

Suche (STR+F) nach **VXXX** um in dieser Datei zur entsprechenden Videonummer zu springen

INHALTSVERZEICHNIS (STAND 16.4.2025)

VIDEO-V096:
EINFÜHRUNG IN DIE KOMPLEXE WECHSELSTROMTECHNIK



VIDEO-V096

EINFÜHRUNG IN DIE KOMPLEXE WECHSELSTROMTECHNIK

(mit kostenloser excel Vorlage zur Berechnung komplexer Zahlen)



kostenloser Download der pdf-Datei:
www.kaibauermann.de/wissen

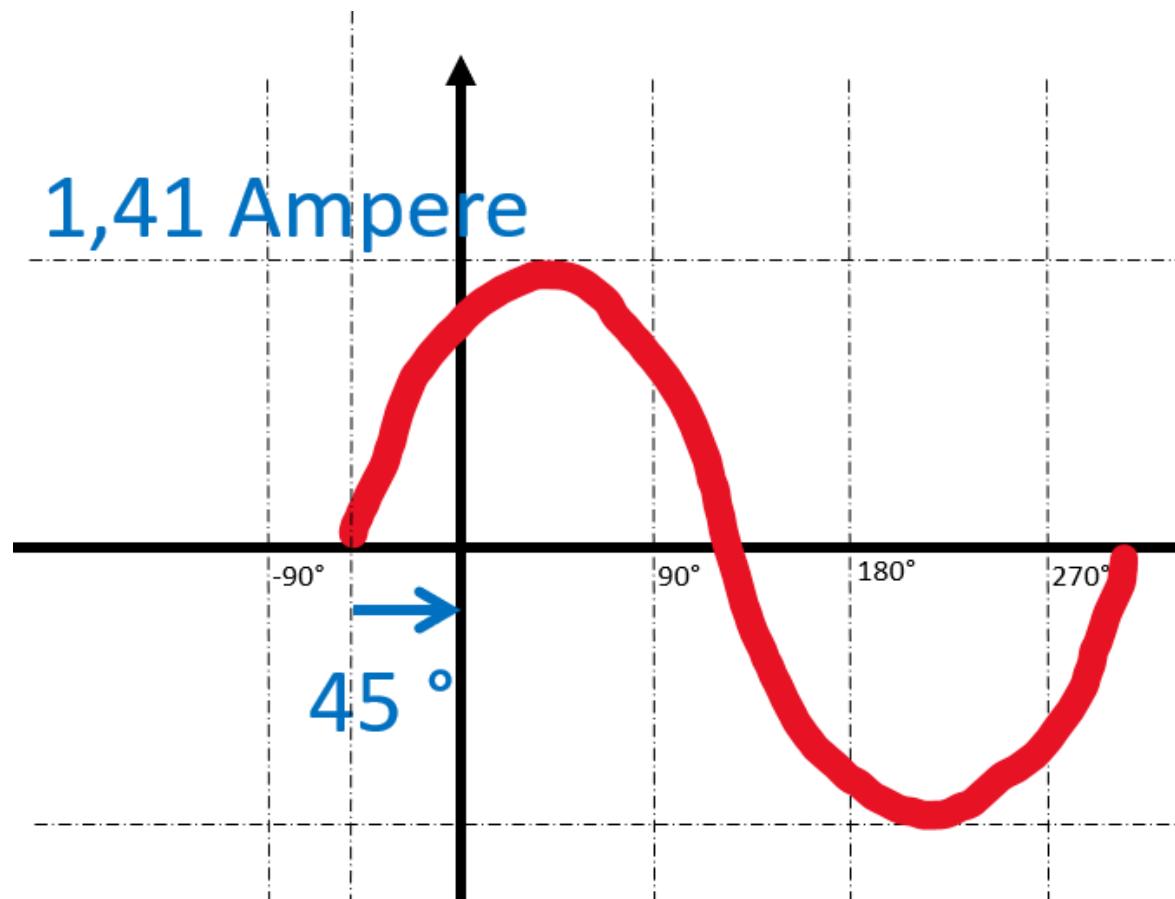


VIDEO-V096

**EINFÜHRUNG IN DIE KOMPLEXE
WECHSELSTROMTECHNIK**

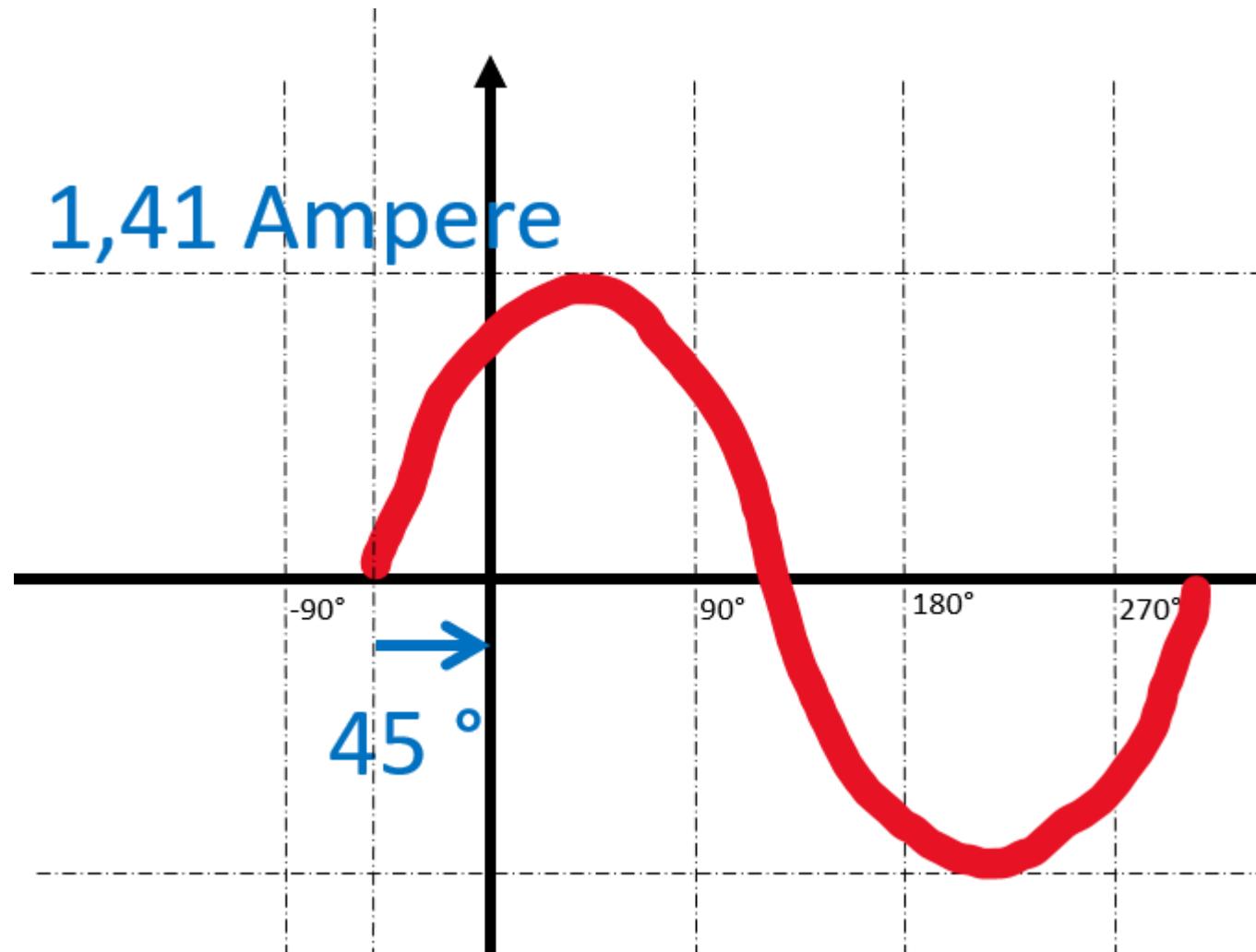
SINUS-SCHWINGUNG STROM

Ganz generell kann man jede Strom- oder Spannungs- Sinus Schwingung durch einen komplexen Zeiger darstellen. Schauen wir uns zunächst mal folgende Strom-Sinus Schwingung an ...



SINUS-SCHWINGUNG STROM

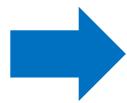
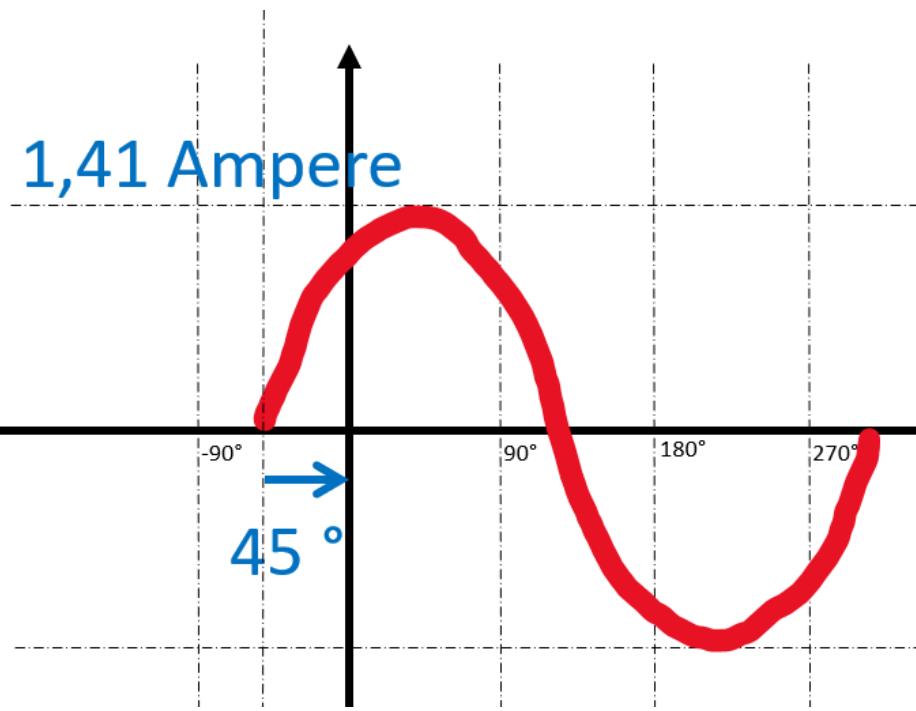
Diese Strom-Sinus Schwingung hat den Phasenwinkel $+45^\circ$ und die Amplitude 1,41. 1,41 ist gleich Wurzel 2.



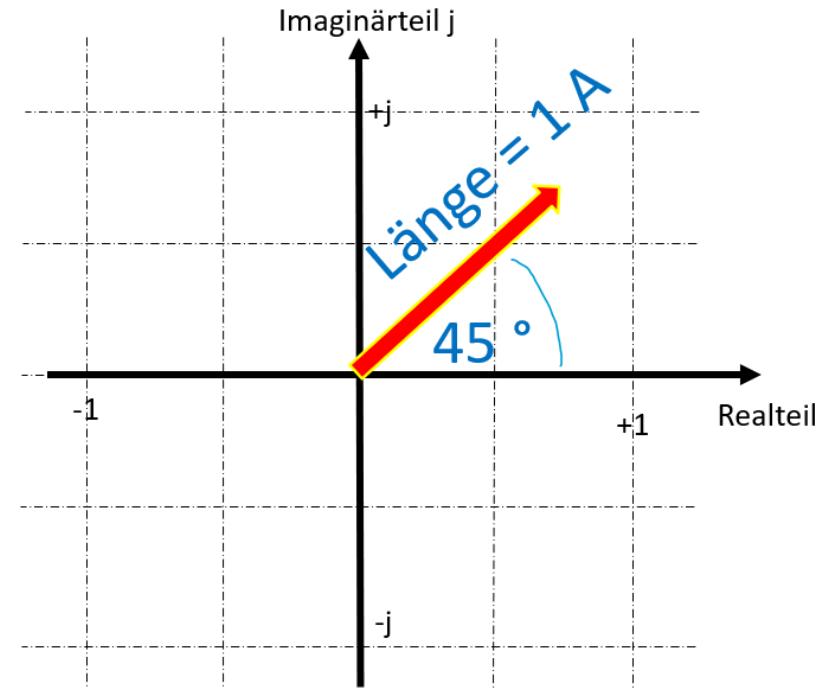
KOMPLEXER EFFEKTIVWERTZEIGER +45°

Wenn wir für diese Strom-Sinus-Schwingung jetzt den komplexen Effektivwertzeiger aufmalen, dann sieht dieser Effektivwertzeiger in der komplexen Zahlebene so aus, wie hier im rechten Bild dargestellt. Der Phasenwinkel von + 45° wird positiv links herum gezählt.

Sinuns-Schwingung:



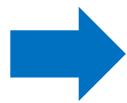
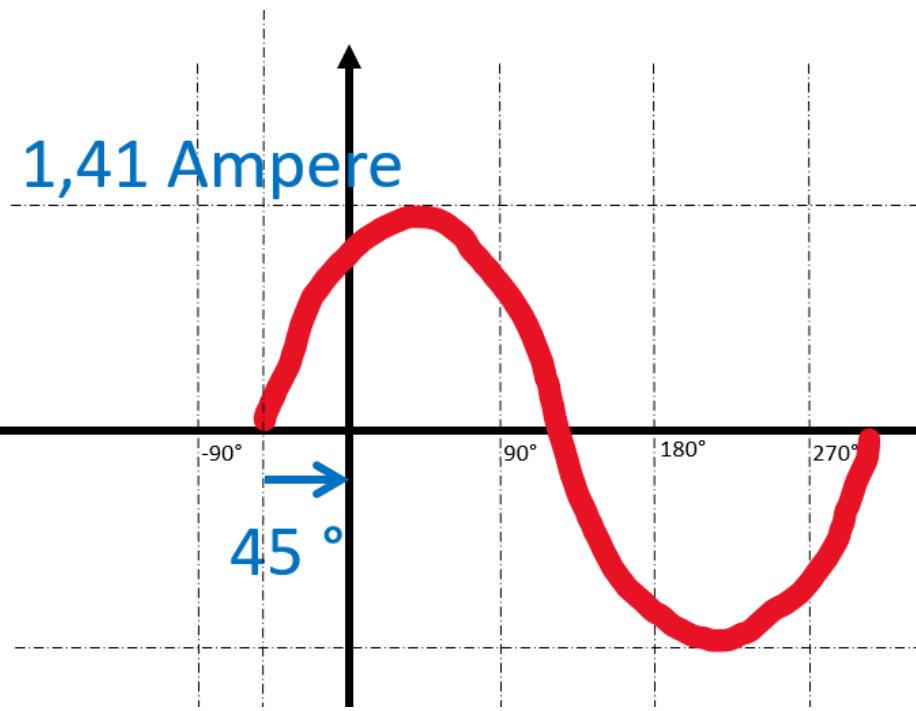
komplexer
Effektivwertzeiger:



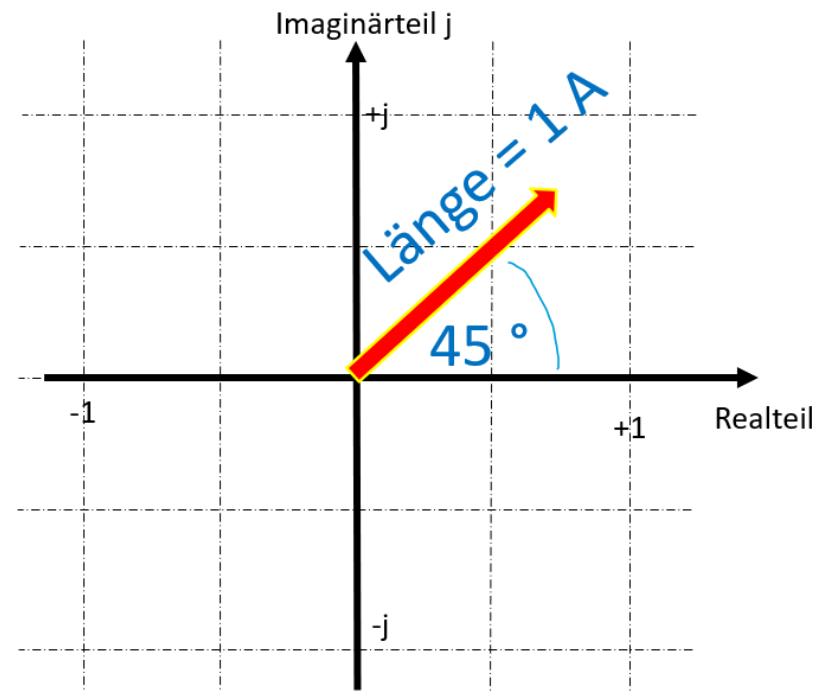
KOMPLEXER EFFEKTIVWERTZEIGER -45°

Der komplexe Effektivwertzeiger hat im Vergleich zur Amplitude der Sinus Schwingung jetzt nur noch die Länge 1, statt 1,41. Die Amplitude der Sinus Schwingung wurde also durch 1,41 geteilt ...

Sinus-Schwingung:



komplexer
Effektivwertzeiger:

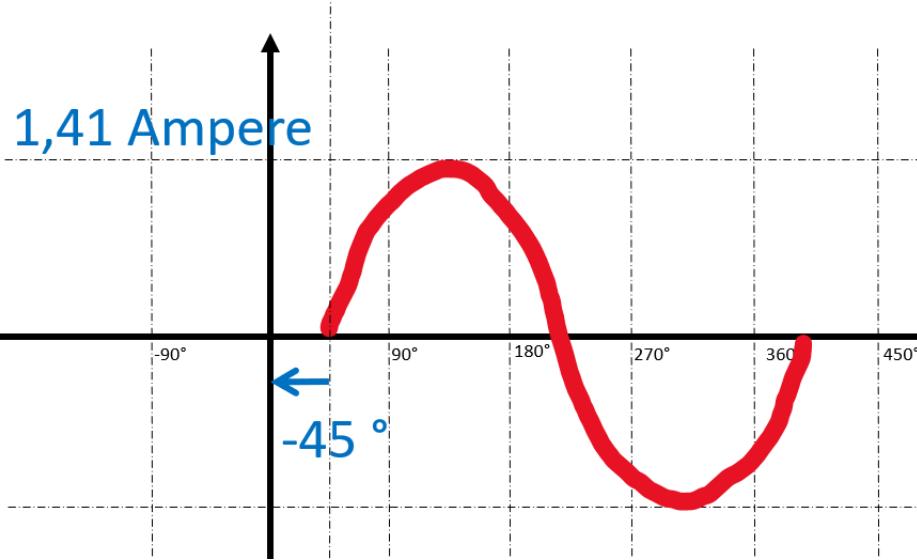


KOMPLEXER EFFEKTIVWERTZEIGER -45°

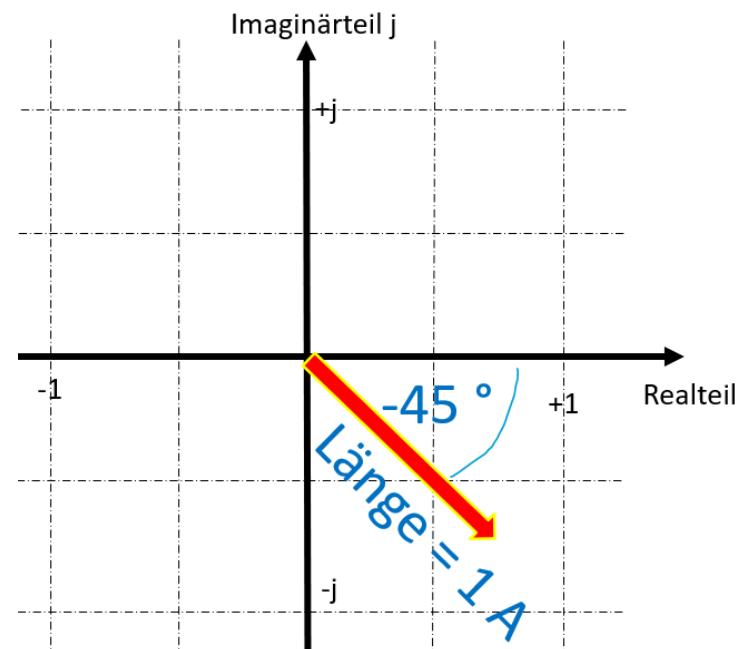
In der folgenden Abbildung ist der Phasenwinkel jetzt nicht mehr $+45^\circ$ so wie eben, sondern -45° .

Diese -45° werden jetzt im rechten Bild nach unten rechts herum statt nach oben linksherum eingezeichnet. Die Länge des Effektivwert Zeiger ist weiterhin 1.

Sinus-Schwingung:



komplexer
Effektivwertzeiger:



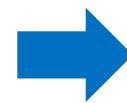
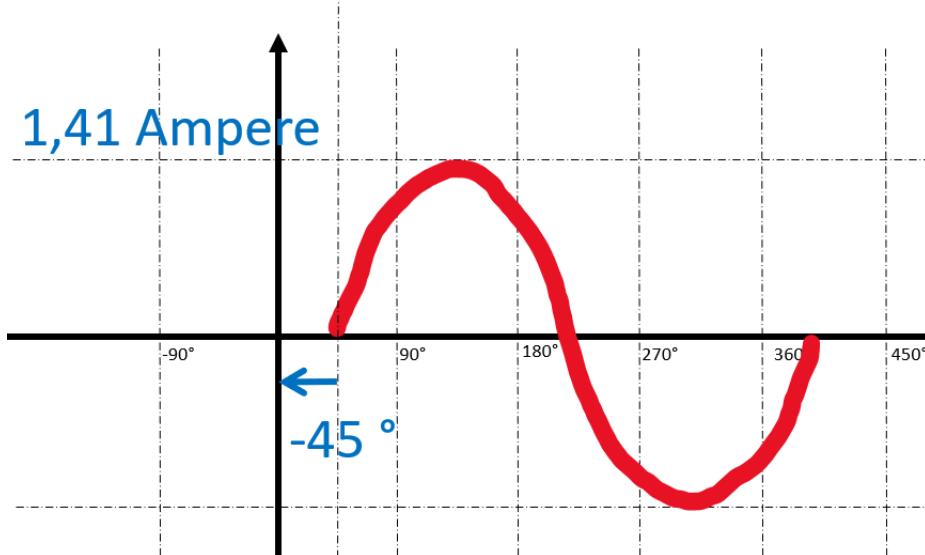
MATHEMATISCHE DARSTELLUNG KOMPLEXER EFFEKTIVWERTZEIGER

Zu guter Letzt noch, ist es wichtig zu wissen, wie man Effektivwertzeiger mathematisch aufschreibt. Den Zeiger aus dem rechten Bild unten würde man schreiben als:

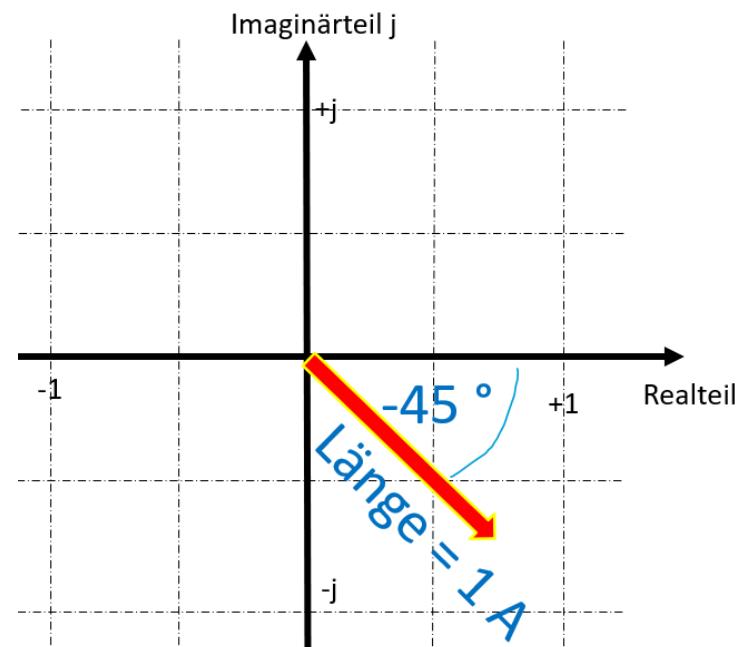
$$I = 1 \cdot e^{-45^\circ \cdot j}$$

1 ist die Amplitude und -45° der Phasenwinkel. Links seht ihr wie die zugehörige Sinus Schwingung aussehen würde.

Sinus-Schwingung:



komplexer
Effektivwertzeiger:



ZÄHLPFEILE

Jetzt kommen wir zu den Zählpfeilen. Zählpfeile werden benötigt, wenn man ein elektrisches Netzwerk hat und die Maschen oder die Knotenregel anwenden möchte. Schauen wir uns dazu zunächst folgendes sehr einfache Netzwerk an, das links aus einer Spannungsquelle, also aus einem Netzteil besteht, und rechts aus einem Kondensator.



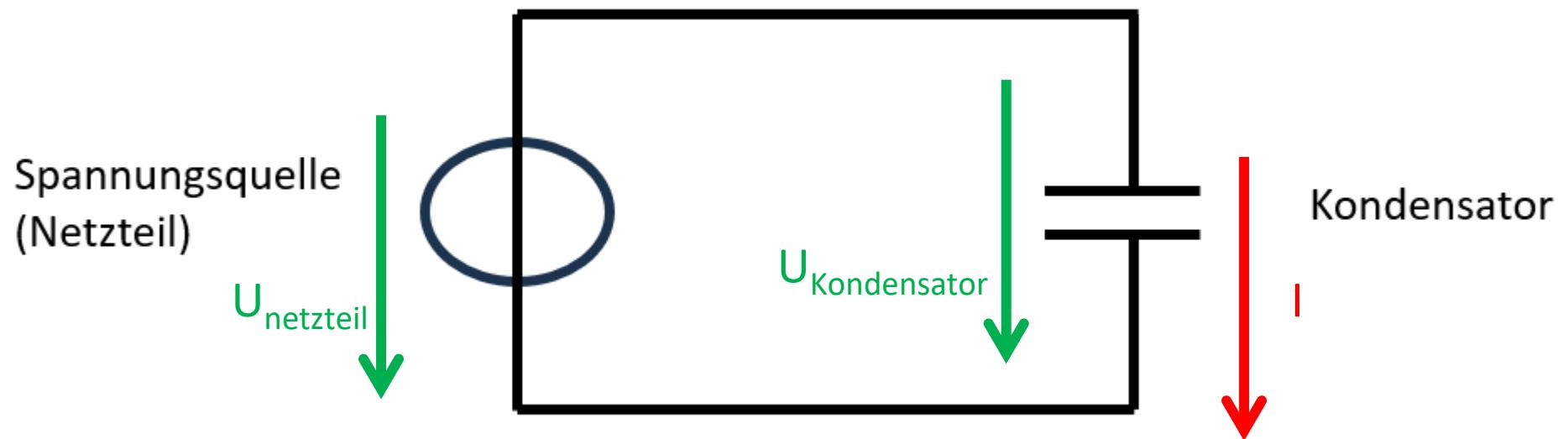
ZÄHLPFEILE EINZEICHNEN -- MASCHENREGEL

Zunächst wenden wir mal die **Maschnregel** an, die besagt dass die Summe der Spannungen beim Umlauf in einer Mache immer null ergibt. Die Zählpfeile dürfen wir vollkommen willkürlich in das Schaltbild einzeichnen, es ist also sowohl erlaubt die Zählpfeile so



ZÄHPFEILSYSTEME EINZEICHNEN -- MASCHENREGEL

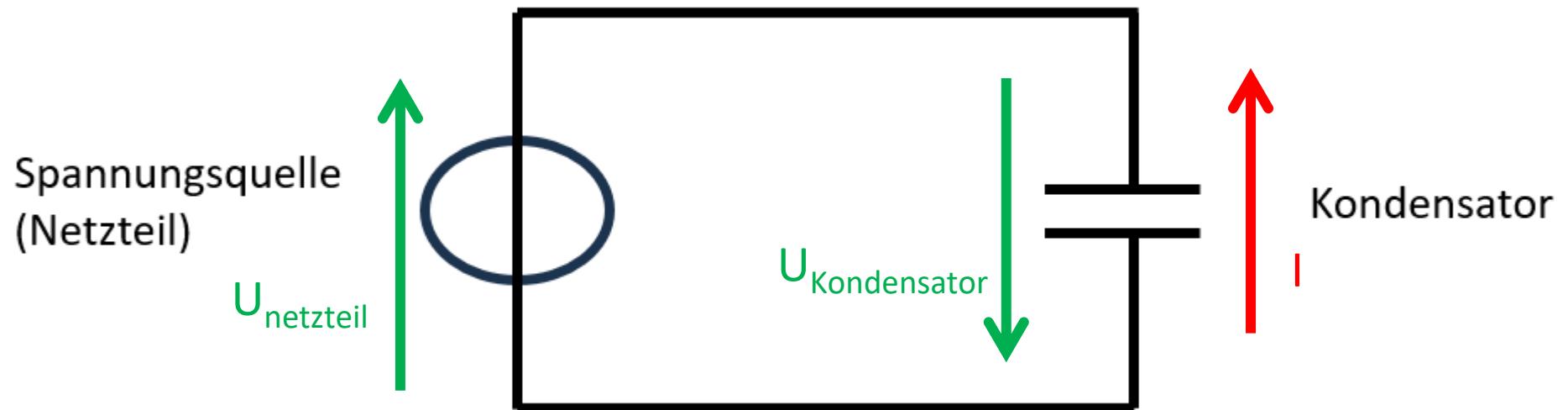
... oder aber auch so



ZÄHPFEILSYSTEME -- MASCHENREGEL

oder wie auch immer einzulegen.

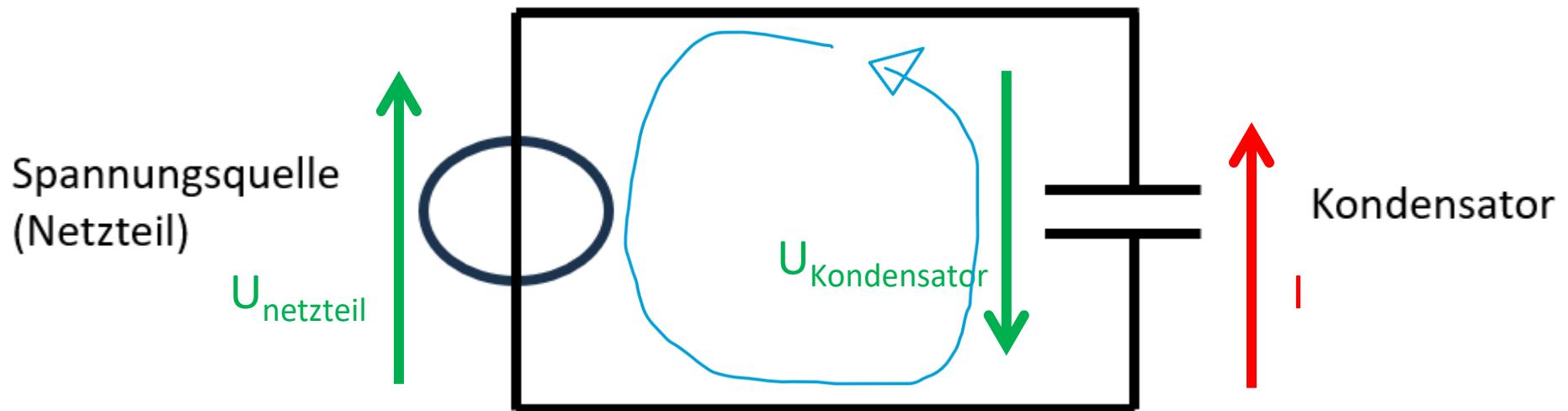
Wichtig ist nur, wenn die Pfeile einmal eingezeichnet wurden muss man bei seiner Festlegung bleiben!



ZÄHPFEILSYSTEME EINZEICHNEN -- MASCHENREGEL

Jetzt wenden wir die Maschenregel an und laufen einmal durch die Masche. Ob wir links herum laufen oder rechts herum ist wieder vollkommen egal. Ich entscheide mich links herum zu laufen. Wenn der Pfeil entgegen der Laufrichtung ist dann schreibe ich ein minus vor die Spannung, ansonsten ein +. Die Maschengleichung lautet also:

$$- \underline{U}_{\text{Netzteil}} - \underline{U}_{\text{Kondensator}} = 0$$

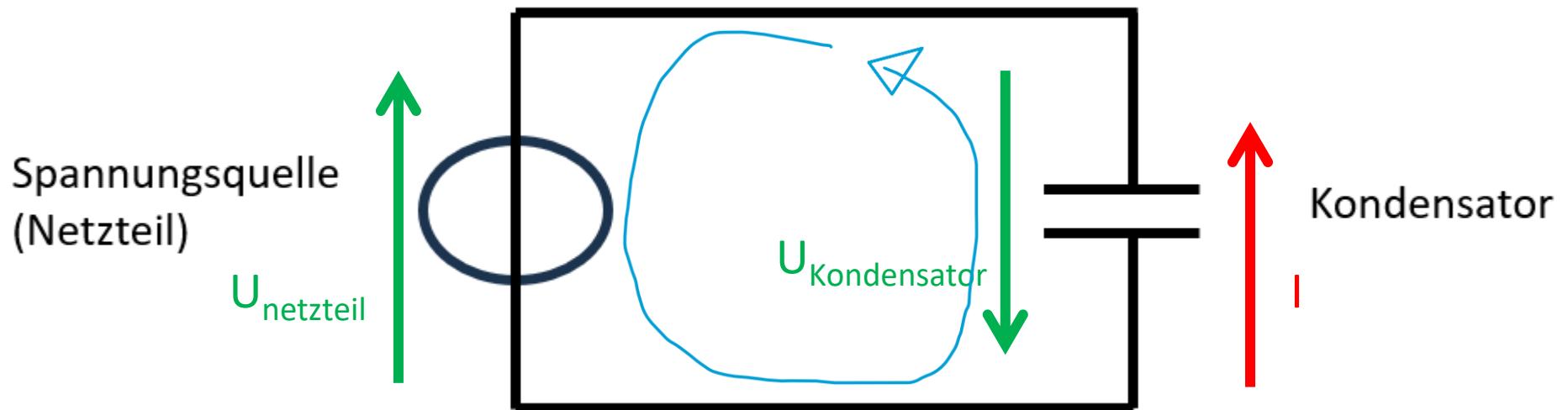


ZÄHPFEILSYSTEME EINZEICHNEN -- MASCHENREGEL

Oder anders ausgebracht, die Kondensatorspannung ist gleich der negativen Netzspannung

$$- \underline{U}_{\text{Netzteil}} - \underline{U}_{\text{Kondensator}} = 0$$

$$\underline{U}_{\text{Kondensator}} = - \underline{U}_{\text{Netzteil}}$$

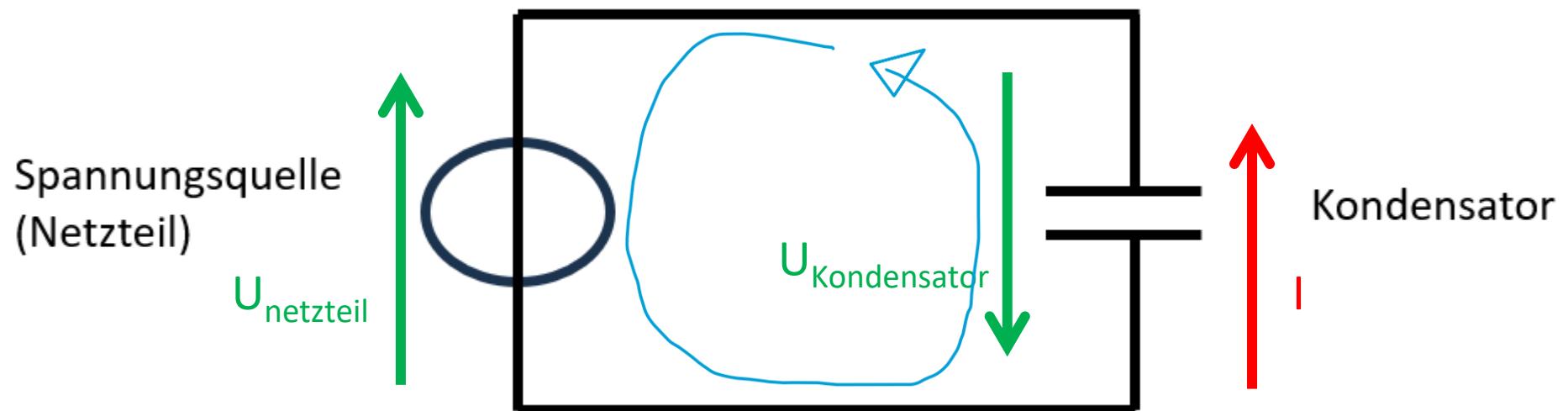


SPANNUNG KONDENSATOR – OHMSCHES GESETZ

Für die Spannung des Kondensator kann man entsprechend dem ohmschen Gesetz schreiben schreiben:

$$\underline{U}_{Kondensator} = - \underline{I} \cdot \underline{Z}_{Kondensator}$$

Das Minus in dieser Gleichung schreiben wir deshalb, weil Strom und Spannung in entgegengesetzte Richtungen zeigen.



ZUSAMMENHANG SPANNUNG UND STROM AM KONDENSATOR

Für den Kondensator konnten aufgrund der Maschenregel schreiben:

$$\underline{U}_{\text{Kondensator}} = -\underline{U}_{\text{Netzteil}}$$

außerdem konnten wir für die Kondensatorspannung wegen dem ohmschen Gesetz schreiben

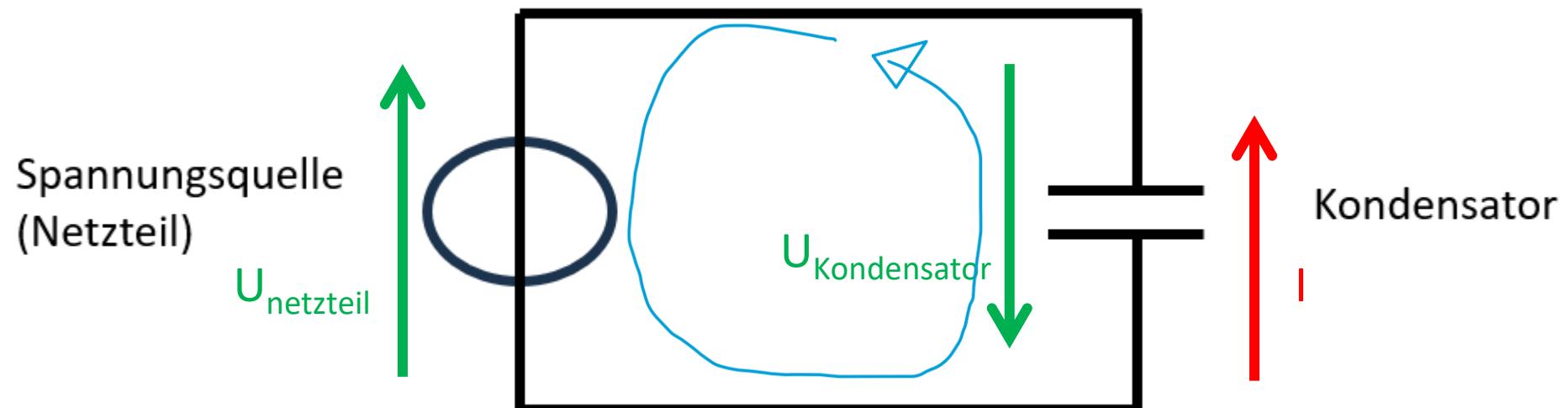
$$\underline{U}_{\text{Kondensator}} = -\underline{I} \cdot \underline{Z}_{\text{Kondensator}}$$

folglich gilt:

$$-\underline{U}_{\text{Netzteil}} = -\underline{I} \cdot \underline{Z}_{\text{Kondensator}}$$

oder

$$\underline{U}_{\text{Netzteil}} = \underline{I} \cdot \underline{Z}_{\text{Kondensator}}$$



NETZSPANNUNG UND IMPEDANZ

Die Impedanz des Kondensators ist bekannt, Sie lautet

$$Z_{\text{Kondensator}} = \frac{1}{j * 2 * \pi * f * C} \quad \text{oder}$$

$$Z_{\text{Kondensator}} = -j \frac{1}{2 * \pi * f * C}$$

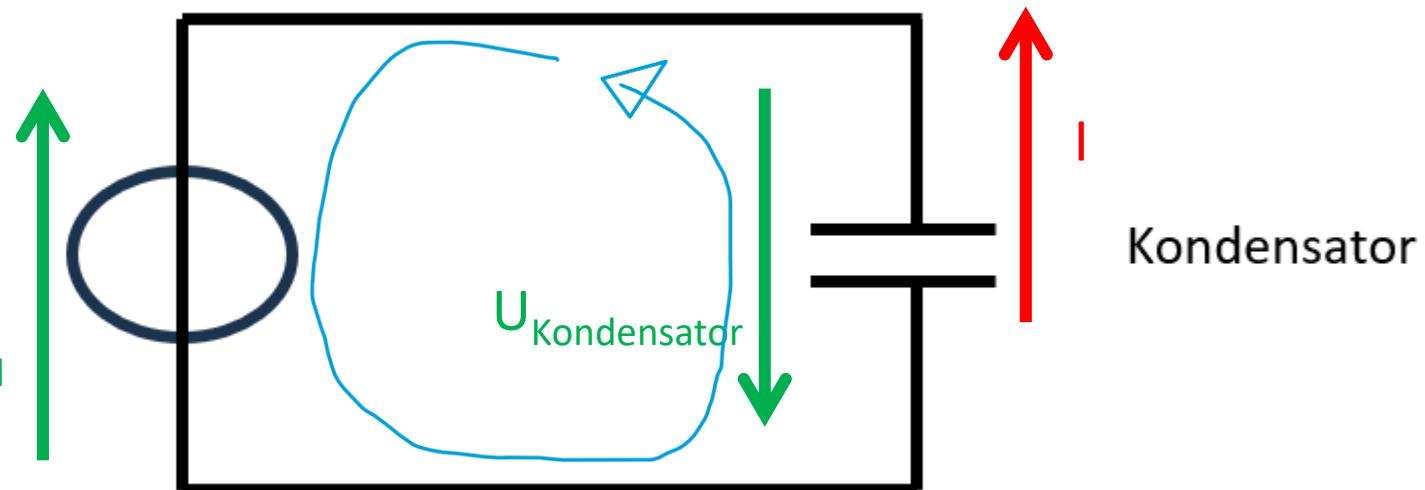
Wobei f die Frequenz ist und diese in unseren Netzen natürlich 50 Herz beträgt, π ist die Kreiszahl 3,14 und C eben die Kapazität des Kondensators in der Einheit Farad.
Die Netzspannung des Netzteils ist eingeprägt und uns ebenfalls bekannt mit:



$$U = 1 \text{ Volt} \cdot e^{-90^\circ \cdot j}$$

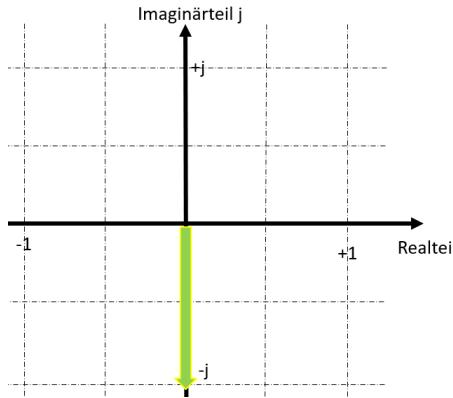
Spannungsquelle
(Netzteil)

U_{netzteil}



ZEIGERDIAGRAMM NETZSPANNUNG

Wenn wir die Netzspannung jetzt schon mal als Zeigerdiagramm einzeichnen, dann sieht das so aus:



Unsere aus der Maschenregel hergeleitete Formel war:

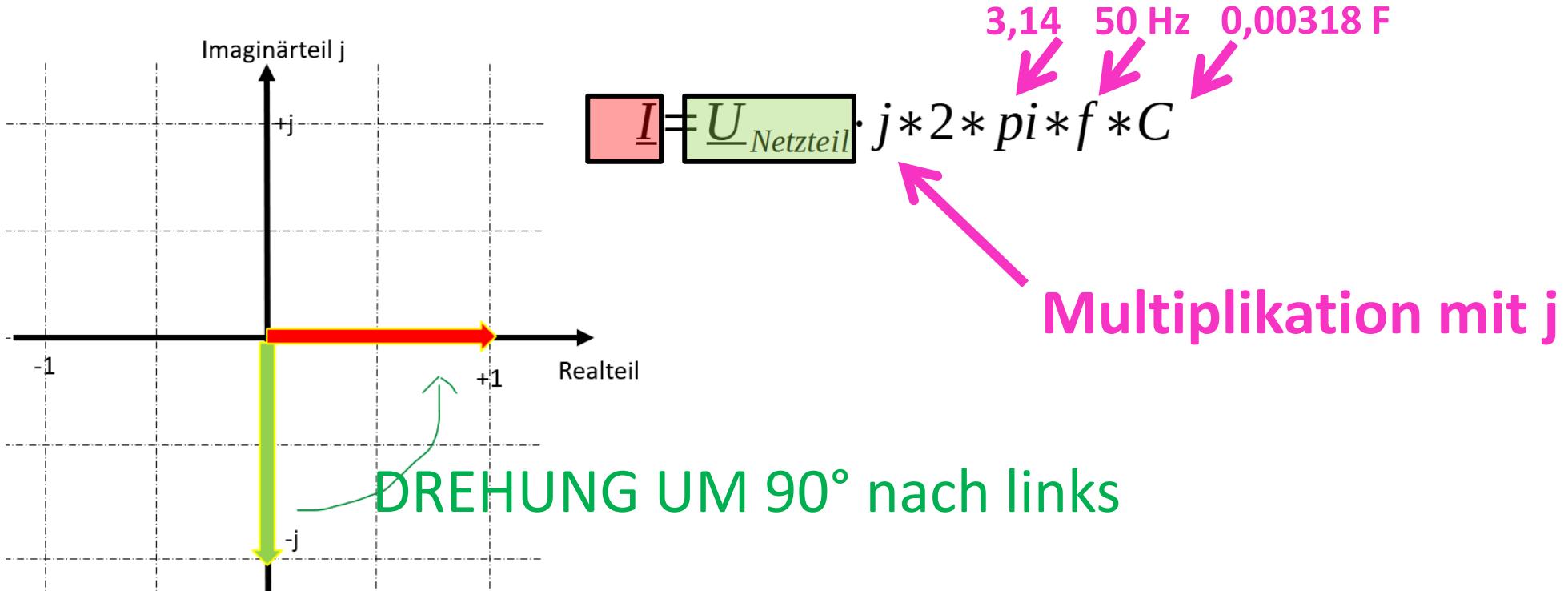
$$\underline{U}_{\text{Netzteil}} = \underline{I} \cdot \underline{Z}_{\text{Kondensator}}$$

Weil wir jetzt noch den Strom einzeichnen wollen stellen wir diese Formel nach dem Strom um
oder

$$\underline{I} = \frac{\underline{U}_{\text{Netzteil}}}{\underline{Z}_{\text{Kondensator}}}$$

$$I = U_{\text{Netzteil}} \cdot j \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C$$

Schauen wir uns diese letzte Formel nochmal, dann ist es jetzt sehr wichtig zu wissen, dass wenn wir eine komplexe Zahl mit hier die Spannung mit der imaginären Einheit j multiplizieren, dann ist das Resultat davon einfach nur um 90° nach links gedreht



Der komplexe Stromzeiger hat also den Betrag:

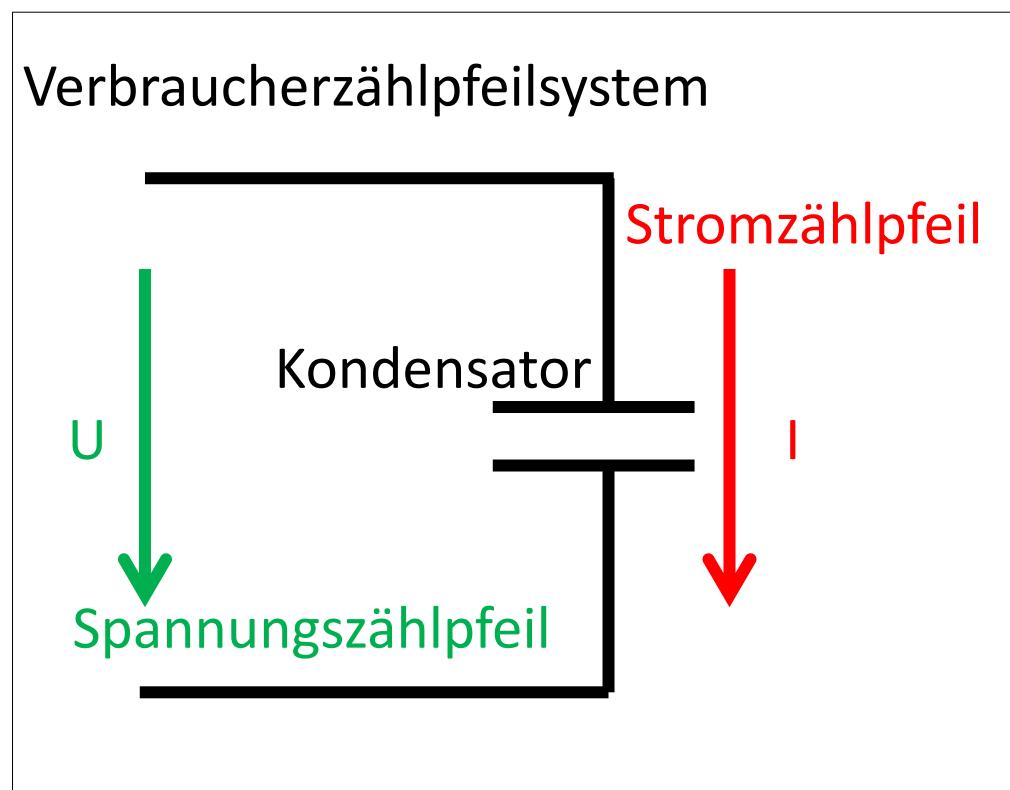
$$I = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \text{Hz} \cdot 0,00318 \text{ Farad} = 1 \text{ Ampere}$$

und muss von der grünen Netzteil Spannung einfach nur um 90° nach links gedreht werden.

VERBRAUCHERZÄHLPFEILSYSTEM

Die Art des Zählpfeilsystems die wir gerade gerechnet haben nennt man Verbraucherzählpfeilsystem. Beim Verbraucherzählpfeilsystem zeigen Strom und Spannung (in unserem Fall die Netzteilspannung) in die gleiche Richtung.

Hier ist noch mal in aller Ruhe das Verbraucherzählpfeilsystem gezeichnet, das ihr euch merken solltet.



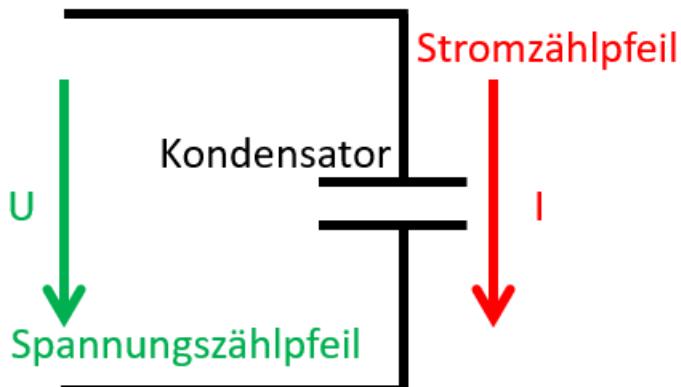
STROM UND SPANNUNG ALS SINUSSCHWINGUNG

Zeichnet man die Strom und Spannungszeiger wieder als Sinus Schwingungen, dann würde das für den Kondensator wie folgt aussehen. Ihr könnt euch den folgenden Merksatz einprägen:

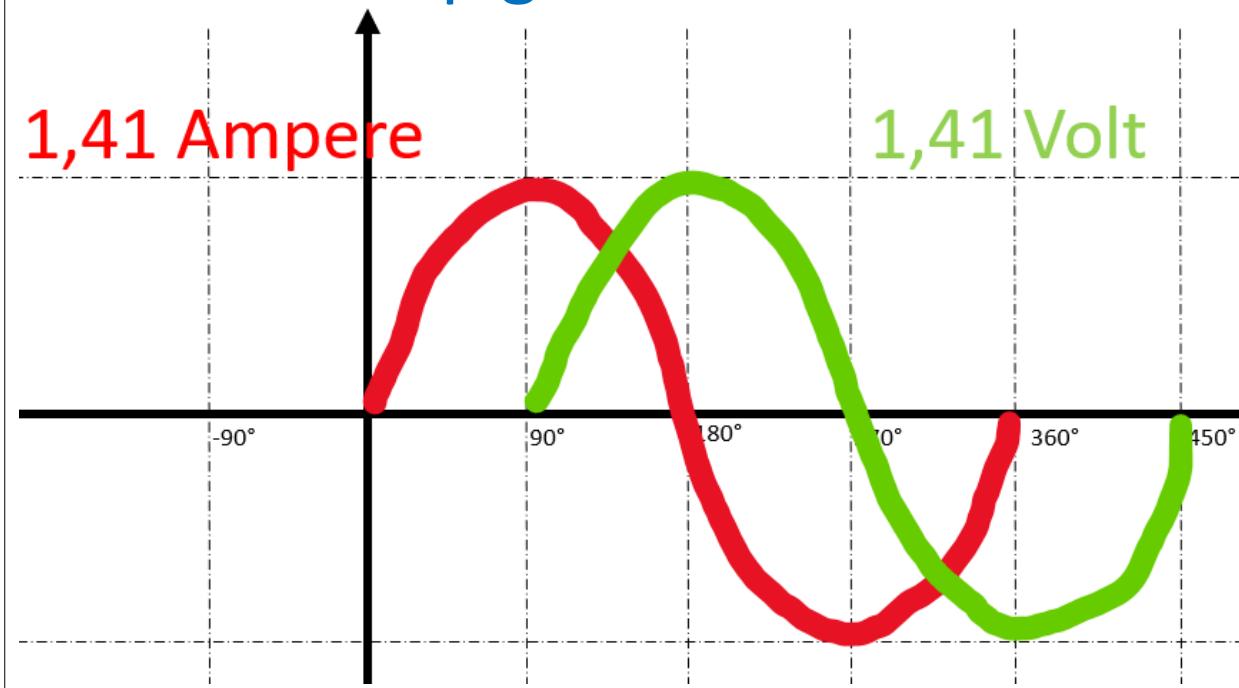
Kondensator → Strom eilt vor!

Schaltbild

Verbraucherzählpfeilsystem



Strom und Spannung im Oszilloskop gemessen



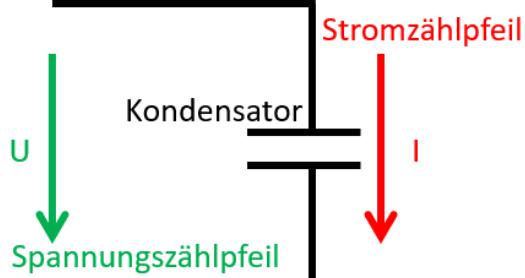
ZUSAMMENFASSUNG VERBRAUCHERZÄHLPFEILSYSTEM

Auf dieser Seite habe ich jetzt noch mal alles dargestellt: Das Schaltbild mit den Zählpfeilen.

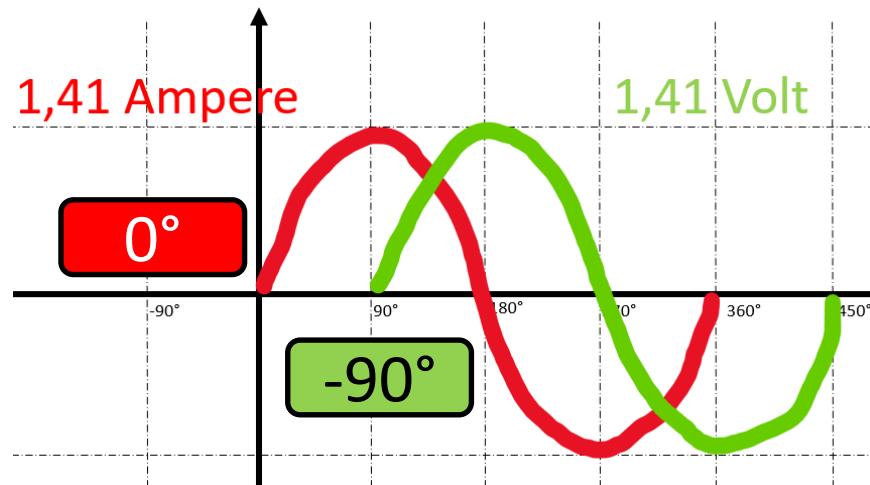
Die Sinus Schwingungen in der Zeitachse mit den Phasenverschiebungen von 0 für den Strom und -90 für die Spannung und die komplexen Effektivwertzeiger, die ebenfalls die Phasenverschiebungen sehr gut zeigen von 0° für den Strom und 0° für die Spannung.

Schaltbild

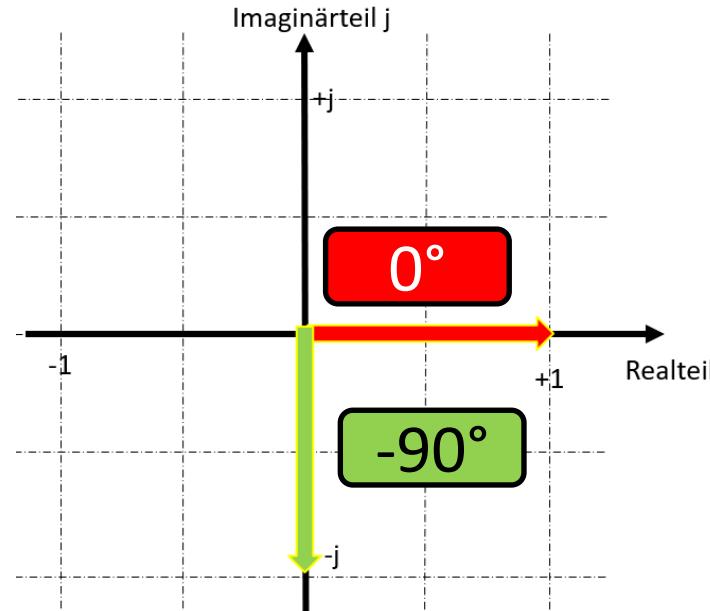
Verbraucherzählpfeilsystem



Strom und Spannung im Oszilloskop gemessen



komplexe Effektivwertzeiger → VERBRAUCHERZÄHLPFEILSYSTEM

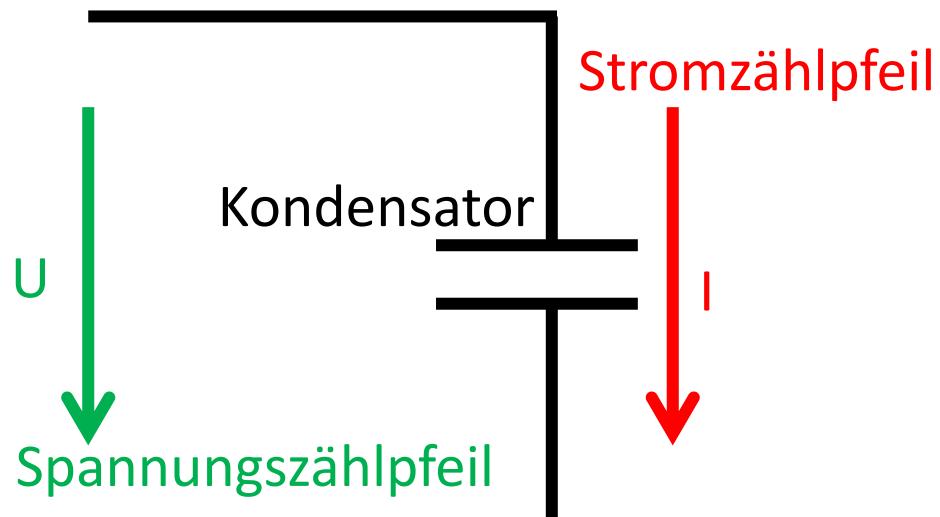


ZUSAMMENFASSUNG ERZEUGERZÄHLPFEILSYSTEM

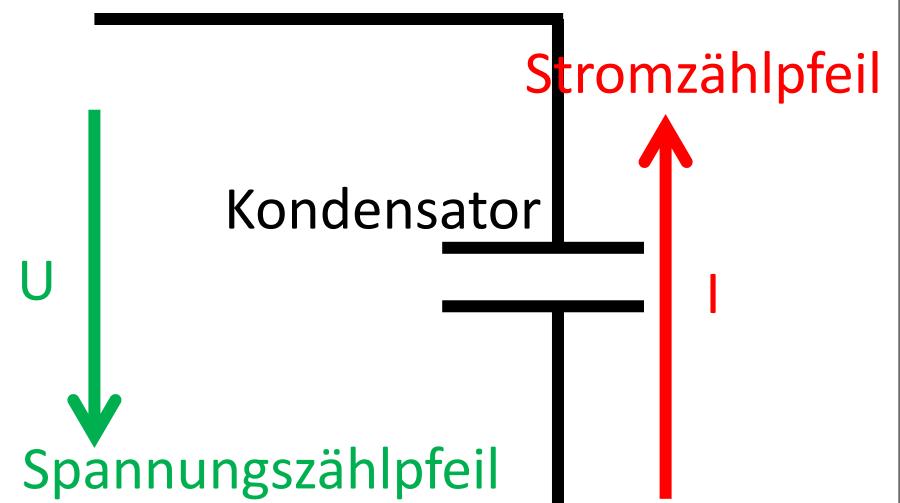
Anstelle des eben angewendeten unten links dargestellten Verbraucherzählpfeilsystems wenden wir jetzt das rechts eingezeichnete Erzeugerzählpfeilsystem an.

Im Erzeugerzählpfeilsystem zeigen Strom und Spannung in entgegengesetzte Richtungen.

Verbraucherzählpfeilsystem



Erzeugerzählpfeilsystem

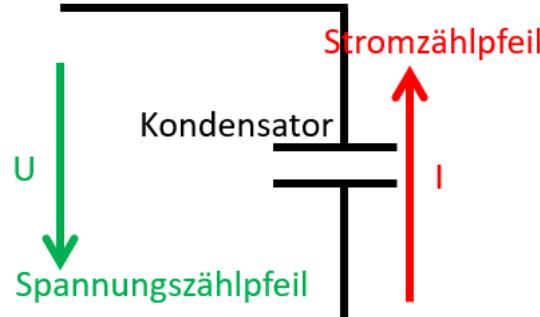


ZUSAMMENFASSUNG ERZEUGERZÄHLPFEILSYSTEM

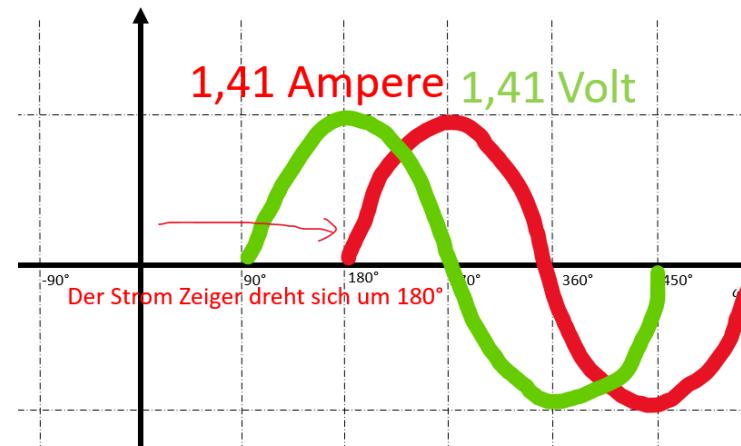
Da der Spannungszählpfeil nicht seine Richtung ändert, sieht diese Sinuskurve aus so wie zuvor. Die Stromkurve verschiebt sich im Vergleich mit dem zuvor verwendeten Verbraucherzählpfeilsystem um 180 grad, weil sich die Richtung des Zählpfeils ja geändert hat.

Schaltbild

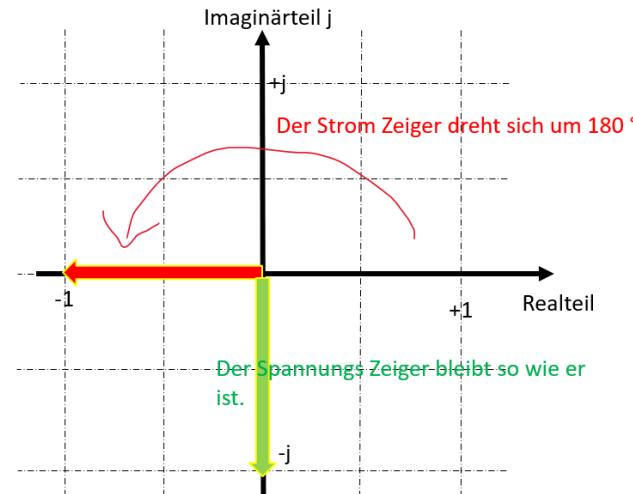
Erzeugerzählpfeilsystem



Strom und Spannung im Oszilloskop gemessen

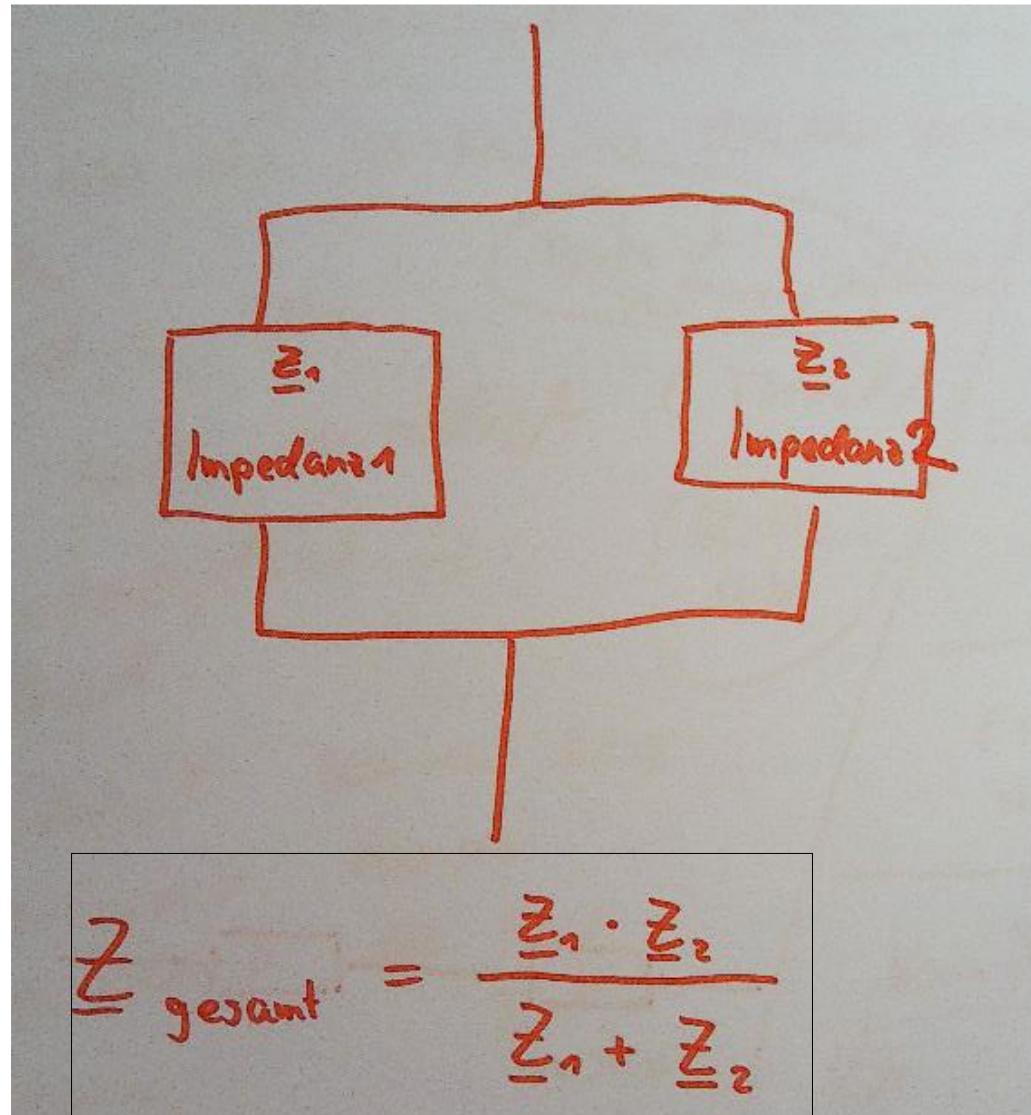


komplexe Effektivwertzeiger → ERZEUGERZÄHLPFEILSYSTEM



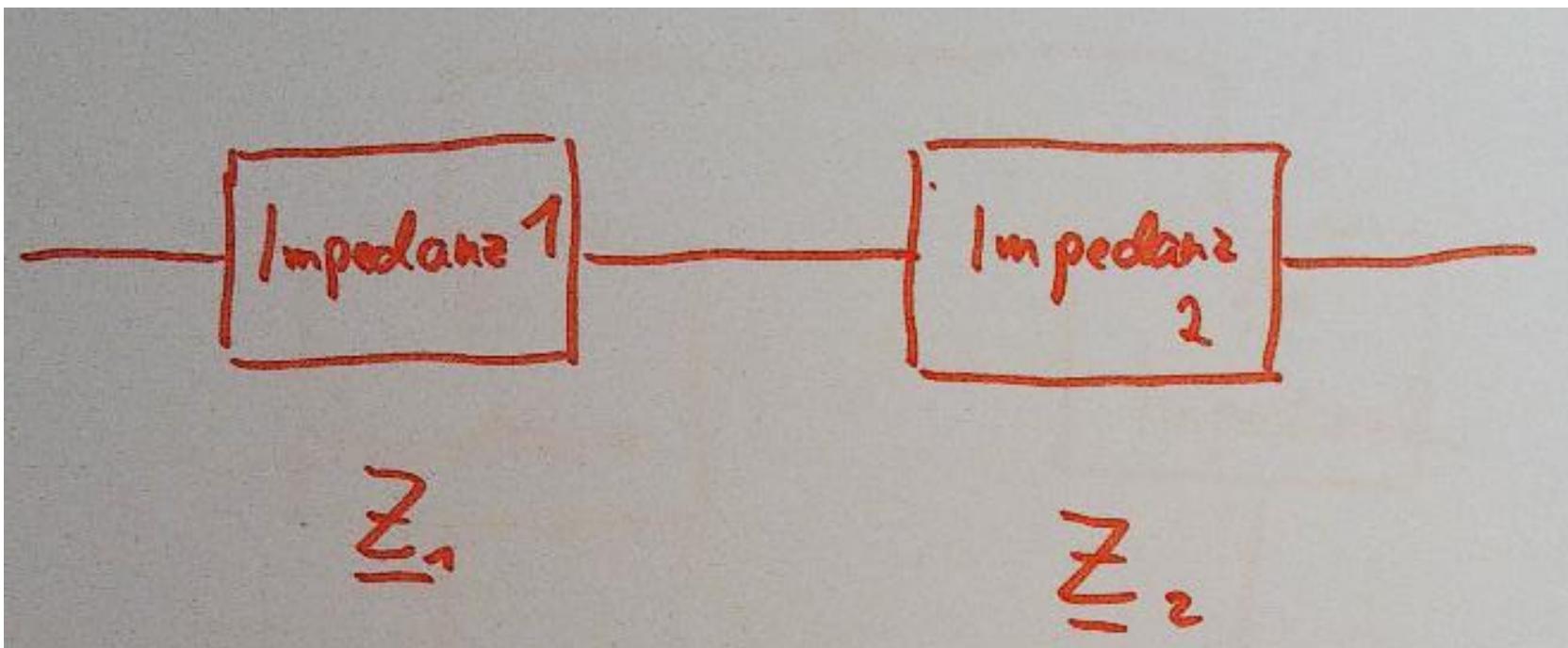
PARALLELSCHALTEN VON IMPEDANZEN

Wenn man 2 parallel Impedanzen zusammen fassen möchte, dann kann man das über folgende Formel tun:



REIHENSCHALTUNG VON IMPEDANZEN

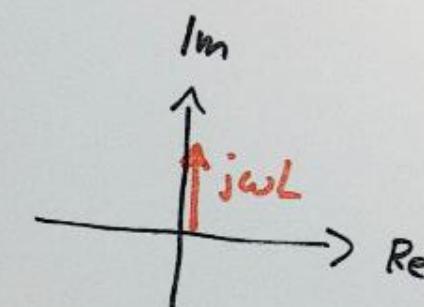
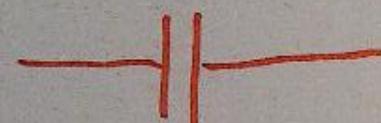
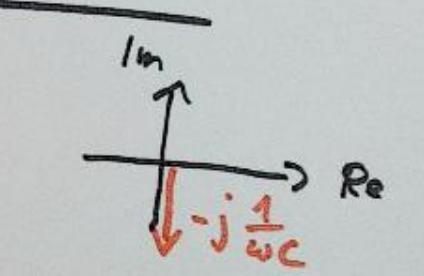
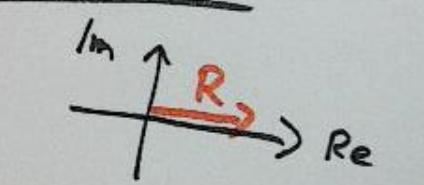
Wenn man 2 in Reihe geschaltete Impedanzen zusammen fassen möchte, dann kann man das über folgende Formel tun:



$$Z_{\text{gesamt}} = Z_1 + Z_2$$

ZUSAMMENFASSUNG VON IMPEDANZEN

Wenn man 2 in Reihe geschaltete Impedanzen zusammen fassen möchte, dann kann man das über folgende Formel tun:

<p>Spule</p> 	$Z = j \omega L$	
<p>Kondensator</p> 	$Z = \frac{1}{j \omega C} = -j \frac{1}{\omega C}$	
<p>Widerstand</p> 	$Z = R$	

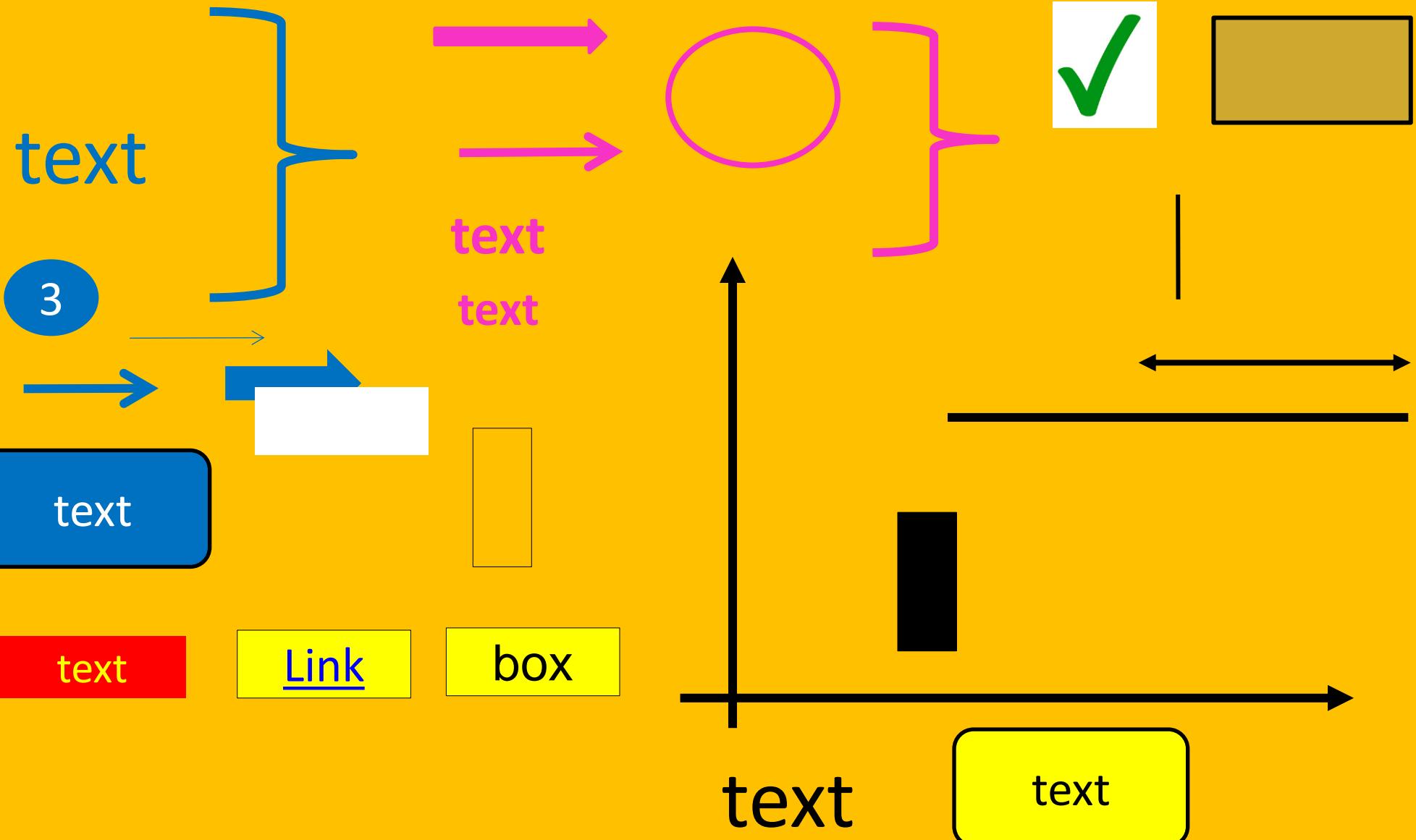
--- ENDE ---

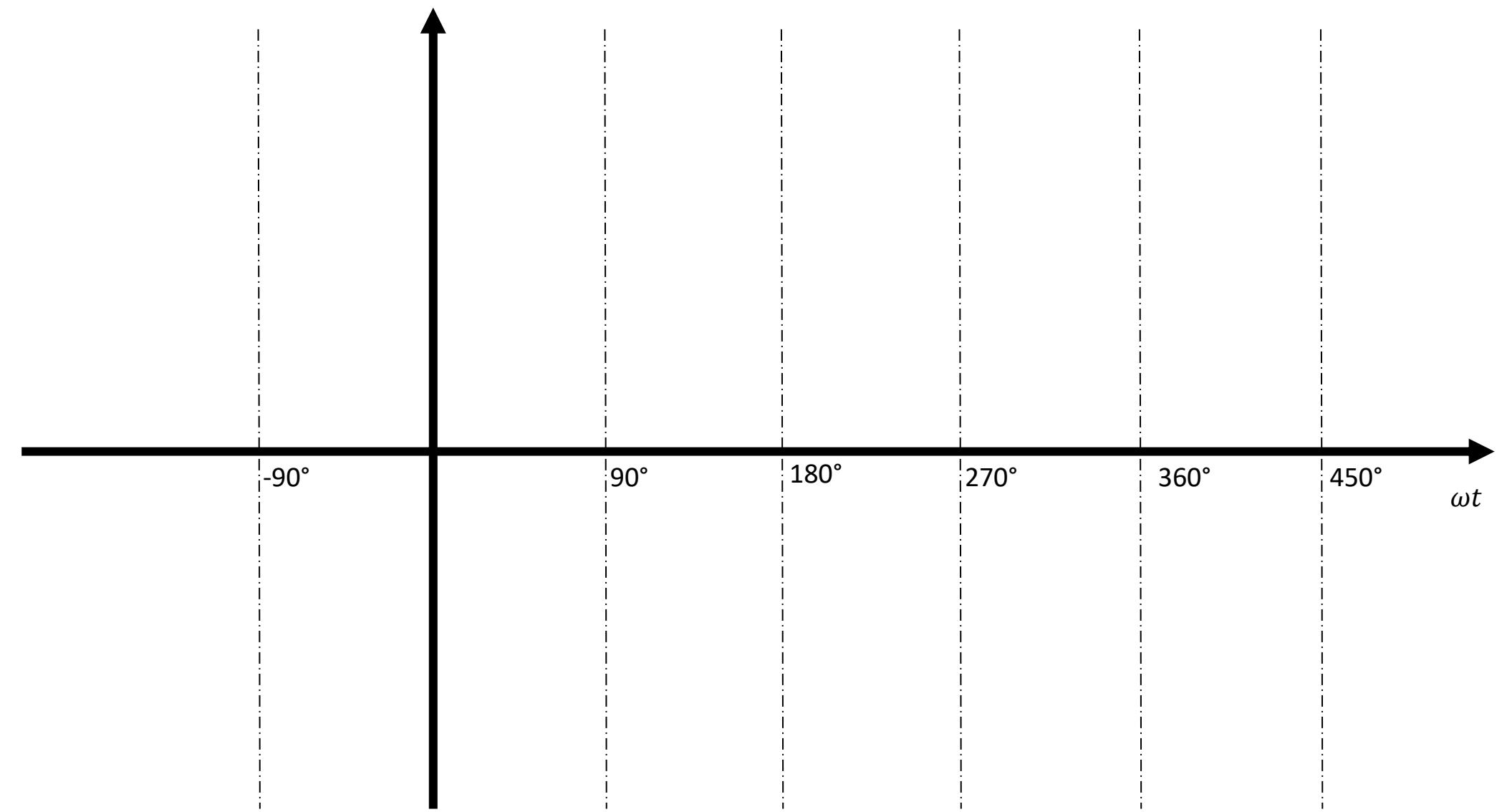
--- ENDE ---

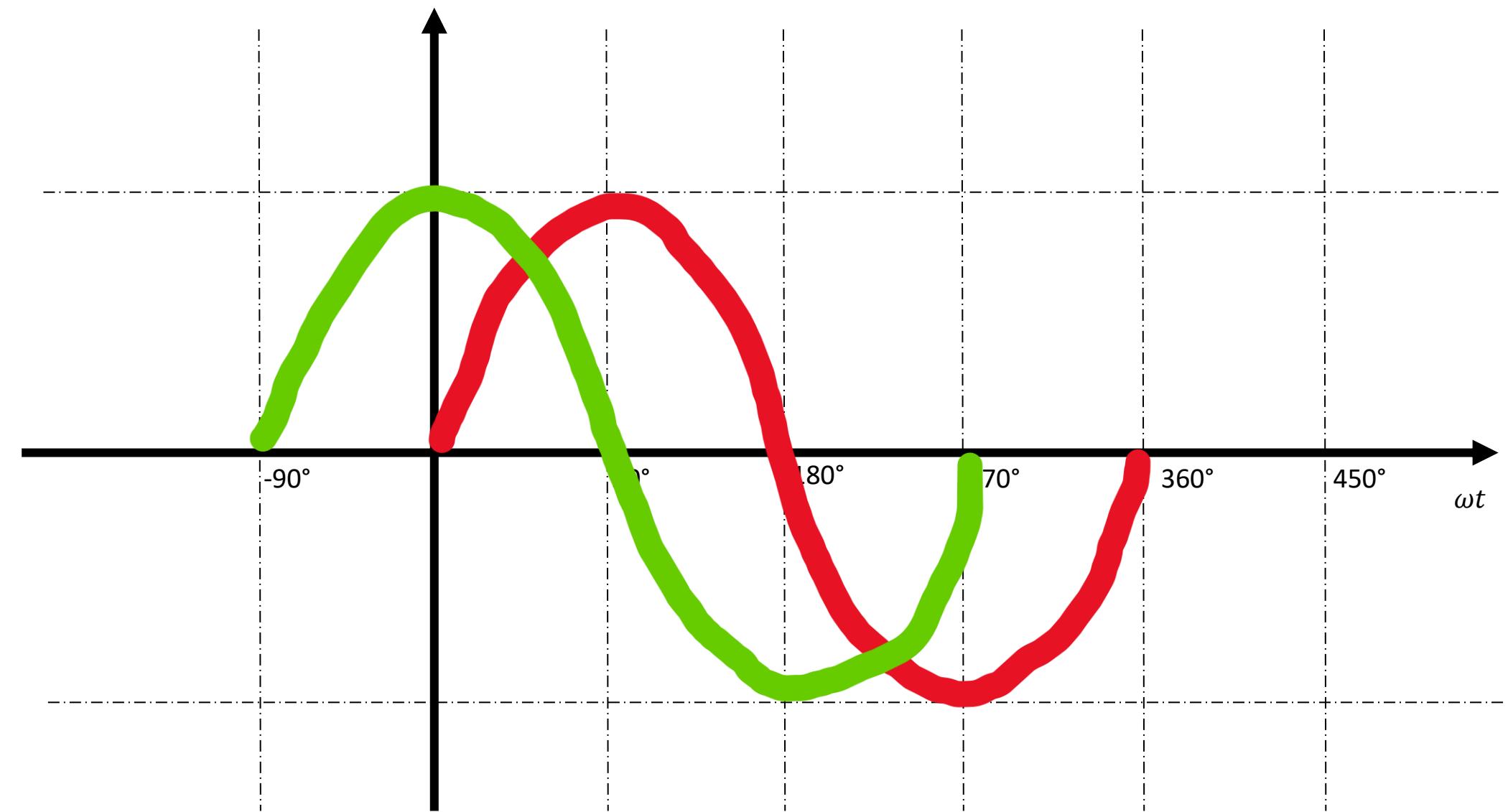
AB HIER KOMMEN NUR
NOCH VORLAGEN
ELEMENTE

text

VORLAGEN-ELEMENTE:







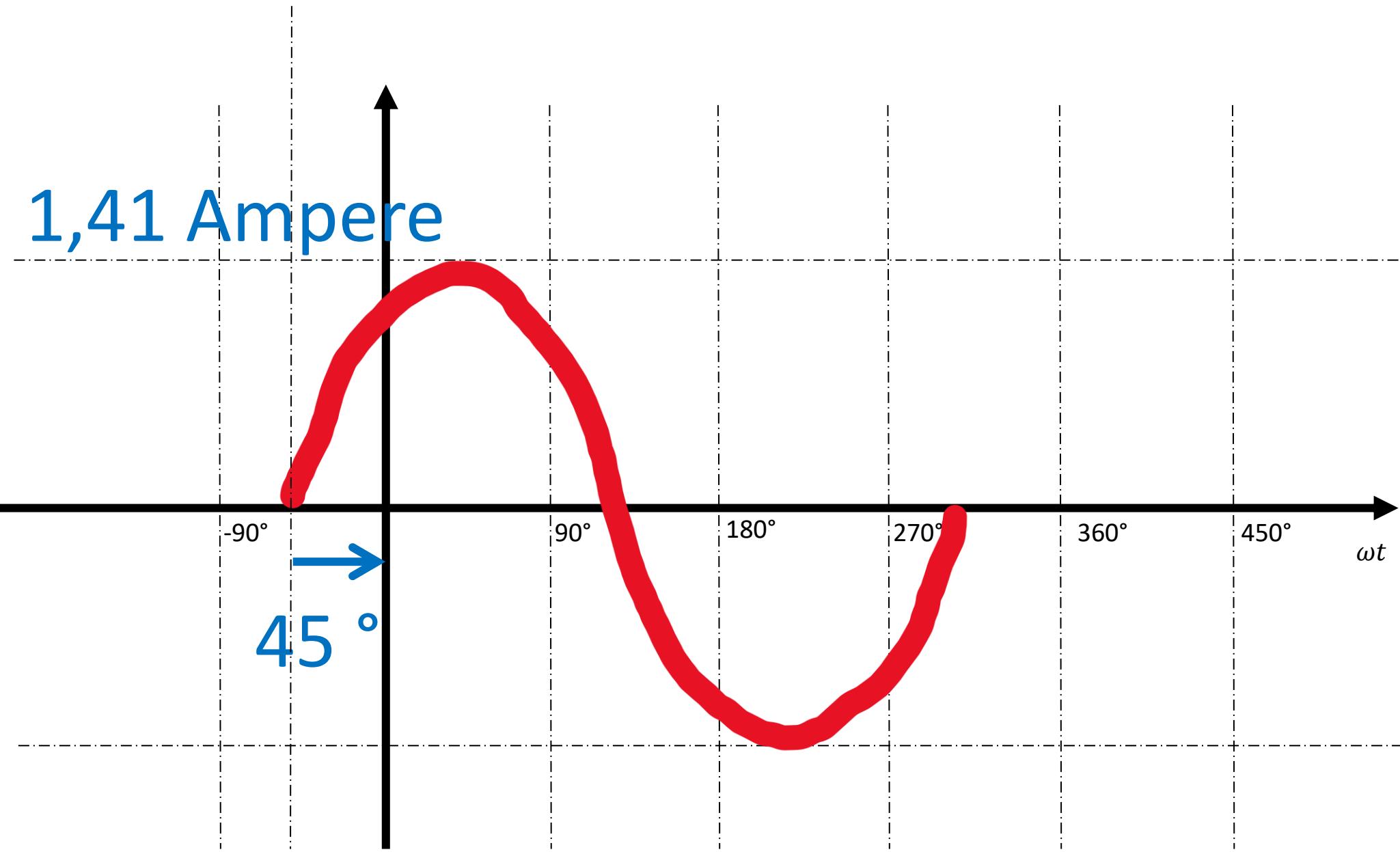
Imaginärteil j



Realteil

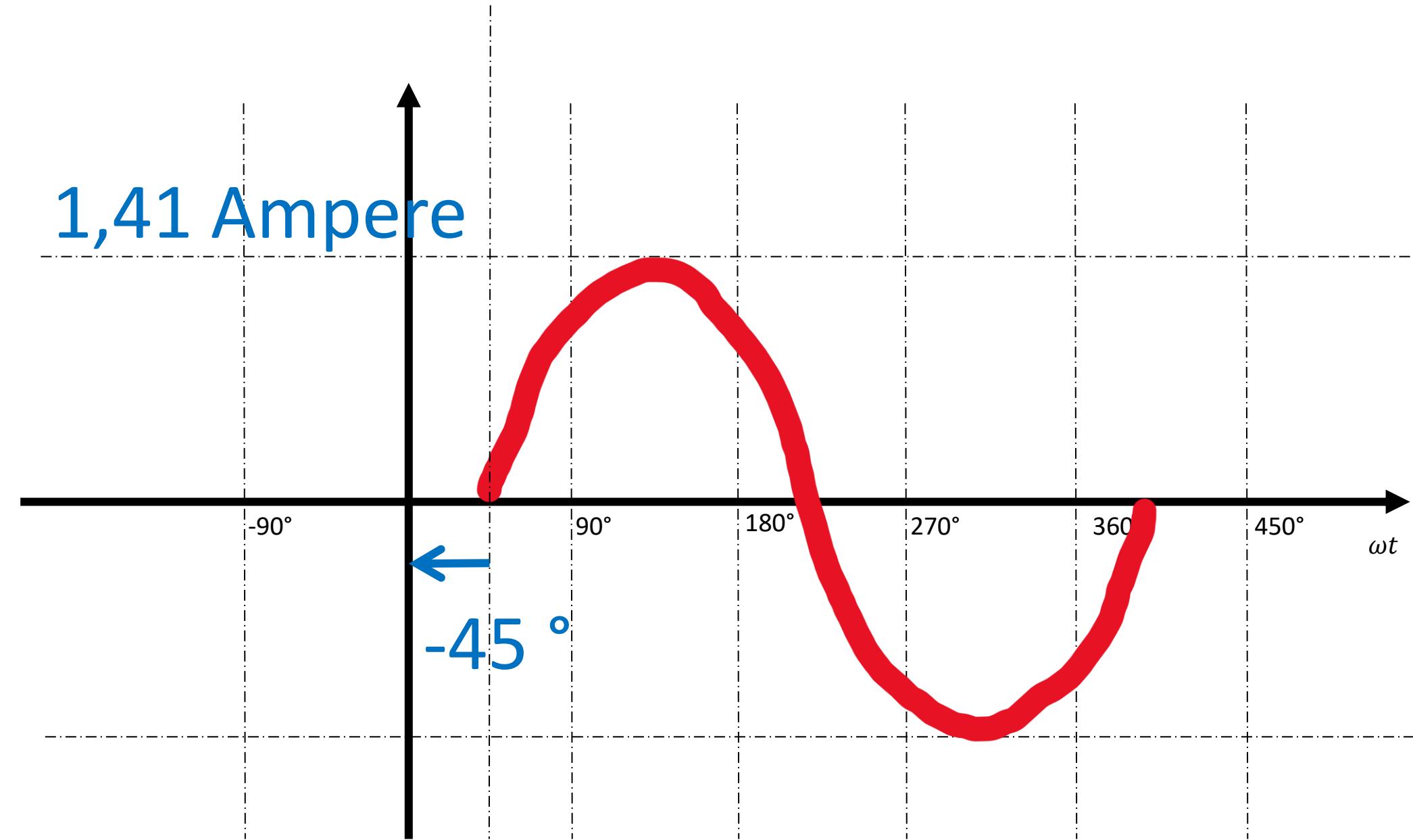


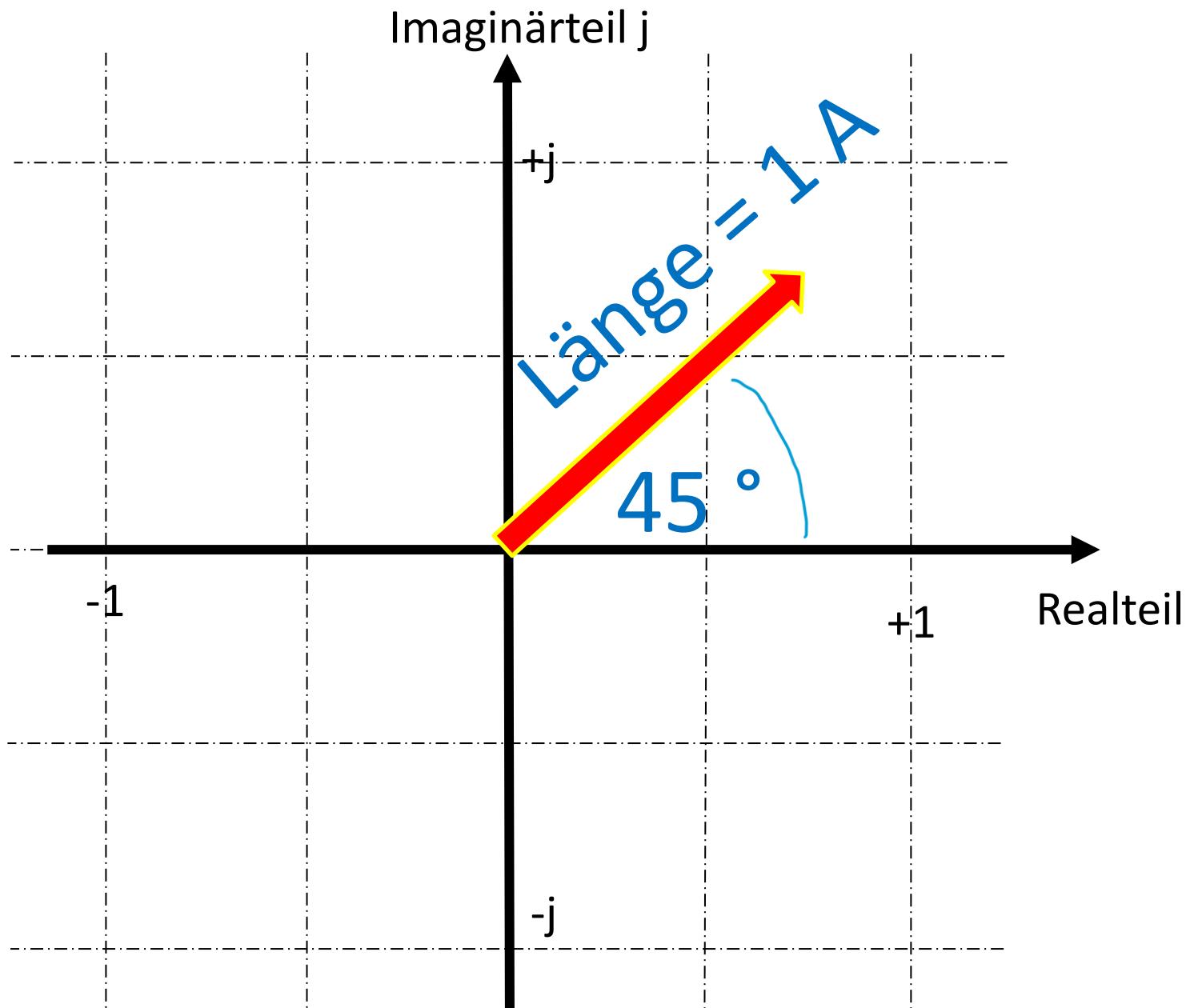
1,41 Ampere

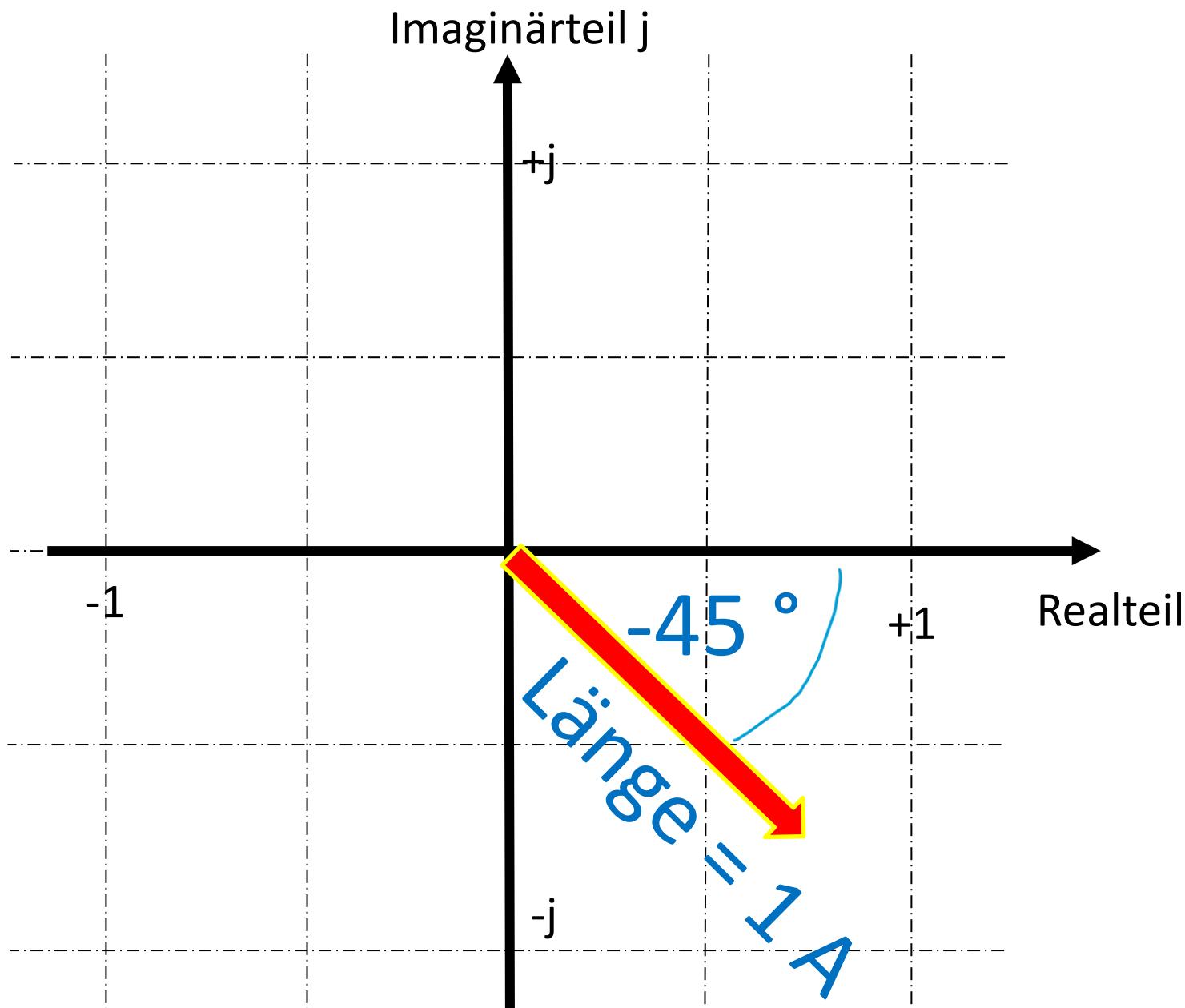


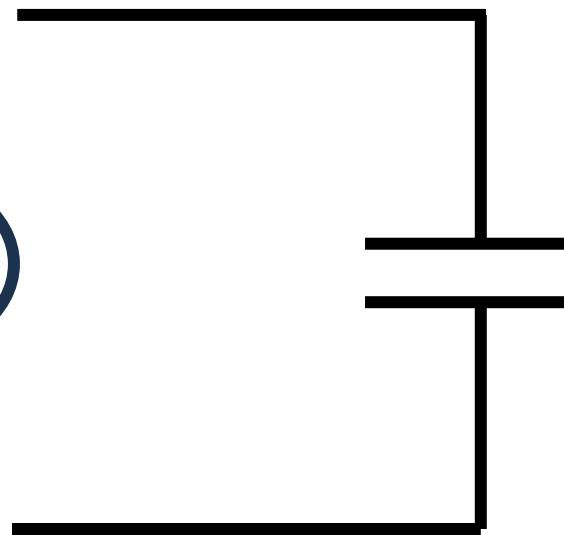
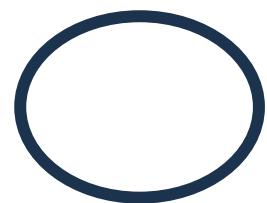
1,41 Ampere

-45 °

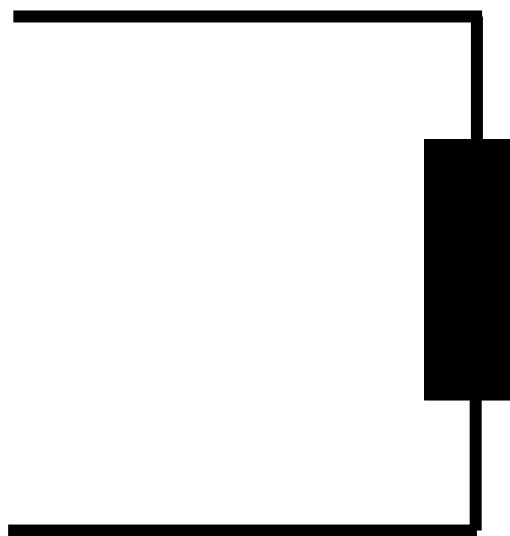








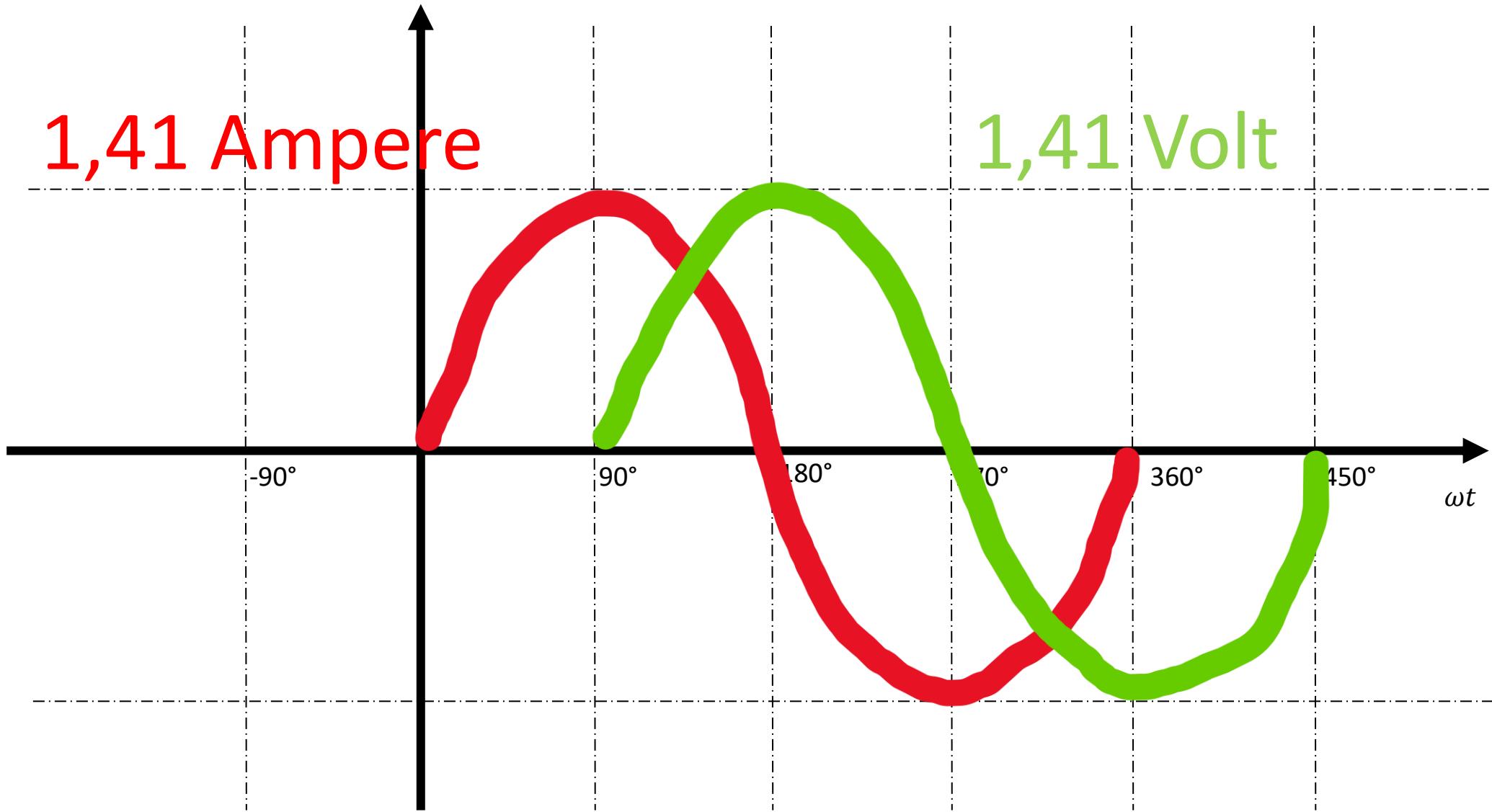
Kondensator

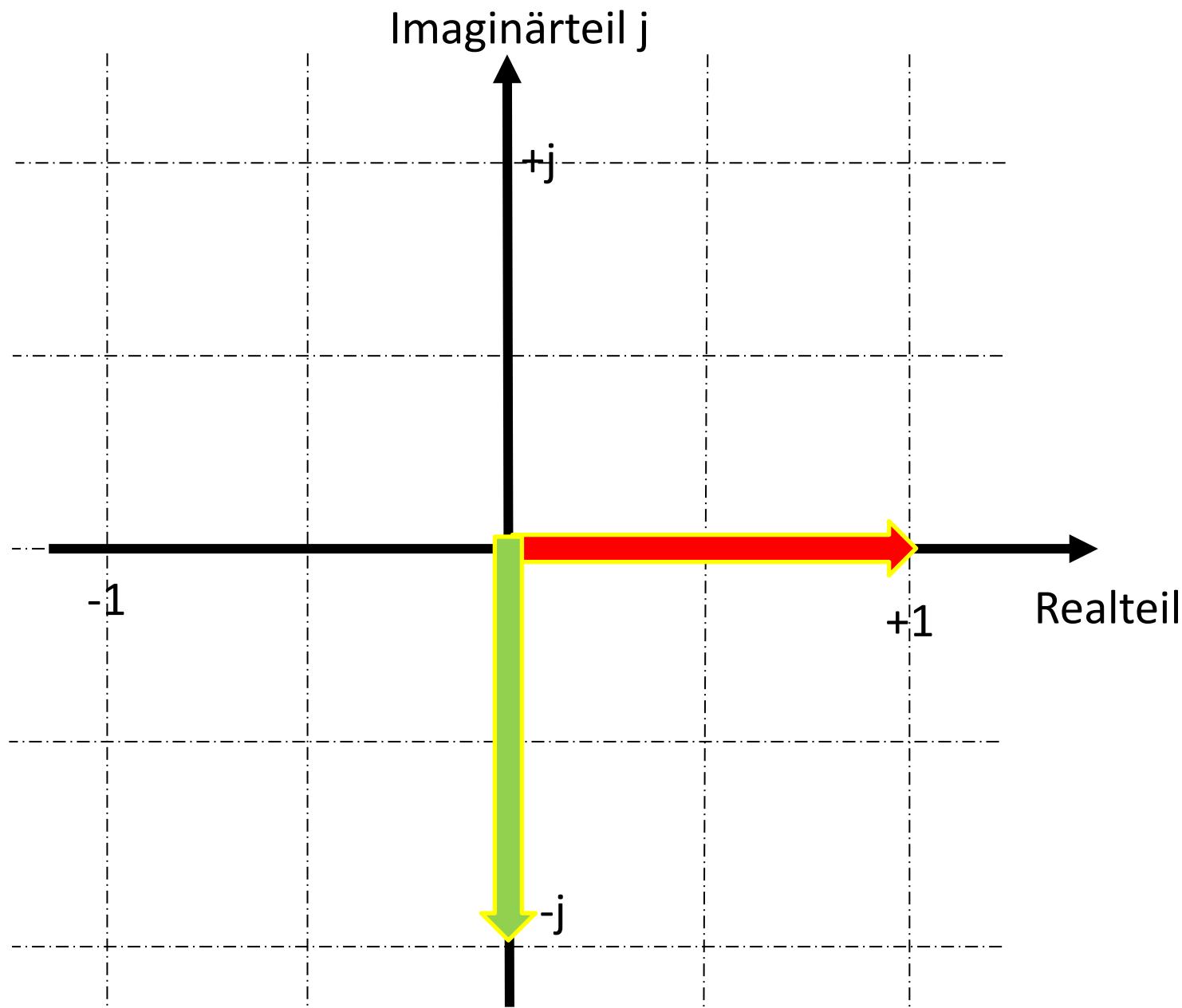


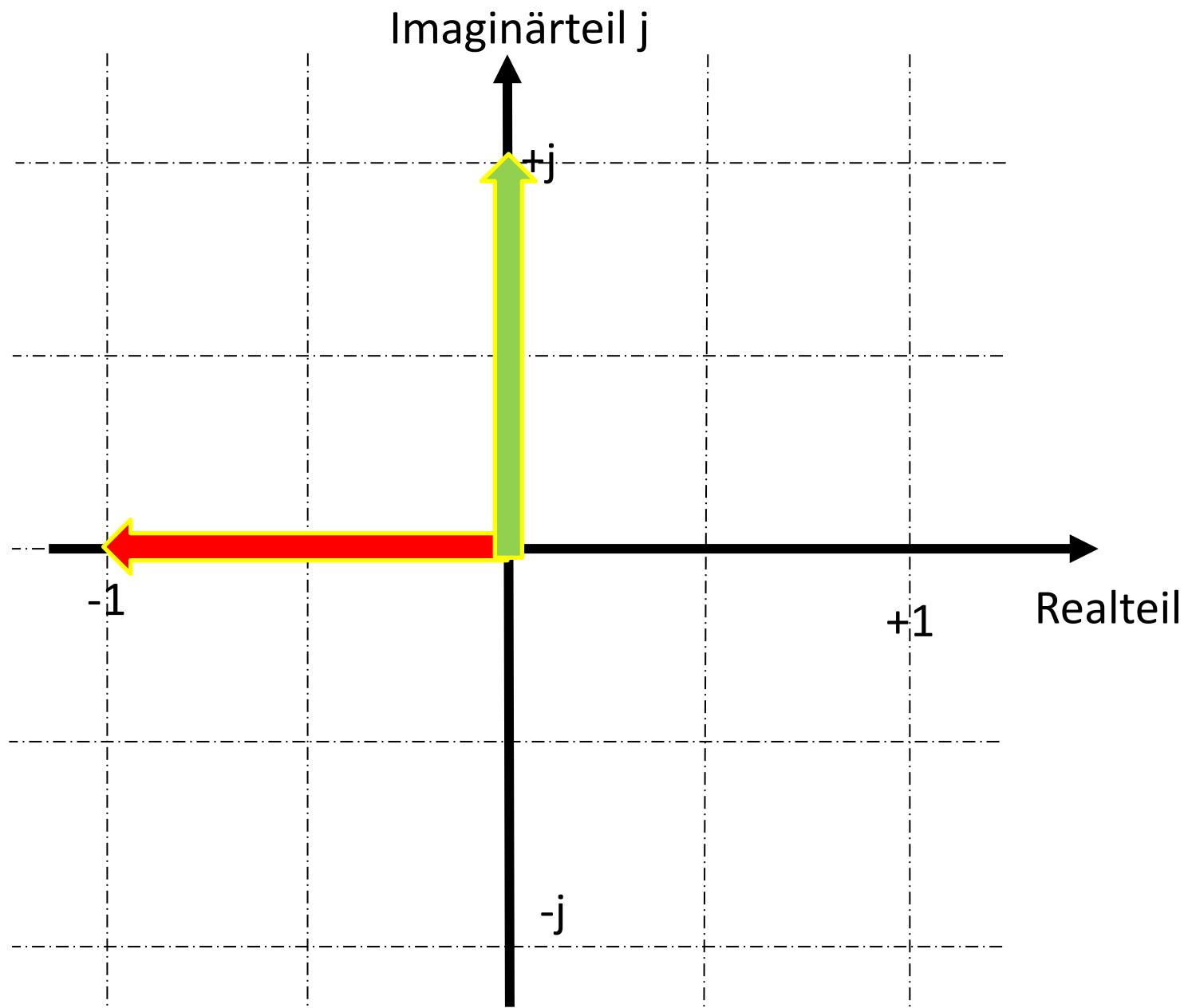
Spule

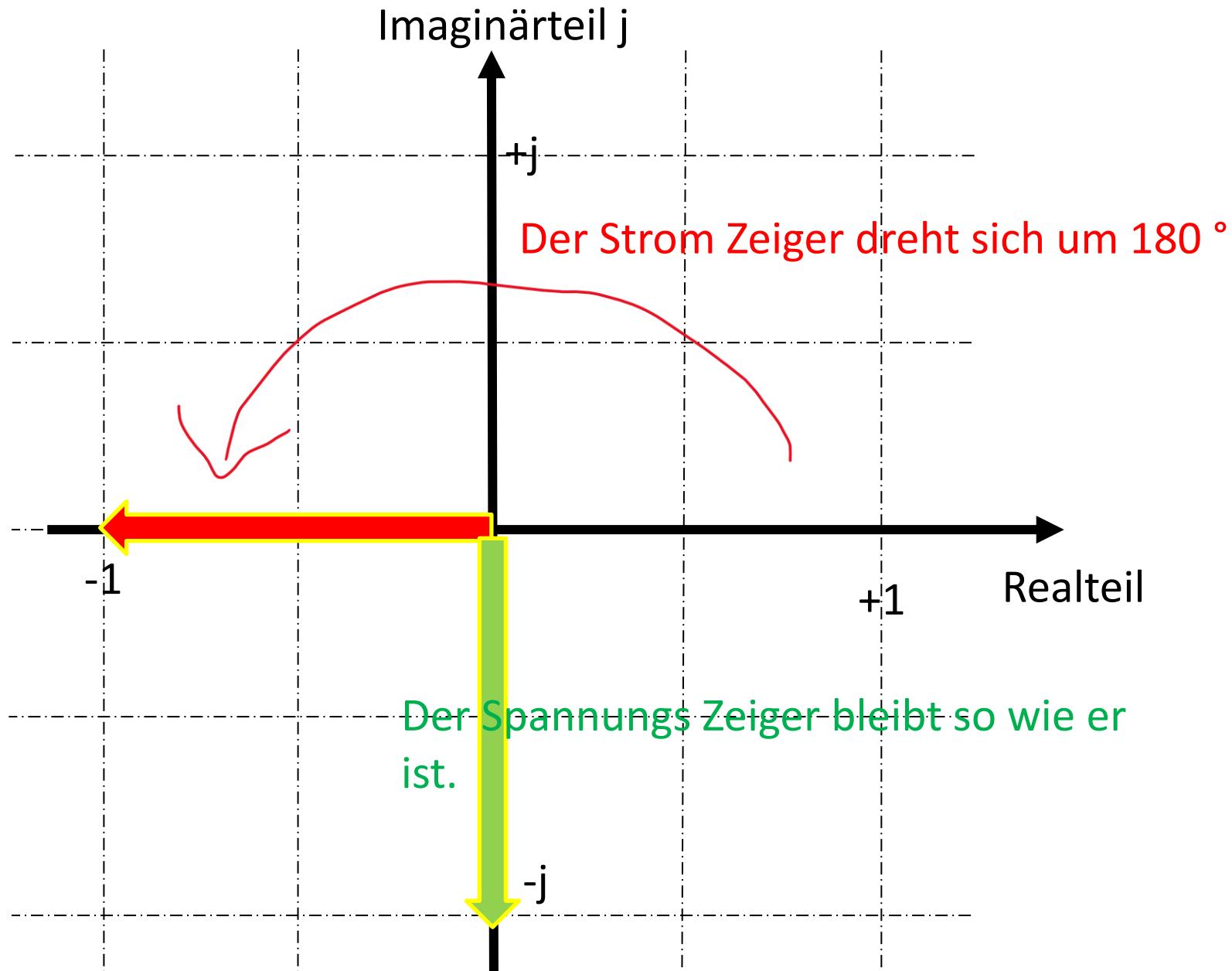
1,41 Ampere

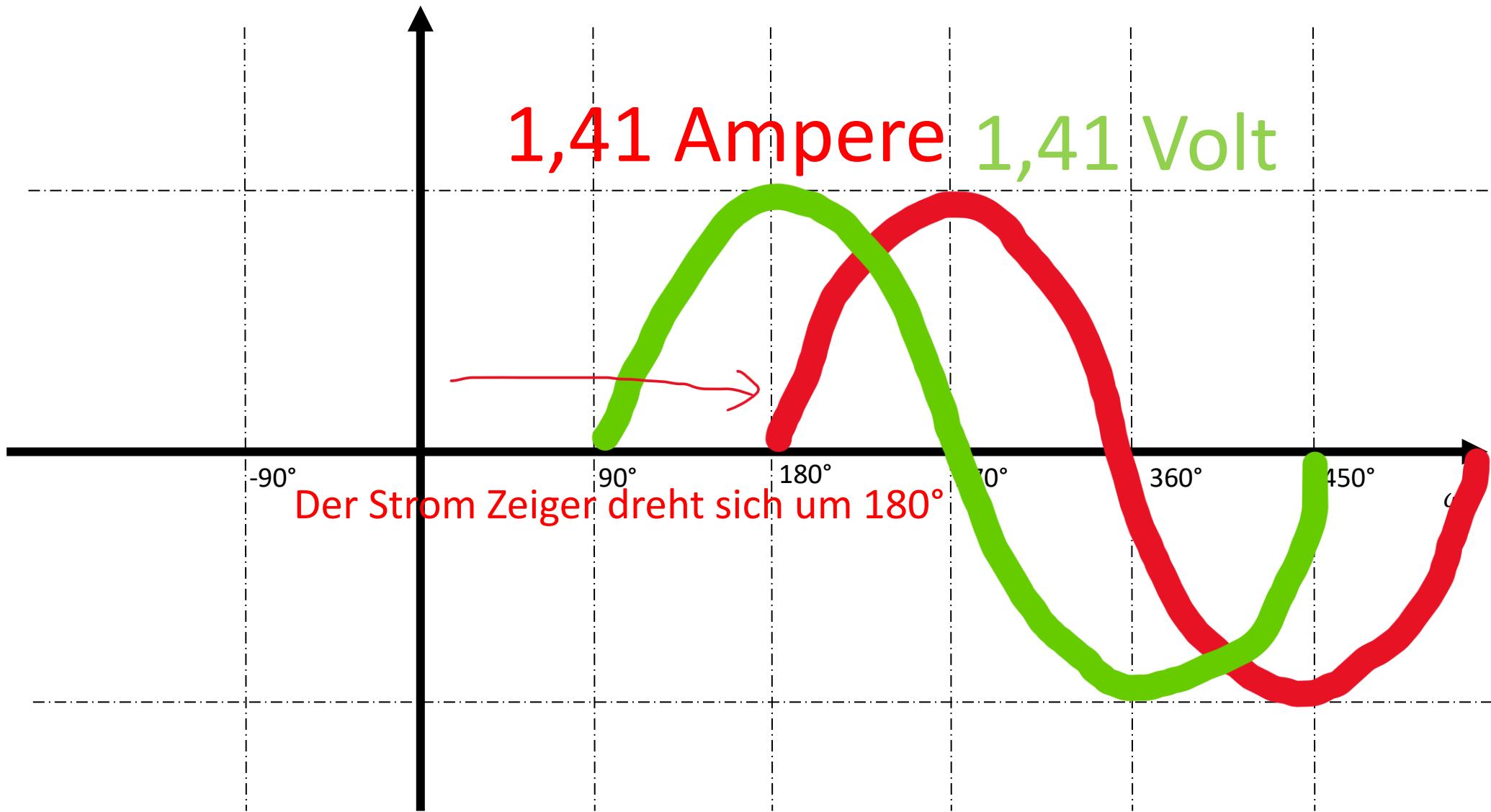
1,41 Volt











Spannungsquelle
(Netzteil)



Kondensator

