

Stern-Dreieck-Anlaufschaltung

<https://de.wikipedia.org/wiki/Stern-Dreieck-Anlaufschaltung>

Eine **Stern-Dreieck-Anlaufschaltung** (kurz $Y\Delta$ -Schaltung, [englisch](#) *Star-Delta*, $Y\Delta$, AC motor/Wye-Delta) dient dazu, größere [Drehstrommotoren](#) mit [Kurzschlussläufer](#) mit reduzierter Leistungsaufnahme anlaufen zu lassen. Dies vermeidet das Auslösen von [Überstromschutz-einrichtungen](#) aufgrund des sonst hohen [Anlaufstroms](#) bei direktem Anlauf ([englisch](#) *Direct On-Line*, *DOL* ^[1]) in [Dreieckschaltung](#).

Bei dem [Anlassverfahren](#) wird der Drehstrommotor zum Anlaufen zunächst in [Sternschaltung](#) geschaltet, nachfolgend wird der Motor in Dreieckschaltung geschaltet. Die Leistungsaufnahme des Motors beträgt beim Anlaufen in Sternschaltung $1/3$ der Leistung in Dreieckschaltung.

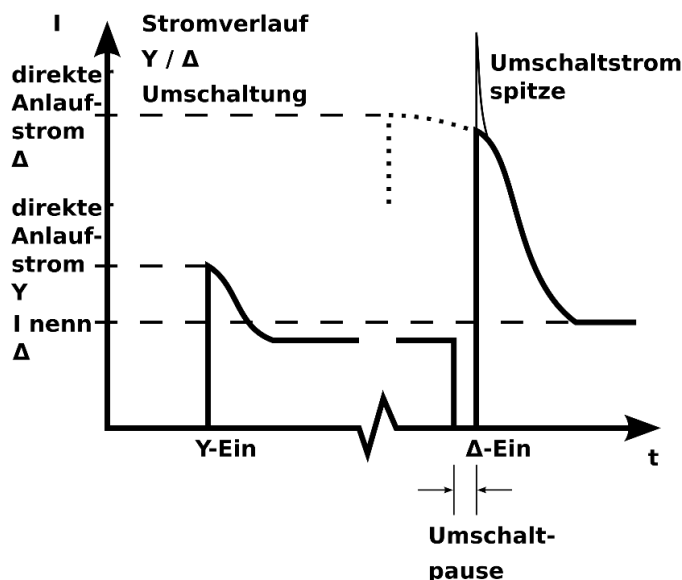
Die $Y\Delta$ -Umschaltung ist durch den Einsatz von [Frequenzumrichtern](#) weitgehend hinfällig geworden. Größere Asynchronmotoren wurden zum Anlassen auch oft mit [Schleifringläufern](#) ausgeführt. Mit Frequenzumrichtern ist im Gegensatz zur $Y\Delta$ -Umschaltung eine reduzierte Stromaufnahme bei dennoch hohem Anlaufmoment realisierbar.

Ausführung

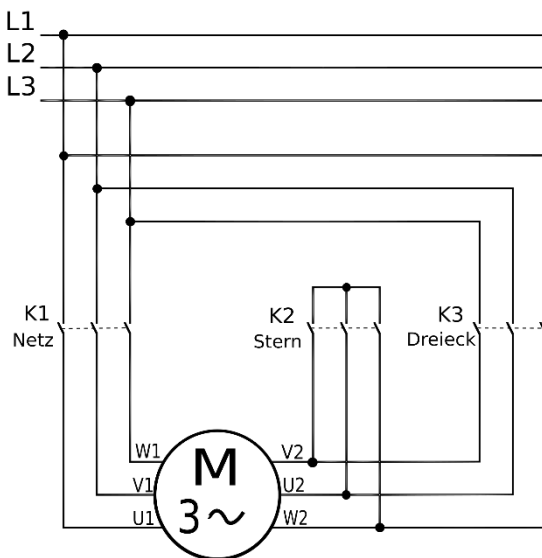
In der Praxis wird die Stern-Dreieck-Anlaufschaltung entweder mit einer [Schützschialtung](#) oder mit einem Stern-Dreieck-Schalter ausgeführt. Bei der Schützschialtung werden die beiden Schütze elektrisch gegeneinander verriegelt, denn wenn beide einschalten, entsteht ein Kurzschluss. Beim handbetätigten Stern-Dreieckschalter ist die Verriegelung mechanisch gegeben. Die Schützschialtung ist meist mit einem Zeitrelais gesteuert.

Umschaltstromspitze

Die Stern-Dreieck-Anlaufschaltung wird eingesetzt, um den [Anlaufstrom](#) eines [Asynchronmotors](#) in Dreieckschaltung zu begrenzen. Dabei wird der Motor in der Sternschaltung auf Drehzahl gebracht. Beim Umschalten wird dann nur noch der Dreieckstrom benötigt, der der aktuellen Drehzahl entspricht. Somit wird der [Einschaltstrom](#) auf $1/3$ gegenüber dem Strom bei Dreieck-Direkteinschaltung reduziert. Jedoch können beim Umschalten von Stern auf Dreieck Netzphasen und Motorfeld in Opposition zueinander stehen. Dies führt zu Ausgleichsvorgängen, was zu einer sehr hohen Umschaltstromspitze führen kann.



Schaltung



Verkettungsfaktor

Der Verkettungsfaktor gibt in Mehrphasensystemen das Verhältnis der [elektrischen Spannung](#) zwischen zwei benachbarten [Außenleitern](#) zum Wert der Sternspannung zwischen einem beliebigen Außenleiter und dem Sternpunkt an. Bei [symmetrischer Belastung](#) gilt dies auch für die [Stromstärken](#).

In einem Mehrphasensystem treten unterschiedliche Spannungen auf. Leitungs- und Sternspannung bzw. Phasenspannung sind unabhängig von Bauelementen über die Begriffe Außen- und Neutralleiter festgelegt, die Strangspannung hingegen unabhängig von den Leitern nur über das Bauelement, auf das sie sich bezieht:

- Die Spannung zwischen zwei aufeinanderfolgenden Außenleitern wird als verkettete Spannung oder *(Außen-)Leiterspannung*, bei Dreiphasensystemen auch als Dreiecksspannung bezeichnet. Beispiel im Dreiphasensystem: U_{31} ist die Spannung zwischen den Außenleitern L3 und L1.
- Die Spannung zwischen je einem der drei Außenleiter und dem Sternpunkt des [Netzes](#) wird als Sternspannung bezeichnet. Allgemeiner bezeichnet man die Spannung zwischen je einem der drei Außenleiter (auch: Phasen) gegen Neutralleiter und gegen Schutzleiter als Phasenspannung. Beispiel: U_{1N} ist die Spannung zwischen dem Außenleiter L1 und dem (meist [geerdeten](#)) Sternpunkt. Sie ist um den Verkettungsfaktor niedriger als die verkettete Spannung.
- Jeder Strang eines Drehstromgenerators oder Drehstromverbrauchers kann als [Zwei-pol](#) dargestellt werden. Strangspannungen eines Drehstromgenerators oder Drehstromverbrauchers bezeichnen die Spannungen, die über den entsprechenden Zweipolen abfallen. Wicklungsstrangspannungen fallen bspw. über Wicklungssträngen von Drehstromgeneratoren ab, Verbraucherstrangspannungen über Verbrauchersträngen. Die (Verbraucher-)Strangspannung U_{str} stimmt bei der Sternschaltung mit der Sternspannung, bei der Dreiecksschaltung mit der Leiterspannung überein.^[1]

Dreiphasensystem

Der Verkettungsfaktor ist im zeitlichen Versatz (= [Phasenverschiebung](#)) der [Wechselspannungen](#) begründet und beträgt bei [Dreiphasensystemen](#)

$$\sqrt{3} \approx 1,732 \quad .$$

Daraus folgt zum Beispiel aus der in [Niederspannungsnetzen](#) in Europa üblichen Sternspannung von 230 V die verkettete Spannung

$$U = 230V \cdot \sqrt{3} \approx 400V \quad .$$

Allgemein gilt der Zusammenhang

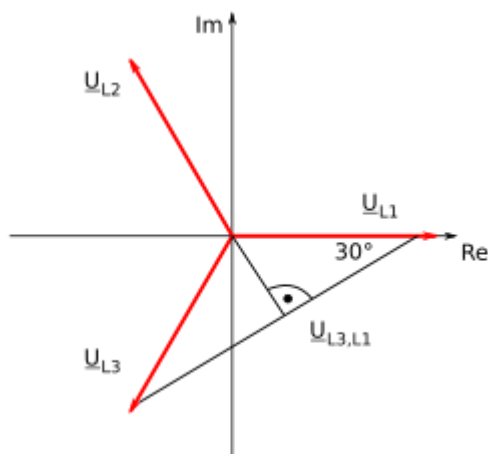
$$\text{Leiterspannung} = \sqrt{3} \cdot \text{Phasenspannung} \quad .$$

In [Hochspannungsnetzen](#) wird üblicherweise als Nennwert die verkettete Spannung angegeben. Beispiel: Bei einer 110-kV-Leitung beträgt die Dreiecksspannung zwischen zwei Außenleitern 110 kV und die Sternspannung zwischen einem Außenleiter und dem Erdpotential, das

im Regelfall durch das [elektrische Potential](#) des Sternpunkts gegeben ist, $\frac{110\text{kV}}{\sqrt{3}} \approx 63,5\text{kV}$.

Auch beim in der [elektrischen Energietechnik](#) verwendeten [Per-Unit-System](#) (pu) ist der Verkettungsfaktor in den [Bezugswerten](#) bereits enthalten.

Herleitung



Spannungs-Zeigerdiagramm im Dreiphasensystem in der [komplexen Zahlenebene](#). In rot sind die drei Sternspannungen, in schwarz ist eine der drei verketteten Spannungen eingezeichnet.

Der Verkettungsfaktor $\sqrt{3}$ für ein Dreiphasensystem errechnet sich anhand des rechts dargestellten [Zeigerdiagramms](#) sowie den Eigenschaften des [Kosinus](#):

$$\frac{1}{2} \cdot U_{L3L1} = U_{L1} \cdot \cos 30^\circ = U_{L1} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$$

daraus folgt:

$$U_{L3L1} = \sqrt{3} \cdot U_{L1}$$

m -Phasensysteme

Der Verkettungsfaktor ergibt sich in symmetrischen Mehrphasensystemen in Abhängigkeit von

der Phasenanzahl m , $m \geq 2$, allgemein zu:

$$U_{L1L2} = 2 \cdot \sin\left(\frac{\pi}{m}\right) \cdot U_{L1} \quad (\text{Berechnung im Bogenmaß})$$

Daraus ergibt sich der Verkettungsfaktor in verschiedenen Phasensystemen zu:

Phasenanzahl m	Verkettungsfaktor
2	2
3	$\sqrt{3} \approx 1,732$
4	$\sqrt{2} \approx 1,414$
5	$\frac{\sqrt{10 - 2\sqrt{5}}}{2} \approx 1,176$
6	1
≥ 7	< 1

In Phasensystemen mit mehr als sechs Phasen ist die verkettete Spannung zwischen **zwei benachbarten Außenleitern** somit immer kleiner als die Sternspannung.

Sternschaltung

Eine Sternschaltung ist die Zusammenschaltung beliebig vieler Anschlüsse über je einen Widerstand an einen gemeinsamen Punkt, der als Sternpunkt bezeichnet wird.

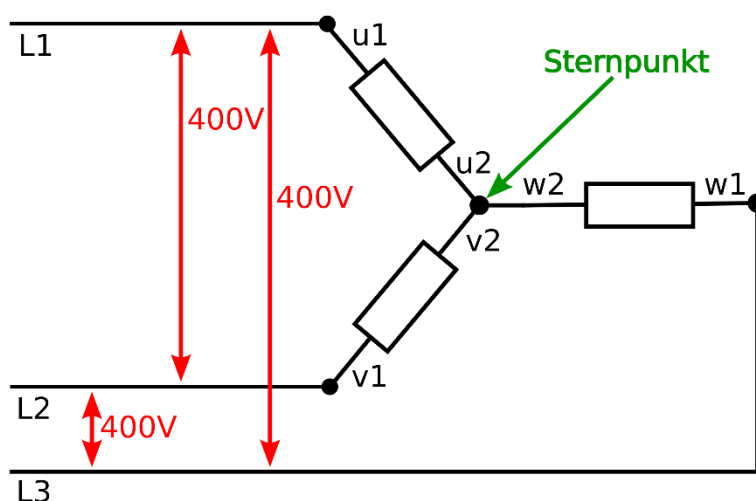
Sternschaltung in Drehstromsystemen

In der Sternschaltung werden die Anschlüsse der drei Stränge eines Drehstrombetriebsmittels (z. B. [Drehstrommotor](#), [Drehstromgenerator](#) oder [Drehstromtransformator](#)) an ihren Enden in Form eines Sterns miteinander verbunden. Der so entstandene Zusammenschluss bildet den Mittelpunkt, der auch *Sternpunkt* oder *Neutralpunkt* genannt wird. Die Wicklungsanschlüsse bilden dann die Anschlüsse für die [Außenleiter](#) (L1, L2 und L3) eines [Drehstromsystems](#). Bei symmetrischen [Lasten](#) addieren sich hier die Ströme der einzelnen Stränge im Sternpunkt auf Null, daher kann in einigen Fällen auf die Verbindung von Sternpunkt und Neutraleiter verzichtet werden.

Bei symmetrischer Belastung (d. h. die drei Stränge U, V, W haben die gleiche [Impedanz](#)) liegt über den Wicklungen U, V und W die Strangspannung (auch: Sternspannung) an. Diese ist um den [Verkettungsfaktor](#) niedriger als die Leiterspannung. Ausgehend von der in Europa üblichen Außenleiterspannung von 400 Volt beträgt die Strangspannung zwischen einem der Außenleiter (L1, L2 oder L3) und dem Neutraleiter (N) 230 Volt.

Der [Verkettungsfaktor](#) gibt das Verhältnis von Außenleiterspannung/verkettete Spannung (400 V) zu Strangspannung/Sternspannung (230 V) an. Er entspricht bei drei Außenleitern der [Quadratwurzel](#) aus 3, gerundet 1,732. Beispielsweise folgt aus einer Sternspannung von 230 V die verkettete Spannung von:

$$230\text{V} \cdot \sqrt{3} \approx 400\text{V}$$



Sternschaltung für Drehstromkreis an einem dreiphasigen 230-V-Netz mit 120° [Phasenverschiebung](#)

Durch geeignete Transformatoren ist es möglich, ein **Vier-Leiter-Sternschaltungssystem** in ein Drei-Leiter-Dreieckssystem umzuwandeln und umgekehrt.

Einzelne Phasenstränge dieser Schaltung finden in [Haushalten](#) als bekannter [230-V-Anschluss](#) (in Deutschland und in Österreich [Schuko](#), in der Schweiz [SEV 1011](#)) für sogenannte Teilverbraucher ihre Verwendung.

Der gemeinsame Einsatz der drei Phasenstränge erfolgt unter anderem bei [Elektromotoren](#) ([Drehstrommotor](#)) und elektrischen Heizsystemen. Hier werden die jeweiligen Enden der drei Phasenstränge wie folgt bezeichnet:

- $u_1 — u_2$
- $v_1 — v_2$
- $w_1 — w_2$

Um z. B. einen Elektromotor in **Sternschaltung** zu betreiben, werden die Außenleiter L1, L2 und L3 mit den Strangenden u_1 , v_1 , und w_1 folgendermaßen verbunden:

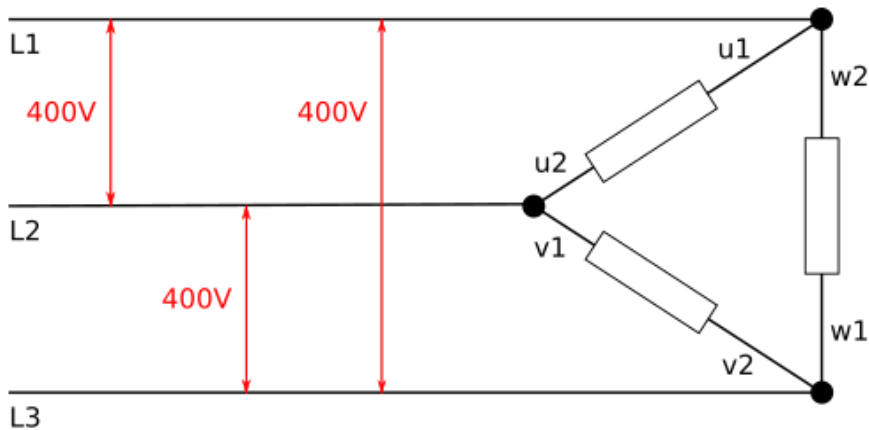
- L1 an u_1
- L2 an v_1
- L3 an w_1

Die übrigen Enden der Phasenstränge u_2 , v_2 und w_2 werden miteinander verbunden und bilden den Sternpunkt.

Die [Energieversorgungsunternehmen](#) streben eine gleichmäßige Belastung der drei Phasenstränge an. Da die drei Phasenstränge in der Praxis ungleichmäßig belastet sind, fließt im Neutralleiter deshalb ein vom Grad der Asymmetrie abhängiger Ausgleichsstrom.

Dreieckschaltung

In der Dreieckschaltung werden die Anschlüsse der drei Stränge eines Drehstrombetriebsmittels (z. B. [Drehstrommotor](#), [Drehstromgenerator](#) oder [Drehstromtransformator](#)) in Form eines Dreiecks miteinander verbunden. Die Eckpunkte des Dreiecks (u1, v1 und w1) werden mit den drei [Phasen](#) (L1, L2 und L3) des [Drehstromsystems](#) verbunden.



Im Gegensatz zur [Sternschaltung](#) ist bei der Dreieckschaltung kein [Sternpunkt](#) vorhanden, an dem ein [Neutralleiter](#) angeschlossen werden könnte.

In Europa beträgt die Spannung im [Niederspannungsnetz](#) üblicherweise 400 V zwischen zwei beliebigen Außenleitern. Die einzelnen Außenleiter haben gegen [Erde](#) aufgrund des [Verkettingsfaktors](#): $U = 230\text{V} \cdot 3^{0.5} = \text{ca. } 400\text{V}$

eine Spannung von 230 Volt.

Die Dreieckschaltung wird unter anderem bei leistungsstarken [elektrischen Maschinen](#) eingesetzt. Zum Anlaufen dieser Maschinen wird beispielsweise die [Stern-Dreieck-Anlaufschaltung](#) verwendet. Da die Leistung in Sternschaltung auf 1/3 der Leistung der Dreieckschaltung sinkt (die Widerstände der Motorwicklungen sind unveränderlich), vermeidet man hohe Anlaufströme.

Stern Dreieck Schaltung

Die kombinierte Stern Dreieck Schaltung, ist eine Massnahme zur Herabsetzung des Anlaufstromes, beim Starten eines Drehstrommotors. Der Motor wird also zuerst mit der Stern Schaltung gestartet, durch diese Massnahme ist der Anlaufstrom nur etwa 30% so hoch, wie beim Start einer Dreieck Schaltung. Ist der Motor nun mit der Stern Schaltung angelaufen, wird direkt auf die Dreieck Schaltung umgeschaltet.

Man kann sich das wie bei einer Fahrradschaltung vorstellen. Angefahren wird mit einem kleineren Gang und dann für die Normalgeschwindigkeit hochgeschaltet somit ist der Kraftaufwand beim Anfahren geringer. Etwas ähnliches passiert bei der Stern Dreieck Schaltung.

Was ist eine Stern bzw. Dreieckschaltung?

Drehstrom Motoren werden mit Hilfe eines Klemmbrettes angeschlossen. Das Motorklemmbrett ist dabei so konstruiert, dass zwei Schaltungen möglich sind, nämlich Stern und Dreieck. Diese Schaltungen werden mittels Brücken eingestellt.

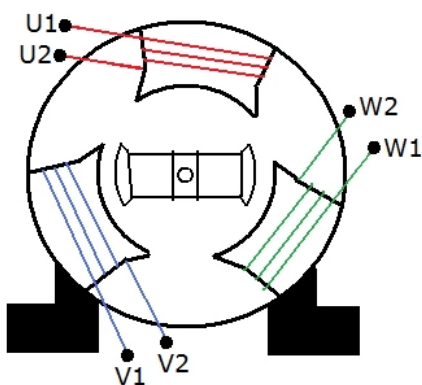
Auf dem Motorenklemmbrett befinden sich sechs Kontakte. Der Drehstrom Motor hat drei Wicklungen. Jede dieser drei Wicklungen hat zwei Kontakte und diese sechs Kontakte sind am erwähnten Klemmbrett zu finden.

W2 U2 V2
○ ○ ○

○ ○ ○
U1 V1 W1

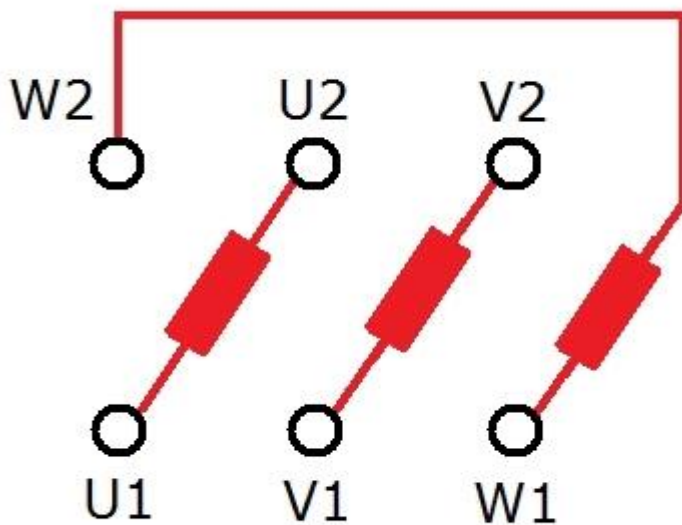
So sieht ein Motorenklemmbrett aus. Bestückt mit sechs Kontakten. Die erste Wicklung ist mit dem Buchstaben U, die zweite mit V und die dritte mit W gekennzeichnet.

Wicklungen eines Drehstrommotors



Auf dieser Zeichnung sind die Wicklungen eines Drehstrommotor vereinfacht Dargestellt. Hier sieht man wie die Wicklungen ungefähr angebracht sind. Die Wicklungen bestehen aus

aufgewickelten Kupferdrähten, sie sehen aus als ob sie blank wären, doch sie haben eine hauchdünne Isolationsschicht aufgetragen.



© www.elektricks.com

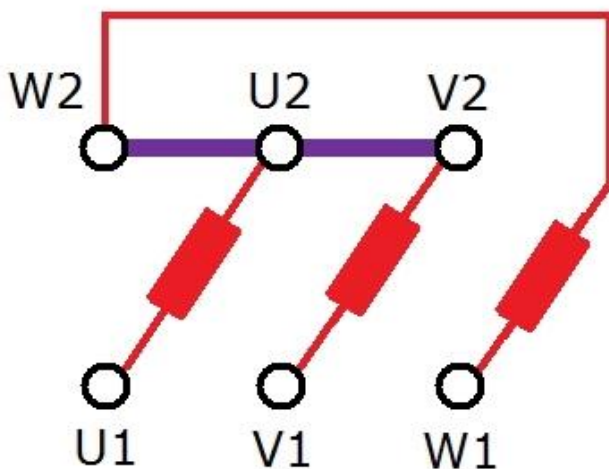
Zurück zum Motorklemmbrett. Immer zwischen zwei Kontakten mit den selben Buchstaben z.B U1 und U2 ist eine der drei Wicklungen des Drehstrommotors angeschlossen. Anfang und Ende der Wicklung. Das rote Viereck stellt hier die Wicklung dar. Die drei Aussenleiter (L1, L2, L3) werden immer so angeschlossen:

L1 an U1

L2 an V1

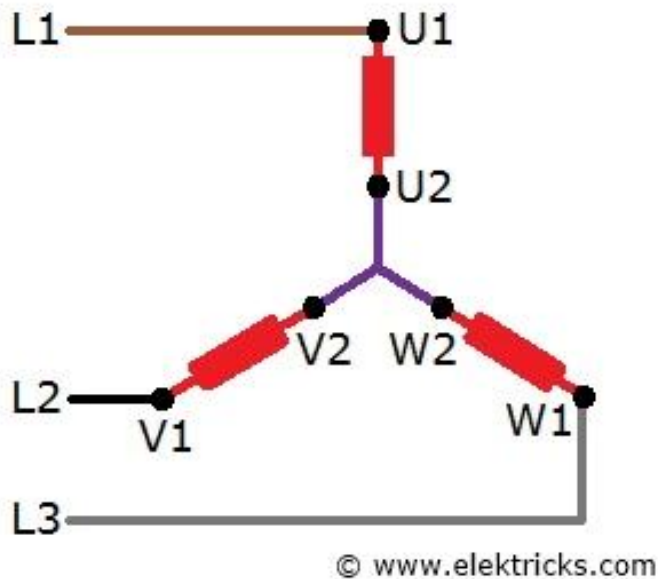
L3 an W1

Die Stern Schaltung



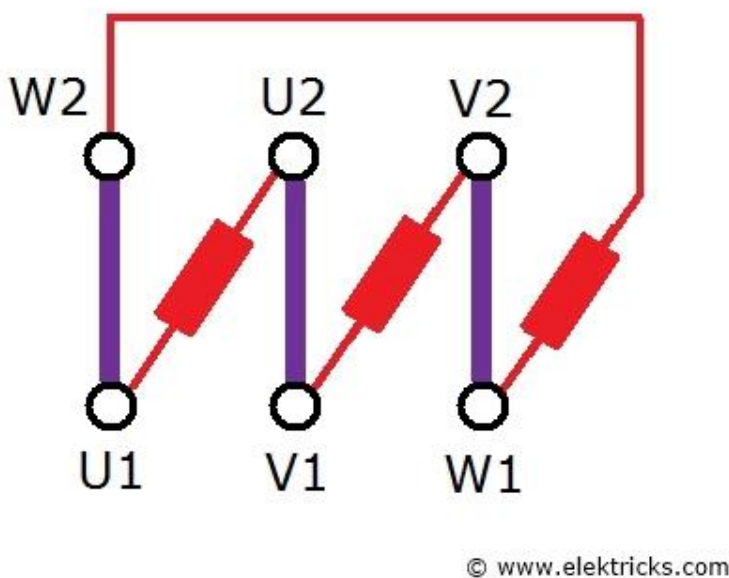
© www.elektricks.com

Öffnet man die Abdeckung des Klemmbretts, sind die notwendigen Kupferbrücken (Verbindungen) beigelegt oder bereits eingebaut. Auf dieser Zeichnung sind die Brücken violett dargestellt. Sind diese Brücken so verbaut, hat der Motor eine Stern Schaltung.

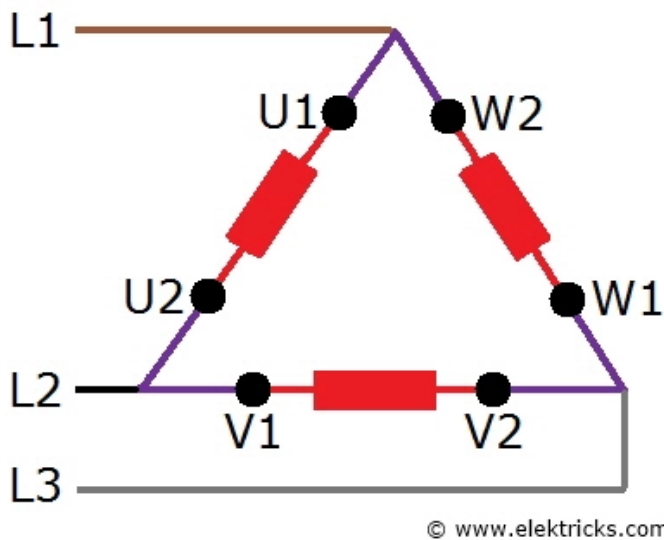


In einer anderen Darstellung sieht das ganze dann so aus. Nun haben wir eine Sternförmige Schaltung, daher auch der Name. Auch hier sind die Brücken in violett dargestellt.

Die Dreieck Schaltung



Sind die Brücken so verbaut, hat der Motor einer Dreieck Schaltung eingebaut.



Auch hier die übliche Darstellung der Dreieckschaltung, die für den Namen der Schaltung verantwortlich ist.

Stern Dreieck Motorschaltung

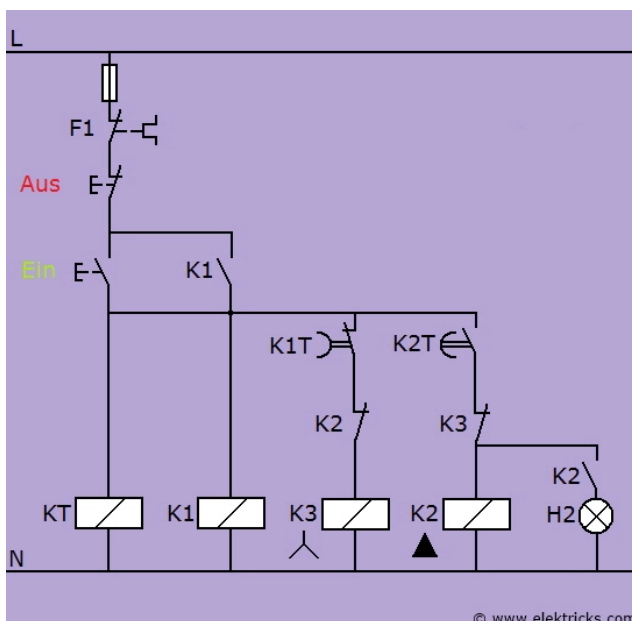
Nun stellt sich die Frage, warum ist der Anlaufstrom bei der Sternschaltung deutlich geringer als bei der Dreieckschaltung?

Bei der Sternschaltung liegt eine Spannung von 230V an den Wicklungen. Dabei ist die Leiterspannung 400V.

Bei der Dreieckschaltung liegt eine Spannung von 400V an den Wicklungen, bei gleicher Leiterspannung.

Durch die geringere Spannung an den Wicklungen bei der Sternschaltung ist auch die maximale Drehzahl geringer, dadurch ist auch der Anlaufstrom geringer.

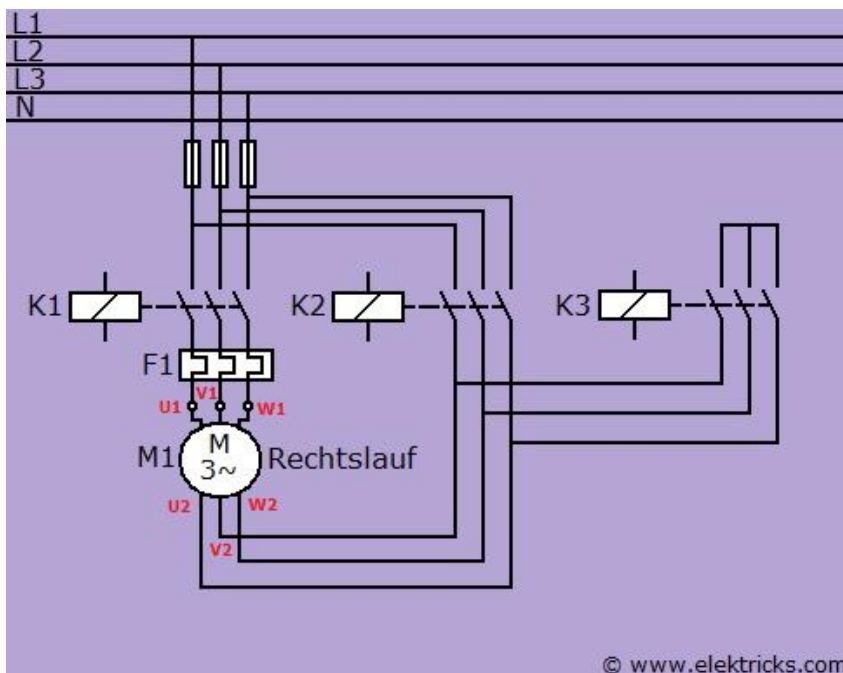
Bei der Stern Dreieck Schaltung handelt es sich eigentlich um eine reine Dreieckschaltung. Mittels einer vorübergehenden Umschaltung auf die Sternschaltung beim Anlauf des Motors, wird der Anlaufstrom reduziert.



Um die Stern Dreieck Schaltung zu verstehen, sollte man sich zuerst den Steuerstromkreis anschauen. Angefangen von oben.

- Taste **Ein** schaltet das Zeitrelais und die Schütze K1 und K3 ein. Durch die Selbsthaltung bleibt K1 gezogen
- Der Motor läuft nun mit der Stern Schaltung an. Die eingestellte Verzögerungszeit am Zeitrelais KT läuft ab.
- Nach Ablauf dieser Verzögerungszeit öffnet der Kontakt K1T und K3 fällt ab. Der Motor läuft nun nicht mehr mit der Stern Schaltung.
- Nach einer Verzögerungszeit von ca. 0,2 s schliesst K2T und schaltet somit K2 ein. Der Motor läuft nun mit der Dreieck Schaltung weiter.
- Damit es durch eventuelle Fehler in der Steuerung zu keinem gleichzeitigen Einschalten von K2 und K3 kommen kann, sind diese zwei Schütze mechanisch gegenseitig verriegelt. Es kann also nur einer von beiden gezogen sein.

Erklärungen zu den verschiedenen Kontakten findet man unter [Elektrosymbole > Kontakte](#).



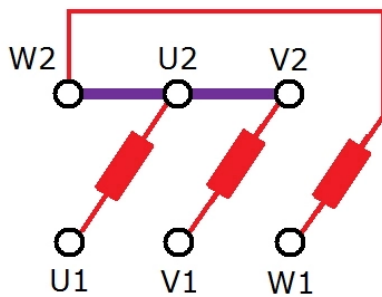
Auf dieser Zeichnung ist das Ganze noch einmal im Allpoligen Starkstromkreis aufgezeichnet. Hier ist zu sehen, wie die Schützen (K1, K2, K3) beim Motor (M1), die Stern und Dreieck Schaltungen schalten.

Zu beachten ist, dass K2 und K3 “nur” die Aufgabe haben, die Brücken zu ändern um eine Stern- bzw. Dreieck-Schaltung zu ermöglichen. K1 hat dabei die Aufgabe den Motor ein- und auszuschalten.

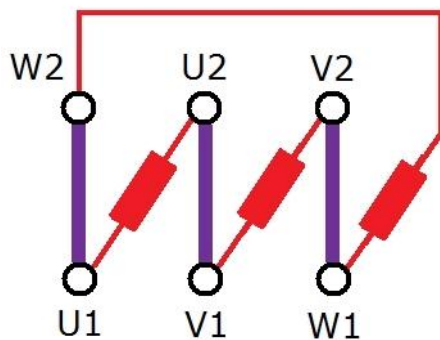
Der Motor hat nun sechs Drähte angeschlossen, die üblichen geschalteten Aussenleiter L1, L2, L3 von K1 kommend, angeschlossen am Motor (U1, V1, W1). Und von den Klemmen U2, V2, W2 verbunden mit den Schützen K2 und K3.

- Beim Einschalten werden K1 und K3 gezogen.

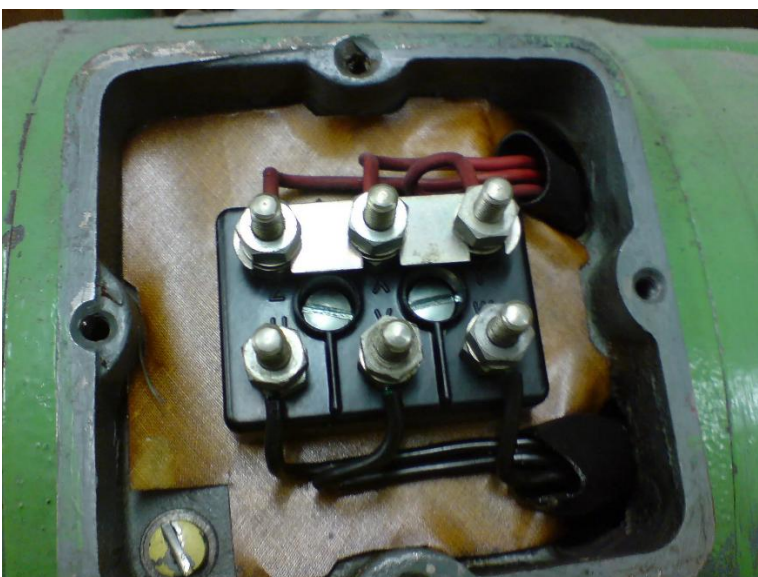
- Schön zu sehen ist nun, dass eine Verbindung von U2, V2 und W2 entsteht. Dabei entsteht eine Verbindung von U2, V2 und W2 wie auf der Zeichnung mit der Sternschaltung.



- Der nächste Schritt der Schaltung ist nun, dass K3 abfällt und nur kurze Zeit später K2 geschaltet wird. Der Motor läuft in Dreieck Schaltung weiter und erreicht die volle Drehzahl. Auch hier passiert nichts anders als auf dieser Zeichnung, die Dreieckschaltung.



Zum Schluss gibt es noch ein Foto von einem Motorenklemmbrett eines doch schon älteren Elektromotors. Nun sollte es kein Problem mehr sein, zu bestimmen ob dieser Motor eine Stern oder eine Dreieck Schaltung hat.



Alle Angaben ohne Gewähr. Wer ohne spezielle Ausbildung an Starkstrom arbeitet, begibt sich in Lebensgefahr!

Weitere Literatur mzum Thema:



SIEMENS
Ingenuity for life

24/7

Industry Online Support
Home

**Stern-Dreieck-Schalten von Drehstrommotoren
Verringerung der Umschaltstromspitze durch
Vorzugsschaltung für Rechts- und Linkslauf**

Industrielle Schalttechnik / SIRIUS Schalttechnik

<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/24499345>

Siemens
Industry
Online
Support



Motoren richtig anschliessen:

<https://www.sprichueberttechnik.de/1158/pruefungsvorbereitung-elektroniker/motor-an-schluss-nach-typenschild-stern-dreieck/andreas-nies/>