



# **Praktikum Grundlagen der Elektrotechnik**

## **Versuch 5.2**

### **Schwingkreise & Wellenausbreitung**

#### **- Musterprotokoll -**

## Versuchsdurchführung

### 5.5 RLC - Reihenschwingkreis

Verwendete Geräte: **2**

- Funktionsgenerator FG 200
- zwei digitale Einbau-Voltmeter (0 ... 2 V und 0 ... 20 V bzw. 0 ... 40 V)
- Einbau-Amperemeter mit Messshunt
- Frequenzmesser Hengstler Tico 734
- Oszilloskop Tektronix - TDS 1002

Zur Berechnung wurden verwendet:

$$\frac{\varphi}{360^\circ} = \frac{\Delta t}{T} \Rightarrow \varphi = \frac{\Delta t \cdot 360^\circ}{T}, \quad [\varphi] = ^\circ$$

$$I_{rech} = \frac{U}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}, \quad [I] = A$$

$$Z = \frac{U}{I_{mess}}, \quad [Z] = \Omega$$

$$L = 20 \cdot \log \left| \frac{U_c}{U} \right|, \quad [L] = dB$$

Tabelle 5.5-1: Messwerte für Versuchsstand 5.2

f <sub>soll</sub> / Hz	f <sub>ist</sub> / Hz	U / SkW	U / V	U <sub>c</sub> / SkW	U <sub>c</sub> / V	I / SkW	I / mA	Δ t / ms	φ / °	I <sub>rech</sub> / mA	Z / Ω	L / dB
50	50	1,501	1,5	0,070	1,4	0,005	0,5	-3,4	-61,2	0,481	3002	-0,61
100	100	1,504	1,5	0,082	1,64	0,011	1,1	-2,4	-86,4	1,023	1367	0,75
150	150	1,502	1,5	0,092	1,84	0,018	1,8	-1,5	-81,0	1,708	834	1,76
200	200	1,505	1,5	0,112	2,24	0,03	3	-1,2	-86,4	2,720	502	3,45
250	252	1,507	1,5	0,158	3,16	0,054	5,4	-0,9	-81,6	4,623	279	6,43
300	300	1,503	1,5	0,302	6,04	0,122	12,2	-0,75	-81,0	9,012	123	12,08
320	320	1,504	1,5	0,545	10,9	0,236	23,6	-0,45	-51,8	13,747	64	17,20
342	341	1,502	1,5	1,658	33,16	0,786	78,6	0	0,0	28,120	19	26,88
360	360	1,501	1,5	0,689	13,78	0,336	33,6	0,45	58,3	208,419	45	19,26
380	380	1,504	1,5	0,341	6,82	0,175	17,5	0,46	62,9	35,613	86	13,13
400	400	1,503	1,5	0,218	4,36	0,118	11,8	0,52	74,9	17,217	127	9,25
450	450	1,503	1,5	0,110	2,2	0,067	6,7	0,5	81,0	7,825	224	3,31
500	500	1,501	1,5	0,071	1,42	0,047	4,7	0,45	81,0	5,211	319	-0,48
600	600	1,501	1,5	0,040	0,8	0,031	3,1	0,36	77,8	3,246	484	-5,47
700	700	1,503	1,5	0,028	0,56	0,024	2,4	0,33	83,2	2,418	626	-8,58
800	800	1,500	1,5	0,022	0,44	0,019	1,9	0,28	80,6	1,945	789	-10,65
1000	1000	1,504	1,5	0,014	0,28	0,014	1,4	0,22	79,2	1,428	1074	-14,60
1200	1200	1,502	1,5	0,010	0,2	0,011	1,1	0,175	75,6	1,136	1365	-17,51
1500	1500	1,501	1,5	0,007	0,14	0,009	0,9	0,15	81,0	0,876	1668	-20,61
2000	2000	1,500	1,5	0,004	0,08	0,007	0,7	0,12	86,4	0,639	2143	-25,46

**1****1****1****1****1****1**

Vergleichen Sie Ihre Ergebnisse, basierend auf den gemessenen Werten mit den theoretisch berechneten Werten anhand der gegebenen Bauteile. Geben Sie die theoretisch berechneten Werte in einer **Tabelle** und in dem **Diagramm** an.

**5.5.1 Bestimmung des Spannungspegels am Kondensator**

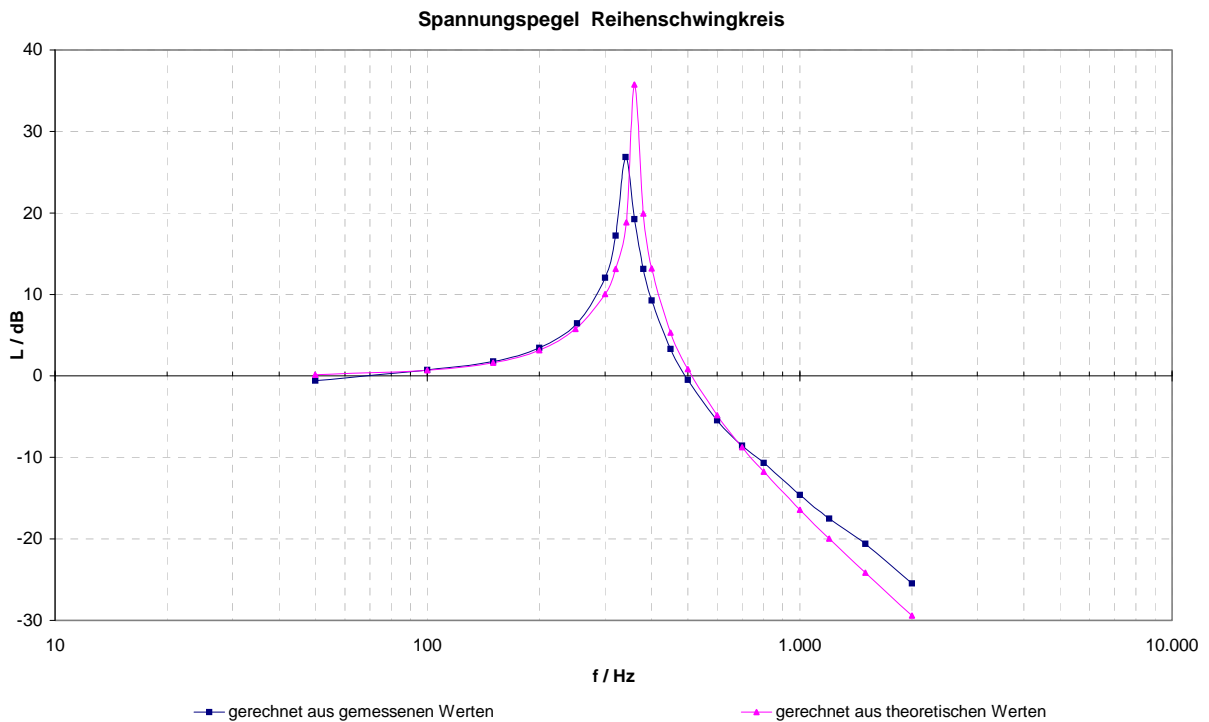


Bild 5.5.1-1: Spannungspegel im Reihenschwingkreis

3

Tabelle 5.5.1-1: Spannungspegel im Reihenschwingkreis

f / Hz	L / dB
50	0,2
100	0,7
150	1,6
200	3,2
250	5,7
300	10,1
320	13,2
342	18,8
360	35,8
380	19,9
400	13,2
450	5,3
500	0,9
600	-4,8
700	-8,7
800	-11,8
1000	-16,4
1200	-20,0
1500	-24,2
2000	-29,4

1

Der Spannungspegel wurde anhand folgender Formel berechnet und die Werte wurden in der Tabelle 5.5.1-1 und im Diagramm eingetragen.

$$L = 20 \cdot \log \left| \frac{\frac{1}{\omega C}}{\sqrt{R^2 + \left( \omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2}} \right|$$

Aus dem Diagramm kann man ablesen, dass sowohl die Resonanzfrequenzen als auch die maximalen Spannungspegel unterschiedlich sind.

Die verschiedenen Resonanzstellen erklären sich mit den Toleranzen der Bauteile, insbesondere des Kondensators. **1**

Die ungleichen Spannungspegelmaxima rühren daher, dass bei der Berechnung der theoretischen Werten nicht alle Ohmschen Widerstände berücksichtigt wurden. **1**

### 5.5.2 Bestimmung von $I(f)$ im Reihenschwingkreis und Zeichnen des Diagramms

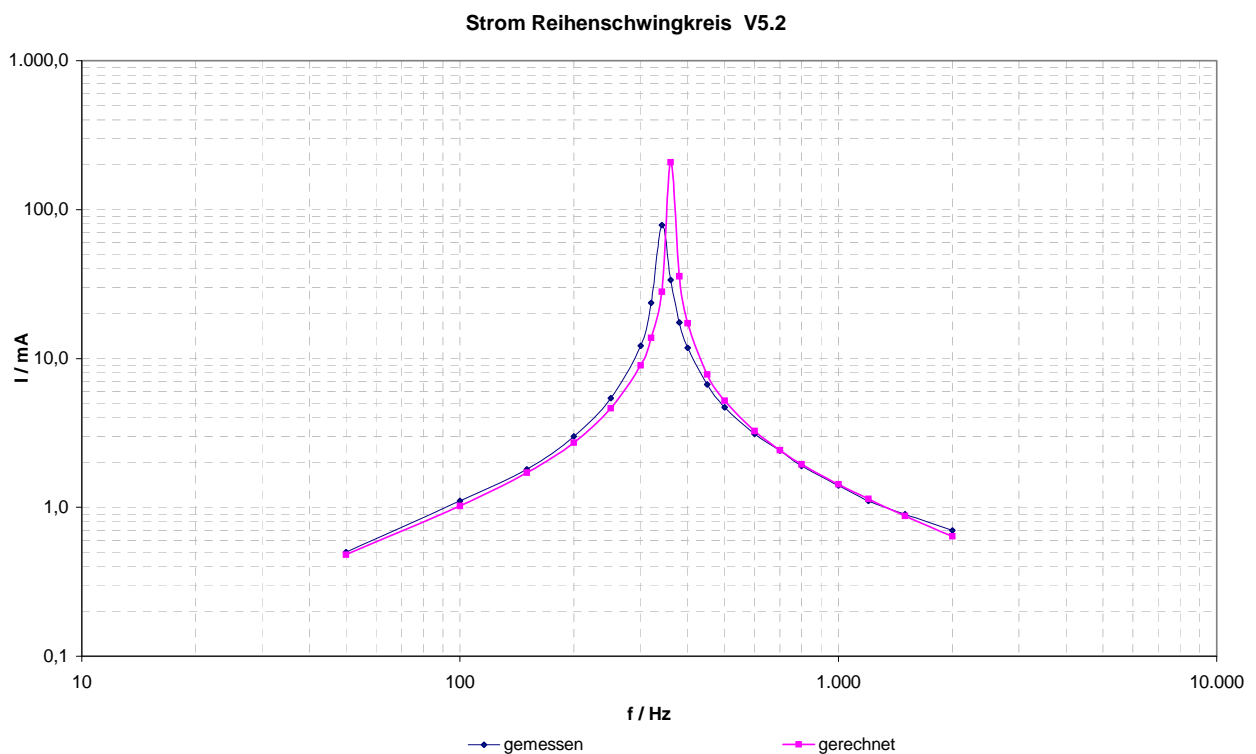


Bild 5.5.2-1: Strom im Reihenschwingkreis

**3**

Der gerechnete Verlauf hat eine Resonanzfrequenz von 362 Hz, dies entspricht auch der Vorbereitungsaufgabe 1. Die gemessene Kennlinie hat dagegen eine Resonanzfrequenz von 342 Hz. Ursache für die abweichende Resonanzstelle sind die Toleranzen der Bauelementen, insbesondere des Kondensators. **1**

Ein weiterer Unterschied ist die maximale Stromstärke. Die gemessene Kurve erreicht ihr Maximum bei 78 mA. Der theoretische Verlauf kann dagegen eine Stromstärke von bis zu 322 mA aufweisen.

Die kleineren Ströme erklären sich mit den zusätzlichen ohmschen Widerständen, die es in der realen Schaltung gibt. 1

### 5.5.3 Bestimmung von $|Z(f)|$ im Reihenschwingkreis

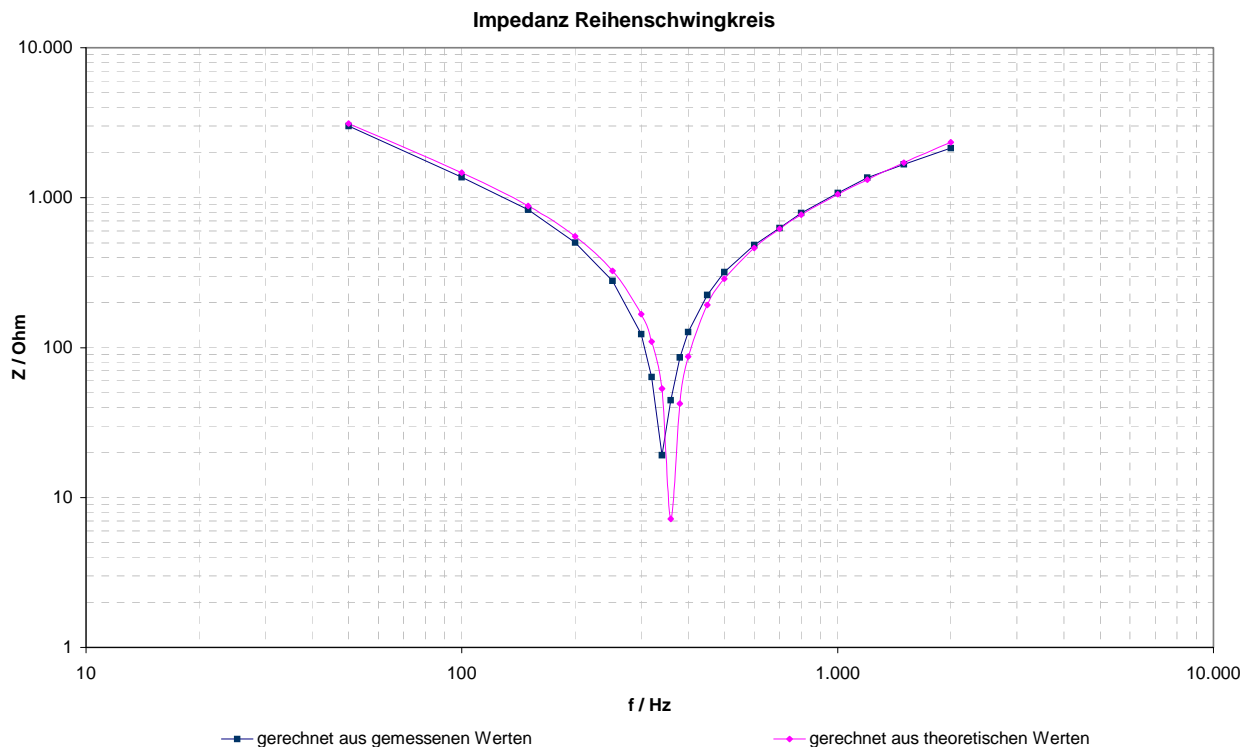


Bild 5.5.3-1: Impedanz des Reihenschwingkreises 3

Für den Versuch 5.2 ergibt sich aus dem Diagramm eine Resonanzfrequenz von 342 Hz, was einer Kreisfrequenz von  $2148 \text{ s}^{-1}$  entspricht. 1

Was bedeutet  $f_0$  im physikalischen Sinn?

Die Anregungsfrequenz  $f$  erreicht die Resonanzfrequenz  $f_d = f_0$  des ungedämpften Schwingkreises.

Bei  $f_0$  ist die Stromamplitude maximal, weil die Teilspannungen an Kondensator und Spule in Gegenphase sind und sich daher aufheben. 1

Der Schwingkreis wirkt rein ohmsch: Strom und anliegende Wechselspannung sind in Phase. 1

Tabelle 5.5.3-1: Impedanz des Reihenschwingkreises; die Werte wurden anhand der theoretischen Bauteilgrößen berechnet.

f / Hz	Z / Ω
50	3122,5
100	1470,3
150	879,1
200	553,3
250	326,0
300	166,8
320	109,4
342	53,4
360	7,2
380	42,2
400	87,3
450	192,1
500	288,1
600	462,4
700	621,5
800	771,2
1000	1053,5
1200	1322,6
1500	1712,9
2000	2345,7

1

Vergleichen Sie Ihre Strom- und Impedanzkennlinie. Was lässt sich daraus für  $I$ ,  $Z$  und  $f_0$  schließen?

Bei  $f_0$  ist der Strom maximal und die Impedanz minimal.

1

### 5.5.4 Phasenverschiebung $\varphi(f)$ im Reihenschwingkreis

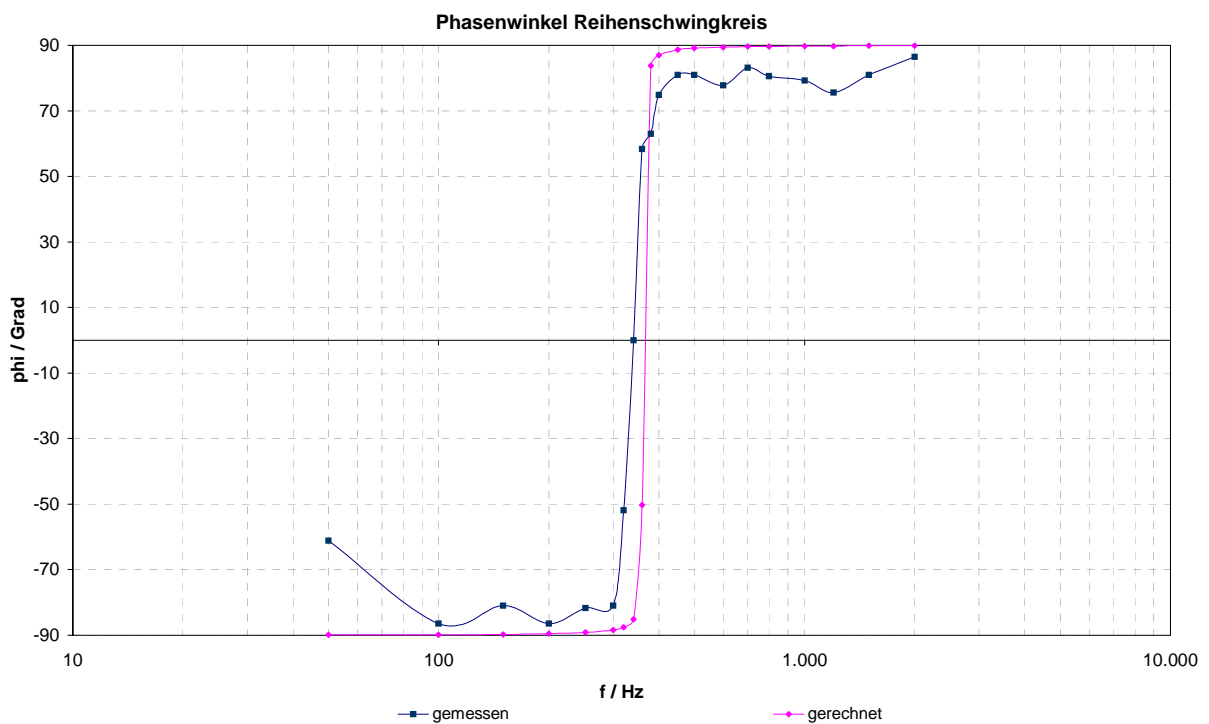


Bild 5.5.4-1: Phasenverschiebung im Reihenschwingkreis

3

Tabelle 5.5.4-1: Phasenverschiebung im Reihenschwingkreis; die Werte wurden anhand der theoretischen Bauteilgrößen berechnet.

f / Hz	$\varphi_{\text{theor}} / ^\circ$
50	-89,9
100	-89,8
150	-89,7
200	-89,5
250	-89,2
300	-88,4
320	-87,6
342	-85,1
360	-50,3
380	83,7
400	87,0
450	88,6
500	89,1
600	89,4
700	89,6
800	89,7
1000	89,7
1200	89,8
1500	89,8
2000	89,9

1

Was kann man über das Verhalten des Phasenwinkels allgemein sagen?

Der Phasenwinkel ändert sich von  $\varphi = -90^\circ$  (bei  $f = 0$ ) auf  $\varphi = 0^\circ$  (bei  $f = f_0$ ) und geht bei  $f \rightarrow \infty$  in  $\varphi = 90^\circ$  über.

1

Bei Frequenz „Null“ wirkt der Serienschwingkreis rein kapazitiv. Der Strom ist Null, da die Kapazität den Gleichstrom sperrt.

1

Bei unendlich hoher Frequenz ist der Serienschwingkreis rein induktiv. Der Strom ist wieder Null, da die Impedanz  $\omega L$  unendlich groß ist.

1

Dazwischen liegt das Strommaximum bei  $\omega = \omega_0$ .

## 5.6 RLC - Parallelschwingkreis

Verwendete Geräte: 2

- Funktionsgenerator FG 200
- digitaler Einbau-Voltmeter (0 ... 2 V und 0 ... 20 V)
- Einbau-Amperemeter mit Messshunt
- Frequenzmesser Hengstler Tico 734
- Oszilloskop Tektronix - TDS 1002

Zur Berechnung wurden verwendet:

$$\frac{\varphi}{360^\circ} = \frac{\Delta t}{T} \Rightarrow \varphi = \frac{\Delta t \cdot 360^\circ}{T}, \quad [\varphi] = ^\circ$$

$$I_{rech} = \frac{U}{\left| \frac{\frac{L}{C} - j \frac{R_L}{\omega C}}{R_L + j \left( \omega L - \frac{1}{\omega C} \right)} \right|}, \quad [I] = A$$

$$Z = \frac{U}{I_{mess}}, \quad [Z] = \Omega$$

Tabelle 5.6-1: Messwerte für Versuchsstand 5.2

f <sub>soll</sub> / Hz	f <sub>ist</sub> / Hz	U / SkW	U / V	I / SkW	I / mA	Δ t / ms	φ / °	I <sub>rech</sub> / mA	Z / Ω
30	30	1,504	1,5	0,322	32,2	7,5	81,0	34,7	47
40	40	1,506	1,5	0,215	21,5	5,5	79,2	22,5	70
50	50	1,502	1,5	0,135	13,5	4,7	84,6	14,4	111
60	60	1,503	1,5	0,075	7,5	3,5	75,6	8,2	200
70	70	1,504	1,5	0,025	2,5	2,2	55,4	3,2	600
74	74	1,504	1,5	0,012	1,2	1,1	29,3	1,6	1250
76	75,4	1,497	1,5	0,011	1,1	0	0,0	1,1	1364
78	78	1,508	1,5	0,015	1,5	-1,3	-36,5	0,8	1000
80	80	1,503	1,5	0,020	2,0	-1,8	-51,8	1,4	750
90	90	1,500	1,5	0,054	5,4	-2,5	-81,0	5,0	278
100	100	1,503	1,5	0,091	9,1	-2,2	-79,2	8,4	165
150	150	1,501	1,5	0,235	23,5	-1,6	-86,4	22,9	64
200	200	1,500	1,5	0,359	35,9	-1,25	-90,0	35,3	42
250	250	1,505	1,5	0,477	47,7	-1	-90,0	46,9	31
280	280	1,503	1,5	0,548	54,8	-0,85	-85,7	53,6	27

1

1

1

1



### 5.6.1 Bestimmung von $I(f)$ im Parallelschwingkreis

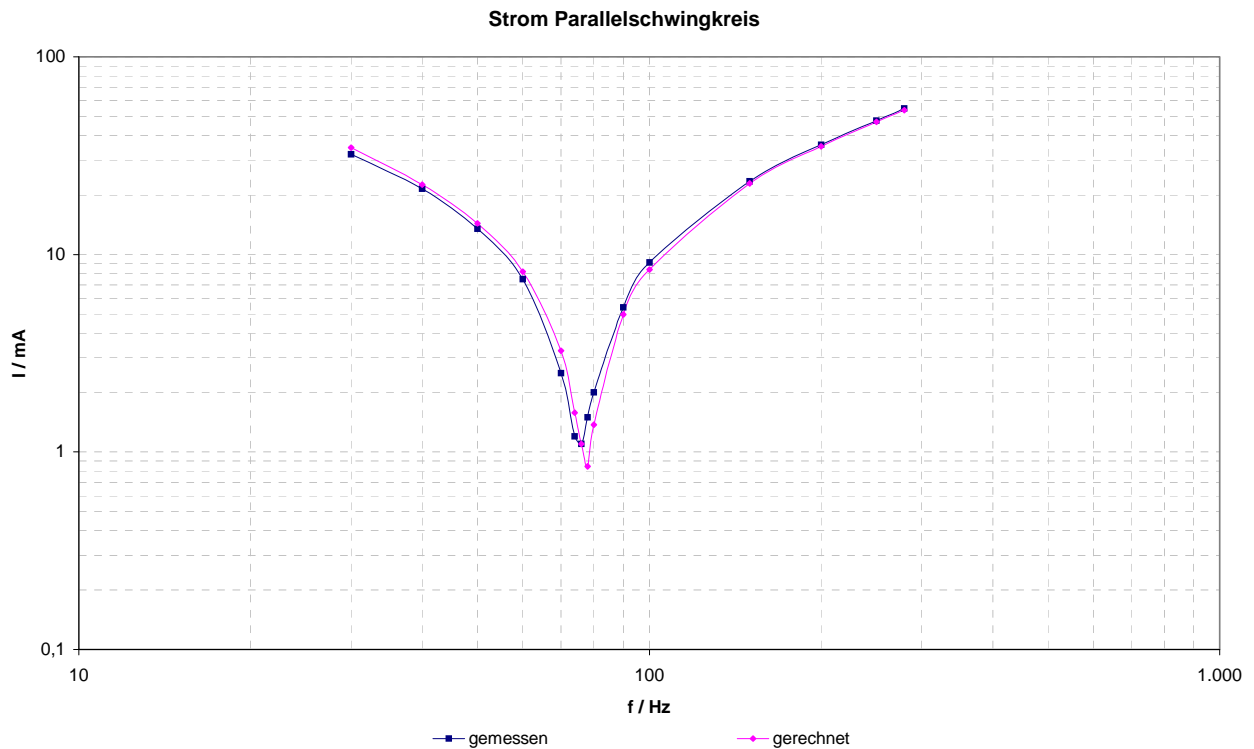


Bild 5.6.1-1: Strom im Parallelschwingkreis

**3**

Der gerechnete Verlauf hat eine Resonanzfrequenz von 77 Hz. Die gemessene Kennlinie hat dagegen eine Resonanzfrequenz von 76 Hz.

Ursachen für die abweichenden Resonanzstellen sind die Toleranzen der Bauelemente. **1**

Ein weiterer Unterschied ist die minimale Stromstärke. Die gemessene Kurve erreicht ihr Minimum bei 1,1 mA.

Der theoretische Verlauf weist dagegen eine Stromstärke von 0,79 mA auf. Der größere Strom erklärt sich mit den zusätzlichen ohmschen Widerständen, die es in der realen Schaltung gibt (idealerweise wäre der Strom = 0; tatsächlich fließt ein „Ohm’scher Reststrom“). **1**

### 5.6.2 Bestimmung der Impedanz $|Z(f)|$ im Parallelschwingkreis

Tabelle 5.6.2-1: Impedanz des Parallelschwingkreises; die Werte wurden anhand der theoretischen Bauteilgrößen berechnet.

f / Hz	Z <sub>theor</sub> / Ω
30	43,2
40	66,5
50	104,5
60	183,0
70	461,8
74	949,7
76	1363,3
78	1772,9
80	1093,5
90	301,5
100	178,7
150	65,6
200	42,5
250	32,0
280	28,0

1

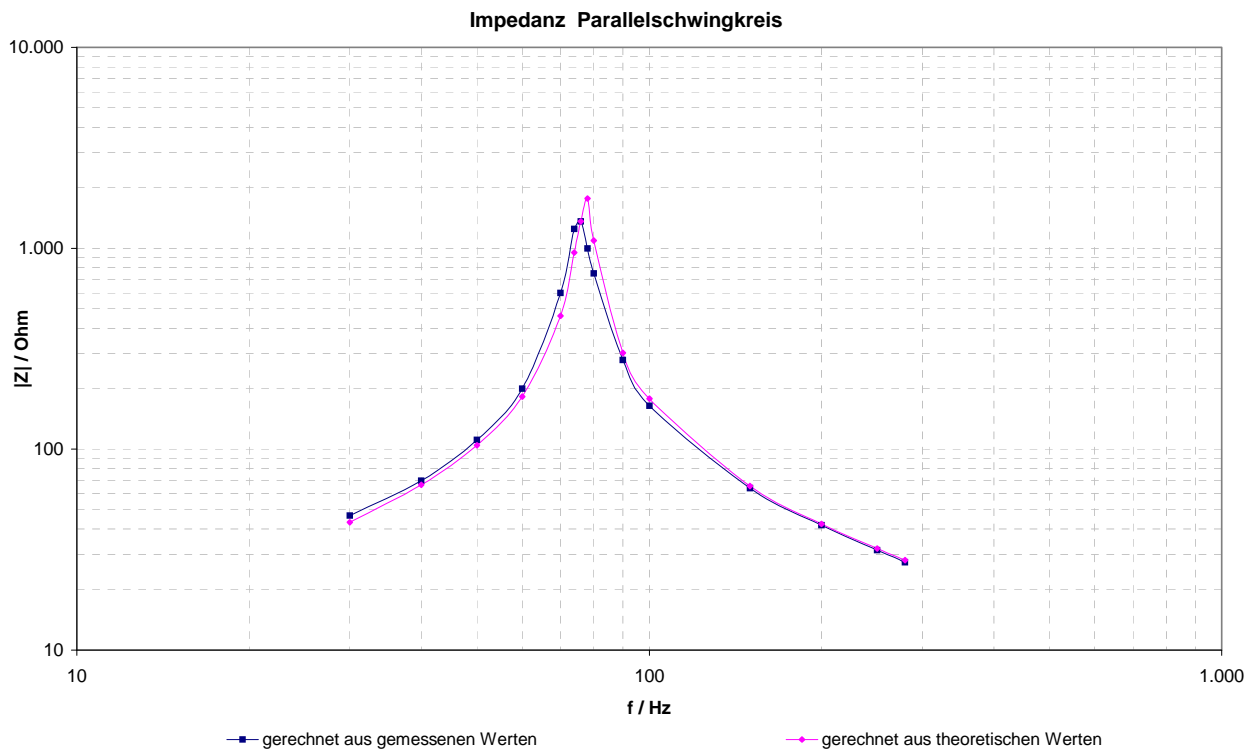


Bild 5.6.2-1: Impedanz des Parallelschwingkreises

3

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}} \cdot \sqrt{1 - \frac{C}{L} \cdot R^2} \quad \text{für } \varphi = 0.$$

$$\omega_1 = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}} \cdot \sqrt{\sqrt{2 \cdot \frac{C}{L} \cdot R^2 + 1} - \frac{C}{L} \cdot R^2} \quad \text{für } Z = \max.$$

Was bedeuten hier diese Kreisfrequenzen?

Bei  $f_0$  ist der **Phasenverschiebungswinkel** zwischen Gesamtstrom  $I$  und Spannung  $U$  gleich **Null**. **1**

Bei  $f_l$  wird der **Gesamtstrom  $I$  minimal**. **1**

Welche Kreisfrequenz kann man hier ablesen?

$f_0$

**1**

In der Aufgabe zu Reihenschwingkreisen war nur nach einer Kreisfrequenz gefragt. Warum?

Wenn Spannung & Strom in Phase sind, ist die Impedanz reell (sogenannte Phasenresonanz). **2**

Beim Reihenschwingkreis liegt in diesem Fall eine minimale Impedanz (nur der ohmsche Widerstand) vor und es kommt zur Spannungsüberhöhung, was gleichzeitig der Betragsresonanz entspricht. D.h., Phasen- & Betragsresonanz sind identisch, auch bei einem verlustbehafteten Reihenschwingkreis. **2**

Vergleichen Sie die Stromkennlinie mit der Impedanzkennlinie. Was können Sie über die Kreisfrequenz in Bezug auf die Impedanz und den Strom sagen?

Bei  $f_0$  ist der Strom minimal und die Impedanz maximal. **2**

5.6.3 Bestimmung der Phasenverschiebung  $\varphi(f)$  im Parallelschwingkreis

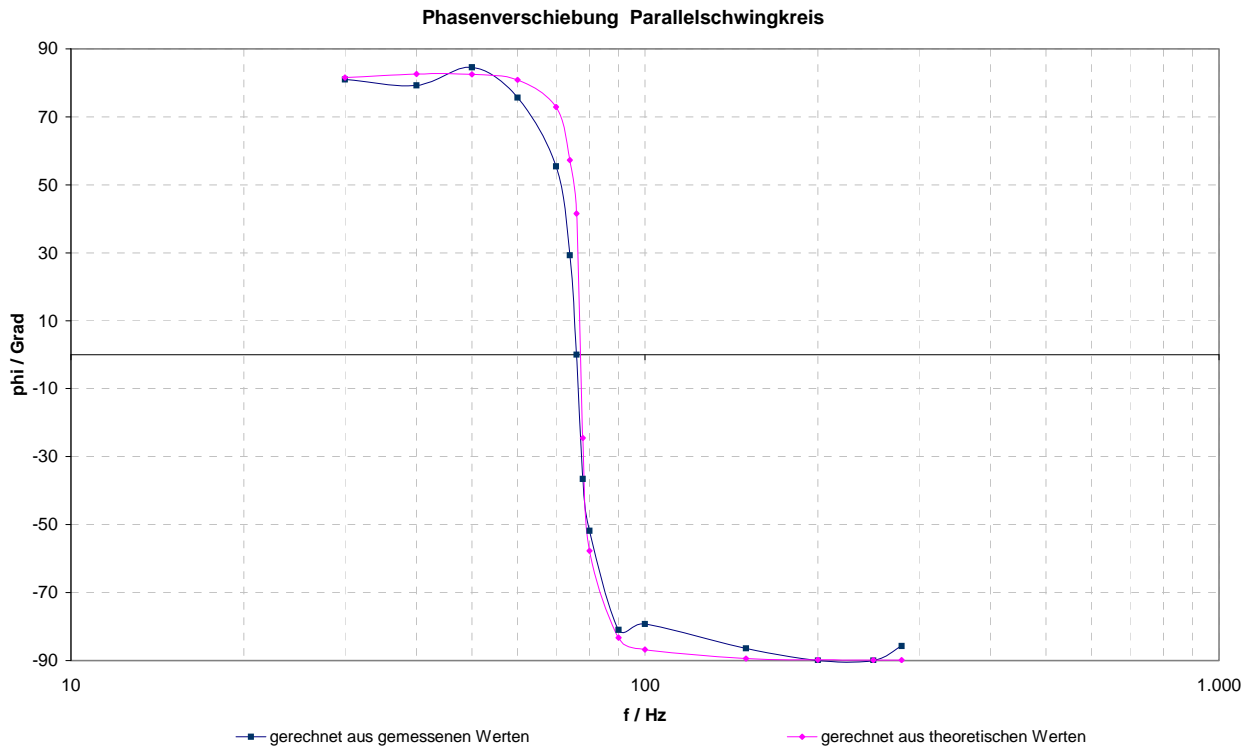


Bild 5.6.3-1: Phasenverschiebung im Parallelschwingkreis

3

Vergleichen Sie die anhand der Messung berechneten Werte mit den theoretisch berechneten Werten, basierend auf den gegebenen Größen der Bauteile. Geben Sie die theoretisch berechneten Werte in einer Tabelle an.

Tabelle 5.6.3-1: Phasenverschiebung im Parallelschwingkreis

f / Hz	$\varphi_{\text{theor}} / ^\circ$
30	81,5
40	82,6
50	82,5
60	80,9
70	72,9
74	57,2
76	41,6
78	-24,6
80	-57,8
90	-83,3
100	-86,8
150	-89,5
200	-89,8
250	-89,9
280	-89,9

1

Was können Sie jetzt über den Phasenwinkel sagen?

Der Phasenwinkel ändert sich von  $\varphi = 90^\circ$  (bei  $f = 0$ ) auf  $\varphi = 0^\circ$  (bei  $f = f_0$ ) und geht bei  $f \rightarrow \infty$  in  $\varphi = -90^\circ$  über. **1**

Wo lässt sich die Resonanz am Graphen ablesen?

Dort, wo der Graph die Abszisse schneidet.

Bestimmen Sie diese.

ca. 77 Hz, abgelesen aus dem Diagramm.

Handelt es sich um  $f_0$  oder  $f_1$ ?

Ablesen kann man  $f_0$ . **2**

## 5.7 Lecher-Leitung

Verwendete Geräte:

- digitales Einbau-Voltmeter (0 ... 20 V) **1**

### 5.7.4 Auswertung

Tragen Sie die gemessenen Entfernungen anhand des Maßbandes für  $U$ - &  $I$ -Bäuche in die Tabelle 5.7.4-1 ein.

Tabelle 5.7.4-1: Messwerte der Spannungs- & Strombäuche

Abschlussart	Bauch mit Entfernung in cm nacheinander eintragen				
	a) offenes Ende	$U$	21	59	86
	$I$	1	37	73	
b) kurzgeschlossenes Ende	$U$	6	39	72	
	$I$	20	54	86	
c) verlängertes kurzgeschlossenes Ende	$U$	20	53	90	
	$I$	1	38	72	100
d) Abschluss mit Wellenwiderstand	$U$	-	-	-	
	$I$	-	-	-	

**1****1****1****1**

1. Zeichnen Sie auf Millimeterpapier die Verläufe der stehenden Wellen von  $U$  &  $I$  mit den gemessenen Werten aus der Tabelle 5.7.4-1 für alle Abschlussarten! Orientieren Sie sich an der Prinzipzeichnung 5.7.4-1 für die Abschlussart a)!

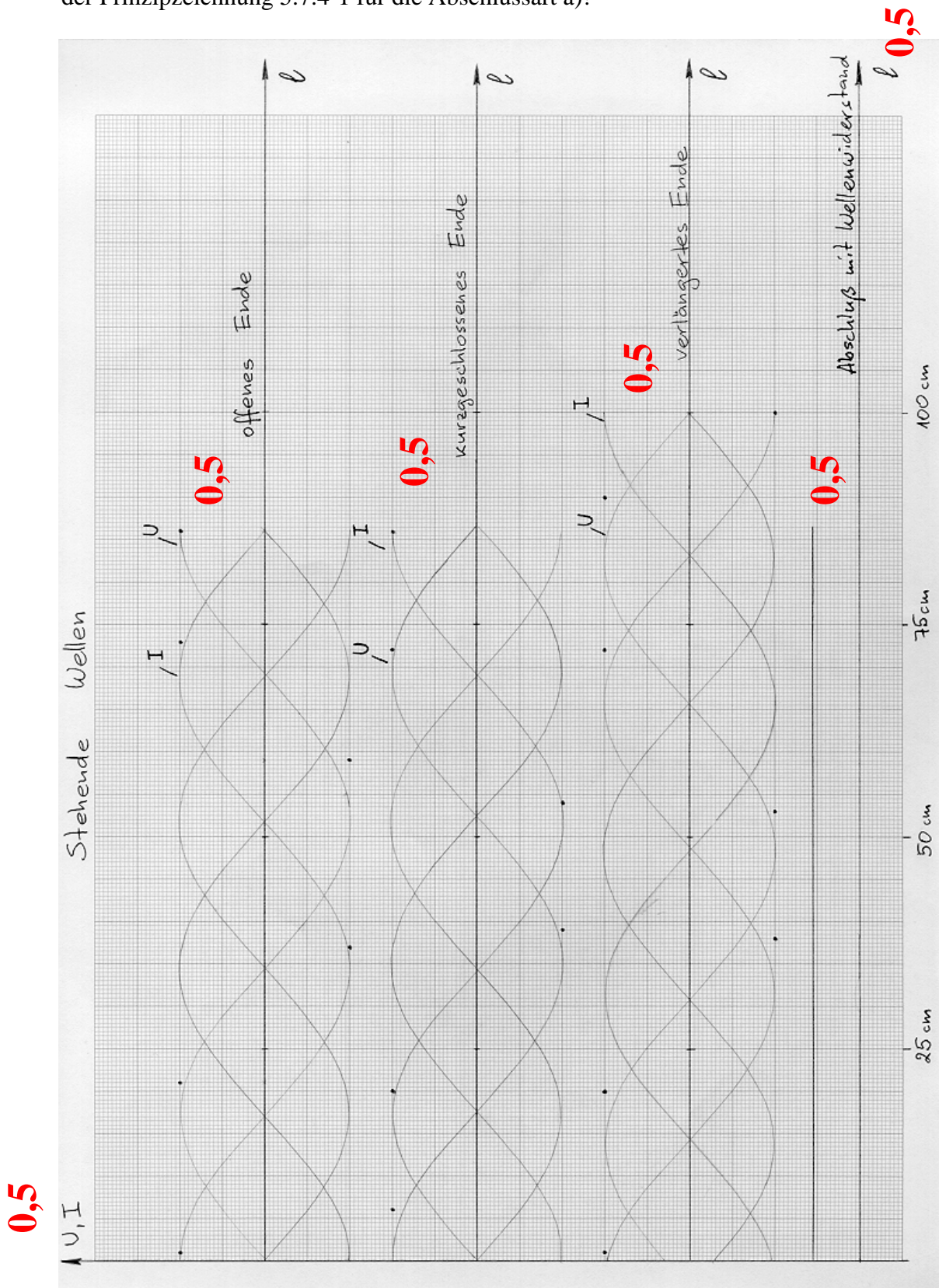


Bild 5.7.4-1: Stehende Wellen

2. Wie ist die Lage der Knoten von  $U$  im Verhältnis zur Lage der Bäuche von  $I$ ?

Treten an der selben Stelle auf.

1

3. Wie ist die Lage der Bäuche von  $U$  im Verhältnis zur Lage der Bäuche von  $I$ ?

Sie sind um  $\lambda/4$  verschoben.

1

4. Ermitteln Sie die Wellenlänge  $\lambda$  anhand der gemessenen Werte!

ca. 69 cm, abgelesen aus dem Diagramm.

1

5. Wie wechselt die Lage der Bäuche und Knoten von  $U$  &  $I$ , wenn die Lecher-Leitung von Leerlauf (Abschlussart a)) in Kurzschluss (Abschlussart b)) geschaltet wird?

Der Spannungsknoten bei Abschlußart a) wird zum Spannungsbauch bei Abschlußart b).

Das selbe Verhalten weisen die Stromknoten und -bäuche auf.

1

6. Wie verschieben sich die Knoten bzw. Bäuche von  $U$  &  $I$  bei der Abschlussart c) gegenüber b)? Erklären Sie die Ursache?

Am kurzgeschlossenen Ende muss sich immer ein Spannungsknoten befinden. Die Lage der Knoten bzw. Bäuche ändert sich so, dass diese Bedingung immer zutrifft.

1

Um wieviel ist die Lecher-Leitung verlängert worden (ausgedrückt in  $\lambda$ )?

um ca.  $\lambda/4$

1

Wie groß muss die Spannung am Kurzschlussende sein?

Null Volt

1

7. Treten ausgeprägte Bäuche und Knoten bei Abschlussart d) auf? Ja oder Nein?

Nein, wenn der Abschlußwiderstand genau dem Wellenwiderstand entspricht (siehe Rechnung im Theorieteil => 223  $\Omega$ ).

1

Warum?

Theoretisch dürfen keine Bäuche bzw. Knoten auftreten.

0,5

Praktisch werden jedoch welche beobachtet, da der Abschlusswiderstand mit 200  $\Omega$  nicht exakt dem Wellenwiderstand der Lecher-Leitung entspricht.

0,5

## 5.8 Dipolantenne

Verwendete Geräte: **1**

- Wellensender
- Digitales Einbau-Voltmeter ( 0 .. 20V )
- Dipolantenne
- Tastkopf
- Induktionsschleife

### 5.8.4 Auswertung

1. Tragen Sie die gemessenen Werte in die Tabelle 5.8.4-1 ein.  
Zeichnen Sie auf Millimeterpapier das Spannungs-Entfernungs-Diagramm  $U = f(l)$ !

Tabelle 5.8.4-1: Messwerte der Spannung in Abhängigkeit des Weges

**1**

$l$ in cm	5	10	15	20	25	30	40	50	60	80	100
$U$ in V	7,8	7,1	6,3	5,5	4,5	3,4	2	1,6	1,2	0,6	0,4

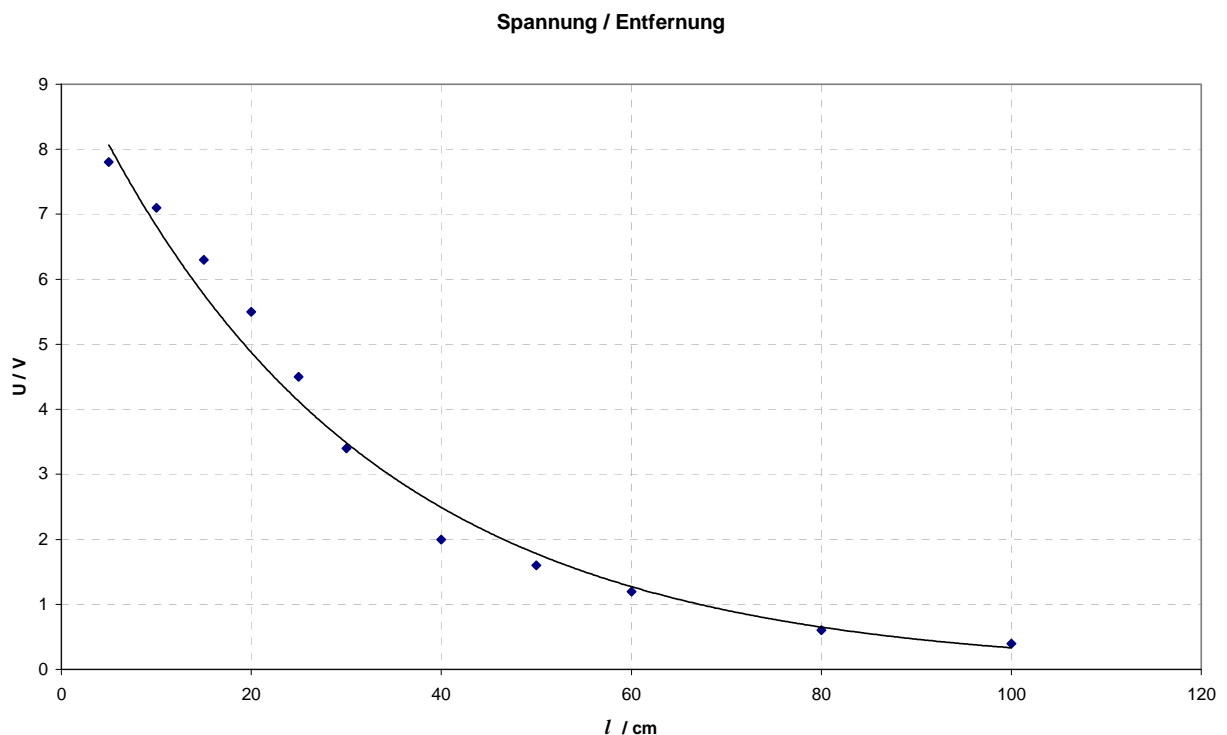


Bild 5.8.4-1: Spannungs-Entfernungs-Diagramm

**3**

Was können sie bzgl. des Spannungsverlaufes aussagen?

Die Spannung nimmt mit der Entfernung ab. Es ist von einem exponentiellen Verlauf auszugehen.

**1**



2. Nehmen Sie die Messwerte in der Tabelle 5.8.4-2 auf.  
Tragen sie auf Millimeterpapier die Richtcharakteristik in Form von Spannungszeigern in der räumlichen Ebene ( $x$ -Achse entspricht  $0^\circ$ ,  $y$ -Achse entspricht  $90^\circ$ ) auf!

Tabelle 5.8.4-2: Messwerte der Spannung in Abhängigkeit des Winkels

1

$\alpha$ in $^\circ$	22,5	45	67,5	80	90	-80	-67,5	-45	-22,5
$U$ in V	5,4	4,7	3,2	1,9	0,6	0,6	2,7	4	4,8

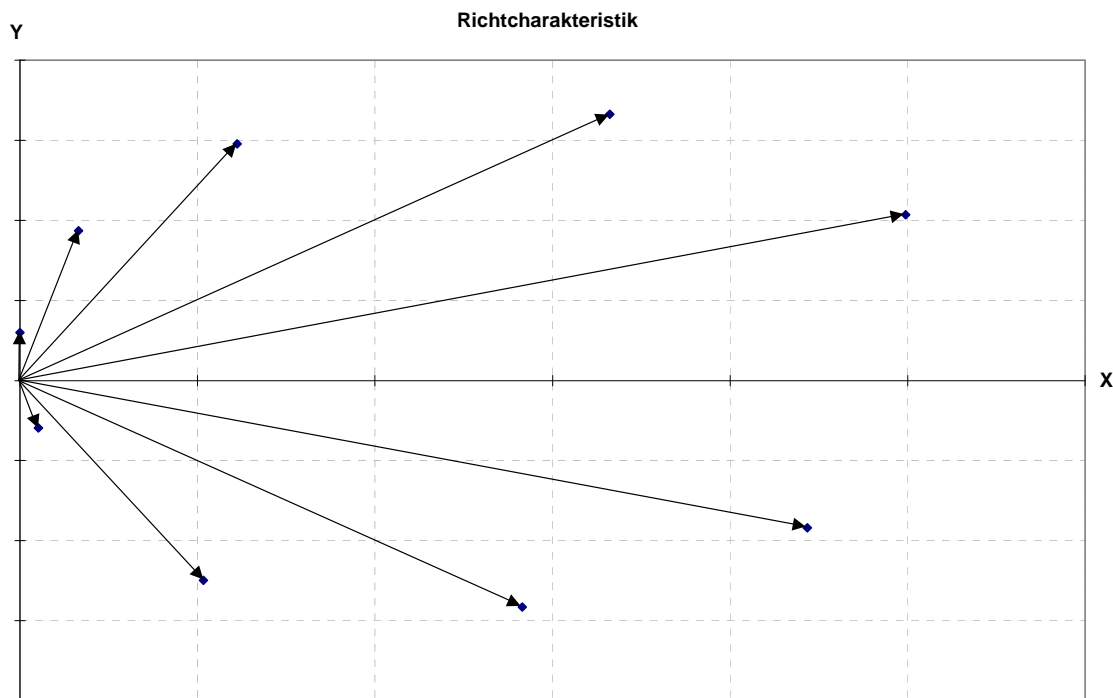


Bild 5.8.4-2: Richtcharakteristik

3

Interpretieren Sie den Verlauf!

Sollte nach beiden Seiten symmetrisch sein. Etwaige Unsymmetrie entsteht durch den Messaufbau (Rack, Kabel, Stromversorgung, etc.).

1

3. Was können Sie bei aa), bb) und cc) feststellen?

Bei aa) leuchtet das Lämpchen gleichmäßig, da der Schleifendipol eine rotationssymmetrische Abstrahlungscharakteristik hat.

1

Bei bb) kann man feststellen, dass das Lämpchen leuchtet, wenn der Empfangsdipol parallel zum Sendedipol ist. Senkrecht dazu leuchtet das Lämpchen nicht (polarisierte Welle).

1

Bei cc) leuchtet das Lämpchen immer schwächer, je weiter es sich vom Dipol entfernt.

1

Was verstehen Sie allgemein unter Richtcharakteristik?

Die Intensität der Strahlung (induzierte Spannung im Empfangsdipol) ist von der Ausrichtung und der Entfernung des Empfangsdipols zum Sendedipol im Raum abhängig:

- rotationssymmetrische, aber entfernungsabhängige Abstrahlintensität in x-z-Ebene
- Empfangsdipol parallel zum Sendedipol in x-z-Ebene => maximale Intensität
- Empfangsdipol senkrecht zum Sendedipol in x-z-Ebene => minimale Intensität
- Empfangsdipol mit Abstrahlrichtung zum Sendedipol in x-Richtung (entspricht Holzschiene) => maximale Intensität
- Empfangsdipol zum Sendedipol in y-Richtung (entspricht 90°-Winkel zur Holzschiene => Intensität gleich Null

1

4. Notieren Sie die maximalen bzw. minimalen Spannungen und die Position anhand des Maßbandes in der gegebenen Tabelle 5.8.4-3.

Tabelle 5.8.4-3: Messwerte der Spannung in Abhängigkeit des Weges und eines zusätzlichen Antennenstabes

1

$l$ in cm	40	57,5	77	92
$U$ in V	1,9	2,94	1,68	2,02

An welcher Stelle muss der Reflektor angebracht werden, um das ausgesendete Signal optimal zu verstärken?

Bei 57,5 cm.

1

Wo wirkt der zusätzliche Antennenstab als Reflektor, wo als Direktor?

Wenn der Antennenstab zwischen Sendedipol und Empfangsdipol platziert wird, dann wird er Direktor genannt.

0,5

Ein Stab, der sich hinter dem Empfangsdipol befindet, heißt Reflektor.

0,5

## 5.9 Bewertung

Bei Diagrammen achten auf:

- Achsenbeschriftung mit Einheiten
- Achsenskalierung (keine unterdrückten Nullpunkte)
- Messpunkte durch Ausgleichskurve miteinander verbinden
- Logarithmische Achsen haben keinen Nullpunkt.

<b>Formfaktor:</b>	OK	≡	1,0
	mittelmäßig	≡	0,9
	schlecht	≡	0,8
	nicht akzeptabel	≡	zurück, 2. Versuch ⇒ 0,8