dies wird auch als Drehstrom bezeichnet. Wird der Spannungsverlauf an den drei Spulen mit einem Oszilloskop erfasst, kann das folgende Liniendiagramm gezeichnet werden.



Die Linienfarben entsprechen den verwendeten Farben der Spulen. Wenn man die Spannung der Spule U mit der Spannung der Spule W vergleicht, fällt auf, dass der Verlauf um  $120^\circ$  versetzt erfolgt. Man spricht deshalb von einer Phasenverschiebung von  $120^\circ$ . Auch der Drehstrom lässt sich in einem Zeigerbild darstellen.



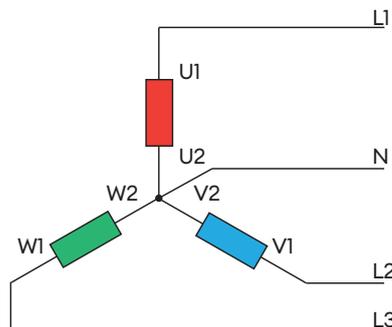
Der rote Pfeil zeigt die Spannung der Spule U in der Position  $0^\circ$ . Der grüne Pfeil gehört zur Spule W. Der Winkel  $\varphi$  dazwischen zeigt die Phasenverschiebung an (Drehrichtung im Gegenuhrzeigersinn). Soll der momentane Spannungswert der Spule W ermittelt werden, muss auf der x-Achse eine Senkrechte errichtet werden, die durch die grüne Pfeilspitze geht. Da die Strecke unterhalb der x-Achse liegt, ist die Spannung im Bereich der negativen Halbwelle. Die Berechnung ergibt:

$$u = \hat{u} \cdot \sin \alpha = 100 \text{ V} \cdot \sin 240^\circ = 100 \text{ V} \cdot -0,866 = -86,6 \text{ V}$$

Wie in der Abbildung links ersichtlich ist, hat jede Spule einen Anfang U1, V1, W1 und ein Ende U2, V2, W2. Um die Spannung nach aussen zu führen sind also sechs Leitungen erforderlich. Mit geschickter Verkettung der Spulen lässt sich die Anzahl der Leitungen reduzieren.

## Sternschaltung

Wenn die Enden der Spulen miteinander zu einem Sternpunkt verbunden werden, spricht man von einer Sternschaltung.

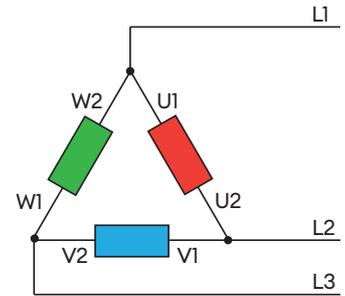


# AC-Grundlagen

Die Anschlüsse U1, V1, W1 werden nach aussen geführt und werden als Aussenleiter L1, L2, L3 bezeichnet. Der Sternpunkt wird ebenfalls nach aussen geleitet und als Neutralleiter N bezeichnet.

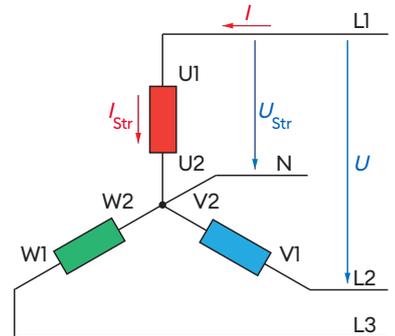
## Dreieckschaltung

Wird das Ende einer Spule mit dem Anfang der nächsten Spule verbunden, ergibt sich eine Dreieckschaltung.



Die verbundenen Enden der Spulen werden nach aussen geführt und als Aussenleiter L1, L2, L3 bezeichnet. Bei der Dreieckschaltung gibt es keinen Neutralleiter.

Drehstromgeneratoren werden (meist) in Sternschaltung ausgeführt. Elektrische Verbraucher können hingegen mit der Stern- oder Dreieckschaltung betrieben werden. Schauen wir uns dazu zuerst als Beispiel einen Elektromotor an, der in Sternschaltung an das Drehstromnetz angeschlossen ist. Die Spulen U, V und W sind gleich aufgebaut und weisen demnach die gleichen Widerstände auf. Die anliegenden Spannungen an den Spulen betragen 230 V, wenn vom Aussenleiter zum Sternpunkt gemessen wird ( $U_{\text{Str}}$  = Strangspannung). Wird von Aussenleiter zu Aussenleiter gemessen, ergibt sich eine Spannung von 400 V (U).



In der Sternschaltung ist der Leiterstrom I gleich gross wie der Strangstrom  $I_{\text{Str}}$ . Wird der Spulenwiderstand z.B. mit  $10 \Omega$  angenommen, kann der Strom berechnet werden.

$$I = U_{\text{Str}} / R = 230 \text{ V} / 10 \Omega = 23 \text{ A}$$

In den drei Spulen fließen phasenverschoben die gleich grossen Ströme. Es ergibt sich somit eine Leistung von:

$$P = 3 \cdot U_{\text{Str}} \cdot I = 3 \cdot 230 \text{ V} \cdot 23 \text{ A} = 15'870 \text{ W}$$