Spannungsverstärker

WS18/19, PAP2.2, Versuch 242

Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg

Praktikanten:
Gerasimov, V. & Fehrenbach, T.

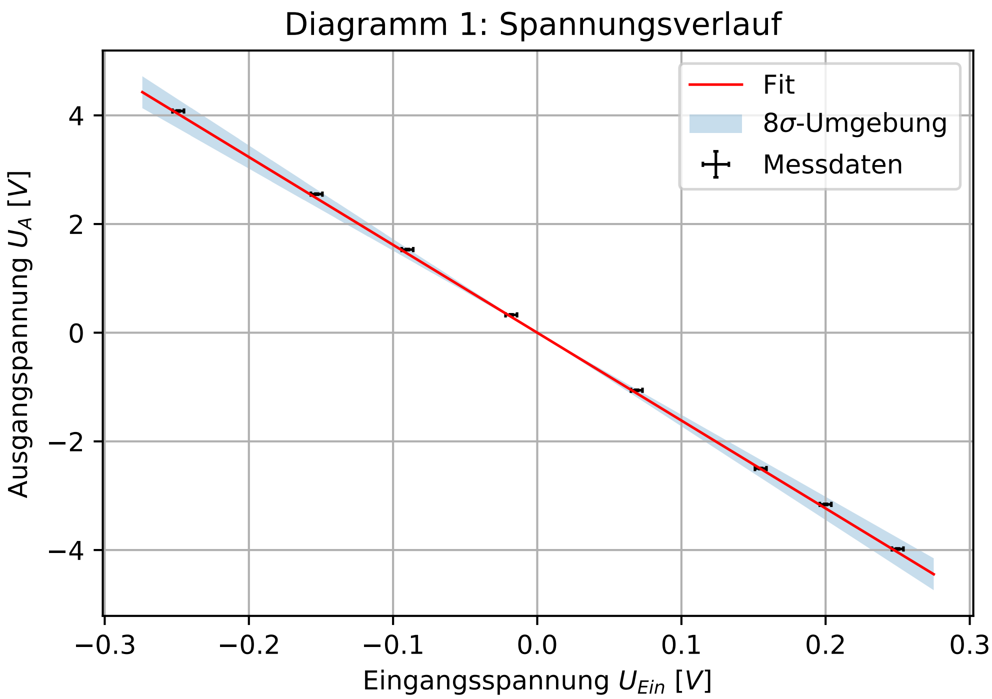
Betreuer:
Saake, P.

Versuchsdurchführung:
12. November, 2018

In [1]:
```
%matplotlib inline
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np

#Messwerte aus Tabelle 1: U_Ein über U_G

U_Ein = np.array([-249, -153, -90, -18, 69, 155, 200, 250])*1e-3
fehler_U_Ein = np.zeros(U_Ein.size)+4e-3

U_A = np.array([4.08, 2.55, 1.53, 0.328, -1.06, -2.50, -3.16, -3.98])
fehler_U_A =  np.zeros(U_A.size)+1e-2

#Fitfunktion
from scipy import odr

def fit_func(p, x):
    (v) = p
    return -v*x

model = odr.Model(fit_func)

#darzustellende Daten
x = U_Ein
y = U_A
delta_x = fehler_U_Ein
delta_y = fehler_U_A

#Startparameter
para0 = [1.0]

data = odr.RealData(x, y, sx=delta_x, sy=delta_y)
odr = odr.ODR(data, model, beta0=para0 )
out = odr.run()

#1-Sigma
popt = out.beta
perr = out.sd_beta

#Sigma-Umgebung
nstd = 8 # um n-Sigma-Umgebung zu zeichnen
popt_top = popt+nstd*perr
popt_bot = popt-nstd*perr

#Plot-Umgebung
x_fit = np.linspace(min(x)*1.1, max(x)*1.1)
fit = fit_func(popt, x_fit)
fit_top = fit_func(popt_top, x_fit)
fit_bot = fit_func(popt_bot, x_fit)

#Plot
fig, ax = plt.subplots(1)
plt.errorbar(x, y, yerr=delta_y, xerr=delta_x, lw=1, ecolor='k', fmt='none', capsize=1, label='Messdaten')
plt.title('Diagramm 1: Spannungsverlauf ')
plt.grid(True)
plt.xlabel('Eingangsspannung '+r'${U_{Ein}}$'+' '+r'${[V]}$')
plt.ylabel('Ausgangspannung '+r'${U_{A}}$' + ' '+r'${[V]}$')
plt.plot(x_fit, fit, 'r', lw=1, label='Fit')
ax.fill_between(x_fit, fit_top, fit_bot, alpha=.25, label=str(nstd)+r'$\sigma$'+'-Umgebung')
plt.legend(loc='best')

#Chi-Quadrat orthogonal
from scipy.stats import chi2

dof = x.size-popt.size
chisquare = np.sum(((fit_func(popt, x)-y)**2)/(delta_y**2+((fit_func(popt, x+delta_x)-fit_func(popt, x-delta_x))/2)**2))
chisquare_red = chisquare/dof
prob = round(1-chi2.cdf(chisquare,dof),2)*100


#Output
plt.savefig('figures/242_Diagramm1.pdf', format='pdf')

print('V =', popt[0], ', Standardfehler =', perr[0])
print('\n')
print('Chi-Quadrat =', chisquare)
print('Freiheitsgrade =', dof)
print('Chi-Quadrat reduziert =', chisquare_red)
print('Wahrscheinlichkeit ein größeres oder gleiches Chi-Quadrat zu erhalten =', prob, '%')
```

```
V = 16.164765400844658 , Standardfehler = 0.13357570206071634
```

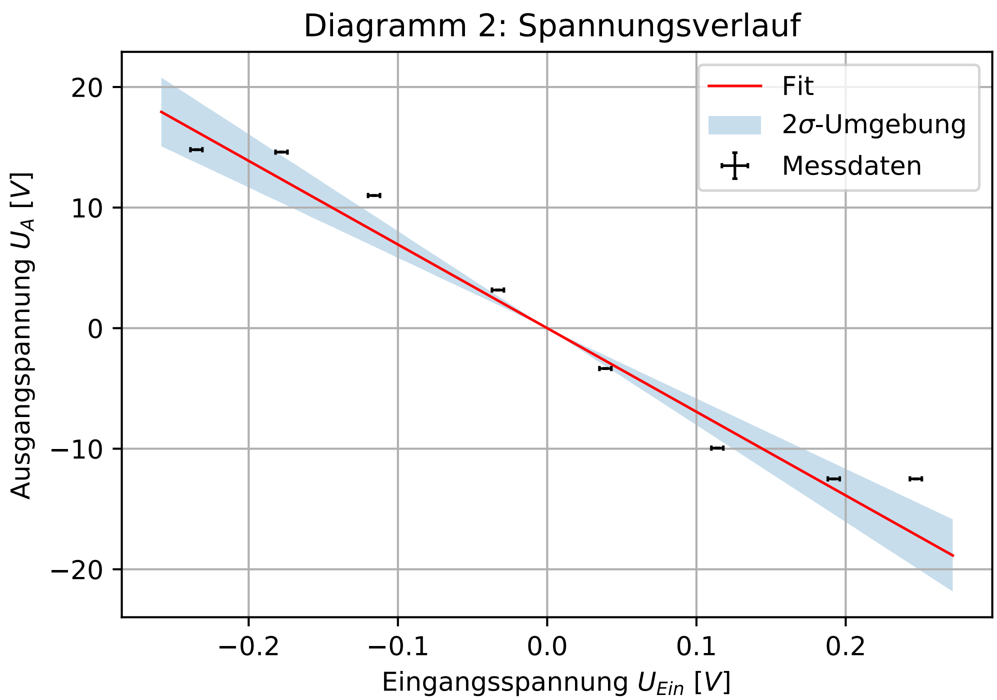
```
Chi-Quadrat = 6.565151533351418
Freiheitsgrade = 7
Chi-Quadrat reduziert = 0.9378787904787741
Wahrscheinlichkeit ein größeres oder gleiches Chi-Quadrat zu erhalten = 48.0 %
```



In [2]:
```
%matplotlib inline
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np

#Messwerte aus Tabelle 2: U_Ein über U_G

U_Ein = np.array([-235, -178, -116, -33, 39, 114, 192, 247])*1e-3
fehler_U_Ein = np.zeros(U_Ein.size)+4e-3

U_A = np.array([14.80, 14.60, 11.00, 3.16, -3.35, -9.95, -12.50, -12.50])
fehler_U_A =  np.zeros(U_A.size)+1e-2

#Fitfunktion
from scipy import odr

def fit_func(p, x):
    (v) = p
    return -v*x

model = odr.Model(fit_func)

#darzustellende Daten
x = U_Ein
y = U_A
delta_x = fehler_U_Ein
delta_y = fehler_U_A

#Startparameter
para0 = [1.0]

data = odr.RealData(x, y, sx=delta_x, sy=delta_y)
odr = odr.ODR(data, model, beta0=para0 )
out = odr.run()
```

```python
    #1-Sigma
    popt = out.beta
    perr = out.sd_beta

    #Sigma-Umgebung
    nstd = 2 # um n-Sigma-Umgebung zu zeichnen
    popt_top = popt+nstd*perr
    popt_bot = popt-nstd*perr

    #Plot-Umgebung
    x_fit = np.linspace(min(x)*1.1, max(x)*1.1)
    fit = fit_func(popt, x_fit)
    fit_top = fit_func(popt_top, x_fit)
    fit_bot = fit_func(popt_bot, x_fit)

    #Plot
    fig, ax = plt.subplots(1)
    plt.errorbar(x, y, yerr=delta_y, xerr=delta_x, lw=1, ecolor='k', fmt='none', capsize=1, label='Messdaten')
    plt.title('Diagramm 2: Spannungsverlauf ')
    plt.grid(True)
    plt.xlabel('Eingangsspannung '+r'${U_{Ein}}$'+' '+r'${[V]}$')
    plt.ylabel('Ausgangspannung '+r'${U_{A}}$' + ' '+r'${[V]}$')
    plt.plot(x_fit, fit, 'r', lw=1, label='Fit')
    ax.fill_between(x_fit, fit_top, fit_bot, alpha=.25, label=str(nstd)+r'$\sigma$'+'-Umgebung')
    plt.legend(loc='best')

    #Chi-Quadrat orthogonal
    from scipy.stats import chi2

    dof = x.size-popt.size
    chisquare = np.sum(((fit_func(popt, x)-y)**2)/(delta_y**2+((fit_func(popt, x+delta_x)-fit_func(popt, x-delta_x))/2)**2))
    chisquare_red = chisquare/dof
    prob = round(1-chi2.cdf(chisquare,dof),2)*100


    #Output
    plt.savefig('figures/242_Diagramm2.pdf', format='pdf')

    print('V =', popt[0], ', Standardfehler =', perr[0])
    print('\n')
    print('Chi-Quadrat =', chisquare)
    print('Freiheitsgrade =', dof)
    print('Chi-Quadrat reduziert =', chisquare_red)
    print('Wahrscheinlichkeit ein größeres oder gleiches Chi-Quadrat zu erhalten =', prob, '%')
```

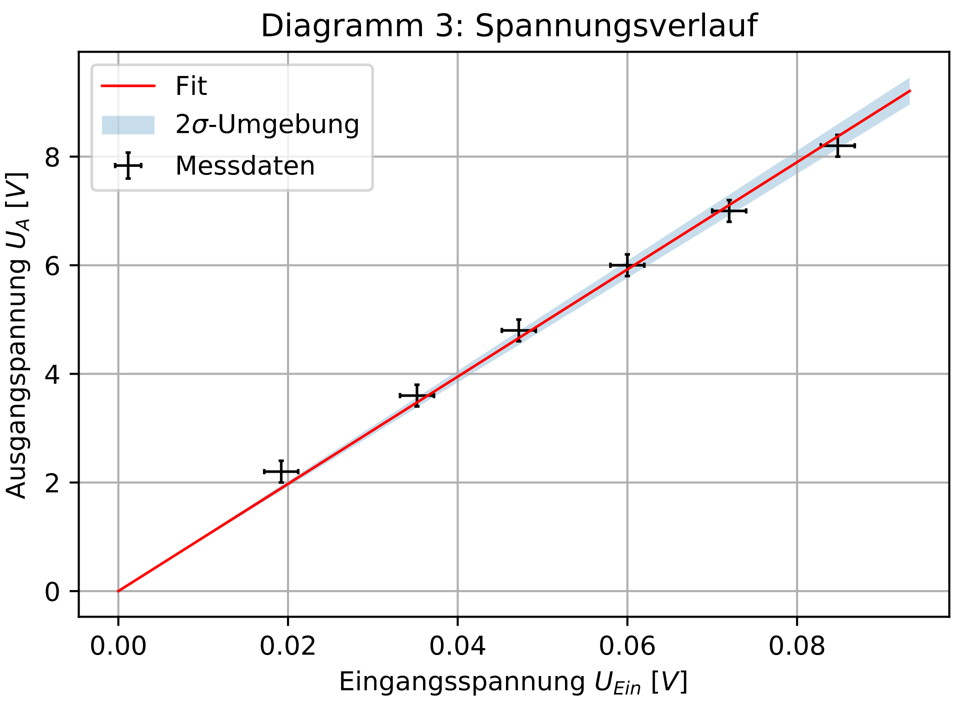
```
V = 69.3797773950789 , Standardfehler = 5.51149694191182


Chi-Quadrat = 564.754356810333
Freiheitsgrade = 7
Chi-Quadrat reduziert = 80.67919383004757
Wahrscheinlichkeit ein größeres oder gleiches Chi-Quadrat zu erhalten = 0.0 %
```



In [3]:
```
%matplotlib inline
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np

#Messwerte aus Tabelle 3: U_Ein über U_G
U_G = np.array([848, 720, 600, 472, 352, 192])*1e-3
fehler_U_G = np.array([20, 20, 20, 20, 20, 20])*1e-3

U_Ein = U_G/10
fehler_U_Ein = fehler_U_G/10

U_A = np.array([8.2, 7.0, 6.0, 4.8, 3.6, 2.2])
fehler_U_A = np.array([0.2, 0.2, 0.2, 0.2, 0.2, 0.2])

#Fitfunktion
from scipy import odr

def fit_func(p, x):
    (v) = p
    return v*x

model = odr.Model(fit_func)

#darzustellende Daten
x = U_Ein
y = U_A
delta_x = fehler_U_Ein
delta_y = fehler_U_A

#Startparameter
para0 = [1.0]

data = odr.RealData(x, y, sx=delta_x, sy=delta_y)
odr = odr.ODR(data, model, beta0=para0 )
out = odr.run()

#1-Sigma
popt = out.beta
perr = out.sd_beta

#Sigma-Umgebung
```

```python
        nstd = 2 # um n-Sigma-Umgebung zu zeichnen
        popt_top = popt+nstd*perr
        popt_bot = popt-nstd*perr

        #Plot-Umgebung
        x_fit = np.linspace(0, max(x)*1.1)
        fit = fit_func(popt, x_fit)
        fit_top = fit_func(popt_top, x_fit)
        fit_bot = fit_func(popt_bot, x_fit)

        #Plot
        fig, ax = plt.subplots(1)
        plt.errorbar(x, y, yerr=delta_y, xerr=delta_x, lw=1, ecolor='k', fmt='none', capsize=1, label='Messdaten')
        plt.title('Diagramm 3: Spannungsverlauf ')
        plt.grid(True)
        plt.xlabel('Eingangsspannung '+r'${U_{Ein}}$'+' '+r'${[V]}$')
        plt.ylabel('Ausgangspannung '+r'${U_{A}}$' + ' '+r'${[V]}$')
        plt.plot(x_fit, fit, 'r', lw=1, label='Fit')
        ax.fill_between(x_fit, fit_top, fit_bot, alpha=.25, label=str(nstd)+r'$\sigma$'+'-Umgebung')
        plt.legend(loc='best')

        #Chi-Quadrat orthogonal
        from scipy.stats import chi2

        dof = x.size-popt.size
        chisquare = np.sum(((fit_func(popt, x)-y)**2)/(delta_y**2+((fit_func(popt, x+delta_x)-fit_func(popt, x-delta_x))/2)**2))
        chisquare_red = chisquare/dof
        prob = round(1-chi2.cdf(chisquare,dof),2)*100


        #Output
        plt.savefig('figures/242_Diagramm3.pdf', format='pdf')

        print('V =', popt[0], ', Standardfehler =', perr[0])
        print('\n')
        print('Chi-Quadrat =', chisquare)
        print('Freiheitsgrade =', dof)
        print('Chi-Quadrat reduziert =', chisquare_red)
        print('Wahrscheinlichkeit ein größeres oder gleiches Chi-Quadrat zu erhalten =', prob, '%')
```

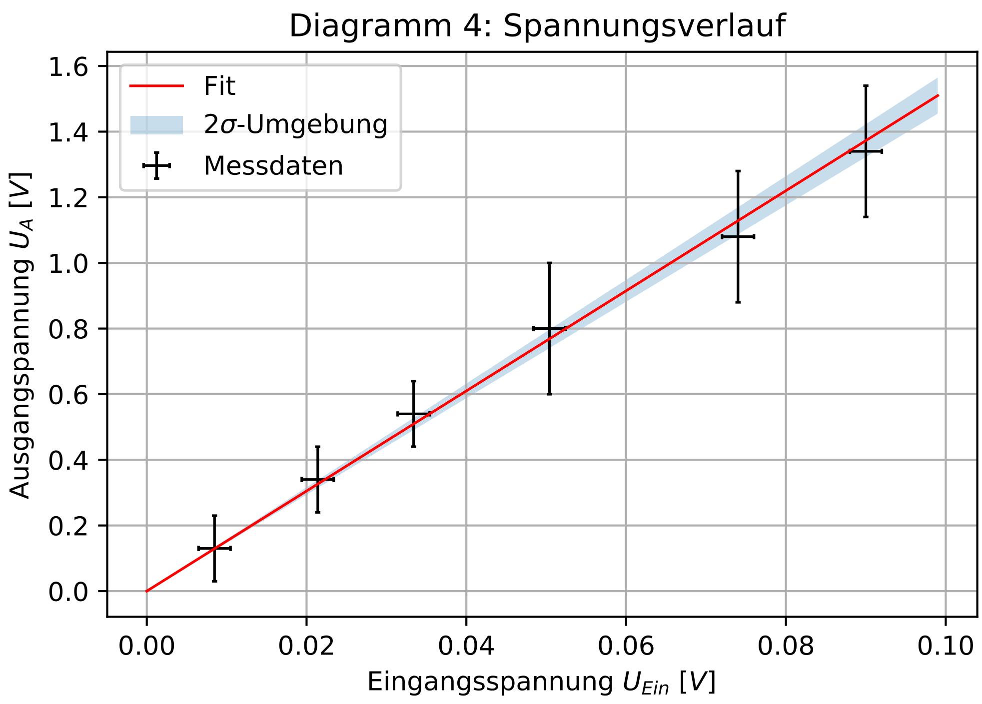
```
V = 98.7228623576045 , Standardfehler = 1.3295295966210758


Chi-Quadrat = 2.216272977933005
Freiheitsgrade = 5
Chi-Quadrat reduziert = 0.44325459558660096
Wahrscheinlichkeit ein größeres oder gleiches Chi-Quadrat zu erhalten = 82.0 %
```



In [4]:
```
%matplotlib inline
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np

#Messwerte aus Tabelle 4: U_Ein über U_G
U_G = np.array([900, 740, 504, 334, 214, 84.8])*1e-3
fehler_U_G = np.array([20, 20, 20, 20, 20, 20])*1e-3

U_Ein = U_G/10
fehler_U_Ein = fehler_U_G/10

U_A = np.array([1.34, 1.08, 0.80, 0.54, 0.34, 0.13])
fehler_U_A = np.array([0.2, 0.2, 0.2, 0.1, 0.1, 0.1])

#Fitfunktion
from scipy import odr

def fit_func(p, x):
    (v) = p
    return v*x

model = odr.Model(fit_func)

#darzustellende Daten
x = U_Ein
y = U_A
delta_x = fehler_U_Ein
delta_y = fehler_U_A

#Startparameter
para0 = [1.0]

data = odr.RealData(x, y, sx=delta_x, sy=delta_y)
odr = odr.ODR(data, model, beta0=para0 )
out = odr.run()

#1-Sigma
popt = out.beta
perr = out.sd_beta

#Sigma-Umgebung
```

```python
nstd = 2 # um n-Sigma-Umgebung zu zeichnen
popt_top = popt+nstd*perr
popt_bot = popt-nstd*perr

#Plot-Umgebung
x_fit = np.linspace(0, max(x)*1.1)
fit = fit_func(popt, x_fit)
fit_top = fit_func(popt_top, x_fit)
fit_bot = fit_func(popt_bot, x_fit)

#Plot
fig, ax = plt.subplots(1)
plt.errorbar(x, y, yerr=delta_y, xerr=delta_x, lw=1, ecolor='k', fmt='none', capsize=1, label='Messdaten')
plt.title('Diagramm 4: Spannungsverlauf ')
plt.grid(True)
plt.xlabel('Eingangsspannung '+r'${U_{Ein}}$'+' '+r'${[V]}$')
plt.ylabel('Ausgangspannung '+r'${U_{A}}$' + ' '+r'${[V]}$')
plt.plot(x_fit, fit, 'r', lw=1, label='Fit')
ax.fill_between(x_fit, fit_top, fit_bot, alpha=.25, label=str(nstd)+r'$\sigma$'+'-Umgebung')
plt.legend(loc='best')

#Chi-Quadrat orthogonal
from scipy.stats import chi2

dof = x.size-popt.size
chisquare = np.sum(((fit_func(popt, x)-y)**2)/(delta_y**2+((fit_func(popt, x+delta_x)-fit_func(popt, x-delta_x))/2)**2))
chisquare_red = chisquare/dof
prob = round(1-chi2.cdf(chisquare,dof),2)*100


#Output
plt.savefig('figures/242_Diagramm4.pdf', format='pdf')

print('V =', popt[0], ', Standardfehler =', perr[0])
print('\n')
print('Chi-Quadrat =', chisquare)
print('Freiheitsgrade =', dof)
print('Chi-Quadrat reduziert =', chisquare_red)
print('Wahrscheinlichkeit ein größeres oder gleiches Chi-Quadrat zu erhalten =', prob, '%')
```

```
V = 15.252127107707407 , Standardfehler = 0.27779907719876284


Chi-Quadrat = 0.2103979620093376
Freiheitsgrade = 5
Chi-Quadrat reduziert = 0.042079592401867524
Wahrscheinlichkeit ein größeres oder gleiches Chi-Quadrat zu erhalten = 100.0 %
```



In [5]:
```
%matplotlib inline
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np

#Messwerte aus Tabelle 5: U_Ein über f

f_1 = np.array([300, 150, 60, 30, 15, 6, 3, 1.5, 0.6, 0.3, 0.2, 0.1])*1e3
fehler_f_1 = f_1*1e-2

U_G_1 = 0.30
fehler_U_G_1 = 0.02

U_Ein_1 = U_G_1/10
fehler_U_Ein_1 = fehler_U_G_1/10

U_A_1 = np.array([0.069, 0.138, 0.344, 0.682, 1.34, 3.07, 4.88, 6.16, 6.76, 6.88, 6.88, 6.88])
fehler_U_A_1 = np.array([0.002, 0.002, 0.002, 0.002, 0.01, 0.01, 0.04, 0.01, 0.04, 0.01, 0.01, 0.01])

V_1 = U_A_1/U_Ein_1
fehler_V_1 = np.sqrt((fehler_U_Ein_1/U_Ein_1)**2+(fehler_U_A_1/U_A_1)**2)*V_1

#Messwerte aus Tabelle 6: U_Ein über f

f_2 = np.array([300, 150, 60, 30, 15, 6, 3, 1.5, 0.6, 0.3, 0.2, 0.1])*1e3
fehler_f_2 = f_2*1e-2

U_G_2 = 0.30
fehler_U_G_2 = 0.02

U_Ein_2 = U_G_2/10
fehler_U_Ein_2 = fehler_U_G_2/10

U_A_2 = np.array([0.0688, 0.137, 0.338, 0.652, 1.19, 2.14, 2.54, 2.68, 2.74, 2.74, 2.74, 2.74])
fehler_U_A_2 = np.array([0.0004, 0.001, 0.002, 0.002, 0.01, 0.01, 0.01, 0.02, 0.01, 0.01, 0.01, 0.02])

V_2 = U_A_2/U_Ein_2
fehler_V_2 = np.sqrt((fehler_U_Ein_2/U_Ein_2)**2+(fehler_U_A_2/U_A_2)**2)*V_2

#Messwerte aus Tabelle 7: U_Ein über f

f_3 = np.array([300, 150, 60, 30, 15, 6, 3, 1.5, 0.6, 0.3, 0.1])*1e3
```

```python
fehler_f_3 = f_3*1e-2

U_G_3 = 1.00
fehler_U_G_3 = 0.02

U_Ein_3 = U_G_3/10
fehler_U_Ein_3 = fehler_U_G_3/10

U_A_3 = np.array([0.226, 0.440, 1.10, 2.16, 3.88, 6.92, 8.20, 8.96, 9.12, 9.12, 9.12])
fehler_U_A_3 = np.array([0.0002, 0.0002, 0.0001, 0.001, 0.001, 0.01, 0.01, 0.01, 0.01, 0.01, 0.01])

V_3 = U_A_3/U_Ein_3
fehler_V_3 = np.sqrt((fehler_U_Ein_3/U_Ein_3)**2+(fehler_U_A_3/U_A_3)**2)*V_3

#Messwerte aus Tabelle 8: U_Ein über f

f_4 = np.array([300, 150, 60, 30, 15, 6, 3, 1.5, 0.6, 0.3, 0.1])*1e3
fehler_f_4 = f_3*1e-2

U_G_4 = 1.00
fehler_U_G_4 = 0.02

U_Ein_4 = U_G_4/10
fehler_U_Ein_4 = fehler_U_G_4/10

U_A_4 = np.array([0.0384, 0.0666, 0.1580, 0.312, 0.588, 1.12, 1.41, 1.52, 1.57, 1.57, 1.57])
fehler_U_A_4 = np.array([0.0002, 0.0002, 0.0001, 0.001, 0.001, 0.01, 0.01, 0.01, 0.01, 0.01, 0.01])

V_4 = U_A_4/U_Ein_4
fehler_V_4 = np.sqrt((fehler_U_Ein_4/U_Ein_4)**2+(fehler_U_A_4/U_A_4)**2)*V_4

#Messwerte aus Tabelle 9: U_Ein über f

f_5 = np.array([20, 10, 5, 3, 1.5, 0.6, 0.3])*1e3
fehler_f_5 = f_5*1e-2

U_G_5 = 1.00
fehler_U_G_5 = 0.02

U_Ein_5 = U_G_5/10
fehler_U_Ein_5 = fehler_U_G_5/10

U_A_5 = np.array([1.44, 1.55, 1.57, 1.51, 1.32, 0.804, 0.468])
fehler_U_A_5 = np.array([0.01, 0.01, 0.01, 0.01, 0.01, 0.001, 0.001])

V_5 = U_A_5/U_Ein_5
fehler_V_5 = np.sqrt((fehler_U_Ein_5/U_Ein_5)**2+(fehler_U_A_5/U_A_5)**2)*V_5


#darzustellende Daten
x_1 = f_1
delta_x_1 = fehler_f_1
y_1 = V_1
delta_y_1 = fehler_V_1

x_2 = f_2
delta_x_2 = fehler_f_2
y_2 = V_2
delta_y_2 = fehler_V_2

x_3 = f_3
delta_x_3 = fehler_f_3
y_3 = V_3
delta_y_3 = fehler_V_3

x_4 = f_4
delta_x_4 = fehler_f_4
y_4 = V_4
delta_y_4 = fehler_V_4

x_5 = f_5
delta_x_5 = fehler_f_5
y_5 = V_5
delta_y_5 = fehler_V_5

#Plot-Umgebung
x_fit = [min([*x_1, *x_2, *x_3, *x_4, *x_5]), max([*x_1, *x_2, *x_3, *x_4, *x_5])]
fit = [min([*y_1, *y_2, *y_3, *y_4, *y_5])/2, max([*y_1, *y_2, *y_3, *y_4, *y_5])*16]

#Plot
plt.errorbar(x_1, y_1, yerr=delta_y_1, xerr=delta_x_1, lw=1, ecolor='r', fmt='--r', capsize=1, label='2a) 1. Messreihe')
```

```python
plt.errorbar(x_2, y_2, yerr=delta_y_2, xerr=delta_x_2, lw=1, ecolor='g', fmt='--g', capsize=1, label='2a) 2. Messreihe')
plt.errorbar(x_3, y_3, yerr=delta_y_3, xerr=delta_x_3, lw=1, ecolor='b', fmt='--b', capsize=1, label='2a) 3. Messreihe')
plt.errorbar(x_4, y_4, yerr=delta_y_4, xerr=delta_x_3, lw=1, ecolor='k', fmt='--k', capsize=1, label='2b) Messdaten')
plt.errorbar(x_5, y_5, yerr=delta_y_5, xerr=delta_x_5, lw=1, ecolor='m', fmt='--m', capsize=1, label='2c) Messdaten')


plt.title('Diagramm 5: Frequenzgänge ')
plt.grid(True)
plt.xscale('log')
plt.yscale('log')
plt.plot(x_fit, fit, lw=0)
plt.xlabel('Frequenz '+r'${\omega}$'+' '+r'${[Hz]}$')
plt.ylabel('V = '+r'${{U_{A}}/{U_{Ein}}}$')
plt.legend(loc='best')


#Output
plt.savefig('figures/242_Diagramm5.pdf', format='pdf')

print('2a) 1. Messreihe:', x_1.size, 'Messwerte')
print('2a) 2. Messreihe:', x_2.size, 'Messwerte')
print('2a) 3. Messreihe:', x_3.size, 'Messwerte')
print('2b) Messdaten:', x_4.size, 'Messwerte')
print('2c) Messdaten:', x_5.size, 'Messwerte')
```

```
2a) 1. Messreihe: 12 Messwerte
2a) 2. Messreihe: 12 Messwerte
2a) 3. Messreihe: 11 Messwerte
2b) Messdaten: 11 Messwerte
2c) Messdaten: 7 Messwerte
```