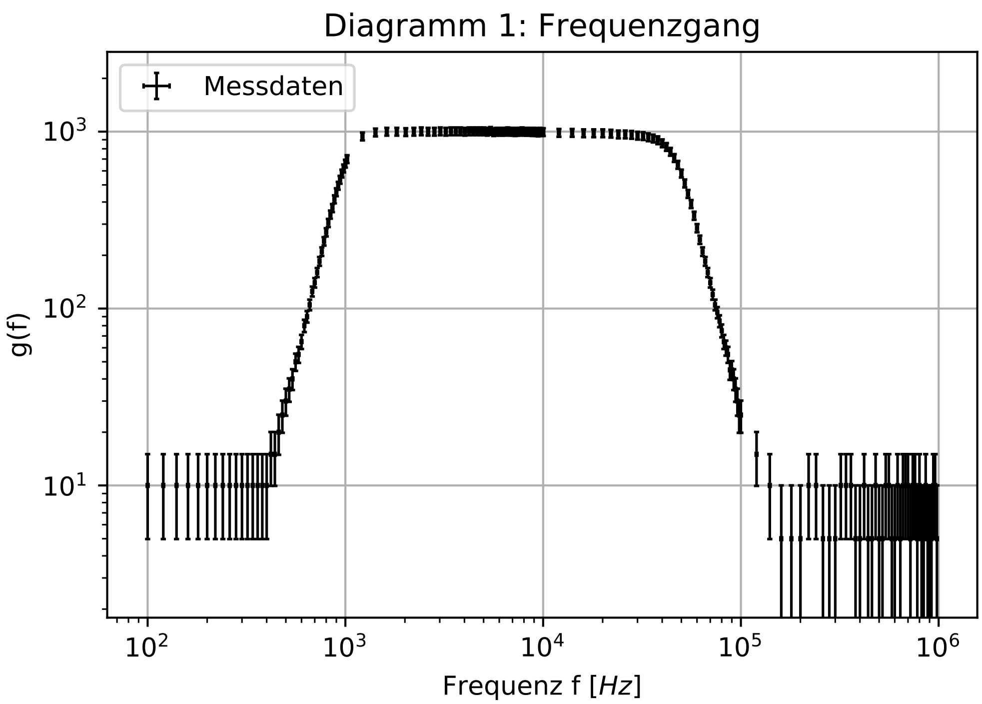
243

Gerasimov, V. Fehrenbach, T.

19. November 2018

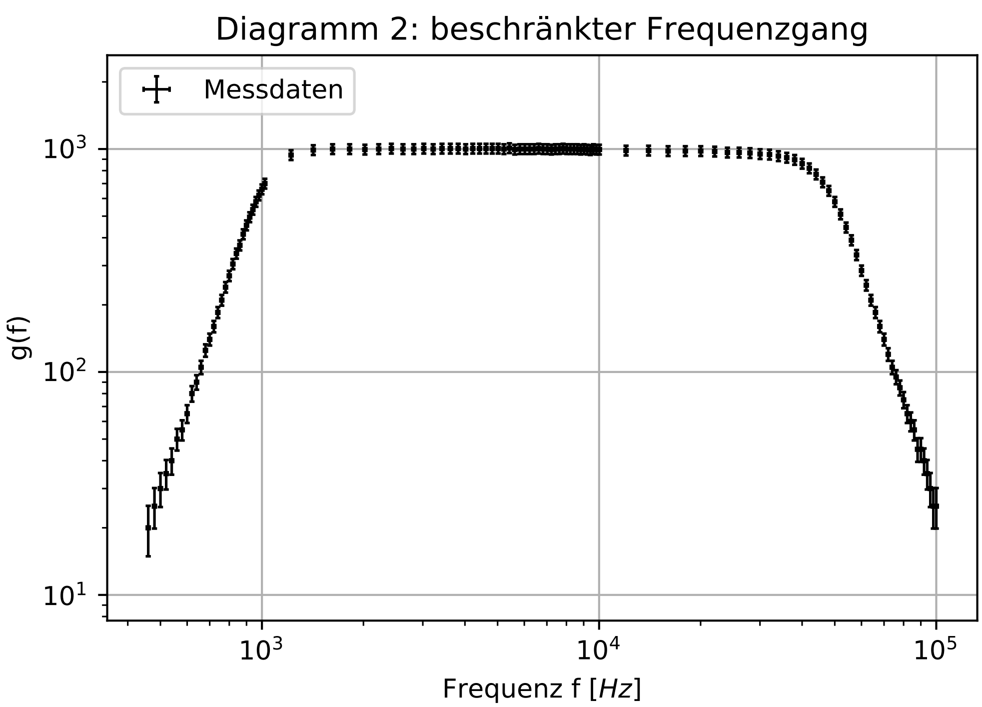
```
In [1]: %matplotlib inline
        import matplotlib.pyplot as plt
        import numpy as np

        #Alle Messwerte

        #Messdaten laden
        f, U_aus = np.loadtxt('data/Messung_243.txt', skiprows=1, usecols=(0,1), unpack=True)
        fehler_f = f * 0.01
        fehler_U_aus = np.zeros(U_aus.size) + 0.001
        U_ein = 0.2
        fehler_U_ein = 0.01

        #g berechnen
        D = 1e-3
        fehler_D = D*0.002
        g = U_aus/(D*U_ein)
        fehler_g = np.sqrt((fehler_U_aus/U_aus)**2+(fehler_D/D)**2+(fehler_U_ein/U_ein)**2)*g

        #darzustellende Daten
        x = f
        y = g
        delta_x = fehler_f
        delta_y = fehler_g

        #Plot-Umgebung
        x_fit = [min(x), max(x)]
        fit = [min(y)/2, max(y)*2]

        #Plot
        plt.errorbar(x, y, yerr=delta_y, xerr=delta_x, lw= 1, ecolor='k', fmt='none', capsize=1, label='Messdaten')
        plt.title('Diagramm 1: '+'Frequenzgang')
        plt.grid(True)
        plt.xscale('log')
        plt.yscale('log')
        plt.plot(x_fit, fit, lw=0)
        plt.xlabel('Frequenz '+r'f'+' '+r'${[Hz]}$')
        plt.ylabel('g(f)')
        plt.legend(loc='best')

        #Output
        plt.savefig('figures/243_Diagramm1.pdf', format='pdf')
        print('Messwerte: ', x.size)

Messwerte:  181
```




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

        #Ausgewählte Messwerte

        #Messdaten laden
        f, U_aus = np.loadtxt('data/Messung_243.txt', skiprows=1, usecols=(0,1), unpack=True)
        fehler_f = f * 0.01
        fehler_U_aus = np.zeros(U_aus.size) + 0.001
        U_ein = 0.2
        fehler_U_ein = 0.01

        #g berechnen
        D = 1e-3
        fehler_D = D*0.002
        g = U_aus/(D*U_ein)
        fehler_g = np.sqrt((fehler_U_aus/U_aus)**2+(fehler_D/D)**2+(fehler_U_ein/U_ein)**2)*g

        #darzustellende Daten
        start = 18
        cut = 44
        x = f[start:-cut]
        y = g[start:-cut]
        delta_x = fehler_f[start:-cut]
        delta_y = fehler_g[start:-cut]

        #Plot-Umgebung
        x_fit = [min(x), max(x)]
        fit = [min(y)/2, max(y)*2]

        #Plot
        plt.errorbar(x, y, yerr=delta_y, xerr=delta_x, lw= 1, ecolor='k', fmt='none', capsize=1, label='Messdaten')
        plt.title('Diagramm 2: '+'beschränkter Frequenzgang')
        plt.grid(True)
        plt.xscale('log')
        plt.yscale('log')
        plt.plot(x_fit, fit, lw=0)
        plt.xlabel('Frequenz '+r'f'+' '+r'${[Hz]}$')
        plt.ylabel('g(f)')
        plt.legend(loc='best')
```

```
#Output
plt.savefig('figures/243_Diagramm2.pdf', format='pdf')
print('Messwerte: ', x.size)
```

```
Messwerte:  119
```

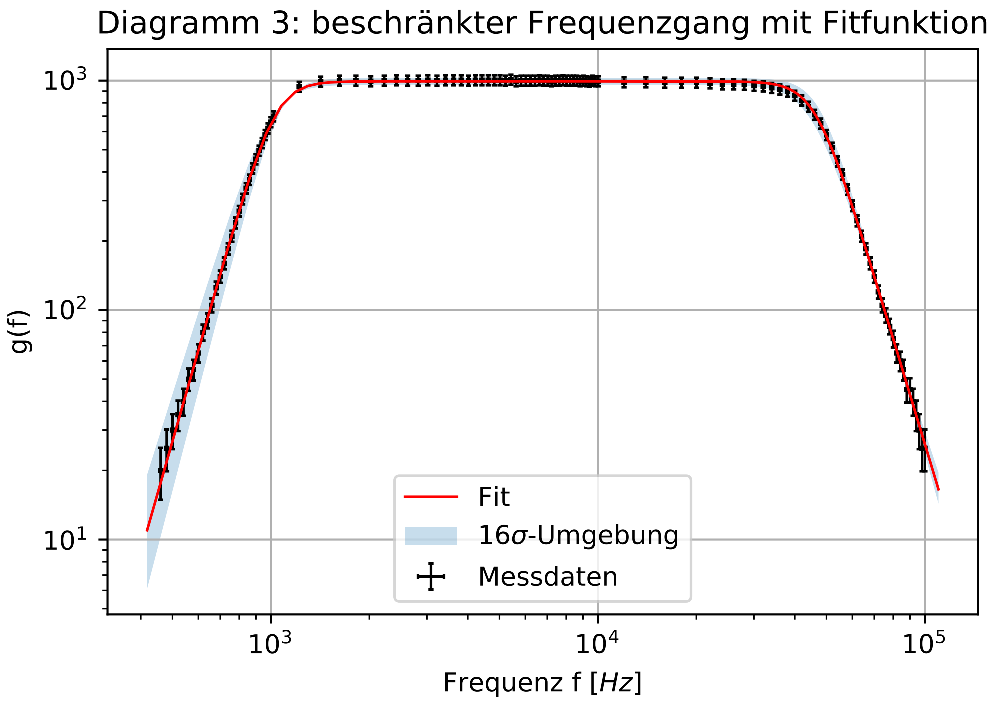



```
In [3]: %matplotlib inline
        import matplotlib.pyplot as plt
        import numpy as np

        #Fitfunktion an Ausgewählte Messwerte

        #Messdaten laden
        f, U_aus = np.loadtxt('data/Messung_243.txt', skiprows=1, usecols=(0,1), unpack=True)
        fehler_f = f * 0.01
        fehler_U_aus = np.zeros(U_aus.size) + 0.001
        U_ein = 0.2
        fehler_U_ein = 0.01

        #g berechnen
        D = 1e-3
        fehler_D = D*0.002
        g = U_aus/(D*U_ein)
        fehler_g = np.sqrt((fehler_U_aus/U_aus)**2+(fehler_D/D)**2+(fehler_U_ein/U_ein)**2)*g

        #Fitfunktion
        from scipy import odr

        def fit_func(p, x):
            V, W1, W2, n1, n2 = p
            return V/(np.sqrt(1+1/(x/W1)**(2*n1))*np.sqrt(1+(x/W2)**(2*n2)))

        model = odr.Model(fit_func)

        #darzustellende Daten
        start = 18
        cut = 44
        x = f[start:-cut]
```

```python
    y = g[start:-cut]
    delta_x = fehler_f[start:-cut]
    delta_y = fehler_g[start:-cut]

    #Startparameter
    para0 = [1000, 1000, 50000, 5, 5]

    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 = 16 #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, 1000)
    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: '+'beschränkter Frequenzgang mit Fitfunktion')
    plt.grid(True)
    plt.xscale('log')
    plt.yscale('log')
    plt.plot(x_fit, fit, 'r', lw=1, label='Fit')
    plt.xlabel('Frequenz '+r'f'+' '+r'${[Hz]}$')
    plt.ylabel('g(f)')
    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

    #Integral berechnen
    import scipy.integrate as integra

    def fit_func_square(x, p):
        return fit_func(p, x)**2

    B = integra.quad(fit_func_square, f[start], f[-cut], args=popt)

    #Output
    plt.savefig('figures/243_Diagramm3.pdf', format='pdf')
    print('V = ',  popt[0], ', Standardfehler = ', perr[0])
    print('W_1 = ', popt[1], ', Standardfehler = ', perr[1])
    print('W_2 = ', popt[2], ', Standardfehler = ', perr[2])
    print('n_1 = ', popt[3], ', Standardfehler = ', perr[3])
    print('n_2 = ', popt[4], ', Standardfehler = ', perr[4])
    print('\n')
    print('B, das Integral von ', f[start], 'Hz < f < ', f[-cut], 'Hz beträgt [Hz]: {value:.4e} '.format(value=B[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 = '+str(prob)+'%')
    print('\n')
    print('Messwerte: ', x.size)
```

```
V =  992.8523543100293 , Standardfehler =  2.0334954513776275
W_1 =  1028.1756438565026 , Standardfehler =  2.1857346305407037
W_2 =  46446.40050240076 , Standardfehler =  109.98114302861434
n_1 =  5.007488236788535 , Standardfehler =  0.030234707277666105
n_2 =  4.747109449353809 , Standardfehler =  0.026678731079397965


B, das Integral von  460.0 Hz < f <  120020.0 Hz beträgt [Hz]: 4.5599e+10
```

```
Chi-Quadrat =  10.97372995915673
Freiheitsgrade =  114
Chi-Quadrat reduziert =  0.0962607891154099
Wahrscheinlichkeit ein größeres oder gleiches Chi-Quadrat zu erhalten = 100.0%


Messwerte:  119
```




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

        #Bestimmung der Boltzmannkonstante

        #Messdaten laden
        f, U_aus = np.loadtxt('data/Messung_243.txt', skiprows=1, usecols=(0,1), unpack=True)
        fehler_f = f*0.01
        fehler_U_aus = np.zeros(U_aus.size)+0.001
        U_ein = 0.2
        fehler_U_ein = 0.01

        #Messwerte aus Tabelle 1: U__aus über R
        R = np.array([5e3, 10e3, 15e3, 20e3, 25e3, 30e3])
        fehler_R = R*0.005

        U_aus = np.array([2.4268, 3.1345, 3.7103, 4.2153, 4.6703, 5.0869])
        fehler_U_aus = np.array([ 0.0072, 0.0111, 0.0143, 0.0154, 0.0185, 0.0179])

        U_V = 1.394
        fehler_U_V = 0.005

        d = U_aus**2-U_V**2
        fehler_d = np.sqrt((2*U_aus*fehler_U_aus)**2+(2*U_V*fehler_U_V)**2)

        #Fitfunktion
        from scipy import odr

        def fit_func(p, x):
```

```
    (a) = p
    return a*x

model = odr.Model(fit_func)

#darzustellende Daten
x = R
y = d
delta_x = fehler_R
delta_y = fehler_d

#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 = 16 #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, 1000)
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: '+r'${({U^2_{aus}}-{U^2_{V}})}$'+' als Funktion von '+r'R')
plt.grid(True)
plt.xlabel('Frequenz '+r'$R$'+' '+r'${[\Omega]}$')
plt.ylabel('Widerstand '+r'${({U^2_{aus}}-{U^2_{V}})}$'+' '+r'${[m{V^2}]}$')
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/243_Diagramm4.pdf', format='pdf')
print('c [mV^2/Ohm] = ', 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 = '+str(prob)+'%')
```

```
c [mV^2/Ohm] =  0.0007918682150044519 , Standardfehler =  1.647821742658862e-06


Chi-Quadrat =  1.3007199054389031
Freiheitsgrade =  5
Chi-Quadrat reduziert =  0.26014398108778064
Wahrscheinlichkeit ein größeres oder gleiches Chi-Quadrat zu erhalten = 93.0%
```

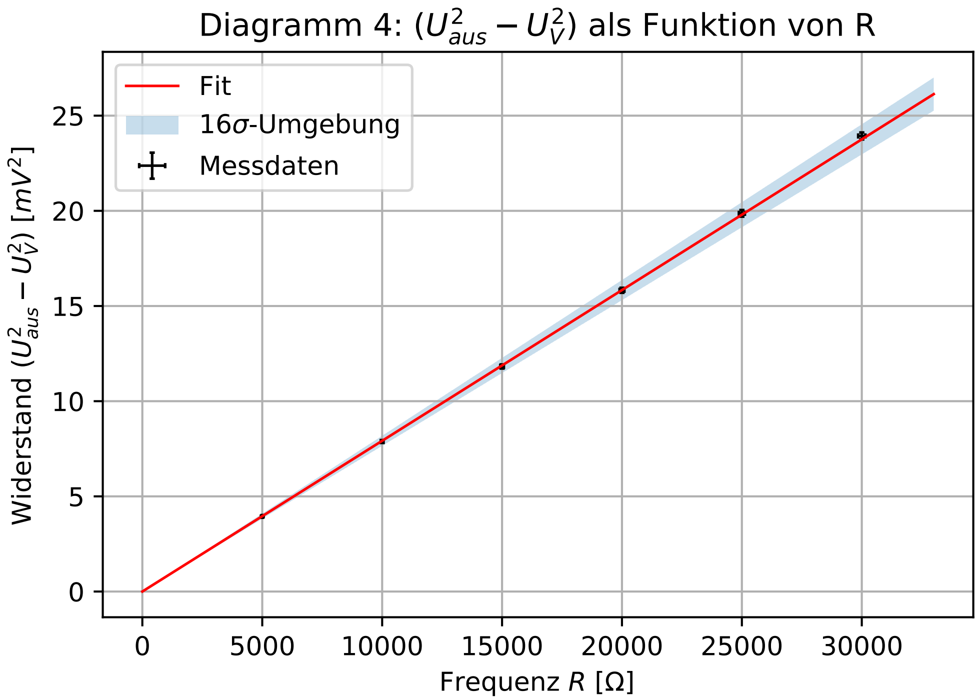


Diagramm 4: $(U_{aus}^2 - U_V^2)$ als Funktion von R
Fit
16σ-Umgebung
Messdaten
Widerstand $(U_{aus}^2 - U_V^2)$ $[mV^2]$
0
5
10
15
20
25
0
5000
10000
15000
20000
25000
30000
Frequenz R [Ω]