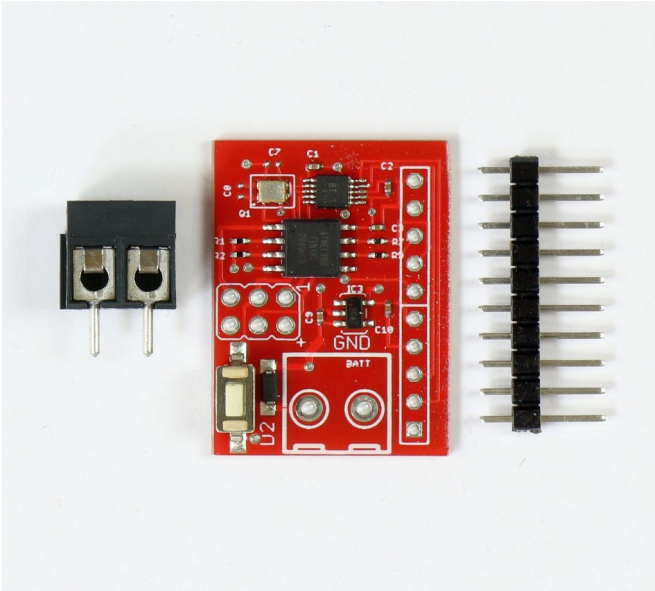
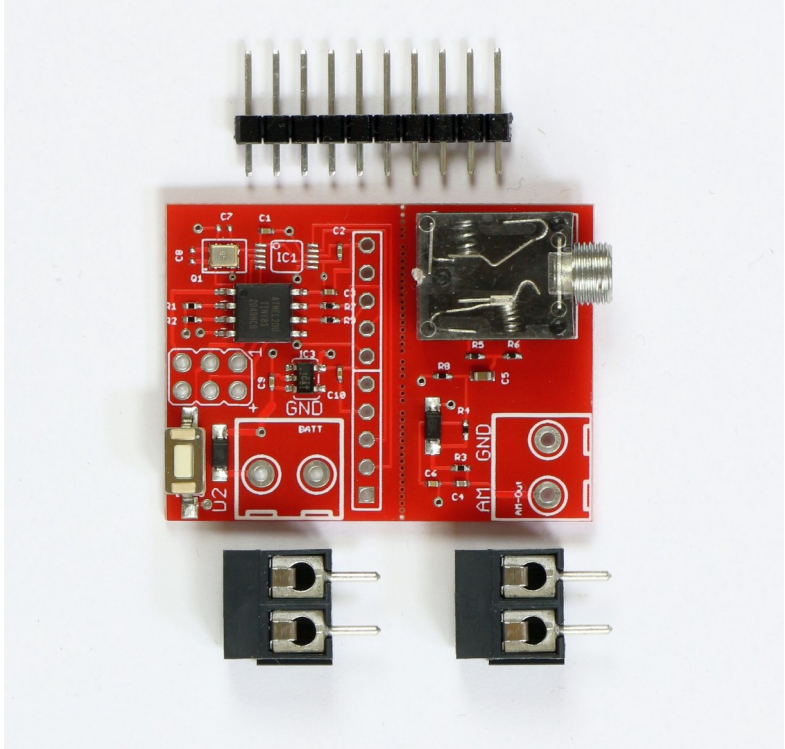


# AM-Modulator\_2 / 3-Kanal DDS-Generator



## **Einleitung**

Als Weiterentwicklung unseres ursprünglichen AM-Modulators haben wir die Funktionalität erheblich erweitert und verbessert. So reicht jetzt ein Audio-Signal von 1 V<sub>SS</sub> für volle Modulation, womit jeder Line- oder Kopfhörer-Ausgang von Audioquellen ohne zusätzlichen Übertrager nutzbar ist.

Die Mittelwellen-Frequenz ist nun umschaltbar im 9/10 kHz-Raster in Stufen innerhalb der Bandgrenzen per Taster durchstimmbare, wobei die letzte Frequenz im EEPROM abgespeichert wird und beim Einschalten automatisch wieder abgerufen wird.

Für die Verwendung als 3-Kanal Frequenz-Generator kann der Modulator-Teil der Platine bei Bedarf abgetrennt werden, womit dann ein sehr kleiner universeller Frequenz-Generator zur Verfügung steht. (Ist bei Bestellung als 3-Kanal Frequenz-Generator bereits abgetrennt)

Die Steuerung erfolgt über eine einzelne serielle Leitung, die z.B. mit einem USB-Seriell-Wandler oder Breakout-Board (3,3V/5V tolerant) oder auch mit einer einzelnen seriellen Datenleitung angesteuert wird.

Die Frequenzeinstellung von 8 kHz...150 MHz erfolgt über einfache Steuerbytes. Der Mikrocontroller errechnet daraus selbständig die optimale Einstellung der internen Teiler des Generator-Chips.

Es können für jeden Kanal feste Einschaltfrequenzen programmiert werden. Damit wird das Modul zum eigenständigen Festfrequenz-Generator für bis zu 3 Ausgänge mit individuellen Einschalt-Frequenzen.

Zukünftige Firmware-Updates können über den implementierten Bootloader selbst aufgespielt werden.

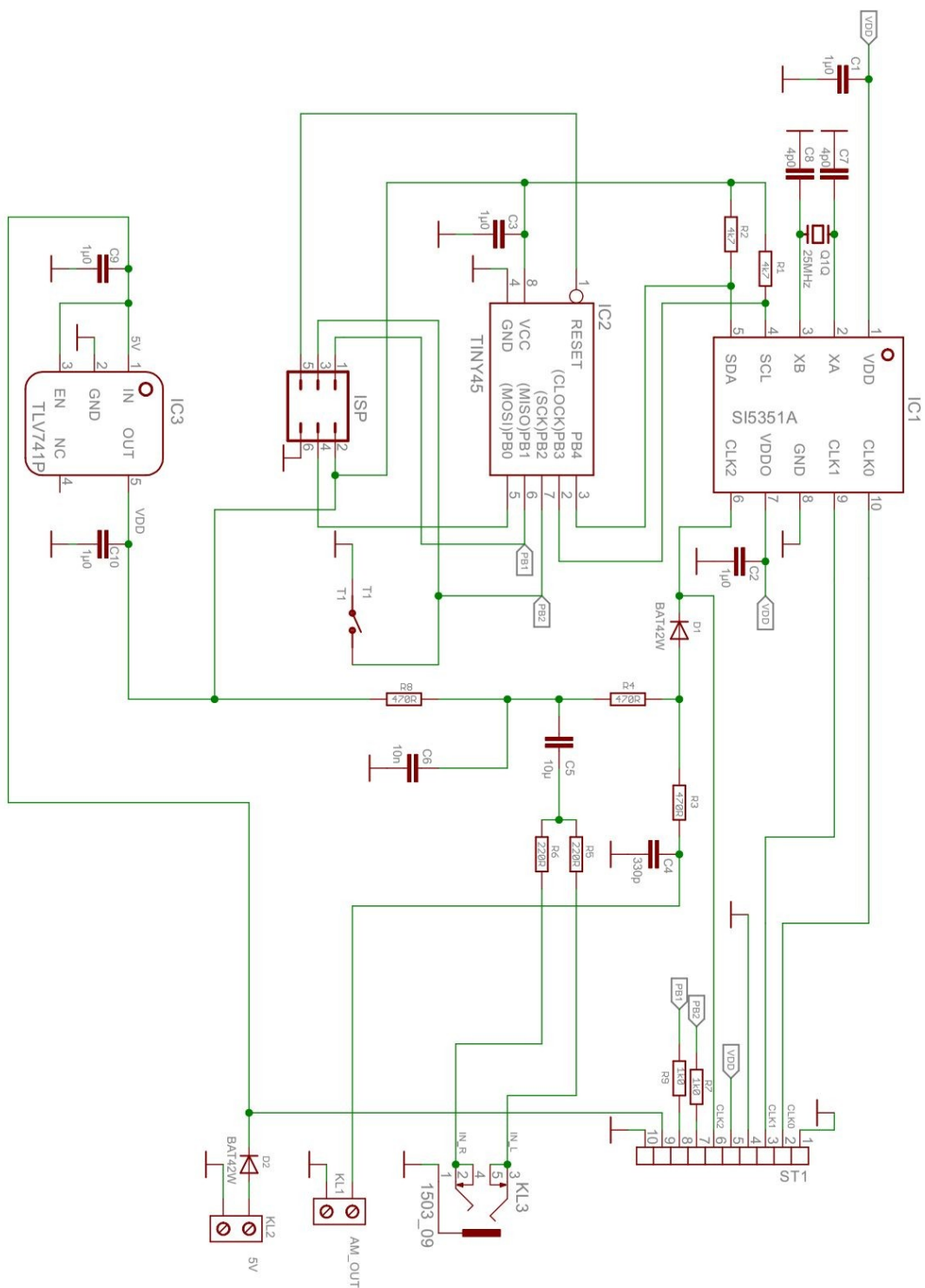


Abbildung 1: Schaltplan

## Technische Daten

- Betriebsspannung min./max.: 4,0V...5,3V Gleichspannung; Verpolschutzdiode integriert
- Ruhestrom: ca. 25mA
- verwendeter Generator-IC: Silicon Labs Si5351-A-B-GTR
- AM-Modulator Funktionalität:
  - Frequenzbereich 9 kHz-Raster: 531 kHz ... 1611 kHz
  - Frequenzbereich 10 kHz-Raster: 530 kHz ... 1700 kHz
  - Kanalweitschaltung mit Taster
  - Abspeicherung der letzten eingestellten Frequenz als Einschaltfrequenz
  - Frequenzraster-Umschaltung durch gedrückten Taster beim Einschalten
  - 3,5mm Stereo-Klinkenbuchse für NF-Signal Einspeisung
  - Empfindlichkeit ca. 1V<sub>SS</sub> für 30% Modulationsgrad
  - Ausgang: Anschluss für Koppel-Induktivität mit 330pF Parallelkapazität
  - Grösse: 30x40 mm
- Frequenz-Generator-Funktionalität:
  - verwendeter Generator-IC: Silicon Labs Si5351-A-B-GTR
  - Ansteuerung: über serielle Schnittstelle (TxD-Leitung) mit einfachen Steuerbytes
  - Protokoll: **9600 8N1** (9600 Baud, 8 Bit, kein Paritybit, 1 Stoppbit)
  - 3 unabhängige Kanäle
  - Frequenz: 8 kHz ... 150 MHz
  - initiale Frequenzgenauigkeit: 10 ppm
  - Ausgangs-Amplitude: ca. 2,5 V<sub>SS</sub>
  - Ausgangs-Impedanz: ca. 50 Ω
  - Einschaltfrequenzen können separat programmiert werden
  - Grösse: 30x23 mm
- Anschlussleiste (2,54mm-Raster):
  - Ausgänge der 3 Frequenz-Kanäle
  - Serielle RxD/TxD-Leitung; 3,3/5V tolerant
  - geregelte 3,3V Spannung
- Lieferumfang:
  - bestückte und getestete Platine
  - 2 lose 2-pol. Anschlussklemmen
  - 10-pol. Stiftleiste
- Zubehör:
  - geschlossener Batteriehalter mit Schalter für 3xAA-Zellen (Mignon)
  - USB-Seriell-Wandler zur Steuerung des Generator-Moduls per PC

## Verwendung als AM-Modulator

Viele schätzen den warmen und satten Klang alter Röhrenradios. Mit dem Abschalten auch der letzten Mittelwellen-Sender in Deutschland ist aber die Empfangssituation für deutschsprachige Sender praktisch auf Null zurückgefallen.

Mit dieser kleinen Platine können Sie nun jedes beliebige NF-Signal auf beliebigen quarzstabilen MW-Festfrequenz induktiv an jedes MW-Radio "senden".

Es ist lediglich eine Spannungsquelle von 4V...5V erforderlich und eine Induktivität am Ausgang zur induktiven Kopplung. Dazu reicht bereits eine einfache Drahtschleife.

### Anschlüsse und Funktionen

- Betriebsspannung min./max.: 4,0V...5,3V; Verpolschutzdiode integriert
- Ruhestrom: ca. 25mA
- 3,5mm Stereo-Klinkenbuchse für NF-Signal Einspeisung: ca.  $1V_{SS}$  für 30% Modulationsgrad
- AM-Out: Anschluss für eine Antennenschleife bis 1 m Durchmesser

Hinweis zur Antenne: Für den Mittelwellenbereich ist die induktive Übertragung bis zu einer Feldstärke von  $-15 \text{ dB}\mu\text{A/m}$  im Anstand 10 m allgemein zugelassen. Bis zu einem Durchmesser von 1 m der Schleifenantenne wird dieser Grenzwert noch sicher eingehalten. Die Drahtschleife sollte dann in der Nahe des Empfängers angeordnet werden. Größere Antennenschleifen oder solche mit mehr als einer Windung bringen zwar mehr Reichweite, überschreiten damit aber die gesetzlichen Grenzwerte.

Die beiden Schraubklemmen sind lose beigelegt, damit man ggf. Betriebsspannung und AM-Signal auch mit angelöteten Kabeln verwenden kann. Somit wird das ganze Modul auch sehr flach für kleine Gehäuse.

### Bedienung

Beim erstmaligen Einschalten ist das 9 kHz-Raster und eine Frequenz von 531 kHz eingestellt.

Mit jedem Tastendruck wird die Frequenz um 9 kHz erhöht. Wird die Bandgrenze von 1.611 kHz erreicht, wird als nächstes wieder bei 531 kHz begonnen.

Die letzte eingestellte Frequenz wird abgespeichert und wird beim erneuten Einschalten automatisch eingestellt.

Ist beim Einschalten der Taster gedrückt, wird zwischen 9 kHz und 10 kHz-Raster gewechselt.

Dabei wird automatisch der jeweilige Bandanfang von 531 kHz bzw. 530 kHz eingestellt.

Im 10 kHz-Raster ist die obere Bandgrenze 1.700 kHz.

Bei einem Eingangssignal von ca.  $1 V_{SS}$  wird ein Modulationsgrad von ca. 30% erreicht.

Die Verzerrungen sind dabei sehr gering, die Audio-Bandbreite sehr hoch und eigentlich nur von der Bandbreite des Empfängers abhängig, sodass mir sehr breitbandigen MW-Radios auch eine der HiFi-Qualität nahekommende Wiedergabe erreicht werden kann.

Obwohl nicht explizit darauf hingewiesen wird, sollte der AM-Modulator auch im Langwellenbereich arbeiten. Dazu muss man allerdings die Frequenz mittels der seriellen Schnittstelle eingestellt werden. Erfahrungsgemäß ist die Audioqualität von AM-Empfängern im LW-Bereich aber etwas schlechter als im MW-Bereich und es ist natürlich eine entsprechend viel höhere Induktivität im mH-Bereich erforderlich, wenn man den Schwingkreis mit der 330pF-Kapazität auf Resonanz bringen will.

Weitere Informationen oder Erfahrungsberichte gibt es ggf. auf der Projektseite zum AM-Modulator von Burkhard Kainka: <https://www.elektronik-labor.de/AVR/Tiny85am.html>

## Verwendung als Frequenzgenerator

Über eine serielle Schnittstelle kann das Modul auch vollkommen unabhängig als 3-Kanal Frequenzgenerator genutzt werden.

Die Frequenzen können über einfache Byte-Steuersequenzen angesteuert werden.

Für jeden Kanal kann eine Einschaltfrequenz programmiert werden, sodass das Modul danach auch ohne serielle Verbindung völlig eigenständig bis zu 3 Festfrequenzen ausgeben kann.

An der 10-poligen Stiftleiste sind alle Signale herausgeführt.

Pin 1 ist unten nahe des Batterieanschluss und hat ein rechteckiges Lötpad.

- Pin 1: GND (Masse)
- Pin 2: Ausgang CLOCK0
- Pin 3: Ausgang CLOCK1
- Pin 4: GND (Masse)
- Pin 5: VDD=3,3V geregelt
- Pin 6: Ausgang CLOCK2
- Pin 7: Serieller Eingang **RxD** → mit **TxD** des USB-Seriell-Wandlers verbinden
- Pin 8: Serieller Ausgang **TxD** → mit **RxD** des USB-Seriell-Wandlers verbinden
- Pin 9: externe Betriebsspannungs-Zuführung (3,6V...5,0V); ohne Verpolschutzdiode!
- Pin 10: GND

Zur Ansteuerung der seriellen Schnittstelle eignet sich am besten ein USB-Seriell-Wandler mit an Stiftleisten oder Verbindungskabeln herausgeführter TxD und RxD-Leitung.

Diese sind häufig mit den Standard-Wandlerchips FT232, PL2303, CH340 etc. bestückt.

Eigentlich wird nur die Sendeleitung **TxD** des USB-Seriell-Wandlers verwendet, die an Pin 7 der Stiftleiste mit dem seriellen Eingang **RxD** des Mikrocontrollers verbunden wird.

Es gibt hier oft Verwechslungen, weil der Ausgang des USB-Seriell-Wandlers manchmal mit RxD bezeichnet ist, weil er eben mit RxD des Controllers verbunden wird.

Falls keine Kommunikation zustande kommt, sollte man daher die Leitungen tauschen.

Die Sendeleitung vom Mikrocontroller zum PC wird momentan nicht benutzt.

Natürlich muss auch die Masse GND des USB-Seriell-Wandlers mit einem der GND-Anschlüsse des Moduls verbunden werden.

Nach dem ersten Einstecken des USB-Seriell-Wandlers in eine USB-Buchse des PC muss oft erst der Treiber des Wandler-Chips installiert werden. Bei einigen Wandler-Chips geht dies automatisch und Windows hat den Treiber bereits im System (FT232), bei anderen muss der Treiber manuell installiert werden.

Im Geräte-Manager sollte dann ein neuer Eintrag für eine serielle Schnittstelle der Art "USB-Serialport" o.ä. erscheinen. Man sollte sich die Nummer des neuen COM-Ports für den nächsten Schritt notieren. Das Kommunikationsprotokoll ist der Quasi-Standard **9600 8 N 1**, also 9600 Baud, 8 Bit, kein Paritätsbit, 1 Stopbit.

## Ansteuerung und Steuersequenzen

Die Steuerbefehle zum Einstellen der Frequenzen können mit einem beliebigen Terminalprogramm oder einer Anwendungssoftware gesendet werden.

Nachdem man im Terminal-Programm die richtige COM-Nummer und das Protokoll (9600 8N1) eingestellt hat, öffnet man zunächst einen Kanal.

Die Steuersequenz ist ein Textstring und besteht aus einem einzelnen Buchstaben für das Kommando gefolgt von der Frequenz in Hertz oder Kilohertz.

### Die Kommando-Buchstaben:

- “a”: Frequenz CLOCK 0 in Hertz
- “A”: Frequenz CLOCK 0 in Kilohertz
- “f”: Frequenz CLOCK 1 in Hertz
- “F”: Frequenz CLOCK 1 in Kilohertz
- “b”: Frequenz CLOCK 2 in Hertz
- “B”: Frequenz CLOCK 2 in Kilohertz
  
- “k”: Einschaltfrequenz CLOCK 0 in Hertz (EEPROM-Speicher)
- “l”: Einschaltfrequenz CLOCK 1 in Hertz (EEPROM-Speicher)
- “m”: Einschaltfrequenz CLOCK 2 in Hertz (EEPROM-Speicher)

### Beispiel:

CLOCK 2 soll auf 154,55 kHz eingestellt werden: **b154550**

### Anmerkungen:

- Der Befehlsstring muss natürlich mit CR (Carriage Return/Enter) abgeschlossen werden.
- Bei den Einschaltfrequenzen “k”, “l”, “m” wird die Frequenz nicht nur abgespeichert, sondern auch direkt eingestellt.
- Wenn man die Frequenz “0” sendet, wird der jeweilige Kanal abgeschaltet
- Wenn man eine Frequenz <2.000 Hertz, aber >0 sendet, wird der Kanal mit dem letzten eingestellten Wert wieder eingeschaltet
- Frequenzen unter 8 kHz und über 150 MHz werden auf die Einstellgrenze 8 kHz bzw. 150 MHz reduziert
- Es wird beim eingelesenen Befehlsstring kein Syntax-Check durchgeführt. Ein fehlerhaft formatierter Text führt allerdings meist zur Interpretation einer Frequenz “0” und damit wird der Kanal abgeschaltet.

## Firmware Update

Für ein Firmware-Update wird der MCS-Bootloader in BASCOM verwendet.  
Dazu muss zunächst die Demo-Version von BASCOM heruntergeladen und installiert werden:  
<https://www.mcselec.com/>  
(Downloads → BASCOM → BASCOM-AVR → BASCOM-AVR DEMO)

Direktlink:

[https://www.mcselec.com/index.php?option=com\\_docman&task=doc\\_download&gid=139&Itemid=54](https://www.mcselec.com/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=139&Itemid=54)

Man geht unter "Optionen" auf "Programmer" und nimmt die Einstellungen bzw. Auswahl entsprechend u.a. Screenshot vor.

Die Nummer des **COM-Port** (hier: COM5) muss natürlich an die zugewiesene Nummer des angeschlossenen USB-Seriell-Wandlers angepasst werden.

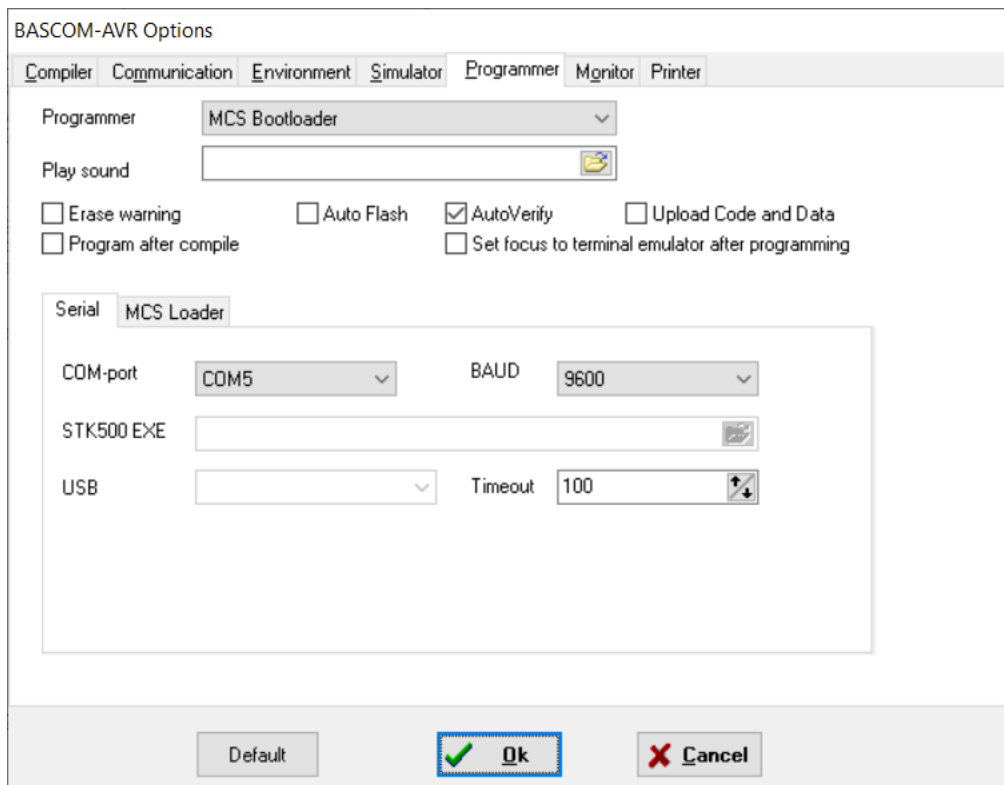


Abbildung 2: Einstellungen in BASCOM unter "Options" --> "Programmer"

Erst das Bootloader-Programm in BASCOM starten, dann erst die +5V des USB-Seriell-Kabels mit dem Modul verbinden. Die Installation des angegebenen HEX-Files erfolgt dann automatisch.