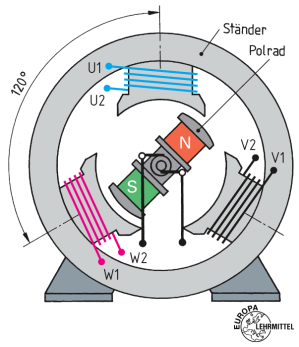
***Dreiphasenwechselstrom (Drehstrom)***

**Einleitung**

Die Generatoren unserer Stromversorgung sind so gebaut, dass sie gleichzeitig drei Wechselströme erzeugen. Der Ständer enthält 3 Spulen, die um 120° versetzt sind und der Magnet (Polrad) bewegt sich bei jeder vollen Umdrehung an diesen 3 Spulen vorbei und induziert dabei die 3 Wechselströme. Ihre Phasen sind um jeweils 120° gegeneinander verschoben. Der 3-phasige Wechselstrom wird als **Drehstrom** bezeichnet.

Lernziele

Am Ende dieser Lernsequenz können Sie…

* … die Erzeugung von Drehstrom erklären.
* … das 4-Leiter und 5-Leiter-System unterscheiden.
* … die Spannungsverkettung der Sternschaltung erklären.
* … die Stromverkettung der Dreieckschaltung erklären.

Inhaltsverzeichnis

[1. Entstehung der Dreiphasenwechselspannung 2](#_Toc298142468)

[1.1. 4-poliger Generator 3](#_Toc298142469)

[2. Verkettung 4](#_Toc298142470)

[2.1. Sternschaltung 4](#_Toc298142472)

[2.2. Dreieckschaltung 5](#_Toc298142473)

[2.3. Spannungen am Drehstromnetz 6](#_Toc298142474)

[2.4. Verkettungsfaktor 6](#_Toc298142475)

[2.5. Zeigerbild der Spannungen in der Sternschaltung 7](#_Toc298142476)

[2.6. Strangspannungen und Leiterspannungen im Liniendiagramm 7](#_Toc298142477)

[2.7. 400-V-Vierleiter-Drehstromnetz 7](#_Toc298142478)

[3. Sternschaltung 8](#_Toc298142479)

[3.1. Sternschaltung von Verbrauchern (symmetrische Belastung) 8](#_Toc298142481)

[3.2. Liniendiagramm der Leiterströme 8](#_Toc298142482)

[3.3. Zeigerbild der Ströme bei Sternschaltung (sym. Belastung) 8](#_Toc298142483)

[3.4. Sternschaltung von Verbrauchern (unsymmetrische Belastung) 9](#_Toc298142484)

[3.5. Zeigerbild der Ströme bei Sternschaltung (unsym. Belastung) 9](#_Toc298142485)

[3.6. Zeigerbild der Leiter- und Strangspannungen bei einer unsym. belasteten Sternschaltung ohne N-Leiter-Anschluss 9](#_Toc298142486)

[3.7. Zusammenfassung „Verbraucher in Sternschaltung“ 10](#_Toc298142487)

[4. Dreieckschaltung 11](#_Toc298142488)

[4.1. Dreieckschaltung von Verbrauchern (symmetrische Belastung) 11](#_Toc298142490)

[4.2. Verkettungsfaktor 11](#_Toc298142491)

[4.3. Zeigerbilder der Dreieckschaltung 11](#_Toc298142492)

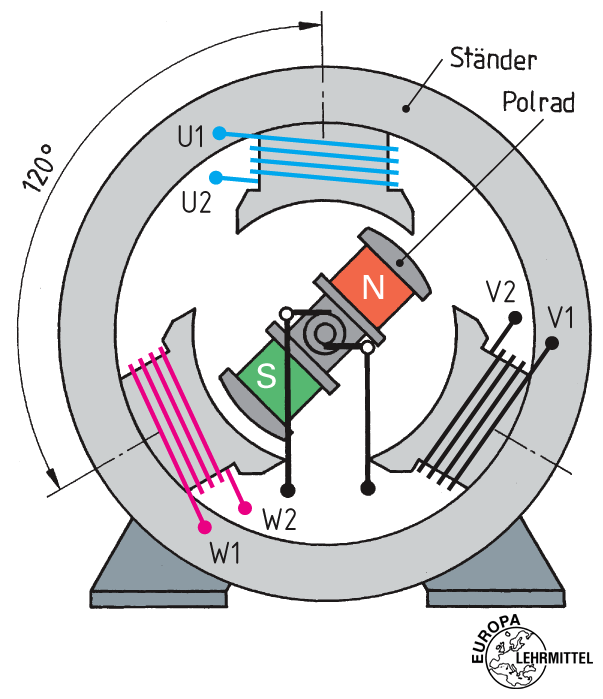
[4.4. Schaltung und Zeigerbilder bei unsym. belasteter Dreieckschaltung 12](#_Toc298142493)

[5. Anwendung von Stern- und Dreieckschaltung 12](#_Toc298142494)

[5.1. Motorklemmbrettschaltungen bei Drehstrom-Kurzschlussläufer-Motoren 12](#_Toc298142496)

# Entstehung der Dreiphasenwechselspannung

* Aufbau einer Innenpolmaschine (2- und 4-polig) verstehen.
* Namen und Bezeichnungen kennen.
* Zusammenhang zwischen f, n und p verstehen.



Java-Applet: <http://www.elsenbruch.info/ph10_drehstromgenerator.htm>



Begriffsergänzungen:

Ständer: Stator

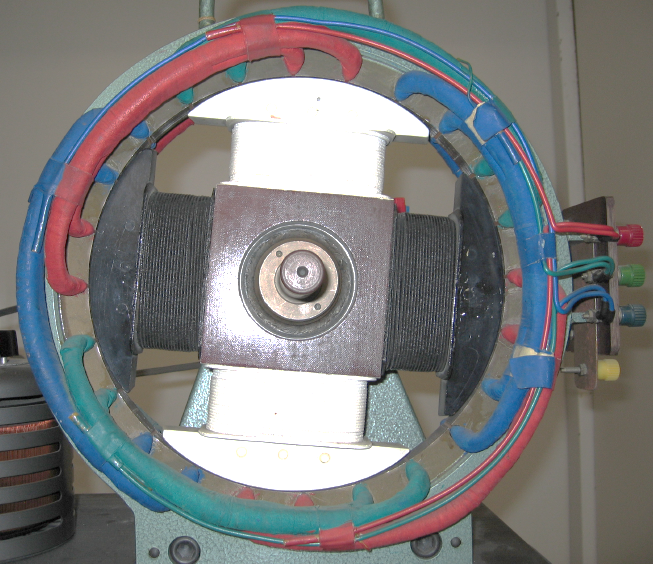
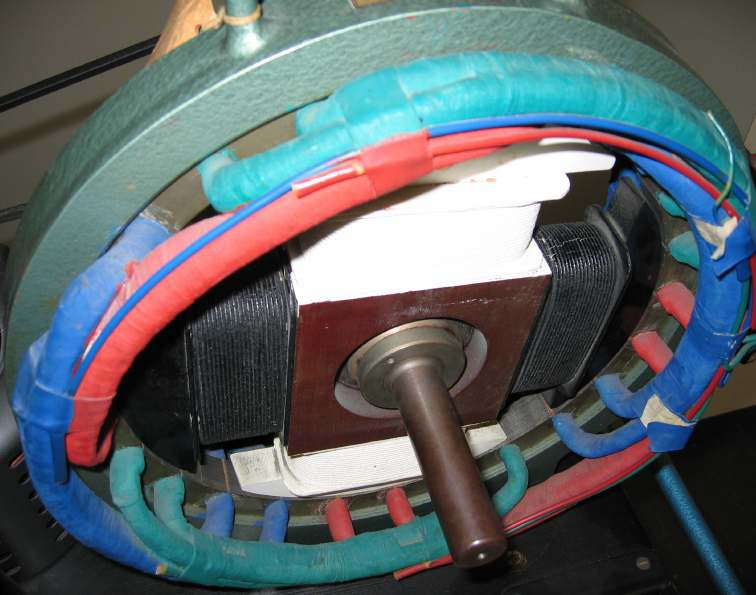
Polrad = Rotor

Wicklungen = Strang = Spule

Berechnung der Drehzahl:

Berechnungsbeispiele:

## 4-poliger Generator



4-poliger Generator als Innenpolmaschine

Aufbau Stator:

Stator, mit drei Polleiterwicklungen, deren Anfänge im 1/6 des Umfanges versetzt sind. Pro Polleiter sind vier Spulen vorhanden. Die zwei gleichliegenden sind in Serie mit den gegenüberliegenden parallel geschaltet.

Aufbau Rotor:

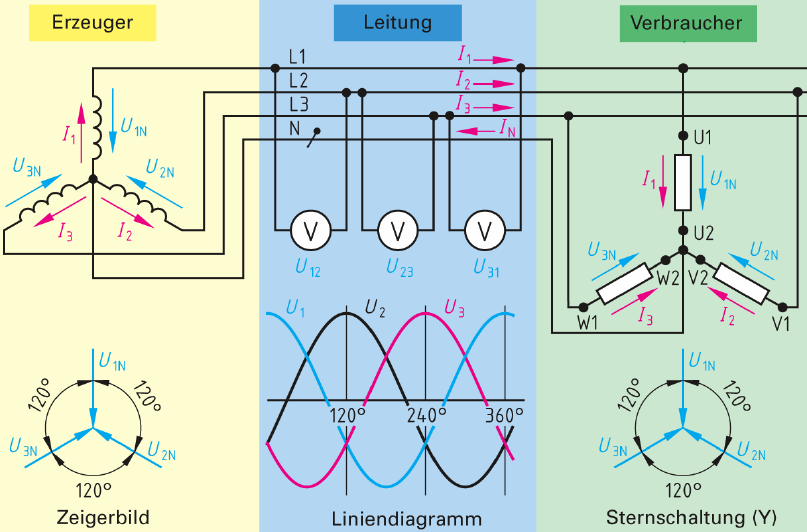
Vierpoliger Aufbau 🡪 2 Polpaare („Nordpol-Südpol-Nordpol-Südpol“)

# Verkettung



## Sternschaltung

* L1 / L2 / L3: Aussenleiter oder Polleiter
* N: Neutralleiter

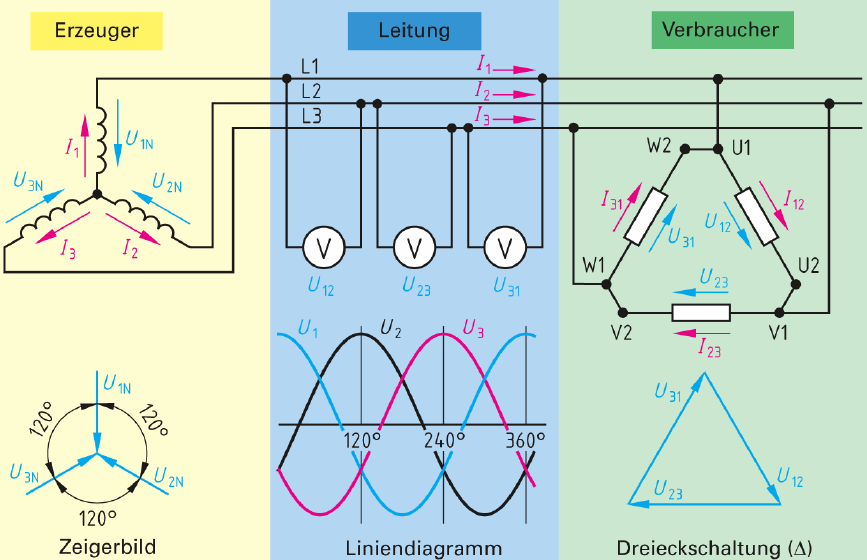




Verbraucher: Verbindungspunk der Strangenden U2-V2-W2 heisst **Sternpunkt.**

## Dreieckschaltung

* L1 / L2 / L3: Aussenleiter oder Polleiter

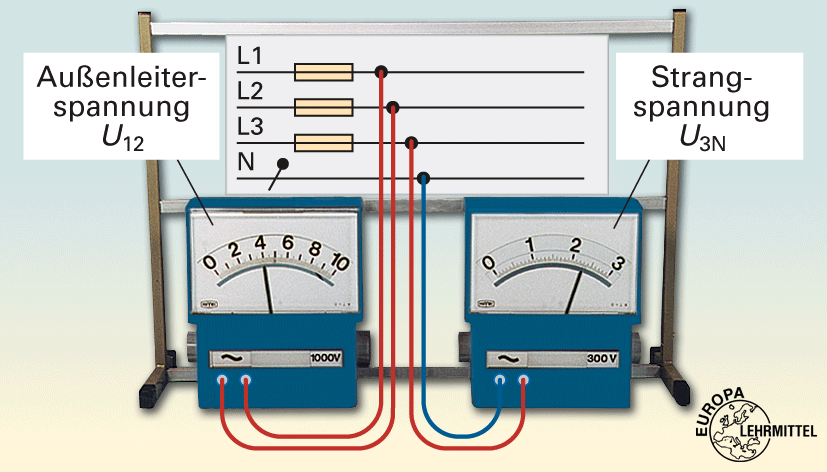




…

## Spannungen am Drehstromnetz

* U12 / U23 / U31: Aussenleiterspannung oder Leiterspannung = U
* U1N / U2N / U3N: Strangspannung = UStr.

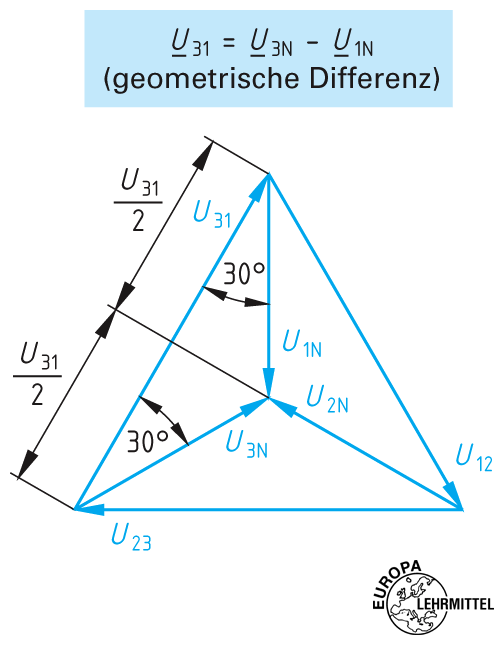


## Verkettungsfaktor

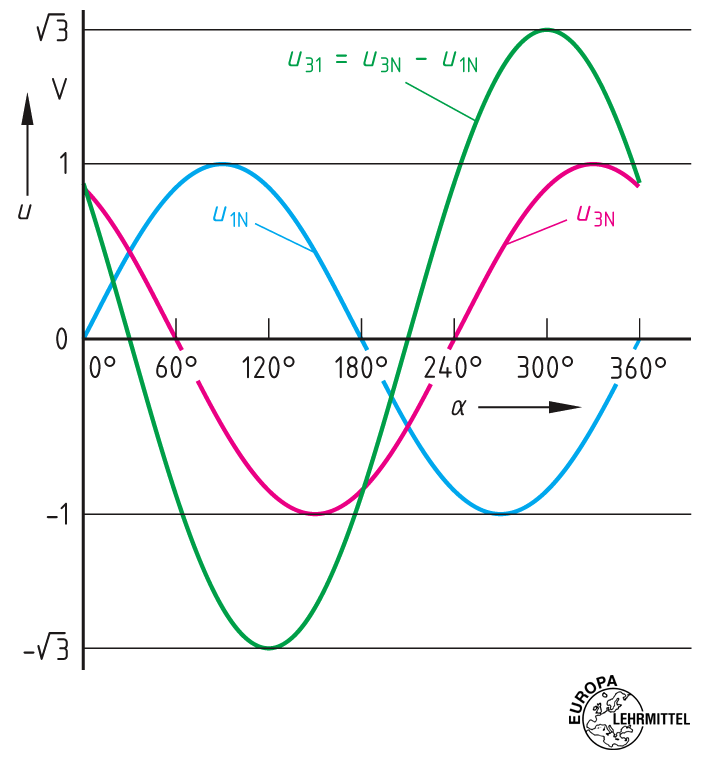


…

## Zeigerbild der Spannungen in der Sternschaltung

## Strangspannungen und Leiterspannungen im Liniendiagramm



Potenzialdifferenz zwischen U1N und U3N ergibt U31

## 400-V-Vierleiter-Drehstromnetz

* Leiterspannung = 400 V
* Strangspannung = 230 V

**Dies ermöglicht den Betrieb von Drehstrom- (400 V) und Wechselstromverbrauchern (230 V) an einem Netz!**

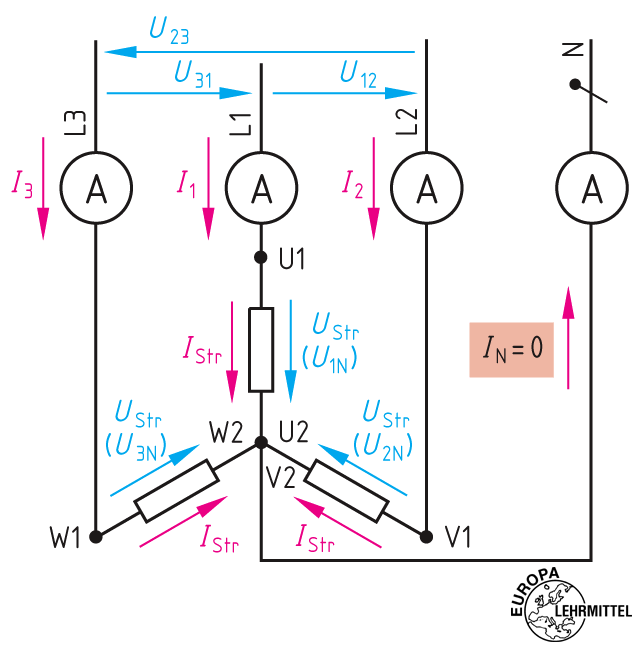
Drehstromverbraucher: Z.B. Motor, Elektroherd, Boiler

Wechselstromverbraucher: Z.B. Glühlampe, TV-Gerät, Bohrmaschine

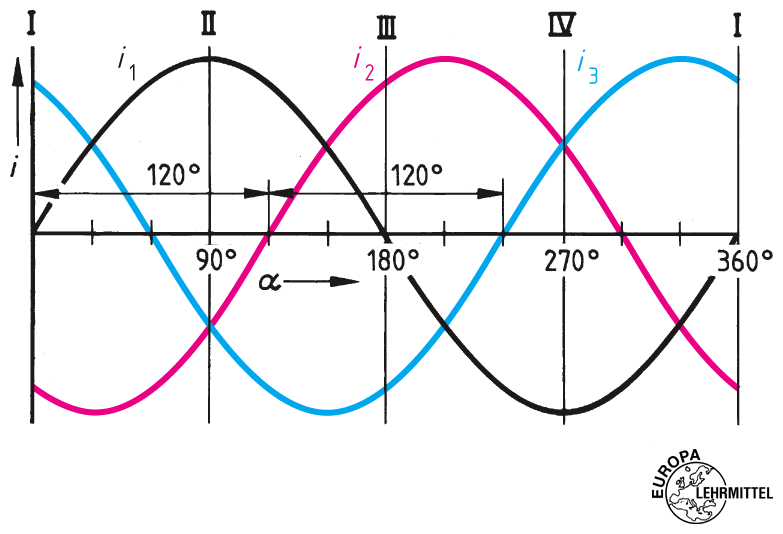
# Sternschaltung



## Sternschaltung von Verbrauchern (symmetrische Belastung)

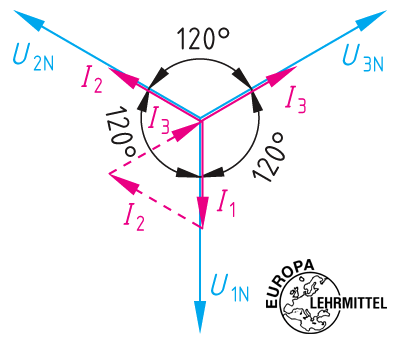
 

## Liniendiagramm der Leiterströme

Im Neutralleiter fliesst zu jedem Zeitpunkt die Summe der Leiterströme:

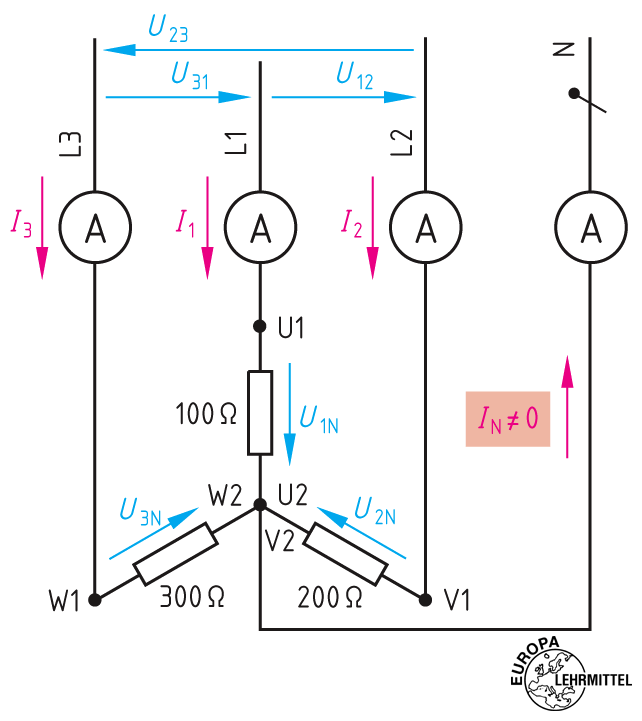
## Zeigerbild der Ströme bei Sternschaltung (sym. Belastung)

Bei ohmschen Verbrauchern haben U und I jeweils die gleiche Phasenlage.

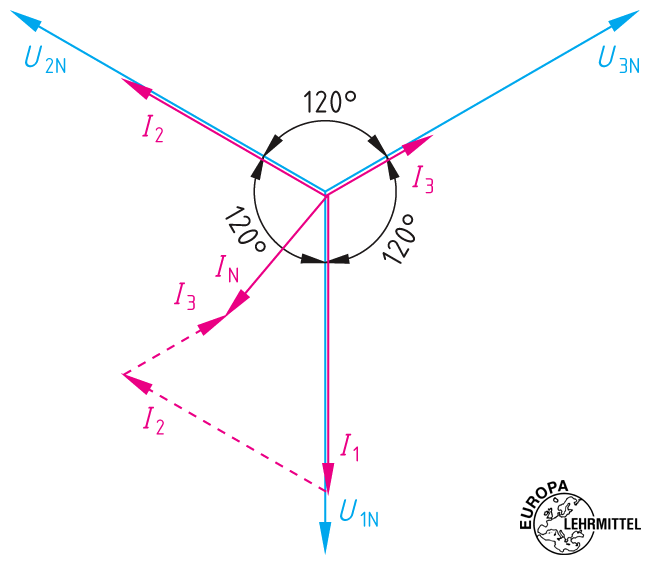
Die geometrische Summe der Leiterströme ist 0.

## Sternschaltung von Verbrauchern (unsymmetrische Belastung)

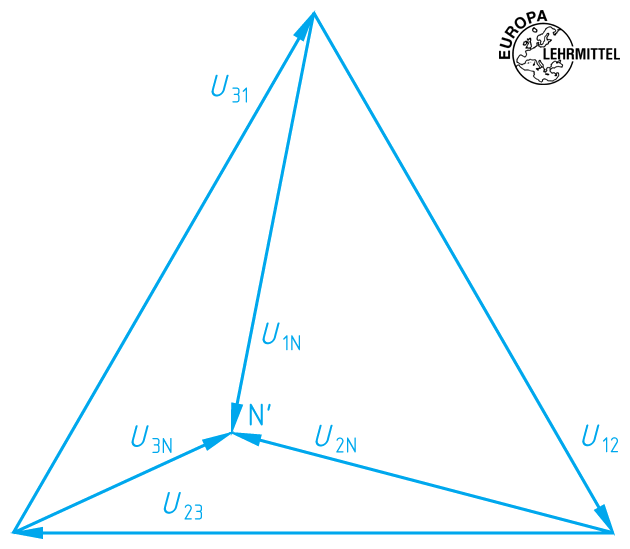
 

…

## Zeigerbild der Ströme bei Sternschaltung (unsym. Belastung)

## Zeigerbild der Leiter- und Strangspannungen bei einer unsym. belasteten Sternschaltung ohne N-Leiter-Anschluss

Beobachtung:

## Zusammenfassung „Verbraucher in Sternschaltung“

****Stromzeigerbild für symmetrische Belastung:

I1

I2

I3

Zeiger addieren

I2

I3

I1

****Stromzeigerbild für unsymmetrische Belastung:

Zeiger addieren

I2

I3

I1

IN

I2

I3

I1

****Nur 2 ohmsche Verbraucher, dafür mit Neutralleiter im Sternpunkt:

(Drehstrom!)

Zeiger addieren

IN

I3

I1

I3

I1

****Nur 2 ohmsche Verbraucher, ohne Neutralleiter:

🡪Wechselspannung (zwei Verbraucher in Serienschaltung)

🡪Drehstrom braucht mindestens 3 Anschlüsse

****3 ohmsche Verbraucher, unsymmetrisch, ohne Neutralleiter:

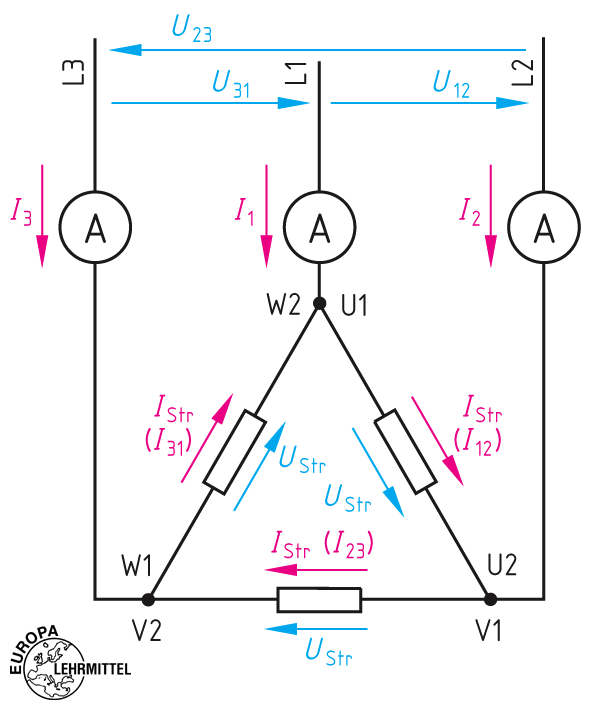
🡪Spannung werden unsymmetrisch

🡪Phasenverschiebung, Sternpunktverschiebung

# Dreieckschaltung

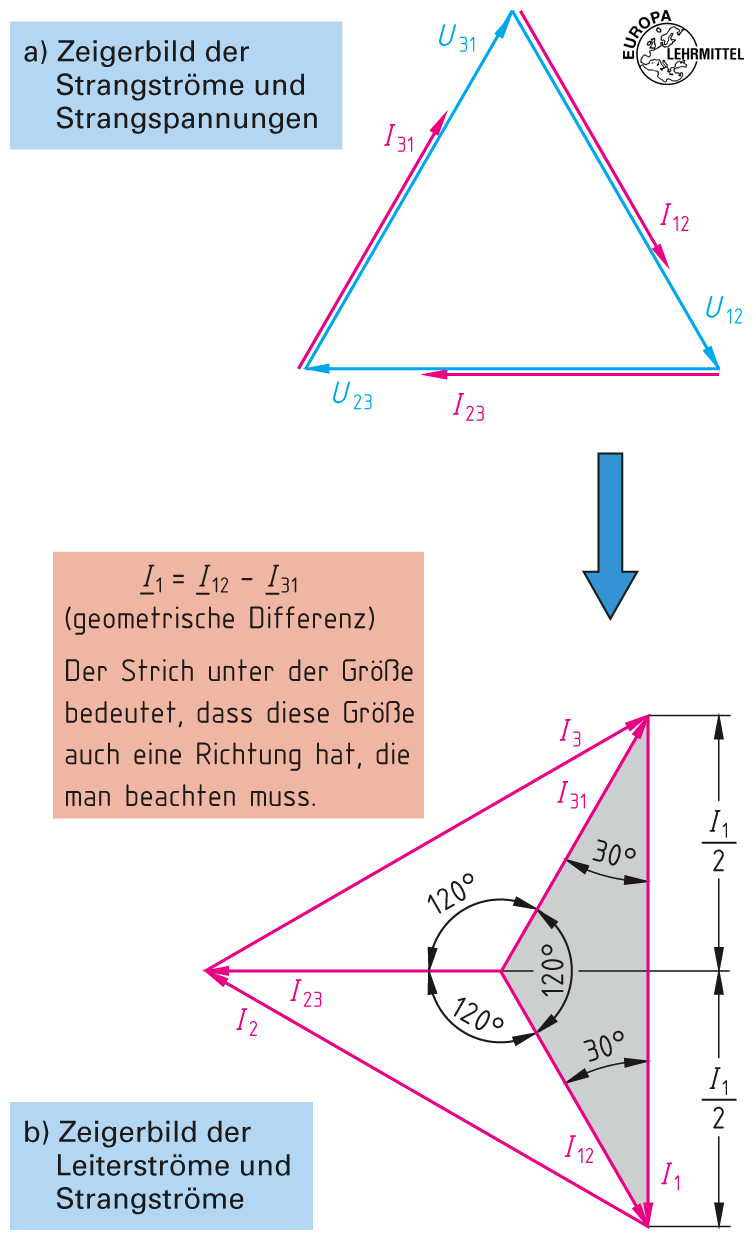


## Dreieckschaltung von Verbrauchern (symmetrische Belastung)

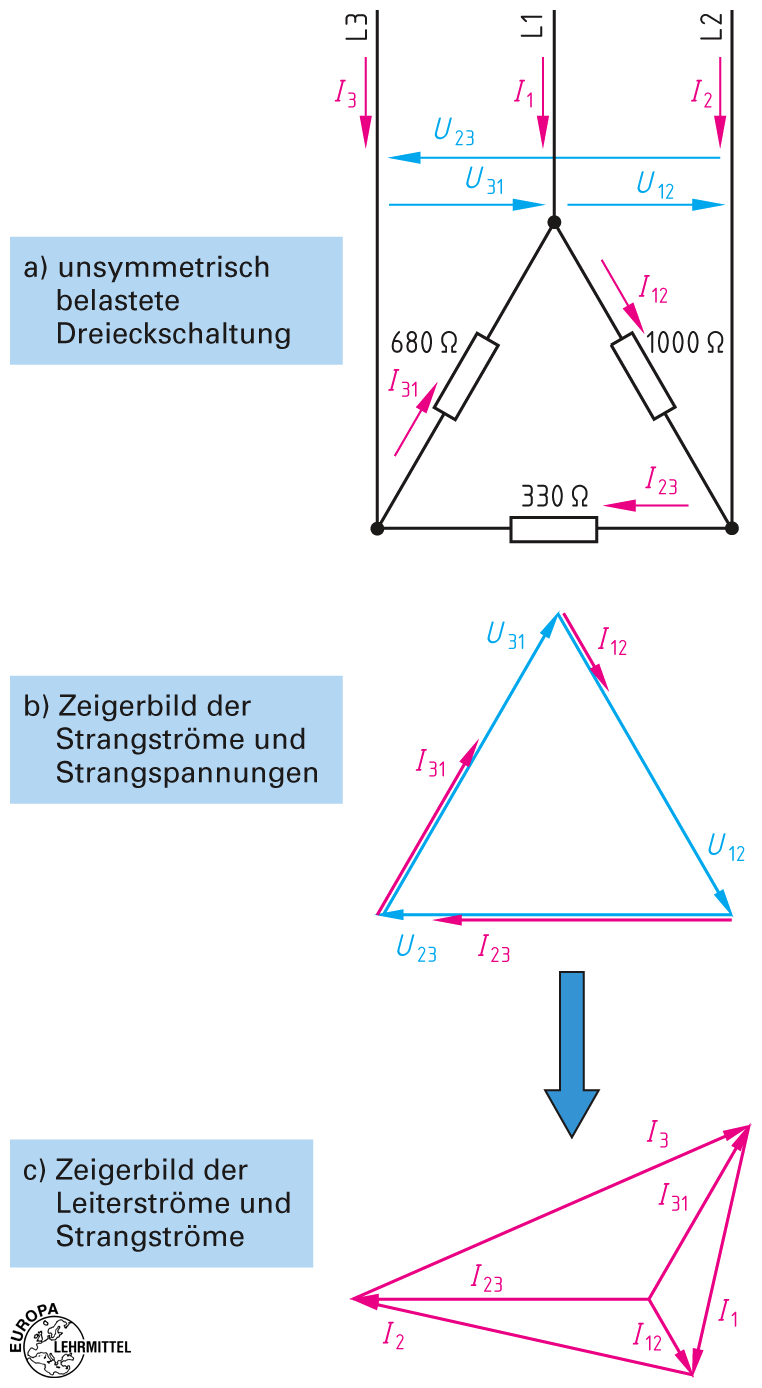


## Verkettungsfaktor

## Zeigerbilder der Dreieckschaltung

## Schaltung und Zeigerbilder bei unsym. belasteter Dreieckschaltung

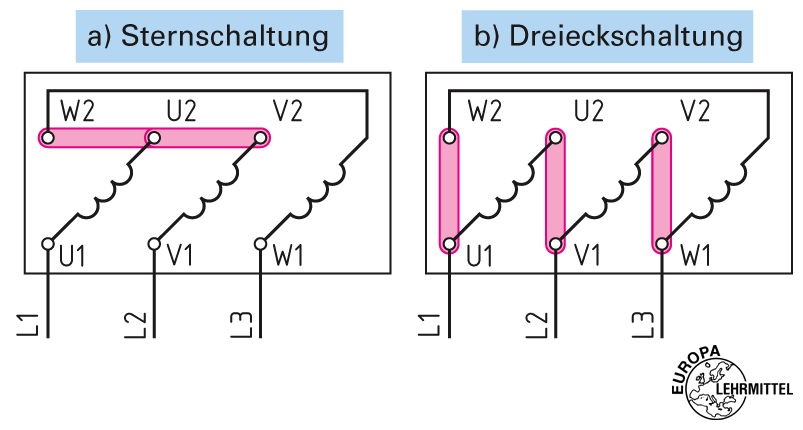
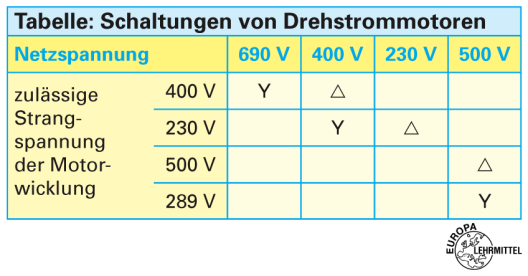
 

* Unsymmetrisches Stromzeigerbild
* Verkettungsfaktor nicht mehr gültig

# Anwendung von Stern- und Dreieckschaltung



## Motorklemmbrettschaltungen bei Drehstrom-Kurzschlussläufer-Motoren



Aufgabe: Auf dem Typenschild eines Drehstrommotors steht die Bezeichnung **400/230 V**. Darf dieser Motor am 400-V-Drehstromnetz in **Dreieckschaltung** betrieben werden?

Nein

400/230 V: zulässige Strangspannung = 230V

Sternschaltung wäre bei diesem Motor zulässig. Alternativ müsste ein Motor mit der Bezeichnung 690/400 V verwendet werden.

Netzspannung/Strangspannung