

Ortskurve

Was ist eine Ortskurve?

Bei der Ortskurve wird das Verhältnis der Eingangsspannung zur Ausgangsspannung $[U_A/U_E]$ eines linearen Übertragungsgliedes in Abhängigkeit von der Kreisfrequenz $[\omega]$ dargestellt $[U_A/U_E = f(\omega)]$. Wenn man dagegen die Sprungantwort darstellt, erfolgt die Darstellung in Abhängigkeit von der Zeit $[U_A = f(t)]$. Die Ortskurve beschreibt also genauso wie die Sprungantwort das dynamische Verhalten eines linearen Übertragungsgliedes.

Für die Erstellung einer Ortskurve wird eine Wertetabelle benötigt. Dadurch ist der Zeitaufwand wesentlich größer als bei der Erstellung einer Sprungantwort. Dafür sind in vielen Fällen die Ergebnisse aber viel aussagekräftiger.

Anhand der Ortskurve kann man bestimmen, bzw. vorhersagen, welche Ausgangsspannung am Ausgang eines Übertragungsgliedes anliegt, wenn das Eingangssignal eine definierte Frequenz besitzt. In diesem Beispiel wird erläutert, wie die Ortskurve der Verzögerungs-Einheit entsteht.

Erstellung der Ortskurve für die Verzögerungs-Einheit

Als Voraussetzung, um die Ortskurve zu erstellen, wurde die unten stehende Wertetabelle ermittelt. Aus dieser Tabelle werden nur die rot markierten Werte benötigt.

Frequenz f/Hz	Eingangsspannung U _{ESS} /V	Ausgangsspannung U _{ASS} /V	Amplituden- Verhältnis		Phasenverschiebung	
			U _A /U _E	U _A /U _E in dB	Vorz.	Winkel
10	1,00	1,00	1,00	0,00	+/-	0,0
20	1,00	1,00	1,00	0,00	-	3,6
50	1,00	1,00	1,00	0,00	-	21,6
100	1,00	0,85	0,85	1,41	-	32,4
200	1,00	0,65	0,65	3,74	-	54,0
500	1,00	0,18	0,18	15,14	-	72,0
1.000	1,00	0,13	0,13	18,06	-	79,2
2.000	1,00	0,10	0,10	20,00	-	84,0
5.000	1,00	0,07	0,07	23,10	-	88,0
10.000	1,00	0,00	0,00	26,00	-	90,0

Bestimmung des Verhältnisses U_A/U_E in dB

Da aus den Messergebnissen sehr klar deutlich wird, das bei steigender Frequenz die Spannung am Ausgang immer mehr absinkt, muss das Signal in dem Übertragungsglied gedämpft werden. Das Maß einer Dämpfung oder Verstärkung wird immer in DeziBel angegeben. Um den Dämpfungsfaktor dieses Gliedes bei einer bestimmten Frequenz auszurechnen, wird die folgende Formel verwendet:

$$A = 20 \cdot \lg \frac{U_E}{U_A}$$

Nimmt man jetzt als Beispiel die Frequenz 200Hz, dann ergibt sich folgende Rechnung:

geg.: $U_E = 1V$

ges.: A

$U_A = 0,65V$

Lsg.: $A = 20 \cdot \lg \frac{U_E}{U_A}$

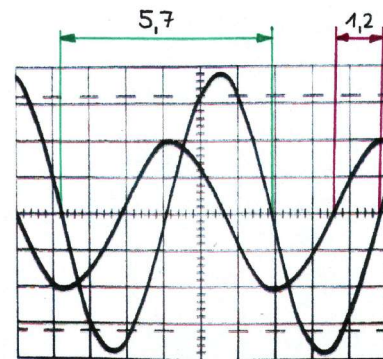
$A = 20 \cdot \lg \frac{1V}{0,65V}$

$A = 3,74dB$

Bestimmung des Phasenverschiebungswinkels

Um die Phasenverschiebung zu bestimmen gibt es zwei Möglichkeiten. Ich möchte hier nur eine näher erläutern. Bei dieser benötigt man auf dem Oszilloskop beide Frequenzen. Das Bild auf dem Oszilloskop sieht dann ähnlich der Abbildung rechts aus.

Um jetzt die Phasenverschiebung zu errechnen, ermittelt man die Anzahl der Kästchen einer Periodendauer von einer Sinusfunktion. Am besten eignet sich dafür die Funktion vom Eingangssignal des linearen Übertragungsgliedes. In meinem Beispiel wären dies 5,7 Kästchen. Dieser Wert entspricht 2π bzw. 360° . Jetzt bestimmt man noch die Anzahl der Kästchen, um die die zweite Frequenz verschoben wurde. Dies wären in meinem Beispiel 1,2 Kästchen. Mit der unten stehenden Formel, kann man jetzt die Phasenverschiebung ermitteln. Diese beträgt $75,8^\circ$.



Sinusfunktion

Phasenverschiebung

Jetzt muss nur noch die Frage des Vorzeichens geklärt werden. Ist die Ausgangsfrequenz gegenüber dem Eingangssignal auf dem Oszilloskopbild nach links verschoben, dann eilt der Ausgang dem Eingang voraus und das Vorzeichen ist positiv.

$$\frac{X}{N1} = \frac{360^\circ}{N2} \quad \Rightarrow \quad X = \frac{360^\circ \cdot N1}{N2}$$

N1 ... Kästchen der Phasenverschiebung

N2 ... Kästchen der gesamten Sinusfunktion

Eintragung der Kennlinie in das Ortskurvendiagramm

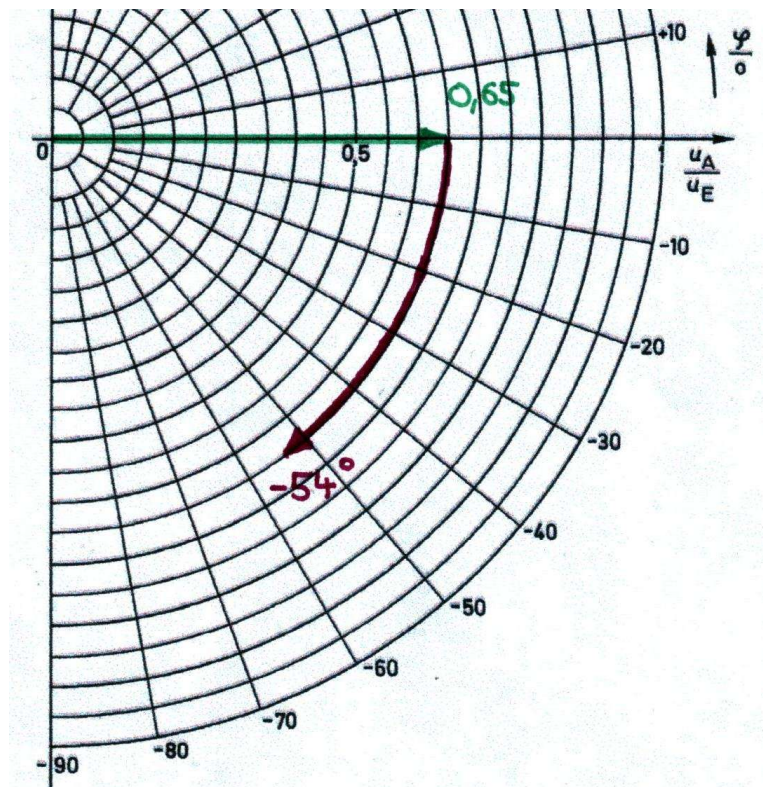
Bleiben wir bei dem Beispiel, wo wir zuletzt stehen geblieben sind. Also bei 200Hz. Der Phasenverschiebungswinkel beträgt hier -54° und das Verhältnis von U_A/U_E beträgt 0,65.

Die X-Achse des Ortskurvendiagrammes ist nur in Werte zwischen 0 und 1 unterteilt, da das Verhältnis zwischen U_A/U_E bei linearen Übertragungsgliedern nicht größer als 1 werden kann.

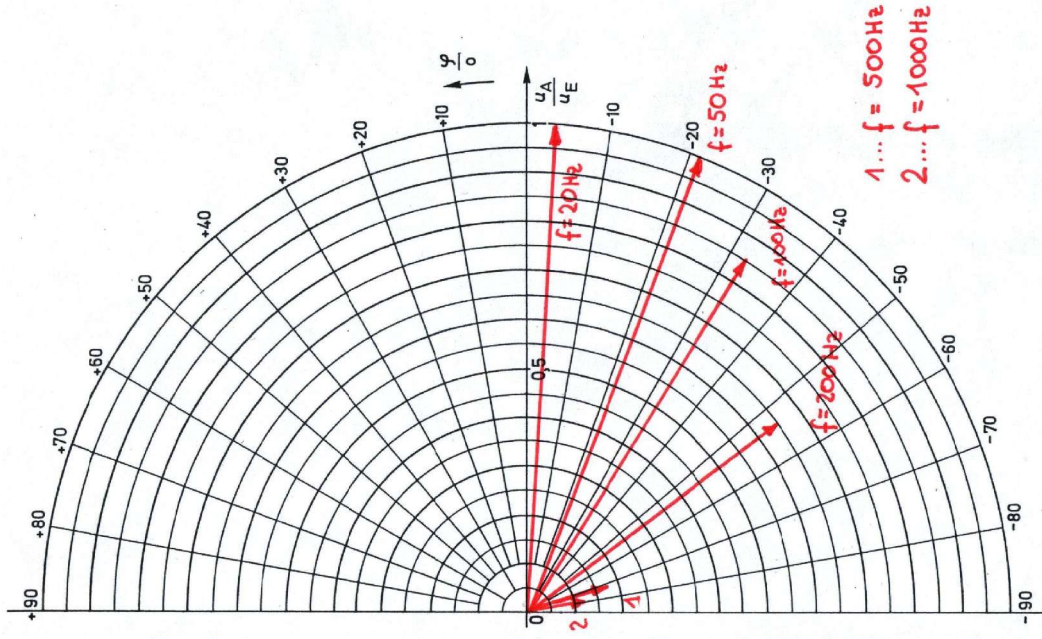
Um für den Frequenzwert von 200Hz einen Zeiger in die Ortskurve einzutragen, sucht man sich auf der X-Achse zuerst das Verhältnis von U_A/U_E . (Siehe Bild links [grüne Linie]).

Diesen markiert man sich ganz dünn mit einem Bleistiftstrich.

Danach geht man diese Linie entlang, bis man an den Phasenverschiebungswinkel von -54° gelangt ist [siehe **dunkelrote** Linie]. Dort ist der Endpunkt des Zeigers für den Frequenzwert von 200Hz. Diesen Endpunkt verbindet man dann mit dem Koordinatenursprung. Damit ist ein Zeiger fertig. Die Endpunkte aller Zeiger werden mit der Frequenz oder der Kreisfrequenz beschriftet [vgl. Ortskurven auf Seite 4]. Man wiederholt diesen Vorgang so oft, bis genügend Zeiger vorhanden sind, um die Spitzen der Zeiger zu verbinden, und die Ortskurve so zu erstellen.



Zuerst werden alle (oder nur wichtige) Zeiger in das Diagramm eingetragen.



Dann werden die Spitzen der Zeiger verbunden und man erhält eine Kurve. Damit ist die Ortskurve entstanden.

