

# Nachrichtentechniklabor

Wintersemester 2014

## Übung F: Messung des Störverhaltens in nachrichtentechnischen Systemen

Übungsdatum: 10.12.2014

Gruppe: 05

Protokollführer: Martin Winter

Laborteilnehmer:

1. Daniel Freßl 1230028
2. Thomas Neff 1230319
3. Thomas Pichler 1230320
4. Martin Winter 1130688

Laborleiter: Ao.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Gerhard Graber

Betreuer: Stud.Ass. Vincent Ederle

Wildon, am 15. Dezember 2014

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Simulation mit MATLAB</b>	<b>2</b>
1.1	Aliasing . . . . .	2
1.1.1	Aufgabenstellung . . . . .	2
1.1.2	Tabellen . . . . .	2
1.1.3	Formeln . . . . .	2
1.1.4	Berechnungsbeispiele . . . . .	2
1.1.5	Diagramme . . . . .	3
1.1.6	Diskussion . . . . .	5
1.2	Quantisierungsfehler, Leistungsdichtespektrum . . . . .	6
1.2.1	Aufgabenstellung . . . . .	6
1.2.2	Tabellen . . . . .	6
1.2.3	Formeln . . . . .	6
1.2.4	Berechnungsbeispiele . . . . .	6
1.2.5	Diagramme . . . . .	6
1.2.6	Diskussion . . . . .	14
1.3	Granularrauschen und Dither . . . . .	14
1.4	Geräteliste . . . . .	14
<b>2</b>	<b>Messungen mit Audio Precision (System Two Cascade)</b>	<b>15</b>
2.1	Messung des Quantisierungsrauschens . . . . .	15
2.1.1	Aufgabenstellung . . . . .	15
2.1.2	Messaufbau . . . . .	15
2.1.3	Formeln . . . . .	15
2.1.4	Berechnungsbeispiele . . . . .	15
2.1.5	Diagramme . . . . .	15
2.1.6	Diskussion . . . . .	15
2.2	Messung mit Jitter . . . . .	15
2.2.1	Aufgabenstellung . . . . .	15
2.2.2	Messaufbau . . . . .	15
2.2.3	Formeln . . . . .	15
2.2.4	Berechnungsbeispiele . . . . .	15
2.2.5	Diagramme . . . . .	15
2.2.6	Diskussion . . . . .	21
2.3	Klirrfaktor . . . . .	21
2.3.1	Aufgabenstellung . . . . .	21
2.3.2	Messaufbau . . . . .	21
2.3.3	Formeln . . . . .	21
2.3.4	Berechnungsbeispiele . . . . .	21
2.3.5	Diagramme . . . . .	21
2.3.6	Diskussion . . . . .	24
2.4	Geräteliste . . . . .	24

# 1 Simulation mit MATLAB

## 1.1 Aliasing

### 1.1.1 Aufgabenstellung

1. Wählen sie Frequenz und Abtastfrequenz so, dass eine Aliasingfrequenz von 440Hz auftritt. Überprüfen sie das Resultat graphisch und akustisch (Klavier).
2. Erzeugen Sie einen Frequenzsweep, bei dessen Abtastung Aliasing auftritt. Wählen Sie als Anfangsfrequenz eine Frequenz im Hörfrequenzbereich, und als Endfrequenz eine Frequenz um  $3 \cdot f_c$ .  
Überprüfen Sie das Resultat graphisch (sowohl im Zeitbereich als auch im Frequenzbereich) und akustisch.
3. Wählen Sie die Datei “Flöte” aus. Durch Eingabe einer neuen Samplingfrequenz ( $44100/L$ , wobei  $L$  ganzzahlig sein muss), kann das eingelesene Audiosignal ohne Bandbegrenzung unterabgetastet werden. Schätzen Sie die Auswirkungen ab. Überprüfen sie akustisch die Auswirkungen des Downsamplings ohne Einhaltung des Abtasttheorems. Ab welcher Frequenz werden Aliasing Effekte hörbar? Wodurch ergibt sich diese Frequenz?

### 1.1.2 Tabellen

Es wurden keine Tabellen benötigt.

### 1.1.3 Formeln

Berechnung der Signalfrequenz  $f_S$  in Abhängigkeit von der Abtastfrequenz und der gewollten Aliasingfrequenz:

$$f_S = |f_C - f_a| \quad (1)$$

### 1.1.4 Berechnungsbeispiele

Berechnung der Signalfrequenz  $f_S$  bei einer Abtastfrequenz  $f_C = 44100Hz$  und einer auftretenden Aliasingfrequenz von  $f_a = 440Hz$ :

$$f_S = |f_C - f_a| = |44100Hz - 440Hz| = 43660Hz \quad (2)$$

### 1.1.5 Diagramme

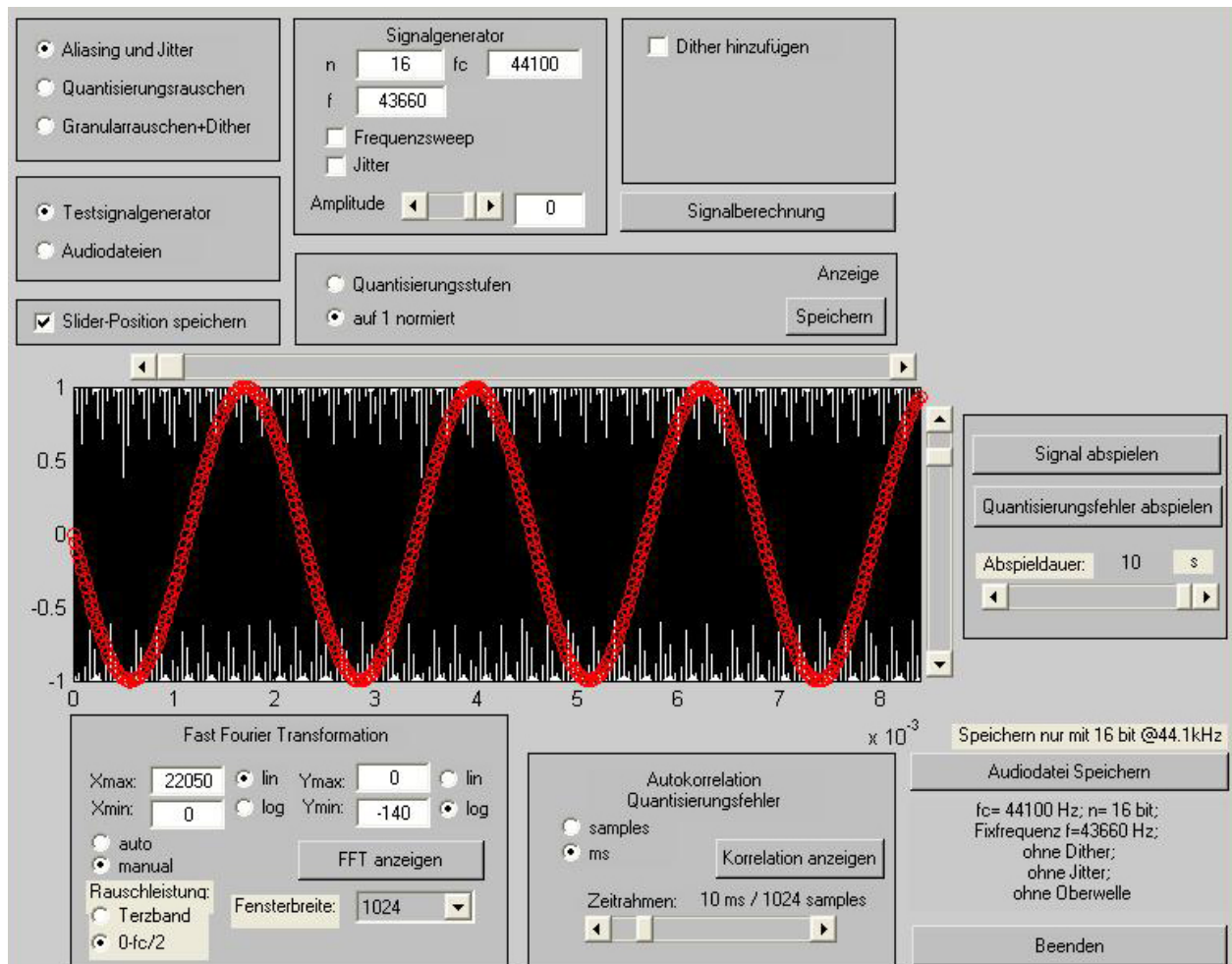


Abbildung 1: Grafische Darstellung der Aliasingfrequenz  $f_a$  im Simulationsprogramm "Störverhalten".

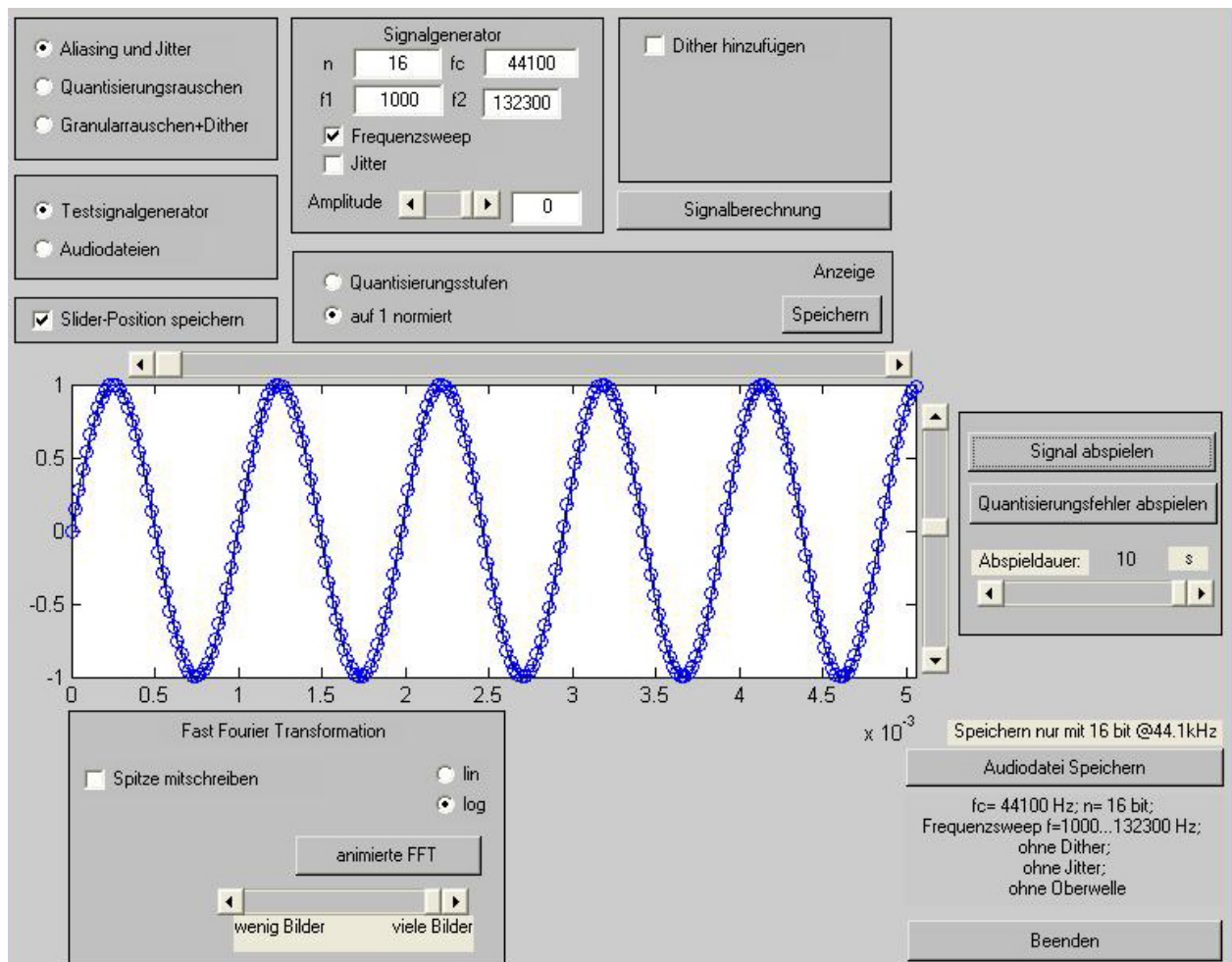


Abbildung 2: Darstellung eines Teiles (ohne Aliasing) des Frequenzsweep von 1000Hz bis  $3 \cdot f_C = 132300\text{Hz}$  im Simulationsprogramm "Störverhalten".

### 1.1.6 Diskussion

Um, wie in Aufgabe 1 gefordert, eine Frequenz von  $f_a = 440\text{Hz}$  mittels Aliasing zu erzeugen muss eine Signalfrequenz  $f_S$  mit einem Abstand von  $f_a$  zur Abtastfrequenz  $f_C$  verwendet werden. Dieser Zusammenhang wird von der Formel (1) beschrieben und führte mit den gegebenen Werten zu  $f_S = 43660\text{Hz}$ . Tastet man dieses Signal nun mit  $f_C$  ab, wird das Signal um jedes Vielfache von  $f_C$  gespiegelt. Deswegen tritt auch bei 440Hz eine Spiegelung des ursprünglichen Signals auf. Dieses Aliasingsignal wurde abgespielt und entsprach der Note  $a^1$  auf dem Klavier.

In Aufgabe 2 wurde die Anfangsfrequenz des Frequenzsweep mit 1000Hz gewählt. Die Endfrequenz ergab sich mit der Angabe  $3 \cdot f_C$  zu 132300Hz. Dieser Frequenzsweep wurde über Lautsprecher abgespielt.

Zu hören war ein Ton der sich drei Mal hintereinander von tief bis hoch und wieder bis tief veränderte. Dieses Verhalten lässt sich mittels Aliasing erklären. Die abgespielte Frequenz beginnt bei 1kHz im Hörbereich und steigt bis  $\frac{f_C}{2}$  an. Steigt nun die Signalfrequenz über  $\frac{f_C}{2}$  bis  $f_C$  an wird diese in den Hörbereich gespiegelt (Aliasing). Diese gespiegelte Frequenz wandert nun von  $\frac{f_C}{2}$  bis 0Hz. Dieses Verhalten wiederholt sich weitere zwei Mal während die Signalfrequenz zwischen  $f_C$  und  $2 \cdot f_C$  bzw.  $2 \cdot f_C$  und  $3 \cdot f_C$  ansteigt.

!!! 1.3 fehlt noch !!!

## 1.2 Quantisierungsfehler, Leistungsdichtespektrum

### 1.2.1 Aufgabenstellung

1. Wie sieht der Quantisierungsfehler bei Vollaussteuerung und 8 bit Wortbreite aus? In welchem Bereich liegt die Amplitude des Quantisierungsfehlers? Sind die Voraussetzungen für  $SNR = 6.02 \cdot k$  erfüllt? Welche Charakteristik hat das Fehlersignal? Verwenden Sie das Simulationsprogramm zum Anzeigen des Quantisierungsfehlers in auf 1 normierten Spannungswerten und Quantisierungsstufen.
2. Berechnen Sie den erwarteten Signal-Rauschabstand (SNR) und die Quantisierungsrauschleistungsdichte für die gewählte Auflösung. Welchen Einfluss hat die FFT-Fensterbreite auf das Amplitudenspektrum bzw. die Leistungsdichteverteilung des Quantisierungsrauschens? Überprüfen Sie den berechneten SNR und Quantisierungsrauschleistungsdichteverteilung bei verschiedenen FFT-Fensterbreiten mit dem Simulationsprogramm.
3. Berechnen Sie die Rauschleistung in einem Terzband und überprüfen Sie das Ergebnis mit dem Simulationsprogramm (empfohlene Wahl:  $f_c = 48kHz$ ,  $f_{Signal} = 890.625Hz$ ).

### 1.2.2 Tabellen

### 1.2.3 Formeln

### 1.2.4 Berechnungsbeispiele

### 1.2.5 Diagramme

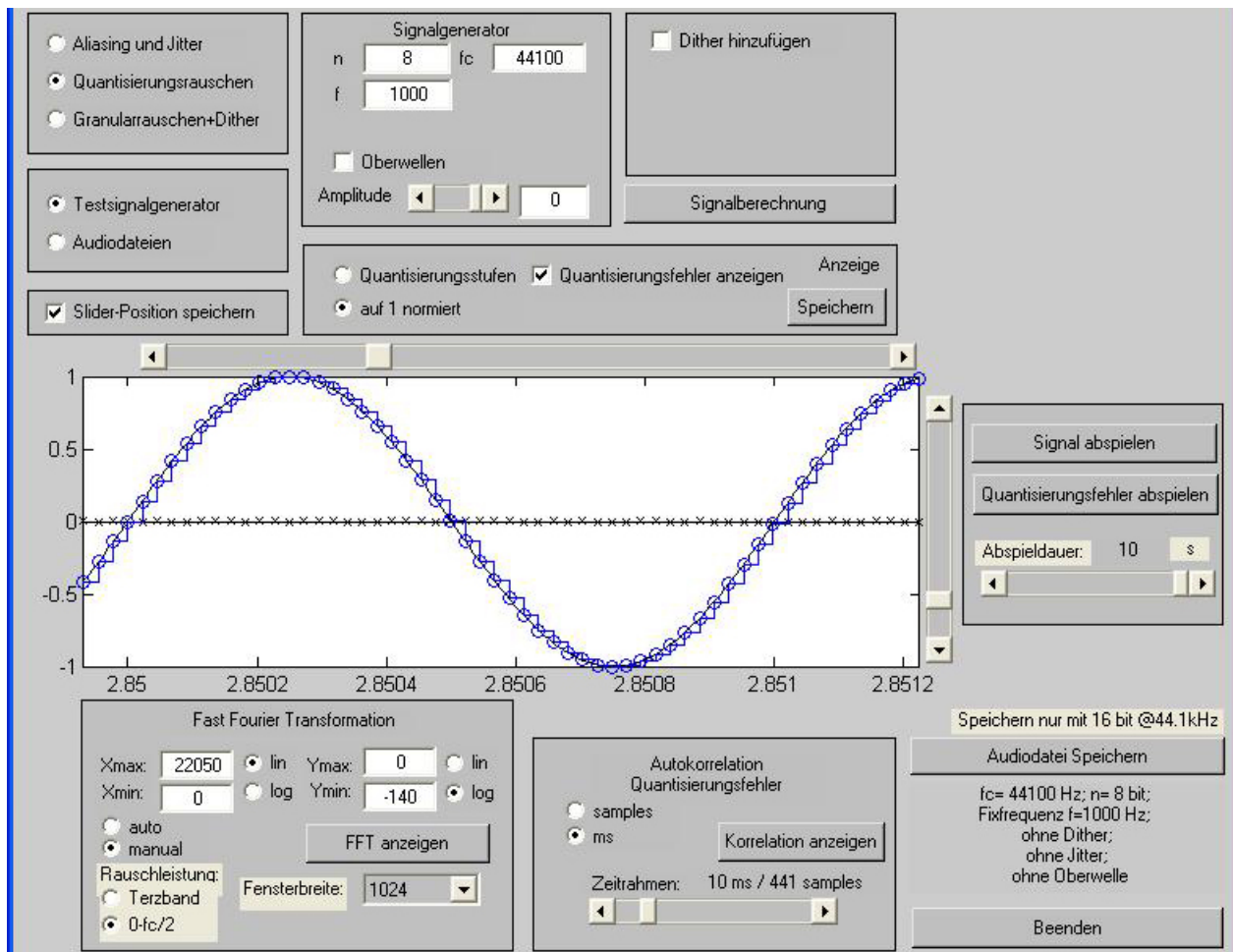


Abbildung 3: Darstellung eines Signales mit  $f_s = 1000\text{Hz}$  und des Quantisierungsfehler (schwarze Kreuze) bei 8 Bit Wortbreite und Vollaussteuerung.



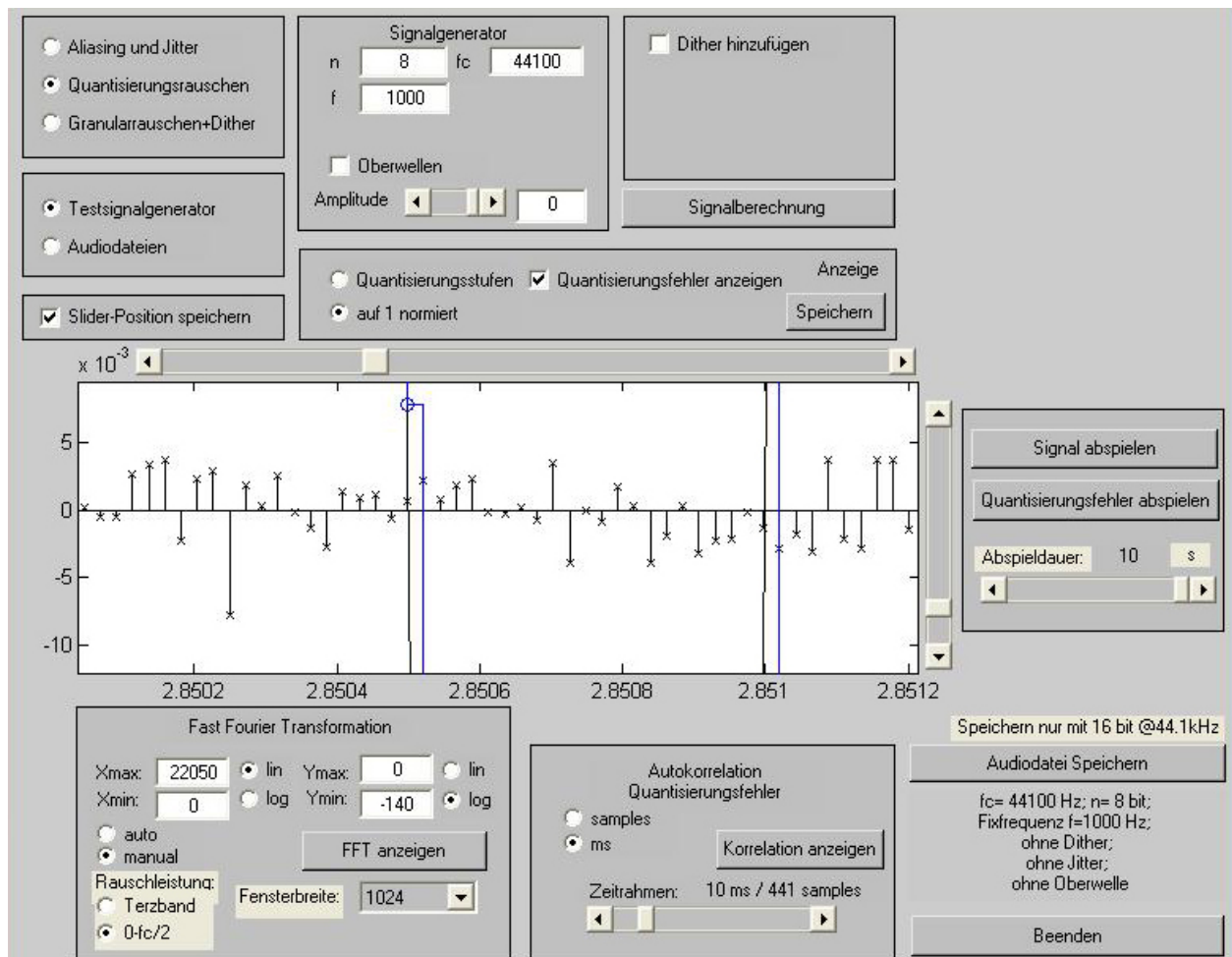


Abbildung 4: Darstellung des Quantisierungsfehlers und dessen Größenordnung.

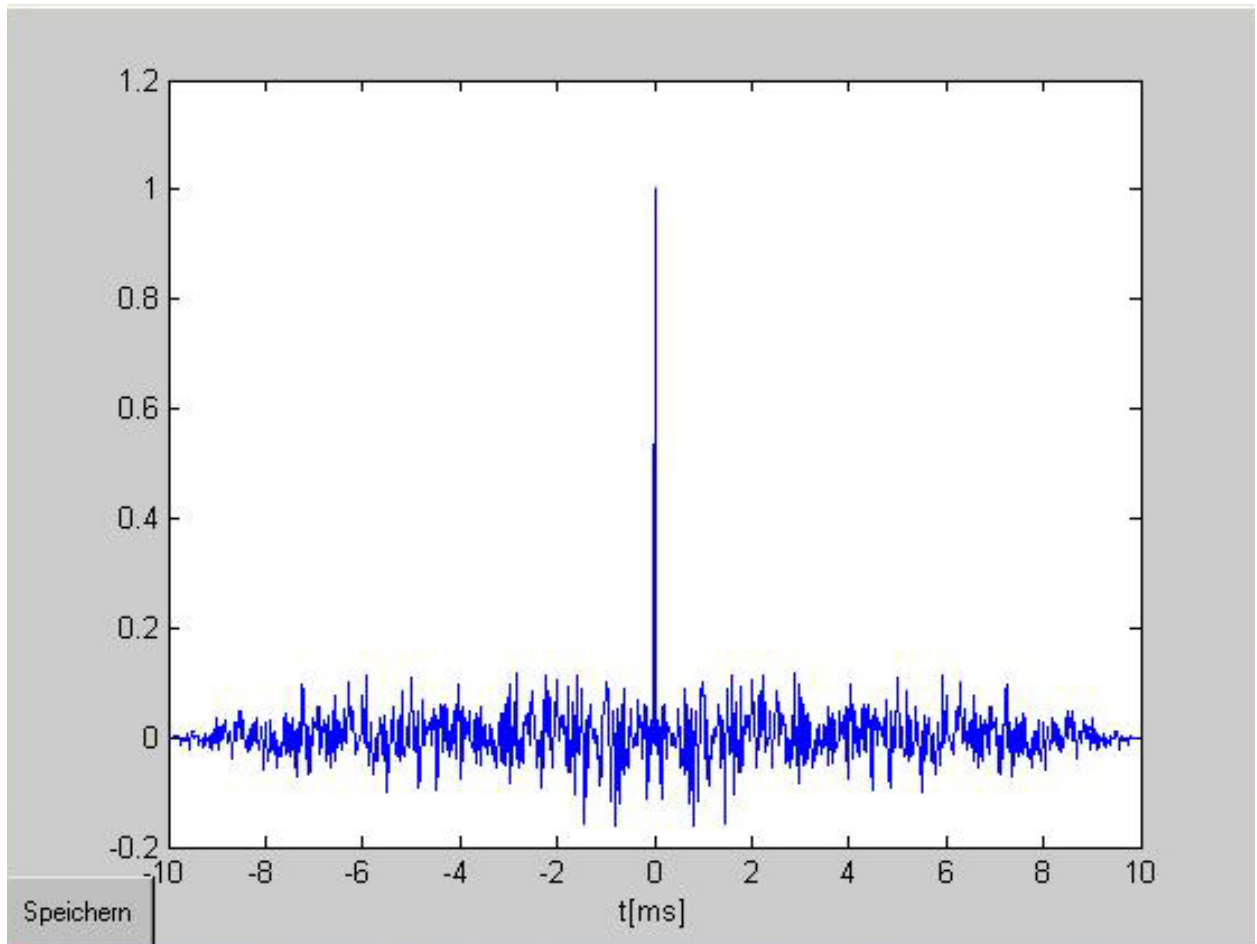


Abbildung 5: Korrelation des Quantisierungsfehlers mit dem Signal.

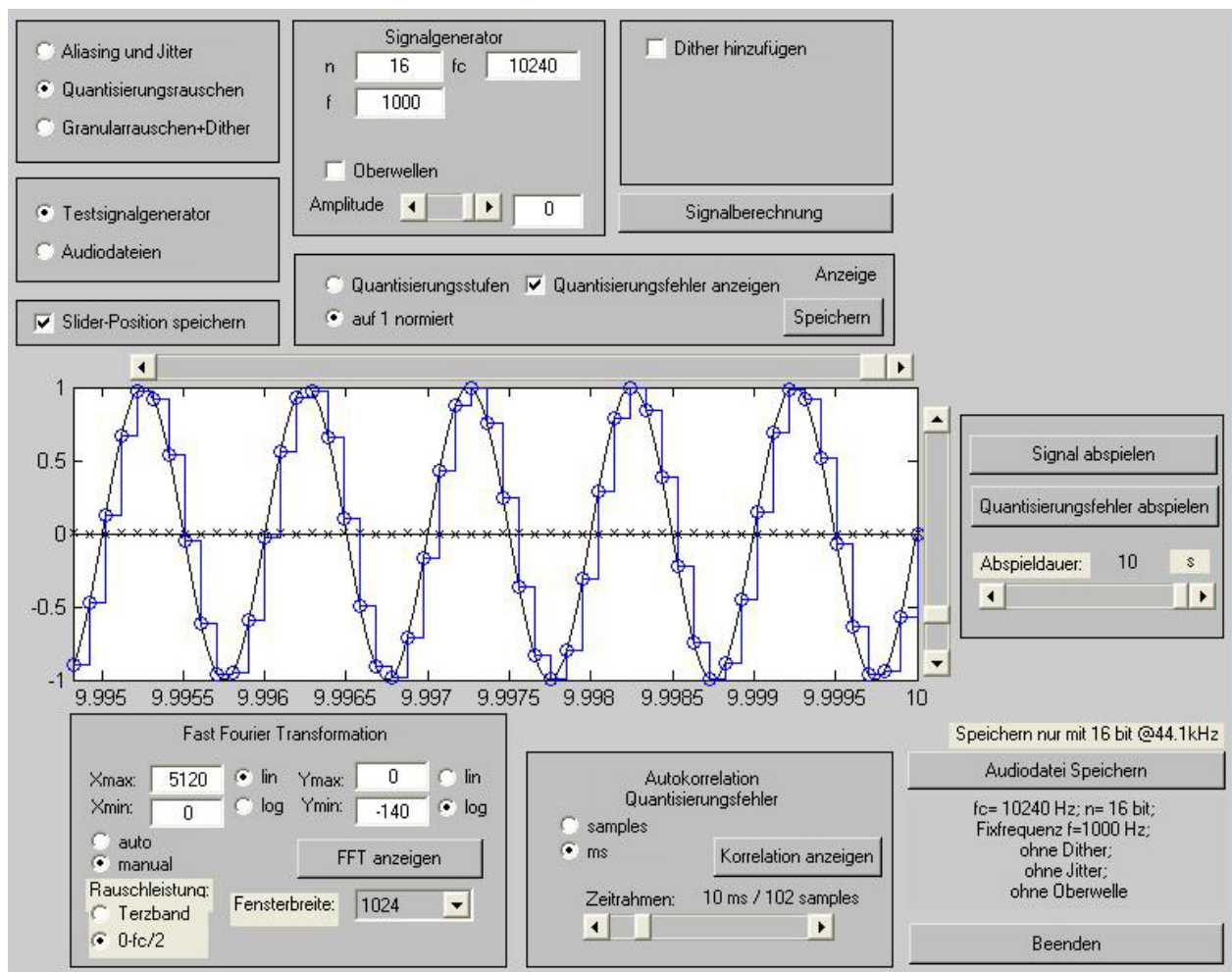


Abbildung 6: Darstellung der Einstellungen und des Signals im Zeitbereich für eine FFT mit passender Fensterbreite.

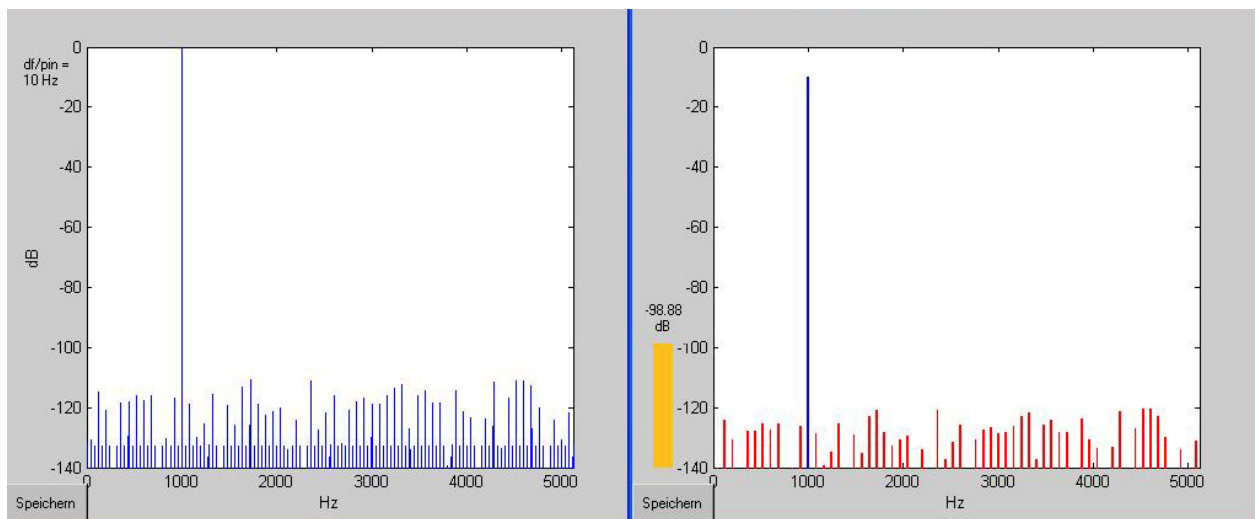


Abbildung 7: Amplitudenspektrum bzw. Leistungsdichteverteilung des Signals mit Quantisierungsrauschen. Berechnet mittels FFT, einer Fensterbreite von  $N = 1024$  und einer Signalfrequenz eines ganzen Vielfachem von  $\frac{f_C}{N}$  ( $f_S = 100 \cdot \frac{f_C}{N} = 100 \cdot \frac{10240}{1024} = 1000 \text{ Hz}$ )

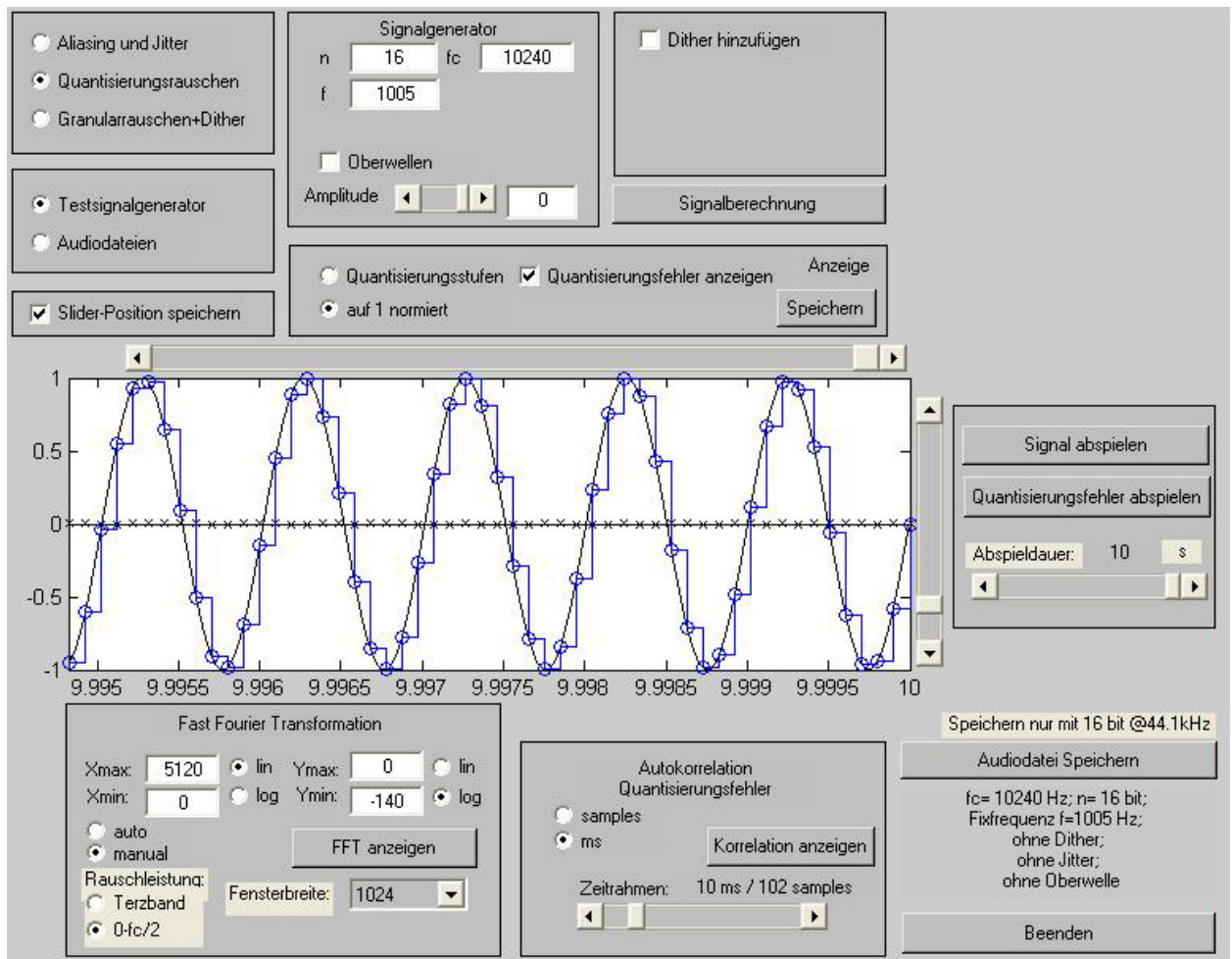


Abbildung 8: Einstellungen und Signal im Zeitbereich für eine FFT mit möglichst starkem Lattenzauneffekt.

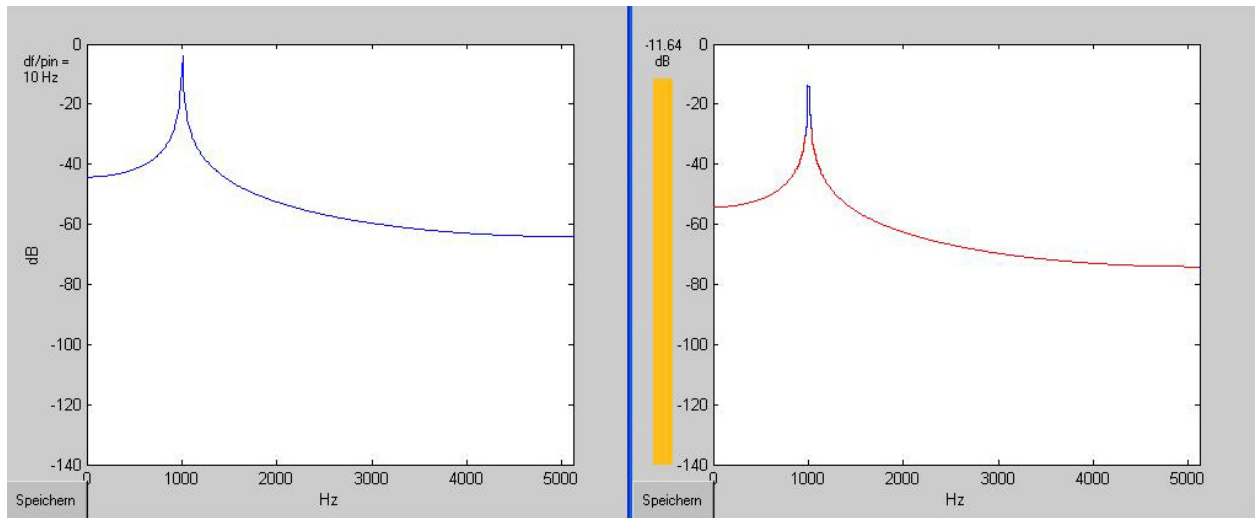


Abbildung 9: Amplitudenspektrum bzw. Leistungsdichteverteilung des Signals mit Quantisierungsrauschen. Berechnet mittels FFT, einer Fensterbreite von  $N = 1024$  und einer Signalfrequenz für möglichst starkem Lattenzauneffekt  $f_S = 100.5 \cdot \frac{f_C}{N} = 100.5 \cdot \frac{10240}{1024} = 1005 \text{ Hz}$

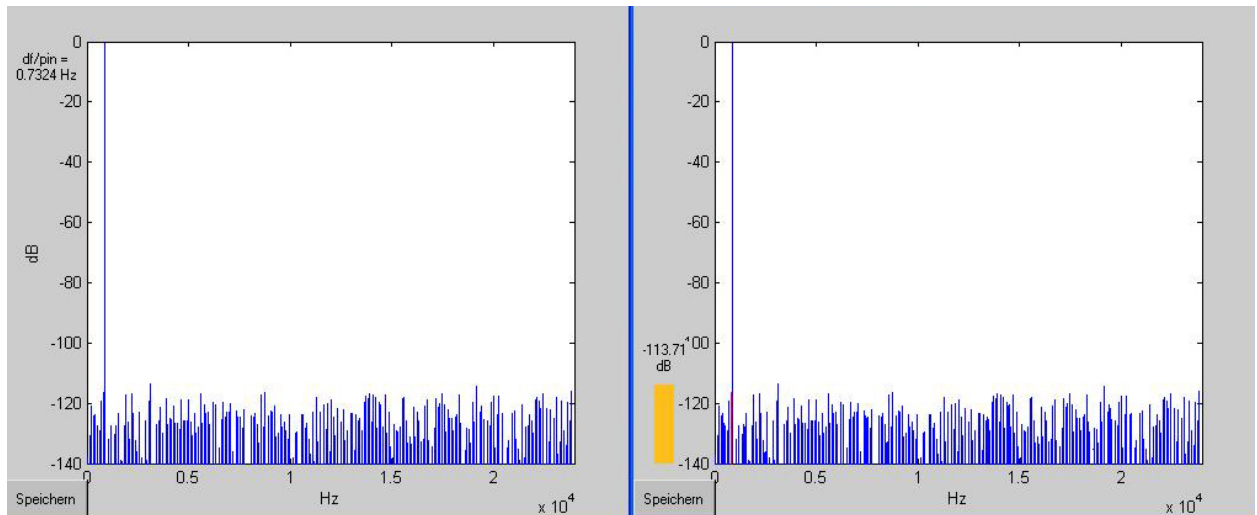


Abbildung 10: Amplitudenspektrum bzw. Leistungsdichteverteilung und Rauschleistung eines Signals mit Quantisierungsrauschen ( $f_C = 48000 \text{ Hz}$ ,  $f_S = 890.625 \text{ Hz}$ ).

### **1.2.6 Diskussion**

## **1.3 Granularrauschen und Dither**

Diese Unterübung wurde aus Zeitgründen nur mündlich mit dem Laborbetreuer erarbeitet.

## **1.4 Geräteliste**

- Computer
- Lautsprecher

## 2 Messungen mit Audio Precision (System Two Cascade)

### 2.1 Messung des Quantisierungsrauschens

#### 2.1.1 Aufgabenstellung

Messung des Quantisierungsrauschens (SNR) am Mischpult D/A Umsetzer (Line Ausgang des Lawo mc<sup>2</sup>66) mit 14 – 20Bit Auflösung, Schrittweite 1 Bit. Vergleichen Sie mit den erwarteten Werten. Was kann aus den Messergebnissen gefolgert werden?

#### 2.1.2 Messaufbau

#### 2.1.3 Formeln

#### 2.1.4 Berechnungsbeispiele

#### 2.1.5 Diagramme

#### 2.1.6 Diskussion

### 2.2 Messung mit Jitter

#### 2.2.1 Aufgabenstellung

1. Messung der FFT-Spektren verjitterter Signale. Untersuchung für verschiedene Jitterfrequenzen und verschiedene Signalfrequenzen.
2. Vergrößerung der Jitteramplitude, bis die Übertragung zusammenbricht.
3. Aufzeichnung der THD+N - Kennlinie bei Vergrößerung der Jitteramplitude bei den Jitterfrequenzen 500Hz, 5kHz und 10kHz.

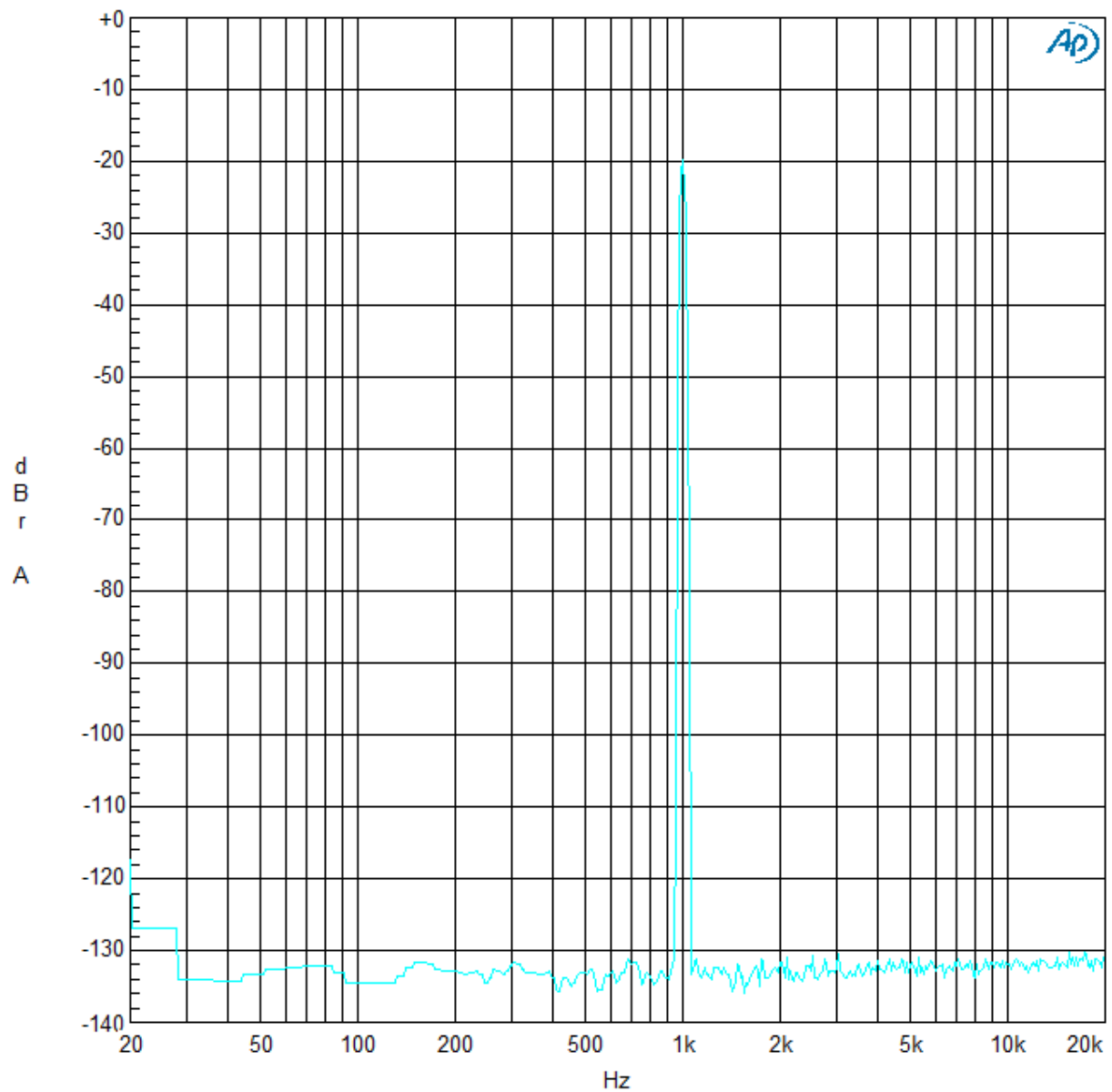
#### 2.2.2 Messaufbau

#### 2.2.3 Formeln

#### 2.2.4 Berechnungsbeispiele

#### 2.2.5 Diagramme

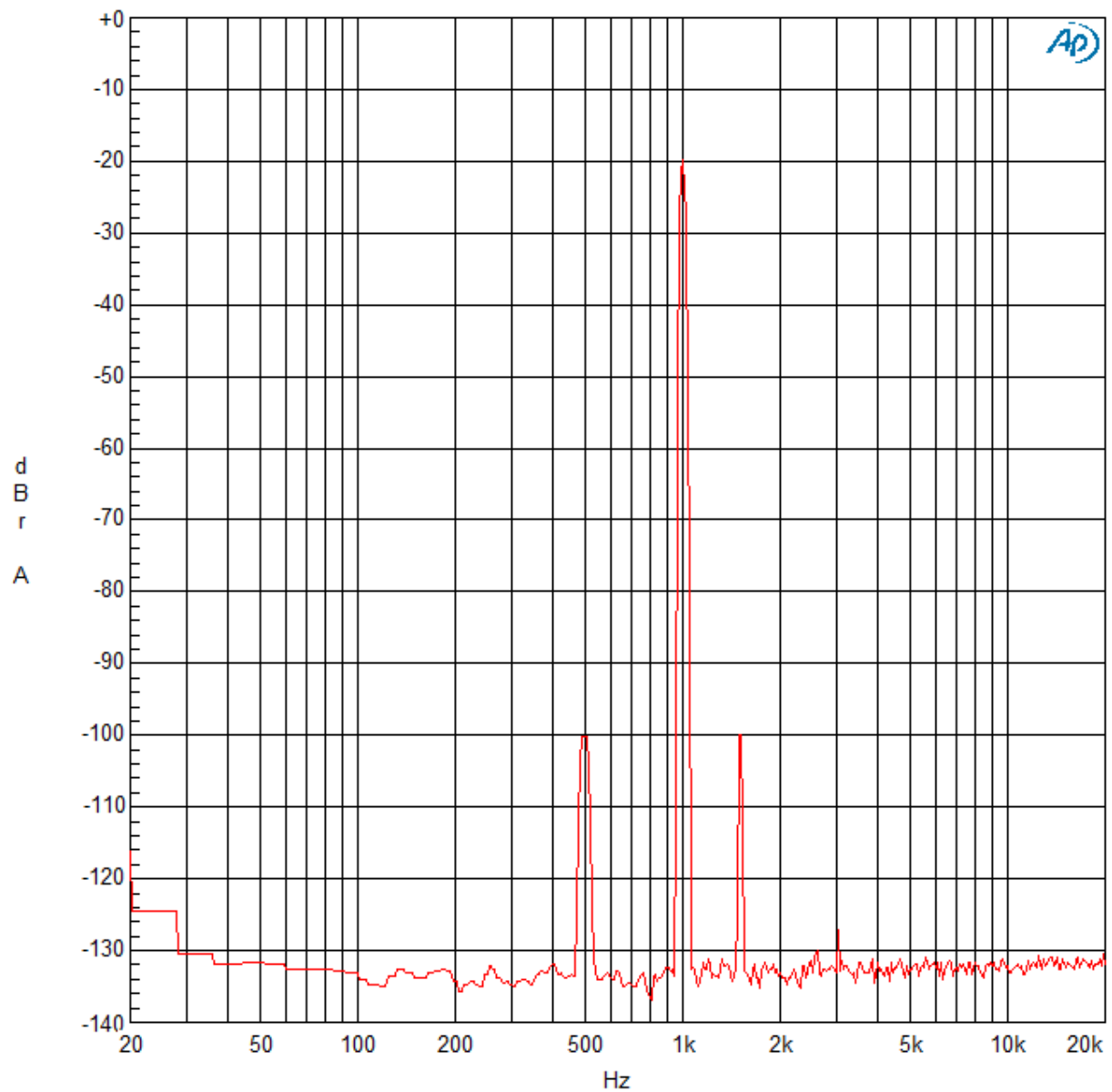




Sweep	Trace	Color	Line Style	Thick	Data	Axis	Comment
1	1	Cyan	Solid	1	Fft.Ch.1 Ampl	Left	off

2\_ab\_Jitter.at2c

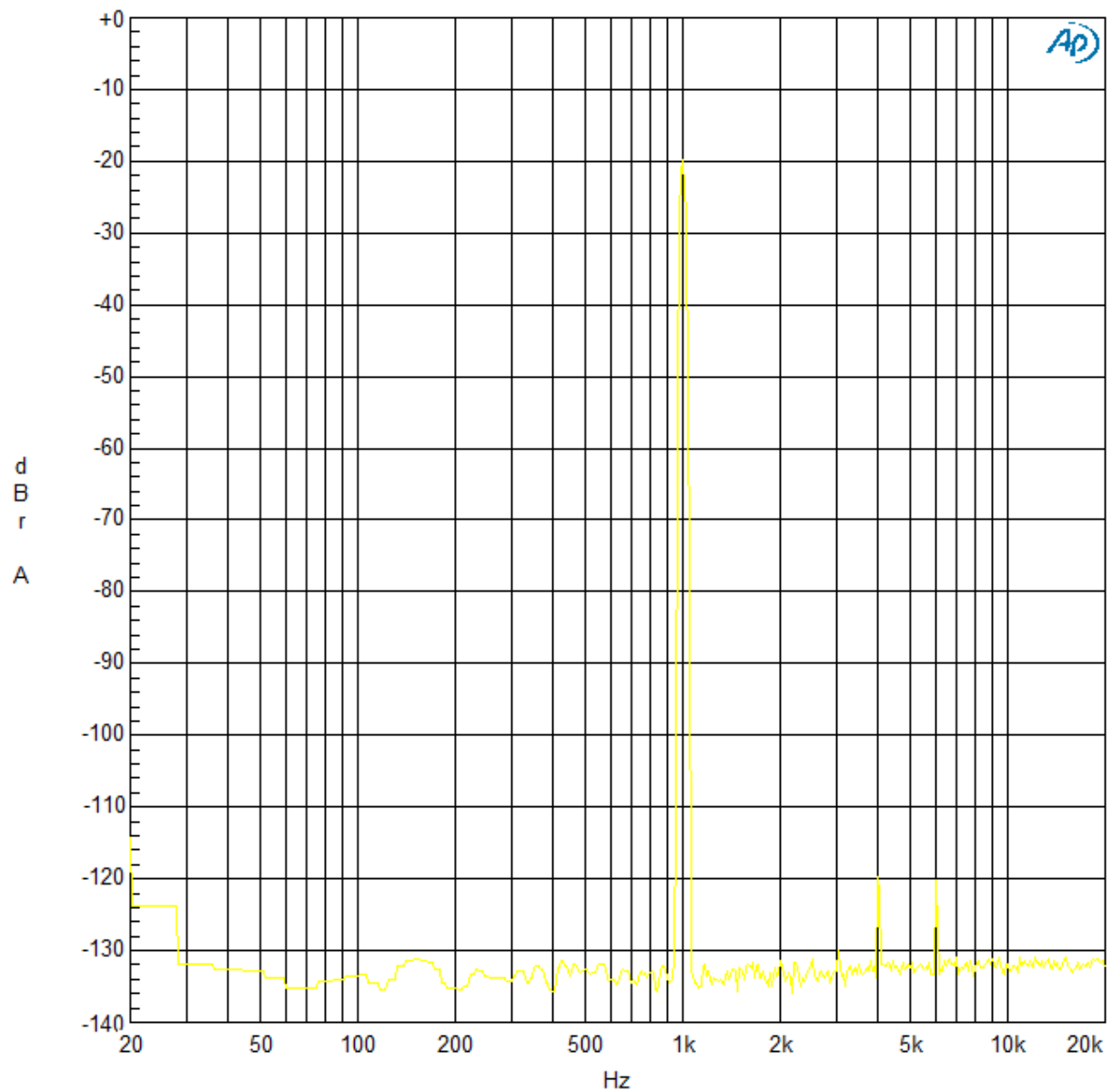
Abbildung 11: Test



Sweep	Trace	Color	Line Style	Thick	Data	Axis	Comment
10	1	Red	Solid	1	Fft.Ch.1 Ampl	Left	sin 500Hz 1kHz

2\_ab\_Jitter.at2c

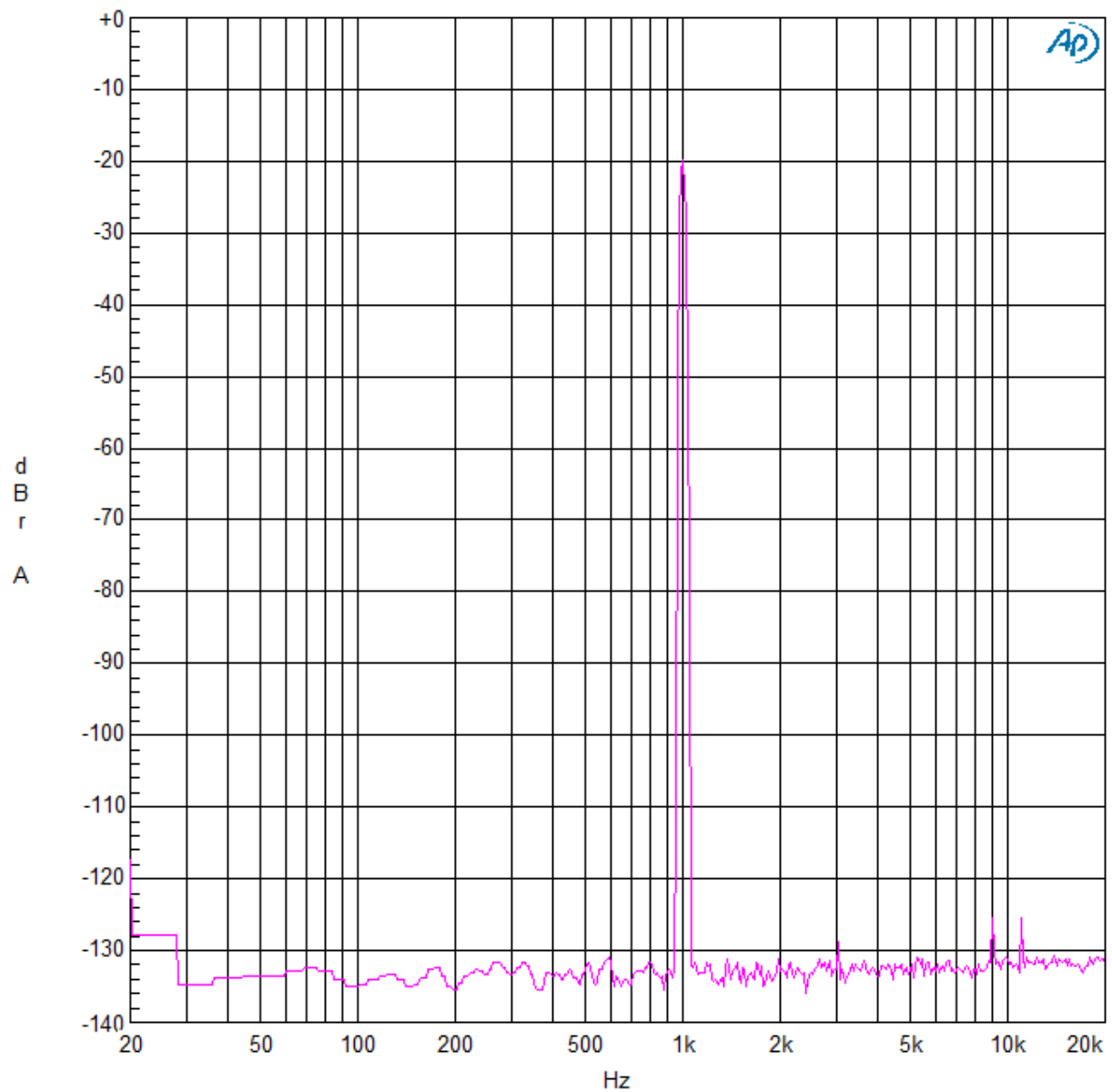
Abbildung 12: Test



Sweep	Trace	Color	Line Style	Thick	Data	Axis	Comment
9	1	Yellow	Solid	1	Fft.Ch.1 Ampl	Left	sin 5kHz 1kHz

2\_ab\_Jitter.at2c

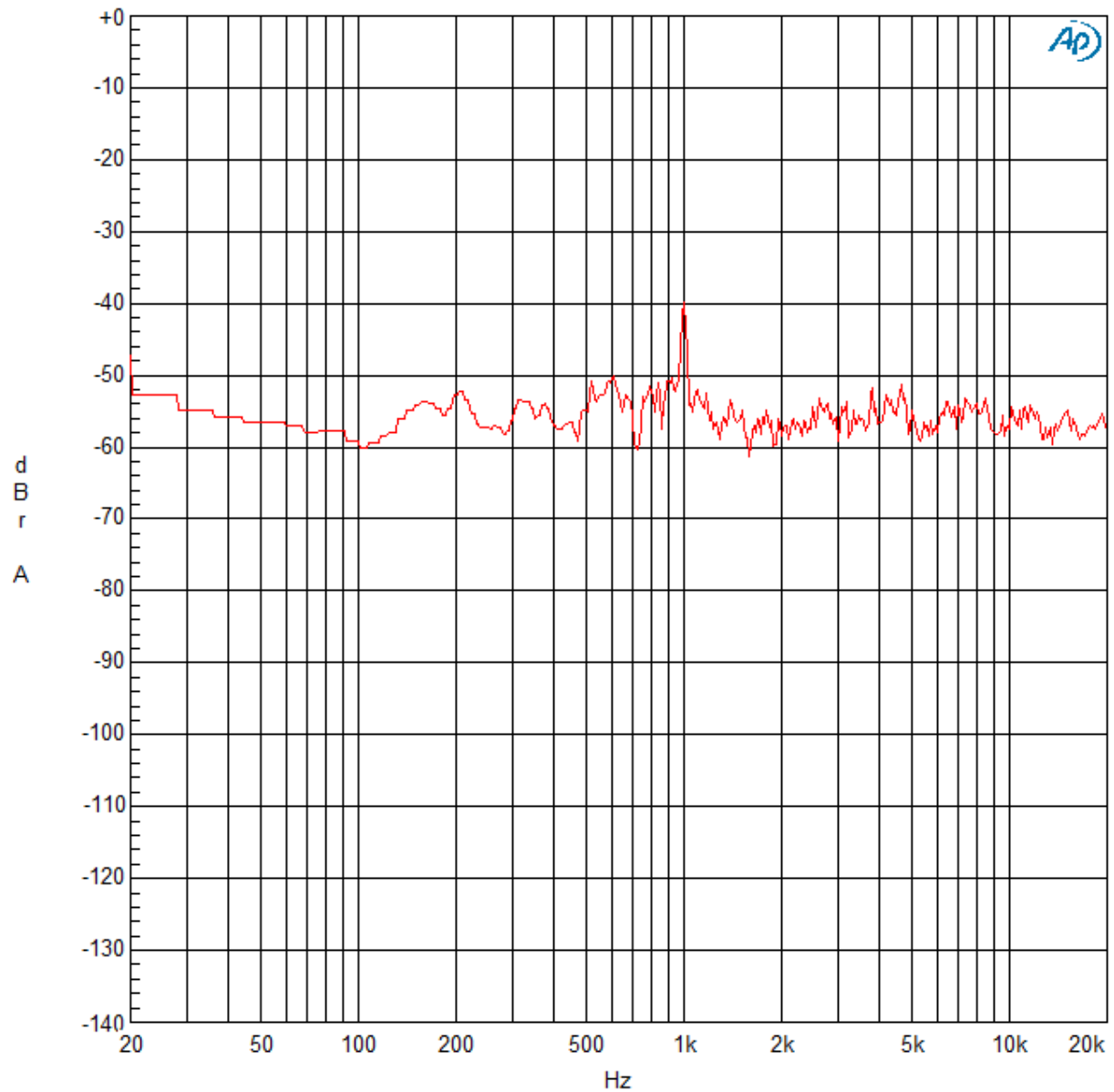
Abbildung 13: Test



Sweep	Trace	Color	Line Style	Thick	Data	Axis	Comment
11	1	Magenta	Solid	1	Fft.Ch.1 Ampl	Left	sin 10kHz 1kHz

2\_ab\_Jitter.at2c

Abbildung 14: Test



Sweep	Trace	Color	Line Style	Thick	Data	Axis	Comment
4	1	Red	Solid	1	Fft.Ch.1 Ampl	Left	rand 50Hz 1kHz

2\_ab\_Jitter.at2c

Abbildung 15: Test

### **2.2.6 Diskussion**

## **2.3 Klirrfaktor**

### **2.3.1 Aufgabenstellung**

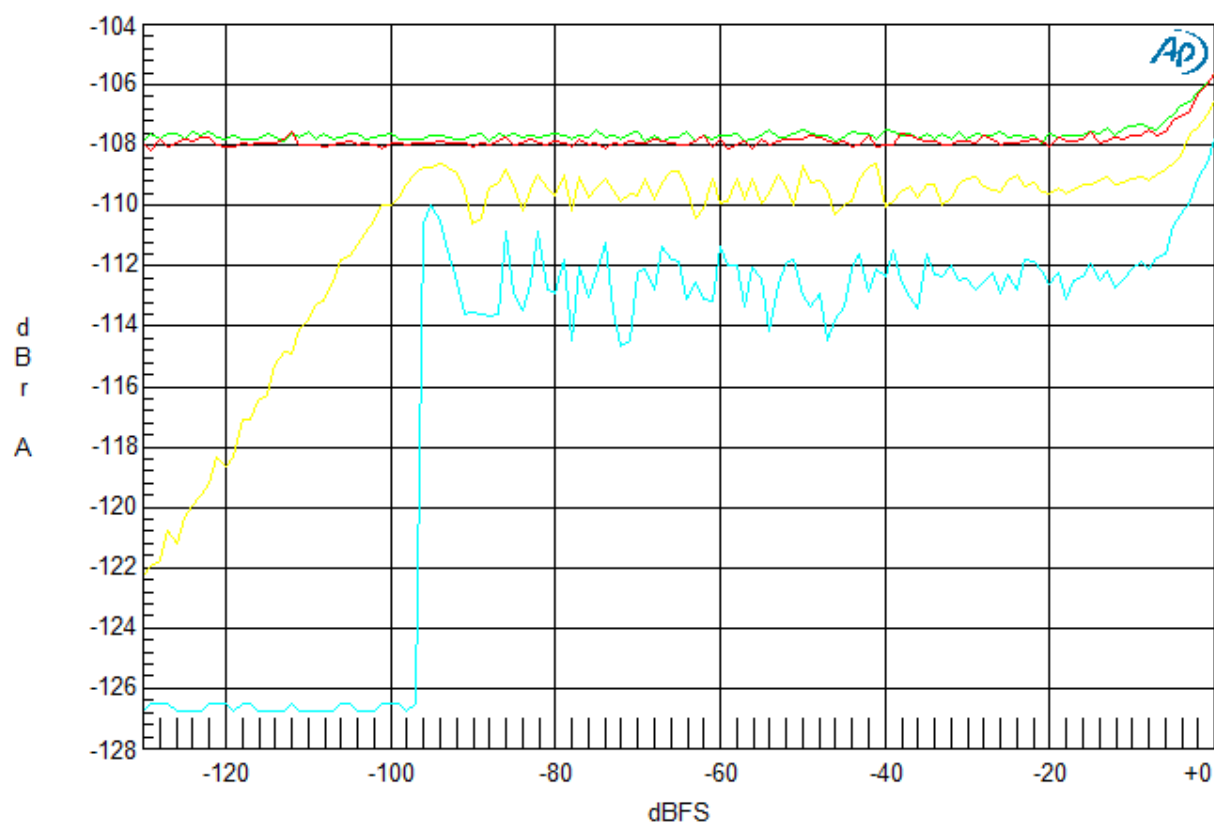
1. Messen einer THD+N-Kennlinie über den Dynamikbereich mit und ohne Dither
2. Messen einer THD+N-Kennlinie über der Frequenz mit und ohne Dither

### **2.3.2 Messaufbau**

### **2.3.3 Formeln**

### **2.3.4 Berechnungsbeispiele**

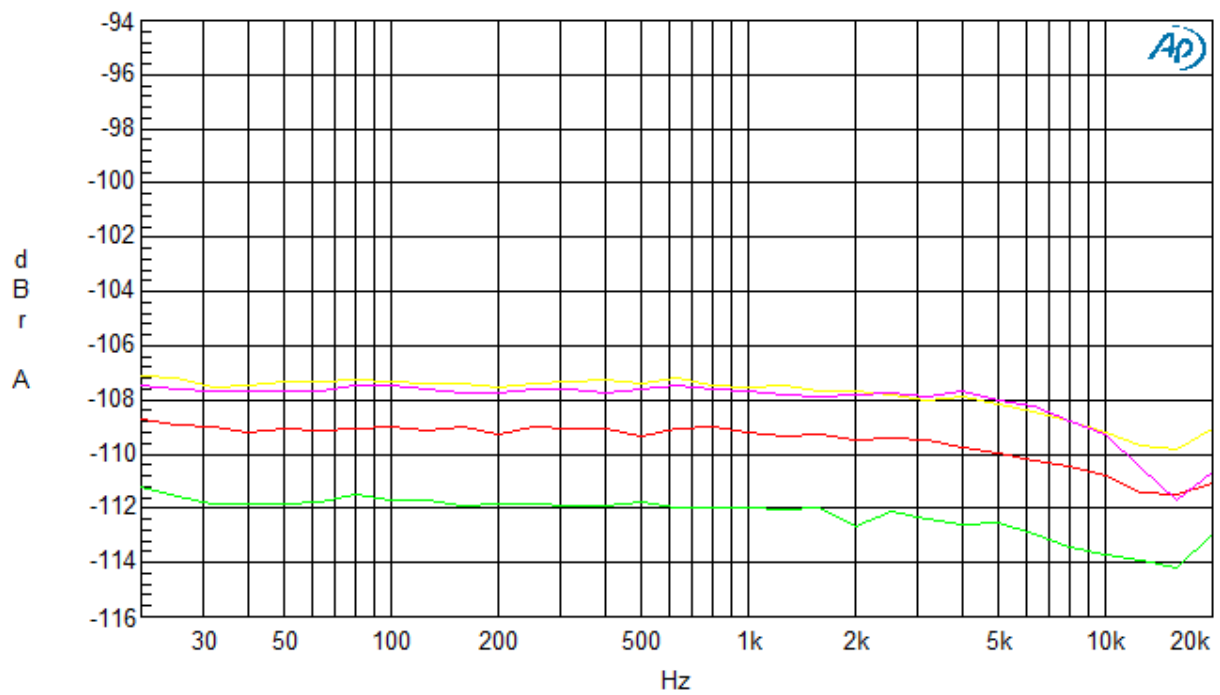
### **2.3.5 Diagramme**



Sweep	Trace	Color	Line Style	Thick	Data	Axis	Comment
1	1	Cyan	Solid	1	Anlr.THd+N Ampl	Left	dither off
2	1	Green	Solid	1	Anlr.THd+N Ampl	Left	dither triangle
3	1	Yellow	Solid	1	Anlr.THd+N Ampl	Left	dither rectangle
4	1	Red	Solid	1	Anlr.THd+N Ampl	Left	dither shaped

3\_a\_Klirr.at2c

Abbildung 16: Test



Sweep	Trace	Color	Line Style	Thick	Data	Axis	Comment
2	1	Green	Solid	1	Anlr.THD+N Ampl	Left	dither off
3	1	Yellow	Solid	1	Anlr.THD+N Ampl	Left	dither triangle
4	1	Red	Solid	1	Anlr.THD+N Ampl	Left	dither rectangle
5	1	Magenta	Solid	1	Anlr.THD+N Ampl	Left	dither shaped

3\_b\_Klirr.at2c

Abbildung 17: Test



### **2.3.6 Diskussion**

## **2.4 Geräteliste**