

# Anleitung für den Audiorecorder

Timm-Jonas Bäumer  
Martin Berdau  
Tammo Sander  
Hannes Sauerbaum

14.07.2020

# Contents

<b>1</b>	<b>Installation</b>	<b>1</b>
1.1	Komponenten . . . . .	1
1.2	Libraries . . . . .	1
1.3	Setup . . . . .	2
<b>2</b>	<b>Funktionen</b>	<b>4</b>
2.1	Automatic Gain Control . . . . .	4
2.2	Equalizer . . . . .	4
2.3	File Browser . . . . .	5
2.4	RMS-Meter . . . . .	5
2.5	Terzbandanalyse . . . . .	5
<b>3</b>	<b>Bedienung</b>	<b>6</b>
3.1	Inbetriebnahme des Geräts . . . . .	6
3.2	Grundlegende Einstellungen . . . . .	6
3.3	Aufnahme und Abspeichern . . . . .	7
3.4	Wiedergabe des Aufgenommenen . . . . .	8
3.5	Einstellungen der AGC . . . . .	8
3.6	Terzbandanalyse . . . . .	9
3.7	Equalizer . . . . .	9
3.8	File Browser . . . . .	10
3.9	Laden des Akku und Netzbetrieb . . . . .	10

# 1 Installation

Dieses Kapitel behandelt die benötigte Hardware und geht kurz auf die Installation der Arduino IDE sowie die zusätzlich benötigten Libraries ein. Außerdem wird anhand eines Schaltbildes auf die Verkabelung der einzelnen Komponenten eingegangen.

## 1.1 Komponenten

Um das Aufnahmesystem aufzubauen, werden folgende Bauteile benötigt:

- Teensy 4.0
- Teensy Audio-Shield Rev D
- Nextion-Display
- 2 microSD-Karten (max. 32 GB)
- microSD-Verlängerung
- XLR/Klinken-Kombibuchse
- MAX4466 mit Elektret-Mikrofon
- 100  $\mu$ F Kondensator
- Knopfzelle und -halter
- LiPo-Akku (3,7 V)
- Lademodul
- Wippschalter
- Kabel (bestenfalls geschirmt)
- Gehäuse und Schrauben

## 1.2 Libraries

Damit das System ordnungsgemäß funktioniert, müssen einige Libraries auf dem Teensy aufgespielt werden. Dazu muss auf einem Computer zuerst die Arduino IDE und anschließend das Teensyduino add-on installiert werden. Viele der nötigen Libraries sind dabei schon standardmäßig enthalten. Die zusätzlichen Funktionen sind in der eigens geschriebenen *AudioRecorderLibrary* enthalten. Diese kann unter [GITHUB-LINK](#) runtergeladen werden und muss anschließend in die Arduino IDE eingefügt werden. Dafür muss der AudioRecorderLibrary-Ordner zuerst in den library-Ordner der IDE kopiert werden. Anschließend kann die Library in der IDE über den

Reiter *Sketch/Bibliothek einbinden/.ZIP-Bibliothek hinzufügen* eingebunden werden.

Für die Darstellung der GUI wird zudem die Nextion-Library benötigt. Diese ist ebenfalls im GIT-Repository zu finden. Die Einbindung funktioniert so wie bei *AudioRecorderLibrary*.

### 1.3 Setup

Der Aufbau der Hardware ist in Form eines Schaltbildes in Abbildung 1 dargestellt. In den Klammern sind jeweils die Pins des Teensy/Audio-Shields angegeben, an denen sich die Verbindungen befinden. Bei der Kombibuchse werden die Ground-Anschlüsse sowie jeweils eine Signallader der beiden Anschlüsse verbunden und an die entsprechenden Teensy-Pins gelötet. In dem

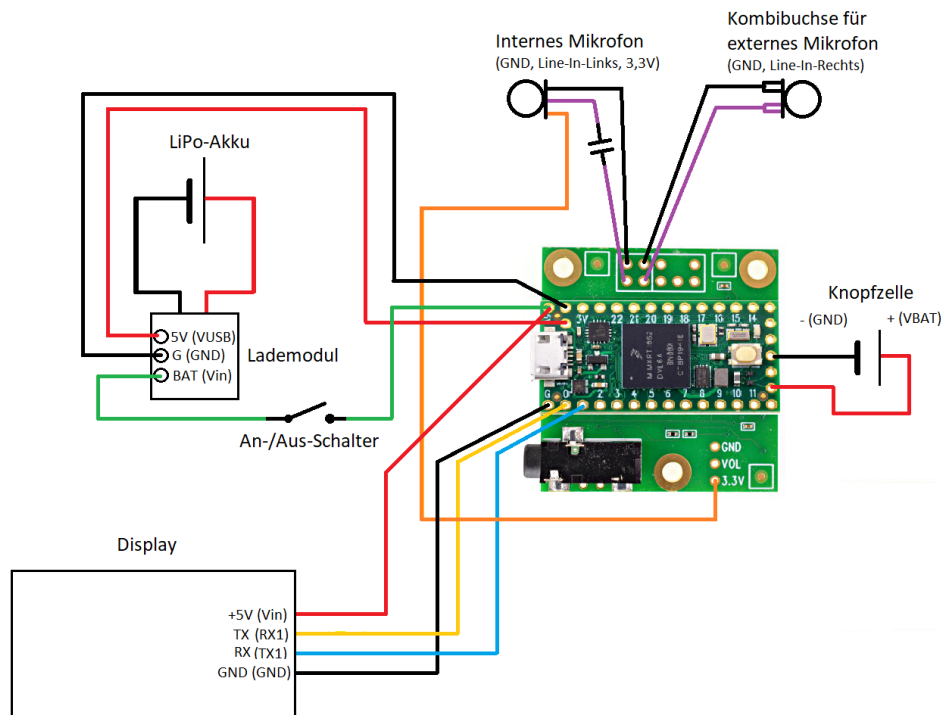


Figure 1: Schaltbild der Hardware.

hier verwendeten Aufbau ist das Nextion-Display an die Serial 1-Schnittstelle des Teensy angeschlossen. Deshalb muss vorab die Zeile `#define nexSerial Serial` (Zeile 37) in der `NexConfig.h` der Nextion-Library zu `#define nexSerial Serial1` geändert werden. Anschließend kann der Code per Computer auf den Teensy aufgespielt werden. Damit das Nextion funktioniert, muss dann zusätzlich das beiliegende tft-File auf die SD-Karte des Nextion kopiert werden. Zuletzt muss vor der Inbetriebnahme per Akku die Verbindung der

Vin und VUSB-Pads auf der Rückseite des Teensy durchgeschnitten werden.  
Anschließend kann der Aufbau in einem Gehäuse platziert werden.

## 2 Funktionen

Im Folgenden werden die Funktionen des Recorders genauer erläutert.

### 2.1 Automatic Gain Control

Für eine Automatische Gain Regelung wurde eine Funktion hinzugefügt, die den Eingangspegel auf einen eingestellten Schwellenwert ausrichtet. Dabei kann der Gain um bis zu 12 dB verstärkt oder abgeschwächt werden. Diese Funktion dient vor allem einer einfachen und benutzerfreundlichen Durchführung von Aufnahmen und vermeidet bei richtiger Anwendung Übersteuerung und zu leise Pegel. Die einstellbaren Parameter sind in Tabelle 2.1 zu finden.

Table 1: Automatic Gain Control - Parameter		
<b>Timer</b>		Zeit [ms]
Default	off	0
	short	50
	medium	100
	long	150
<b>Slope Decrease</b>		subtrahiert in jedem Durchlauf [dB]
Default	slow	0.2
	medium	0.5
	fast	1.0
	very fast	1.5
<b>Slope Increase</b>		addiert in jedem Durchlauf [dB]
Default	slow	0.02
	medium	0.05
	fast	0.1
	very fast	0.25
<b>Threshold</b>		
Default	frei einstellbar	Werte zwischen 0 und 1.0
		0.9

### 2.2 Equalizer

Um gewisse Frequenzbereiche vor der Aufnahme speziell verstärken oder abschwächen zu können, steht ein 5-Band-Equalizer zur Verfügung. Die Frequenzbänder mit den Mittenfrequenzen 115 Hz, 330 Hz, 990 Hz, 3 kHz

und 9,9 kHz können so unabhängig von einander um bis zu 12 dB verstärkt oder 11,75 dB abgeschwächt werden. Zusätzlich steht ein Reset-Knopf zur Verfügung, der die Verstärkung in jedem Band wieder auf 0 dB setzt.

### 2.3 File Browser

Damit die Aufnahmen sortiert und nachträglich leicht zugänglich vorliegen, wurde ein File-Browser eingerichtet. Die gemachten Aufnahmen werden dabei der Reihe nach durchnummeriert und es werden die Länge sowie die Größe der Datei angezeigt. So kann immer die gewünschte Aufnahme ausgewählt und abgespielt werden.

### 2.4 RMS-Meter

Um den Eingangspegel überwachen zu können, kann die RMS-Meter-Funktion verwendet werden. Diese berechnet den mittleren quadratischen Schalldruckpegel mit einer Zeitbewertung von  $\tau = 1$  s.

Das RMS-Meter wird automatisch beim Starten einer Aufnahme angeschaltet, kann aber auch durch Drücken des **PRE**-Buttons aktiviert werden. Da der mittlere Pegel angezeigt wird, kann Clipping auftreten, selbst wenn das Pegelmeter Werte unterhalb von 0 dB FS anzeigt. Es wird daher empfohlen, bei der Aussteuerung des Signals einen Pegel von -6 dB FS nicht zu überschreiten. Sollten viele laute, kurze und impulsartige Signale aufgenommen werden, sollte der Aufnahmepegel noch niedriger gewählt werden.

### 2.5 Terzbandanalyse

Um die Frequenzanalyse einer Aufnahme zu ermöglichen, wurde ein Terzbandanalysator eingebaut. In diesem wird die Leistung in 16 Frequenzbändern von 100 Hz bis 4 kHz angezeigt. Die Anzahl der Mittelungen kann dabei unter **averages** eingestellt werden. Es können Werte zwischen 10 und 100 in 5er Schritten eingegeben werden was einer Mittelungszeit von ca. 0,13 bis 1,17 s entspricht.

Die Terzbandanalyse wird gestartet, sobald zu diesem Fenster gewechselt wird.

## 3 Bedienung

Im nachfolgenden wird die genauere Bedienung des Aufnahmegeräts eingegangen.

### 3.1 Inbetriebnahme des Geräts

Damit das Aufnahmegerät nun genutzt werden kann muss zunächst der Akku aufgeladen werden. Siehe dazu Abschnitt 3.9 der Anleitung. Außerdem muss eine als FAT32 formatierte SD-Karte in den dafür vorgesehenen SD-Kartenslot geschoben werden. Anschließend ist das Gerät einsetzbar.

Durch Betätigen des Kippschalters auf der Vorderseite des Aufnahmegeräts kann das Gerät nun eingeschaltet werden. Der Anwender findet sich nun auf dem sogenannten *Recording Screen* wieder.

### 3.2 Grundlegende Einstellungen

Nachdem das Gerät eingeschaltet wurde, sollte ein Anwender zunächst grundlegende Einstellungen vornehmen. Dazu gehört die Einstellung des korrekten Datums und der Uhrzeit um später eine Aufnahme leichter zuordnen zu können. Auch muss vor der Aufnahme der richtige Eingang ausgewählt werden.

Zu diesem Zweck muss der Anwender in der oberen rechten Ecke auf das Icon klicken (siehe dazu Abb. 2). Nun befindet sich der Anwender im Menü. Um das korrekte Datum einstellen zu können muss der Anwender im Menü das Icon *Settings* anklicken.

Nun befindet der User sich in den allgemeinen Einstellungen (siehe Abb. 3) zu Datum und Uhrzeit. Im oberen Bereich des Bildschirms lassen sich über die Plus und Minus Icons der Tag, der Monat und das Jahr einstellen. Anschließend ist der Apply-Knopf zu drücken. Nach dem gleichen Prinzip kann im unteren Bereich des Bildschirms die Uhrzeit korrekt eingestellt werden. Um von hier aus wieder zurück ins Hauptmenü zu gelangen kann das Icon in der oberen rechten Ecke des Bildschirms gedrückt werden.

Eine weitere wichtige Einstellung vor Beginn einer Aufnahme, ist die Auswahl des richtigen Eingangs. Dazu muss der Anwender, ausgehend vom Hauptmenü, den Icon mit Aufschrift Recorder Settings anklicken. Hier lässt sich

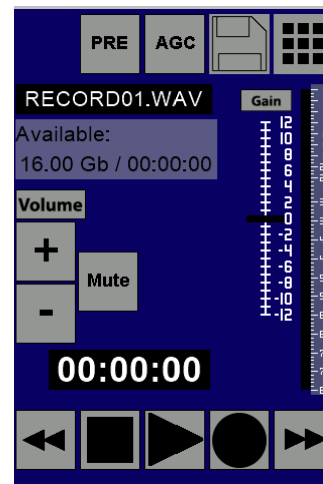


Figure 2: Recording Screen



durch einfaches Anklicken, zwischen den drei möglichen Eingängen umschalten. Der jeweils aktive Eingang wird daraufhin grün. Daneben können hier Einstellungen des Equalizers vorgenommen werden (siehe dazu Abschnitt EQ).

### 3.3 Aufnahme und Abspeichern

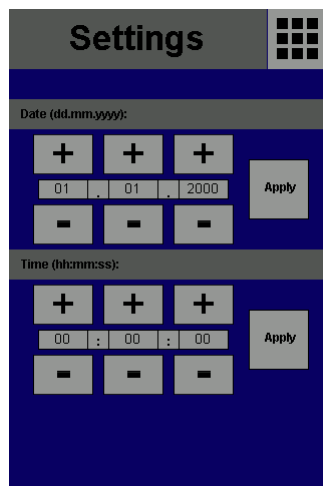


Figure 3: Settings Screen

Um nun eine Aufnahme zu machen muss wieder zum *Recording Screen* gewechselt werden. Dies geschieht durch anklicken des *Recorder Icons* im Menü. Auch nach dem Einschalten des Geräts befindet sich der Anwender direkt auf dem *Recording Screen*.

Vor Beginn der Aufnahme empfiehlt es sich zunächst zu überprüfen, ob der richtige Eingang ausgewählt wurde. Siehe dazu 3.2.

Ist der korrekte Eingang ausgewählt, so sollte vor der Aufnahme überprüft werden, ob die angelegten Pegel nicht zu laut sind. Dazu kann mittels Klick auf das *PRE* Icon die Pegelanzeige eingeschaltet werden. Um die Lautstärke des Eingangssignals zu verändern steht auf der rechten Seite des *Recording Screens* ein Slider zur Verfügung mit der Überschrift **GAIN**. Dieser bietet dem

Anwender die Möglichkeit das Eingangssignal um bis zu 12 dB zu verstärken oder abzuschwächen. Diese Einstellung kann auch noch während der Aufnahme verändert werden oder die Aussteuerung wird mittels AGC gesteuert (siehe Abschnitt 3.5).

Sind nun alle Einstellungen nach der Zufriedenheit des Anwenders, kann die Aufnahme durch betätigen des Record-Knopfs gestartet werden. Der Knopf färbt sich anschließend rot und der Timer beginnt zu laufen. Soll die Aufnahme gestoppt werden, so erfolgt dies über drücken des Stop-Knopfs. Ein Indiz ob das Stoppen der Aufnahme geklappt hat, zeigt der Timer, da er nicht mehr weiter läuft.

Abgespeichert werden die einzelnen Aufnahmen durch betätigen des SD Karten Icons. Anschließend aktualisiert sich auch der Bildschirm, wie viel Speicher noch zur Verfügung steht und die Nummer der Aufnahmen wird hochgezählt. Sollte eine Aufnahme nicht gespeichert worden sein, so wird diese überschrieben.

### 3.4 Wiedergabe des Aufgenommenen

Das Abspielen einer Aufnahme kann über zwei Arten erfolgen. Entweder wird das gerade Aufgenommene direkt im *Recording Screen* durch Betätigen des *Play*-Icons abgespielt oder innerhalb des File Browsers.

### 3.5 Einstellungen der AGC

Die Aussteuerung des Eingangssignals kann entweder manuell über den Gain-Regler eingestellt werden, oder mit Hilfe der AGC-Funktion. Diese kann über einen Knopf auf dem Recorder Screen (Abb. 2) aktiviert werden und regelt dann zu niedrige Eingangspegel hoch, bzw. zu hohe Pegel herunter.

In den Einstellungen (Abb. 4), die vom Menü aus unter dem Icon *AGC Settings* zu finden sind, kann die Zeit bevor der Gain erhöht wird und wie schnell der Gain ansteigt oder abfällt mit jeweils vier voreingestellten Werten verändert werden. Der Threshold kann frei zwischen 0 und 1.0, also Vollaussteuerung, eingestellt werden. In der Tabelle 2.1 sind die genauen Werte für die jeweilige Einstellung und die Standardwerte dokumentiert. Beim Ausschalten wird die Verstärkung auf 0 dB zurückgesetzt.

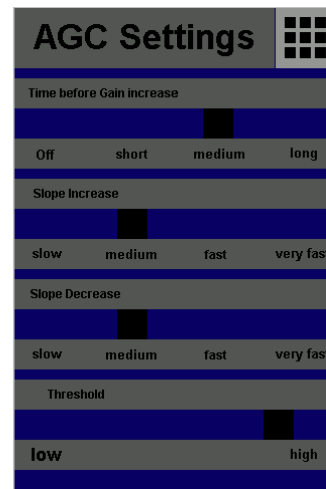


Figure 4: AGC Settings Screen

### 3.6 Terzbandanalyse

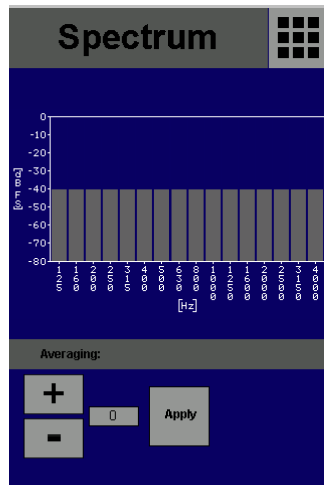


Figure 5: Terzbandfilter Screen

gen übernommen.

### 3.7 Equalizer

Sollte ein Eingangssignal eine ungewünschte Klangfärbung aufweisen, kann mit Hilfe des Equalizers das Eingangssignal ein wenig verändert werden. Der Equalizer ist vom Hauptmenü ausgehend unter den *Recording Settings* zu finden. In diesem Bildschirm lässt sich der Equalizer durch Klicken des gleichnamigen Buttons öffnen.

Dem Anwender stehen, wie in Abb. 6 zu sehen, fünf Frequenzbänder zur Verfügung. Diese lassen sich unabhängig entweder durch Bewegen eines Sliders oder durch Nutzen der  $+$  und  $-$  Buttons in 1 dB Schritten verstellen. Die maximale Verstärkung und Abschwächung beträgt bis zu 12 dB. Zu Beginn sind die einzelnen Bänder jeweils weder verstärkt, noch abgeschwächt (0 dB).

Daneben kann durch Drücken des *Reset Equalizer* Knopfs in den *Recording Settings* der Equalizer wieder ausgeschal-

Im Hauptmenü kann über den *3rd Oct Analysis*-Knopf die Terzbandanalyse ausgewählt werden. Anschließend öffnet sich der in Abbildung 5 dargestellte Bildschirm. Hier hat der Anwender die Möglichkeit im Spektrum zu erkennen, ob das Eingangssignal ungefähr dem erwarteten Verlauf entspricht, oder ob gegebenenfalls mit Hilfe des Equalizers (siehe Abschnitt 3.7) ein Frequenzbereich angehoben oder abgeschwächt werden muss.

Daneben kann in diesem Bildschirm die Anzahl der Mittelungen, also wie schnell das Spektrum auf Änderungen des Eingangssignals reagiert, verändert werden. Dies erfolgt mit Hilfe von  $+$  und  $-$  mit welchen die Anzahl erhöht oder verringert werden kann. Anschließend wird mittels des *Apply*-Knopfs die neue Anzahl an Mittelun-

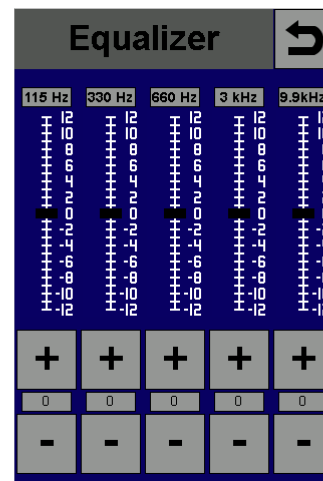


Figure 6: Equalizer Screen

tet werden.

### 3.8 File Browser

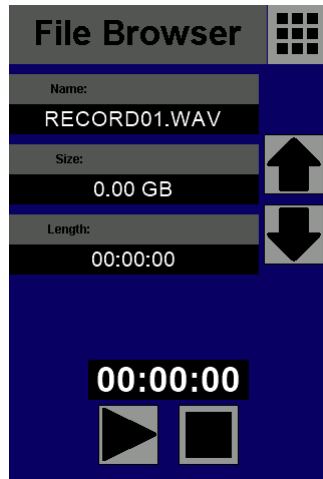


Figure 7: File Browser Screen

Der File Browser ist ebenfalls im Hauptmenü zu finden. Hier hat der Anwender die Möglichkeit durch alle Aufnahmen zu scrollen. Dies erfolgt mit den Pfeiltasten an der rechten Seite des Bildschirms. Neben dem Namen der Aufnahme werden hier auch die Größe und Länge angezeigt.

Um im Nachhinein Aufgenommenes wieder an zu hören, kann der Anwender durch Drücken des Play-Icons die aktuell angezeigte Aufnahme wiedergeben. Der Stop-Icon stoppt die Wiedergabe.

### 3.9 Laden des Akku und Netzbetrieb

Vor der ersten Inbetriebnahme sollte der Akku bestenfalls voll aufgeladen werden.

Zum Laden muss ein MicroUSB-Kabel an den entsprechenden Anschluss des Teensy angeschlossen werden. Die angeschlossene Stromquelle sollte 5 V ausgeben, hierfür eignen sich unter anderem ein USB-Anschluss eines Computers, ein USB-Netzteil für die Steckdose oder eine USB-Powerbank. Wenn der Akku genug aufgeladen ist, kann das Gerät auch während des Ladens verwendet werden.