

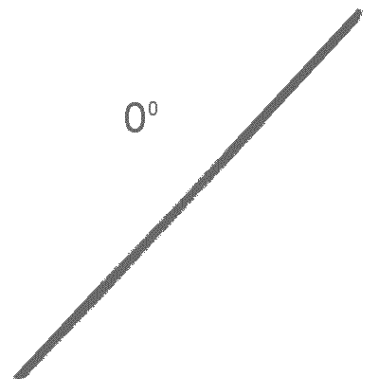
### 4.2.1 Phasenlagen im x-y Betrieb des Oszilloskops darstellen

Zur Darstellung von Phasenlagen kann man im x-y Modus des Oszilloskops (s. Abschnitt 1.2) wie folgt vorgehen: Von den zu vergleichenden sinusförmigen Signalen legt man eines an den x-, das andere an den y-Eingang. Wieder hilft uns dabei ein französischer Physiker (und Mathematiker): Jules Antoine Lissajous (1822-1880). Denn das, was wir jetzt am Oszilloskop sehen, sind Lissajoussche Figuren. Allerdings eine leicht verdauliche Form, haben wir es zwar mit Phasenunterschieden zu tun, aber beide Signale haben die gleiche Frequenz und sind synchron. Das Thema wird in den Physiklehrbüchern abgehandelt. Eine ausführliche Abhandlung zur Bestimmung der Phasenlagen zweier Signale finden wir in den Funktechnischen Arbeitsblättern Mv01 des Funkschau- Jahrgangs 1960 (6).

Die Darstellung und Messung von Phasenlagen mit Hilfe der Lissajousschen Figuren sieht auf den ersten Blick wie eine nette Spielerei aus. Die Genauigkeit der Ergebnisse bzw. der daraus zu ziehenden Schlüsse übertrifft für einige Fälle die bisher gezeigten Untersuchungen im normalen Zweikanalbetrieb des Oszilloskops. Wie betrachten folgend einige Fälle. Dabei ist darauf zu achten, dass vor Umschaltung auf den x-y-Betrieb für beide Signale die gleiche Amplitude eingestellt wird:

#### a) Phasenunterschied $0^\circ$ – bzw. $180^\circ$

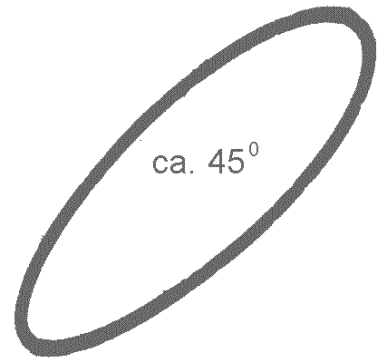
Sind beide Signale in Frequenz und Phase identisch, erscheint am Bildschirm eine Diagonale (s. im **Bild rechts**). Man merkt sich, an welchem Eingang das Bezugssignal liegt, damit es beim Vergleich mit einer Messung bei  $0^\circ$  bzw.  $180^\circ$  keine Fehlschlüsse gibt. Denn bei einer Phasendifferenz von  $180^\circ$  zeigt sich ebenfalls eine diagonale Gerade, diese steht jedoch rechtwinklig



zu der bei  $0^\circ$  gezeigten Geraden. Ändern wir die Amplitude eines der beiden Signale, so ändert sich lediglich die Steigung der Geraden. Das Verfahren eignet sich daher zu einer schnellen Feststellung der Phasenlagen beim Anschluss von Lautsprechern (bei mehreren Lautsprechern, insbesondere bei Stereobetrieb) und – nach Aus- und Wiedereinbau des Ausgangstransformators – zur Feststellung der richtigen Polung der Sekundärwicklung.

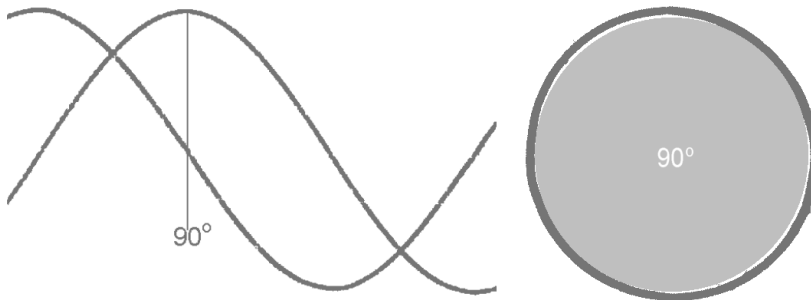
### b) Phasenunterschied $>0^\circ$ und $<90^\circ$

Schon bei einer geringen Phasendifferenz fängt die Gerade an, sich zur Ellipse aufzublähen, bis diese bei  $90^\circ$  zu einem Kreis entartet. Die Richtung der Achse bleibt erhalten, es sei denn, man verändert die Amplituden der Signale zu unterschiedlichen Werten.



### c) Der Sonderfall $90^\circ$

Der Kreis ist nur ein Sonderfall der Ellipse, eine entartete Ellipse. So ist die Aussage, dass grundsätzlich eine Ellipse entsteht, verständlich. Woher nimmt man eine Phasenverschiebung von  $90^\circ$ ? Es wurde gezeigt, dass sich zwischen dem Ausgang und dem Eingang des Tonverstärkers durch frequenzabhängige Schaltglieder Phasenverschiebungen ansammeln. Man sucht einfach die Frequenz, die eine Phasenverschiebung von  $90^\circ$  verursacht.



Die Darstellung **links im Bild oben** zeigt die gewohnte Darstellung zweier Signale, von denen eines um  $90^\circ$  nacheilt. Schaltet man in den x-y- Betrieb um, so zeigt sich die Darstellung rechts.

Damit man die erzielbare Genauigkeit der eigenen Messapparaturen beurteilen kann, zeichnet man in das Oszillogramm des Kreises eine genaue Kreisfläche (im Bild grau unterlegt). Denn auch der Kreis reagiert bereits deutlich sichtbar schon bei kleinen Veränderungen der Phasendifferenz. Wir stoßen hier an die Grenzen

der Einstellgenauigkeit. Was in der Sinus-Darstellung kaum genauer einstellbar ist, wird im Kreis deutlich sichtbar: Man erkennt bereits eine geringe Abweichung von der Kreisform. Es ist sinnvoll, den "Eichkreis" für die verwendete Messapparatur (s. S. 46) nicht an einer Verstärkerschaltung, sondern mit einem Phasenschieber aus RC- Gliedern zu erzeugen. Diesen baut man aus zwei hintereinander geschalteten Hochpässen (s. Seite 21) mit der Dimensionierung  $R=1/\omega C$  (8) auf. Man ist damit sicher, dass sich keine nichtlinearen Verzerrungen eingeschlichen haben.

**Verändert man die Amplituden** der Signale zu unterschiedlichen Werten, streckt sich der Kreis zur Ellipse, die aber nun mit der langen Achse senkrecht oder waagrecht erscheint (s. im **Bild rechts**). Geht die Amplitude eines der beiden Signale (x oder y) gegen null, verbleibt von dem anderen Signal die Darstellung einer waagerechten oder senkrechten Linie, die aber mit Lissajous nichts mehr zu tun hat.

