

## Versuchsvorbereitung, Meßwerte und Versuchsauswertung zum Versuch 407 – Praktikum Meßtechnik

### Versuchsvorbereitung

2.

mit Gleichung 6 bzw. 7:

$$U_B = U_0 \cdot \frac{R_1 \cdot R_4 - R_2 \cdot R_3}{(R_1 + R_2) \cdot (R_3 + R_4)}$$

mit  $R_1 = R + \Delta R$  und  $R \cdot R_4 - R_2 \cdot R_3$  folgt:

$$U_B = U_0 \cdot \frac{\Delta R \cdot R_4 + \overbrace{R \cdot R_4 - R_2 \cdot R_3}^0}{\left(R + \underbrace{\Delta R}_{\Delta R \ll R} + R_2\right) \cdot (R_3 + R_4)} \approx U_0 \cdot \frac{\Delta R \cdot R_4}{(R + R_2) \cdot (R_3 + R_4)}$$

2.1

sinusförmige Spannung:

$$U = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T (\hat{u} \cdot \sin(\omega \cdot t))^2 dt} = \frac{\hat{u}}{\sqrt{2}} = 0,707\hat{u}$$

$$|\bar{u}| = \frac{1}{T} \int_0^T |\hat{u} \cdot \sin(\omega \cdot t)| dt = \frac{2}{\pi} \hat{u} = 0,637\hat{u}$$

$$F = \frac{U}{|\bar{u}|} = \frac{0,707\hat{u}}{0,637\hat{u}} = 1,11$$

rechteckförmige Spannung

$$U = \sqrt{2 \cdot \frac{1}{T} \int_0^{T/2} \hat{u}^2 dt} = \hat{u}$$

$$|\bar{u}| = 2 \cdot \frac{1}{T} \int_0^{T/2} \hat{u} dt = \hat{u}$$

$$F = \frac{U}{|\bar{u}|} = \frac{\hat{u}}{\hat{u}} = 1$$

dreieckförmige Spannung

$$U = \sqrt{4 \cdot \frac{1}{T} \int_0^{T/4} \left(\frac{\hat{u}}{4} \cdot t\right)^2 dt} = \frac{\hat{u}}{\sqrt{3}} = 0,577\hat{u}$$

$$|\bar{u}| = 4 \cdot \frac{1}{T} \int_0^{T/4} \frac{\hat{u}}{4} \cdot t dt = \frac{\hat{u}}{2} = 0,5\hat{u}$$

$$F = \frac{U}{|\bar{u}|} = \frac{0,577\hat{u}}{0,5\hat{u}} = 1,15$$

## 2.2

	U	U	$ \bar{u} $	$ \bar{u} $
Bedingung	$U_0 \leq \hat{u}$	$U_0 > \hat{u}$	$U_0 \leq \hat{u}$	$U_0 > \hat{u}$
Sinus	$\sqrt{U_0^2 + \frac{\hat{u}^2}{2}}$	$\sqrt{U_0^2 + \frac{\hat{u}^2}{2}}$	$\frac{2}{\pi} [U_0(\alpha - \pi) - \hat{u} \cdot \cos \alpha]$ $\alpha = \pi + \arcsin \frac{U_0}{\hat{u}}$	$U_0$
Rechteck	$\sqrt{U_0^2 + \hat{u}^2}$	$\sqrt{U_0^2 + \hat{u}^2}$	$\hat{u}$	$U_0$
Dreieck	$\sqrt{U_0^2 + \frac{\hat{u}^2}{3}}$	$\sqrt{U_0^2 + \frac{\hat{u}^2}{3}}$	$\frac{\hat{u}}{2} \cdot \left(1 + \frac{U_0^2}{\hat{u}^2}\right)$	$U_0$

zu Bild 7 
$$U = \hat{u} \cdot \sqrt{\frac{Te}{T}} \quad |\bar{u}| = \hat{u}$$

Te/T	0,2	0,4	0,6	0,8	1
F	0,447	0,632	0,775	0,894	1
Cf	2,236	1,581	1,291	1,118	1

## 3.1

Für beide Messungen wurde jeweils für  $R_N$  ein Wert von 100 m $\Omega$  gewählt.

$$R_X = \frac{R_1}{R_2} \cdot R_N \quad (\text{Abgleichbedingung für die Thomsonbrücke})$$

Bestimmung des Widerstands  $R_X$ :

$$R_2 = 10 \Omega \quad R_1 = 17,1 \Omega$$

folgt  $R_X = 171 \text{ m}\Omega$

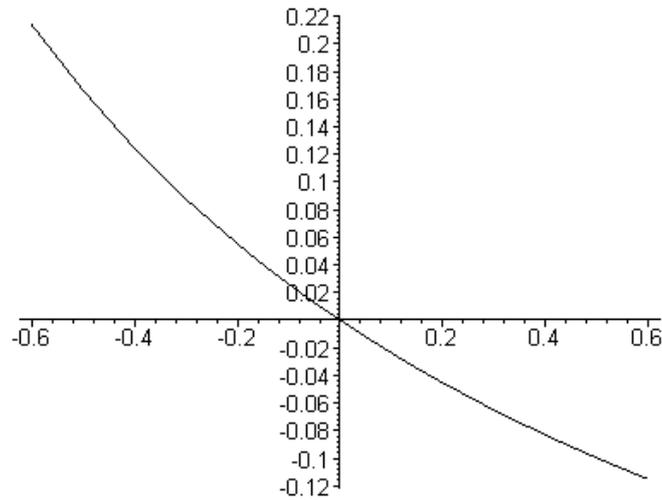
Bestimmung des Widerstands  $R_{\text{Leitung}}$  einer 50 cm langen Leitung:

$$R_2 = 1000 \Omega \quad R_1 = 90,7 \Omega$$

folgt  $R_{\text{Leitung}} = 9,07 \text{ m}\Omega$

## 3.2.1

$\frac{\Delta R}{R_1}$	$R_{1x}$ in $\Omega$	$U_B$ in V	$U_0$ in V	$\frac{U_B}{U_0}$
-0,60	200	2,140	10	0,2140
-0,50	250	1,665	10	0,1665
-0,40	300	1,244	10	0,1244
-0,30	350	0,877	10	0,0877
-0,20	400	0,554	10	0,0554
-0,15	425	0,402	10	0,0402
-0,10	450	0,260	10	0,0260
-0,05	475	0,126	10	0,0126
0	500	0	10	0
0,05	525	-0,122	10	-0,0122
0,10	550	-0,238	10	-0,0238
0,15	575	-0,349	10	-0,0349
0,20	600	-0,455	10	-0,0455
0,30	650	-0,653	10	-0,0653
0,40	700	-0,834	10	-0,0834
0,50	750	-1,000	10	-0,1000
0,60	800	-1,154	10	-0,1154

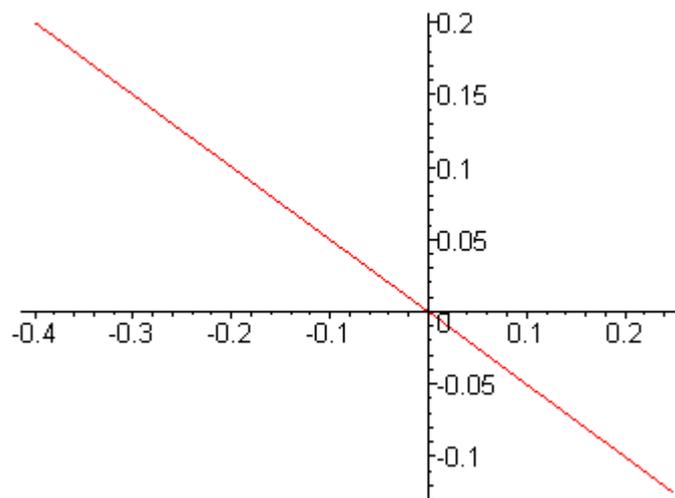


Dieses Diagramm stellt die Brückenkennlinie  $\frac{U_B}{U_0} = f\left(\frac{\Delta R}{R}\right)$  dar.

Wobei hier auf der x-Achse  $\frac{\Delta R}{R}$  und auf der y-Achse  $\frac{U_B}{U_0}$  aufgetragen wurde

### 3.2.2

$\frac{\Delta R}{R}$	$R_1$ in $\Omega$	$R_2$ in $\Omega$	$U_B$ in V	$U_0$ in V	$\frac{U_B}{U_0}$
-0,40	300	700	1,999	10	0,1999
-0,35	325	675	1,747	10	0,1747
-0,30	350	650	1,497	10	0,1497
-0,25	375	625	1,247	10	0,1247
-0,20	400	600	1,000	10	0,1000
-0,15	425	575	0,748	10	0,0748
-0,10	450	550	0,498	10	0,0498
-0,05	475	525	0,248	10	0,0248
0	500	500	0	10	0
0,05	525	475	-0,253	10	-0,0253
0,10	550	450	-0,503	10	-0,0503
0,15	575	425	-0,754	10	-0,0754
0,20	600	400	-1,003	10	-0,1003
0,25	625	375	-1,257	10	-0,1257



Dieses Diagramm stellt die Brückenkennlinie  $\frac{U_B}{U_0} = f\left(\frac{\Delta R}{R}\right)$  dar. Hier wurden jedoch die Widerstände  $R_1$  und  $R_2$  gegenseitig verändert.  
An der x-Achse wurde  $\frac{\Delta R}{R}$  und an der y-Achse  $\frac{U_B}{U_0}$  aufgetragen.

### 3.2.3

Viertelbrücke in Zweileiterschaltung (Bild 5a)

	$R_1$ in $\Omega$	$R_2$ in $\Omega$	$U_B$ in mV
Nutzsignal ohne Störung	505,0	500,0	-24,75
Nutzsignal mit Störung auf beiden Leitungen	506,0	500,0	-29,83
Nur Störung auf beiden Leitungen	501,0	500,0	-4,92

Viertelbrücke in Dreileiterschaltung (Bild 5b)

	$R_1$ in $\Omega$	$R_2$ in $\Omega$	$U_B$ in mV
Nutzsignal ohne Störung	505,0	500,0	-24,76
Nutzsignal mit Störung auf beiden Leitungen	505,5	500,5	-25,02
Nutzsignal mit Störung auf einer Leitung	505,5	500,0	-27,46
Nur Störung auf beiden Leitungen	500,5	500,5	-0,4

Halbbrücke (Bild 10)

	$R_1$ in $\Omega$	$R_2$ in $\Omega$	$U_B$ in mV
Nutzsignal ohne Störung	505,5	495,0	-53,14
Nutzsignal mit Störung auf beiden Leitungen	505,5	495,5	-53,16
Nutzsignal mit Störung auf einer Leitung	505,5	495,0	-55,63

### 3.4

$f = 100$  Hz

$\hat{u} = 10$  V

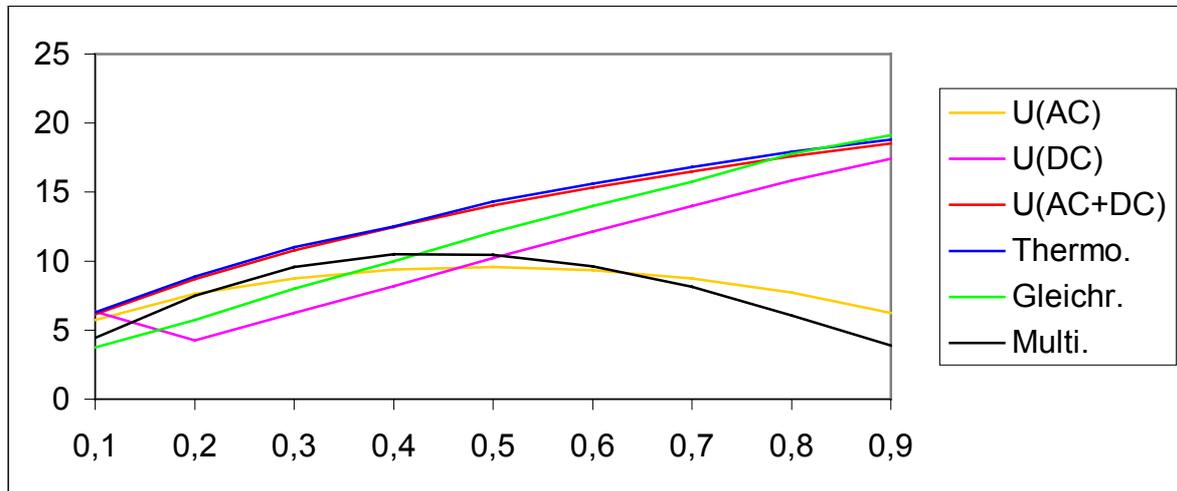
(nach dem Anheben der Rechteckspannung mit dem DC-Offset ist am Oszilloskop  $\hat{u}$  mit 20 V abzulesen)

$\frac{T_e}{T}$	Scopemeter			Thermo- umformer	Gleichricht- Instrument	Mutimeter
	$U_{AC}$ in V	$U_{DC}$ in V	$U_{AC+DC}$ in V	$U_2$ in V	$U_3$ in V	$U_4$ in V
0,1	5,73	6,35	6,18	6,3	3,75	4,44
0,2	7,62	4,25	8,72	8,9	5,75	7,51
0,3	8,77	6,24	10,77	11,0	8,00	9,57
0,4	9,39	8,18	12,45	12,5	10,00	10,49
0,5	9,57	10,23	14,05	14,3	12,10	10,45
0,6	9,36	12,14	15,34	15,6	14,00	9,62
0,7	8,75	13,99	16,50	16,8	15,75	8,14
0,8	7,71	15,83	17,59	17,9	17,80	6,06
0,9	6,23	17,41	18,50	18,8	19,10	3,88

Es folgt nun ein Diagramm in dem Spannungswerte aus obiger Tabelle dargestellt sind:

x-Achse: Spannung in volt

y-Achse: Tastverhältnis  $T_e/T$



## 4.1

$$R_x = \frac{R_1}{R_2} R_N$$

$$\Delta R_x = \left| \frac{\partial R_x}{\partial R_N} \right| \cdot \Delta R_N + \left| \frac{\partial R_x}{\partial R_2} \right| \cdot \Delta R_2 + \left| \frac{\partial R_x}{\partial R_1} \right| \cdot \Delta R_1 = \left| \frac{R_1}{R_2} \right| \cdot \Delta R_N + \left| \frac{R_1 \cdot R_N}{R_2^2} \right| \cdot \Delta R_2 + \left| \frac{R_N}{R_2} \right| \cdot \Delta R_1$$

eingesetzt werden nun folgende Werte:

$$R_N = 100\text{m}\Omega; R_1 = 17,1\Omega; R_2 = 10\Omega$$

$$\Delta R_N = 0,1\text{m}\Omega; \Delta R_2 = 50\text{m}\Omega; \Delta R_1 = 85,5\text{m}\Omega$$

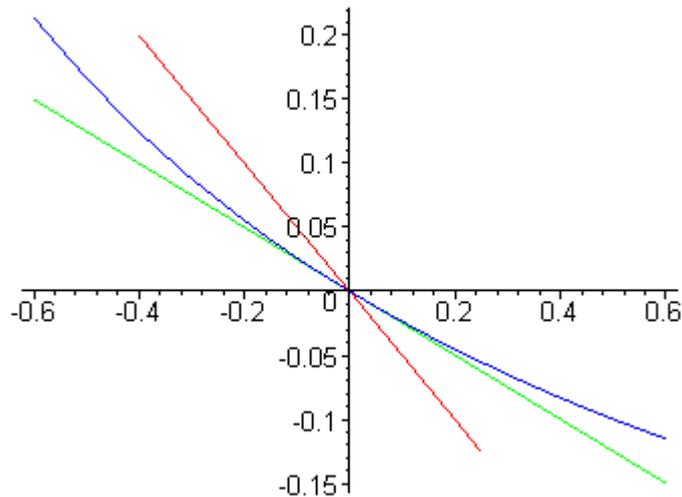
eingesetzt:

$$\underline{\Delta R_x = 1,88\text{m}\Omega} \quad \text{Um diesen Wert kann } R_x \text{ maximal nach oben bzw. nach unten abweichen.}$$

## 4.2

$$\frac{U_B}{U_0} \approx \frac{1}{4} \cdot \frac{\Delta R}{R} \quad (\text{Näherungsgleichung für Viertelbrücke})$$

$\frac{\Delta R}{R}$	$\frac{U_B}{U_0}$ (Viertelbrücke)	$\frac{U_B}{U_0}$ (Halbbrücke)	$\frac{U_B}{U_0}$ (durch Näherung)
-0,60	0,2140	---	0,1500
-0,50	0,1665	---	0,1250
-0,40	0,1244	0,1999	0,1000
-0,35	---	0,1747	0,0875
-0,30	0,0877	0,1497	0,0750
-0,25	---	0,1247	0,0625
-0,20	0,0554	0,1000	0,0500
-0,15	0,0402	0,0748	0,0375
-0,10	0,0260	0,0498	0,0250
-0,05	0,0126	0,0248	0,0125
0	0	0	0
0,05	-0,0122	-0,0253	-0,0125
0,10	-0,0238	-0,0503	-0,0250
0,15	-0,0349	-0,0754	-0,0375
0,20	-0,0455	-0,1003	-0,0500
0,25	---	-0,1257	-0,0625
0,30	-0,0653	---	-0,0750
0,40	-0,0834	---	-0,1000
0,50	-0,1000	---	-0,1250
0,60	-0,1154	---	-0,1500



Legende:

Rot = Viertelbrücke

Blau = Halbbrücke

Grün = mit Näherungsformel errechnete Werte

Berechnung des Wertes für  $\Delta R/R$ , bei dem der Fehler für  $U_B/U_0$  der Viertelbrücke bei Anwendung der Näherungsgleichung größer als 10% wird:

Im folgenden wird zur Vereinfachung  $\Delta R/R$  mit  $x$  bezeichnet!

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{x}{2+x} = \frac{9}{10} \cdot \frac{1}{4} \cdot x$$

$$\frac{1}{2+x} = \frac{9}{20}$$

$$x_1 = \frac{2}{9}$$

bzw.

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{x}{2+x} = \frac{11}{10} \cdot \frac{1}{4} \cdot x$$

$$\frac{1}{2+x} = \frac{11}{20}$$

$$x_2 = -\frac{2}{11}$$

d.h. wenn  $-\frac{2}{11} \geq \frac{\Delta R}{R} \geq \frac{2}{9}$  ist der Fehler für  $\frac{U_B}{U_0} \geq 10\%$ .

Rechnerische Herleitung der Einwirkung von Störeinflüssen auf die Brückenspannung:

$$U_B = U_0 \cdot \frac{R_1 \cdot R_4 - R_2 \cdot R_3}{(R_1 + R_2)(R_3 + R_4)}$$

einsetzen der vorgegebenen Bedingungen:

$$U_{BU} = U_0 \cdot \frac{(R + \Delta R)R - (R - \Delta R)R}{(R + \Delta R + R + \Delta R) \cdot 2R} = U_0 \cdot \frac{R^2 + \Delta R \cdot R - R^2 + \Delta R \cdot R}{4R^2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\Delta R}{R} \cdot U_0$$

$$U_{BS} = U_0 \cdot \frac{(R + \Delta R + \Delta R_S)R - (R - \Delta R + \Delta R_S)R}{(R + \Delta R + \Delta R_S + R - \Delta R + \Delta R_S) \cdot 2R} = U_0 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{\Delta R}{R + \Delta R_S}$$

$$\frac{U_{BS}}{U_{BU}} = \frac{\Delta R \cdot R}{(R + \Delta R_S)\Delta R} = \frac{R}{R + \Delta R_S}$$

## Zu Messungen 3.2.3

	$U_B$ in mV	Verfälschung des Nutzsignals in %
a) Nutzsignal ohne Störung	-24,75	---
b) Nutzsignal mit Störung auf beiden Leitungen	-29,83	20,525
d) Nutzsignal ohne Störung	-24,76	---
e) Nutzsignal mit Störung auf beiden Leitungen	-25,02	1,050
f) Nutzsignal mit Störung auf einer Leitungen	-27,46	10,385
h) Nutzsignal ohne Störung	-53,14	---
i) Nutzsignal mit Störung auf beiden Leitungen	-53,16	0,038
j) Nutzsignal mit Störung auf einer Leitungen	-55,63	4,686

## 4.3

siehe Anlage

## 4.4

siehe auch Tabelle mit den zugehörigen Meßwerten unter Punkt 3.4

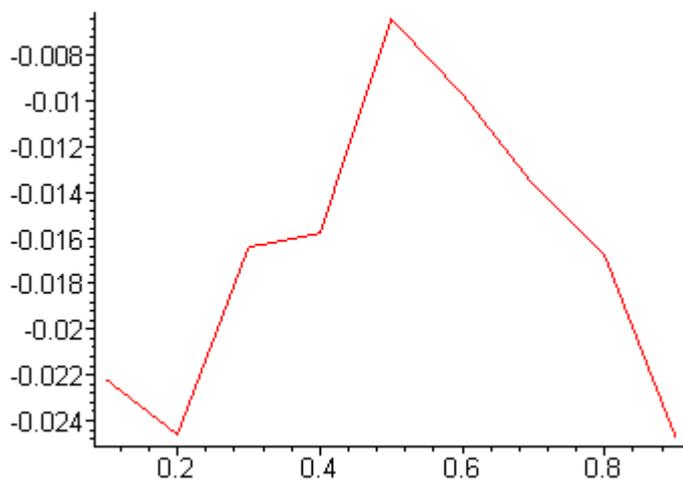
mit  $|\bar{u}| = \hat{u}$ 

( $\hat{u}$  wurde auf 10V eingestellt - da das Signal aber mit einer Gleichspannung angehoben wurde muß man mit  $\hat{u} = 20V$  rechnen)

$\frac{T_e}{T}$	$U = \hat{u} \cdot \sqrt{\frac{T_e}{T}}$ in V	$F = \frac{U}{ \bar{u} }$	$K = \frac{U_{AC+DC} - U}{U}$
0,1	6,32	0,316	-0,0222
0,2	8,94	0,447	-0,0246
0,3	10,95	0,548	-0,0164
0,4	12,65	0,633	-0,0158
0,5	14,14	0,707	-0,0064
0,6	15,49	0,775	-0,0097
0,7	16,73	0,837	-0,0137
0,8	17,89	0,895	-0,0168
0,9	18,97	0,949	-0,0248

Vergleicht man die theoretischen Werte mit den gemessenen, so stellt man fest, dass man hier mit dem Scopemeter in V(AC+DC) Einstellung und mit dem Thermoumformer am genauesten messen kann.

Grafische Darstellung des Kurvenformfehlers in Abhängigkeit vom Tastverhältnis  $T_e/T$ :



Grafische Darstellung des Formfaktors in Abhängigkeit vom Tastverhältnis  $T_e/T$ :

