

Das Schulprojekt „UKW-Radio“

Inhaltsverzeichnis

1. Vorwort.....	3
2. Randbedingungen für dieses Vorhaben.....	3
3. Die Suche nach einer brauchbaren Schaltung	3
4. Die ersten Versuche.....	4
5. Der erste Testaufbau.....	5
6. Die Feldstärkeanzeige.....	7
7. Die ersten Betriebserfahrungen.....	8
8. Der endgültige Aufbau.....	8
9. Erfahrungen beim Kurs.....	9
10. Literaturverzeichnis.....	11

1. Vorwort

Beim Bau unseres Mittelwellen-Radios im Zuge des Löturses am Gymnasium Fridericianum in Erlangen kam von einer Schülerin die Frage ob man nicht auch mal ein Radio bauen könne mit dem sich die lokalen Sender empfangen lassen. Meine erste Reaktion auf diese Frage war, dass es viel zu aufwendig sei ein solches Gerät im Rahmen eines solchen Kurses zu bauen. Trotzdem habe ich die Frage mit nach Hause genommen und nachgeforscht, ob es nicht doch eine Möglichkeit gibt so etwas zu bauen.

2. Randbedingungen für dieses Vorhaben

Um ein solches Vorhaben erfolgreich zu Ende zu führen müssen eine ganze Reihe von Randbedingungen erfüllt werden:

- Das Gerät muss in einer überschaubaren Zeit nachzubauen sein.
- Umgekehrt muss der zu treibende Aufwand in einem gesunden Verhältnis zum Gesamtgerät stehen: Es macht keinen Sinn in ein schon fast fertiges Gerät nur noch wenige Bauteile einlöten zu lassen um es zum laufen zu bringen.
- Es muss nachbausicher sein.
- Die Bauteile müssen beschaffbar und sein
- Der Preis pro Gerät muss im Rahmen bleiben
- Es muss schon in der Schule überzeugende Ergebnisse liefern (es bringt nichts wenn man sagen muss: „Zuhause müsst ihr eine große Antenne anschließen, dann hört ihr vielleicht was“.)
- Es muss für den Schüler schon im nicht fertigen Zustand in regelmäßigen Abständen sichtbare Erfolge zeigen.
- Das fertige Gerät muss ein vorzeigbares Aussehen haben.

3. Die Suche nach einer brauchbaren Schaltung

Im Internet ist eine Reihe von Beschreibungen von UKW-Radios zu finden, von Audionschaltungen, sehr aufwendigen Geräten mit getrenntem HF-Vorverstärker Mischer, ZF-Teil, Diskriminator und NF-Verstärker bis hin zu Bausätzen bei denen man wirklich nur noch einige wenige Bauteile einlöten musste um zum fertigen Gerät zu kommen. Diese Vorschläge konnten meine Randbedingungen nicht alle erfüllen. Schließlich gab es noch eine Reihe von Beschreibungen in denen komplexe Empfänger-ICs eingesetzt werden. Einer dieser ICs war der TDA 7020. Mit dem Ding ließ sich nach Beschreibung mit sehr wenigen Bauelementen ein fertiges UKW-Radio zimmern. Noch besser als der TDA 7020 gefiel mir dessen Nachfolger, der TDA 7021. Mit dem Chip sollte es möglich sein, ein UKW-Stereoradio zu bauen das außerdem meiner Vorstellung von Radio (ein Drehknopf für die Lautstärke und einer für die Sendereinstellung) recht nahe kommt.

Schaltungen mit dem TDA 7021 waren im Internet auch zu finden. Eine von einem Verkäufer von

Das Schulprojekt „UKW-Radio“

Bausätzen für „Retro-Radios“, und eine von einem der ein Stereo-Radio in „fliegendem Aufbau“ zeigt mit der offiziellen Schaltung des Chipherstellers als Basis. Während mir die Schaltung des Retro-Radios deutlich zu schlicht und zu billig erschien (dort wurde die Abstimmung durch einen über einen externen Knopf drehbaren Kern in der Oszillatortspule gemacht und die Antenne ohne Anpassung einfach an den Chipeingang gelötet), hat mich die andere Schaltung mit dem fliegenden Aufbau überzeugt.

4. Die ersten Versuche

Sehr schnell zeigten sich schon die ersten Probleme: Die beiden ICs TDA 7021 und den zugehörigen Stereo-Dekoder TDA 7040 gibt es nur als SMD-Varianten. Für einen Anfänger nicht zu löten. Die Lösung, die ich bei einigen Bausätzen gesehen habe, den Chip gleich auf die Platine zu löten erschien mir indiskutabel. Durch einen unerkannten Lötfehler (einer ungewollten Lötbrücke), die man wegen des bereits eingebauten Chips mit einem Ohmmeter nicht mal „ausklingeln“ kann weil man schon dadurch den Chip schlachten könnte, besteht die Gefahr, dass man das Gerät beim anlegen der Versorgungsspannung zerstört. Einzig denkbare Abhilfe – mit Hilfe eines Adapters aus den SMD-Chips DIL-Chips zu machen, die man in normale DIL-Fassungen stecken kann. Obwohl mir Kollegen versichert haben, dass es solche Adapter zu kaufen gibt, habe ich keine gefunden. Glücklicherweise habe ich Zugriff auf eine sehr genaue numerisch gesteuerte Fräsmaschine mit der ich solche Adapter selbst bauen konnte.

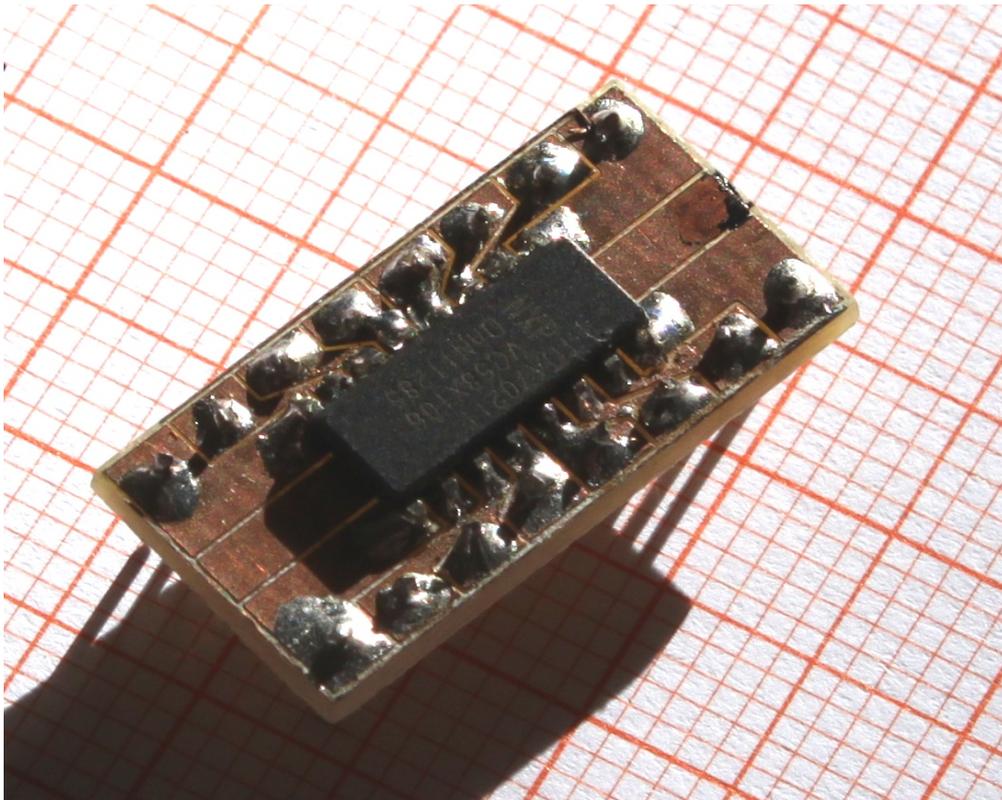


Bild 1: TDA 7021 auf einem Eigenbau-Adapter

Im nächsten Schritt wollte ich möglichst schnell ausloten, wie nachbausicher und wie empfindlich die Schaltung mit dem TDA 7021 überhaupt ist. Dazu wurde sollte die sehr schlichte Schaltung des Retroradios aufgebaut werden – das Endergebnis mit der aufwendigeren Schaltung konnte ja nur

Das Schulprojekt „UKW-Radio“

besser sein. Der Aufbau wurde schließlich auf einem kleinen Steckbrett gemacht. Ergebnis: Der Oszillator des Chips war mit einem Kontrollempfänger schnell auszumachen, er schwang wohl wegen der großen Kapazitäten im Steckbrettaufbau deutlich zu tief. Die Oszillatordspule wurde letztendlich zu einer Art Drahtbügel um auf die richtige Frequenz zu kommen. Mit 50cm Draht, ohne weitere Anpassung an einem der HF-Eingänge des Chips angeschlossen und einem hochohmigen Kopfhörer am NF-Ausgang war tatsächlich der erste Rundfunksender zu hören.

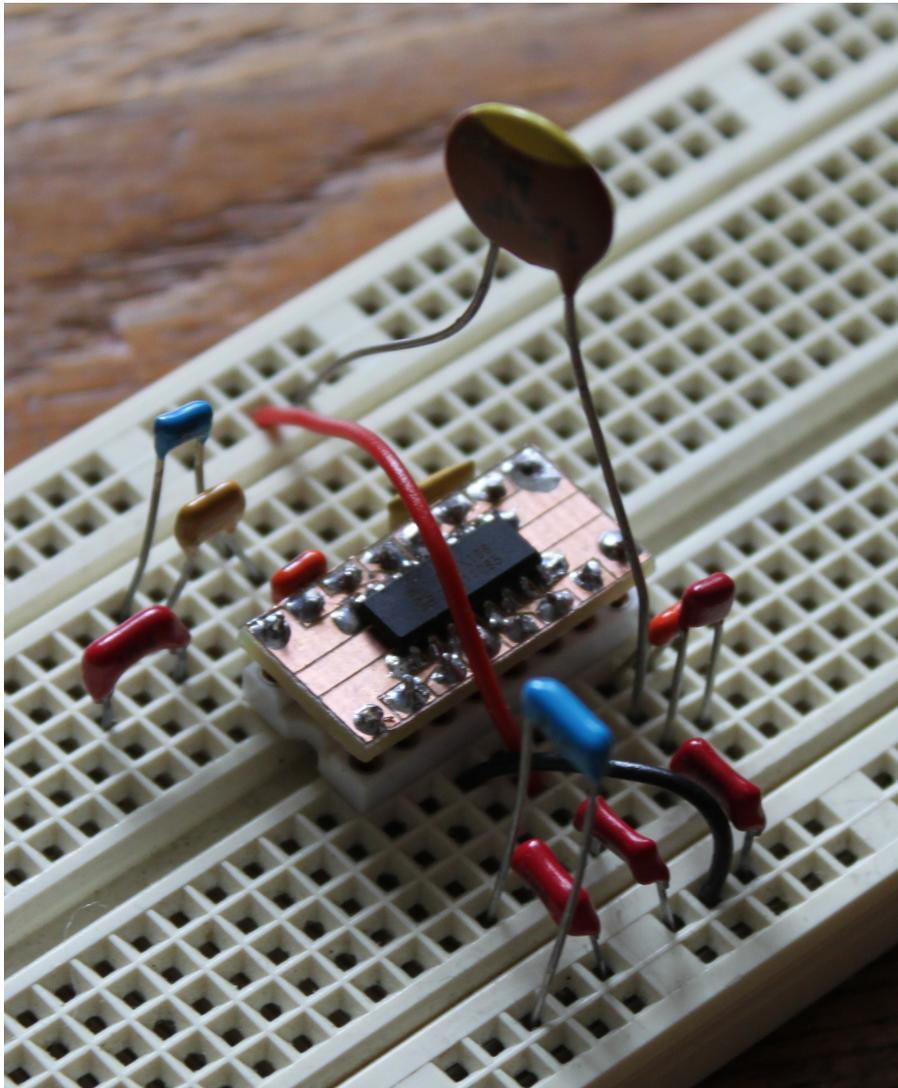


Bild 2: Der erste Test mit einem Steckbrettaufbau

5. Der erste Testaufbau

Für die nächsten Versuche war der Steckbrettaufbau deutlich zu wackelig. Außerdem wollte ich mit dem Testaufbau dem späteren Bausatz näher kommen. Die Idee war, das Gesamtprojekt in Einzelteile zu zerlegen wobei jedes Einzelteil zusammen mit dem vorher schon gebauten dem Schüler ein eigenes Erfolgserlebnis bieten kann. So sollte es

- eine Platine geben auf der der NF-Verstärker aufgebaut wird der für sich alleine schon als Lautsprecherverstärker für das vorher gebaute Mittelwellenradio benutzt werden kann.
- Eine Platine für den HF-Teil der zusammen mit dem NF-Verstärker als UKW-Mono-Radio

Das Schulprojekt „UKW-Radio“

betrieben werden kann

- Einen Stereodekoder, der zwischen HF-Teil und NF-Verstärker eingeschleift werden kann um aus dem Mono-Radio ein Stereo-Radio zu machen. Aus Platzgründen sollte der Stereodekoder mit auf die NF-Platine.
- Eine Platine für eine Feldstärkeanzeige.

Die ersten Platinen wurden mit der schon beschriebenen Fräsmaschine hergestellt. Als nächste Frage tauchte die Frage nach der Befestigung dieser Platinchen auf. Deren Unterseite sollte schon alleine wegen einer möglichen Fehlersuche auch im eingebauten Zustand zu erreichen sein. Die Lösung: Ein Holzbrettchen mit einem entsprechend großen Durchbruch in der Mitte. Auch das ließ sich mit der Fräsmaschine leicht herstellen.

Als erstes wurde der HF-Teil bestückt – für den ersten Test des HF-Teils sollte der Kopfhörer ausreichen. Die böse Überraschung: Absolutes Schweigen im Kopfhörer obwohl der Oszillator im richtigen Frequenzbereich zum Schwingen zu kriegen war. Auch die Fehlersuche war zunächst erfolglos – zwischen Schaltung und Aufbau waren keine Unterschiede zu finden, die Messungen mit dem Ohmmeter förderten auch keine Fehler zutage. Ein Blick in das Datenblatt des TDA 7021 brachte schließlich die Lösung des Problems: Dort war im Prinzipschaltbild eine interne Spannungsquelle eingezeichnet, die die HF-Eingänge des ICs gleichspannungsmäßig auf 0,9V legen sollte, wohl um für den nachfolgenden internen HF-Verstärker einen korrekten Arbeitspunkt zu schaffen. Im Schaltungsvorschlag aus dem Internet waren die Eingänge gleichspannungsmäßig direkt auf Masse gelegt – in dem Schaltbild war der Kondensator zur Potentialtrennung einfach vergessen worden. Nach dem Auftrennen der bewussten Verbindung und dem Einbau eines 200pF Kondensators funktionierte die Schaltung plötzlich.

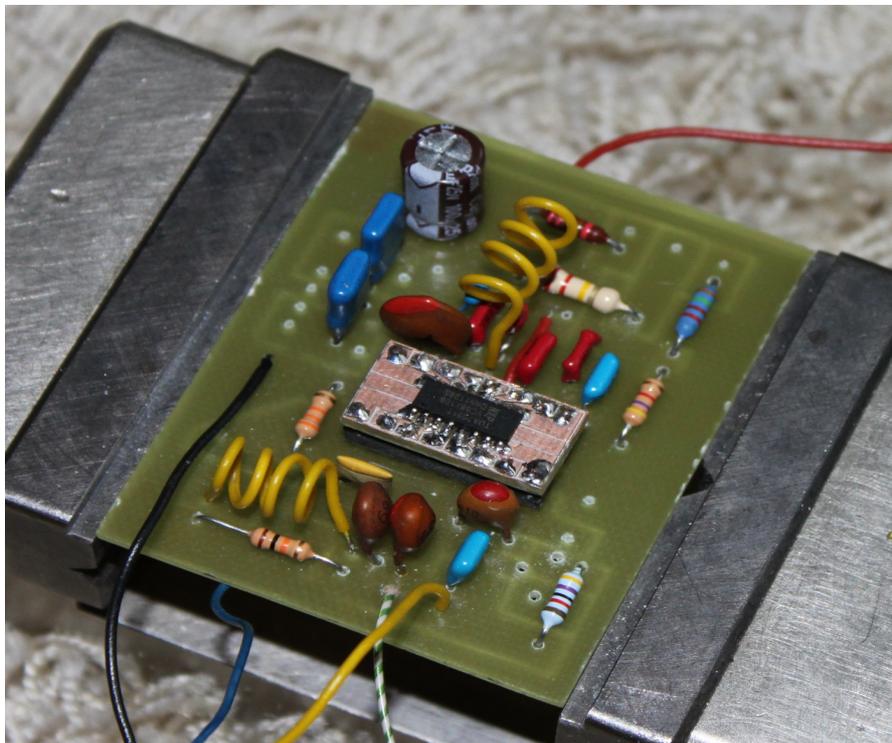


Bild 3: Der erste Testaufbau des HF-Teils auf einer gefrästen Platine

Aufbau und Inbetriebnahme von NF-Verstärker und Stereodekoder brachten keine weiteren bösen Überraschungen außer, dass der NF-Verstärker bei größeren Lautstärken und externen Lautsprechern begann wild zu schwingen. Das konnte aber mit einem größeren Elko in der Stromversorgung schnell unterbunden werden.

6. Die Feldstärkeanzeige

In der Beschreibung im Internet wurde als Feldstärkeanzeige eine Leuchtdiodenzeile vorgeschlagen die über einen kleinen Mikrocontroller angesteuert werden sollte. Dort war als Mikrocontroller ein Attiny 44 vorgeschlagen worden. Nachdem ich mit Atmel Chips schon gearbeitet hatte und auch ein Programmierboard dafür habe, sollte es kein Problem sein genau diesen Chip einzusetzen. Als erstes Problem zeigte sich dann, dass mein Board mit genau diesem Chip nicht zurechtkommt. Abhilfe: Selbst ein brauchbares Programmiergeräthchen für diesen Chip bauen. Die nächste – glücklicherweise eher kleinere Hürde: In der Internetbeschreibung war das ein C-Programm für den Attiny44 abgedruckt – ich habe aber keinen C-Compiler. Deshalb habe ich das Programm dann in einen Eigenbau-Assembler umgeschrieben. Um den Schülern demonstrieren zu können, dass der unscheinbare Chip ein kompletter Mikrocontroller ist, habe ich das Programm noch etwas erweitert. Mit Steckbrücken kann man die Feldstärkeanzeige von links nach rechts, von rechts nach links laufenlassen, ganz abschalten (Stromsparmmodus wegen der Batterie) und schließlich ein Lauflicht (unabhängig von der Feldstärke) einstellen.

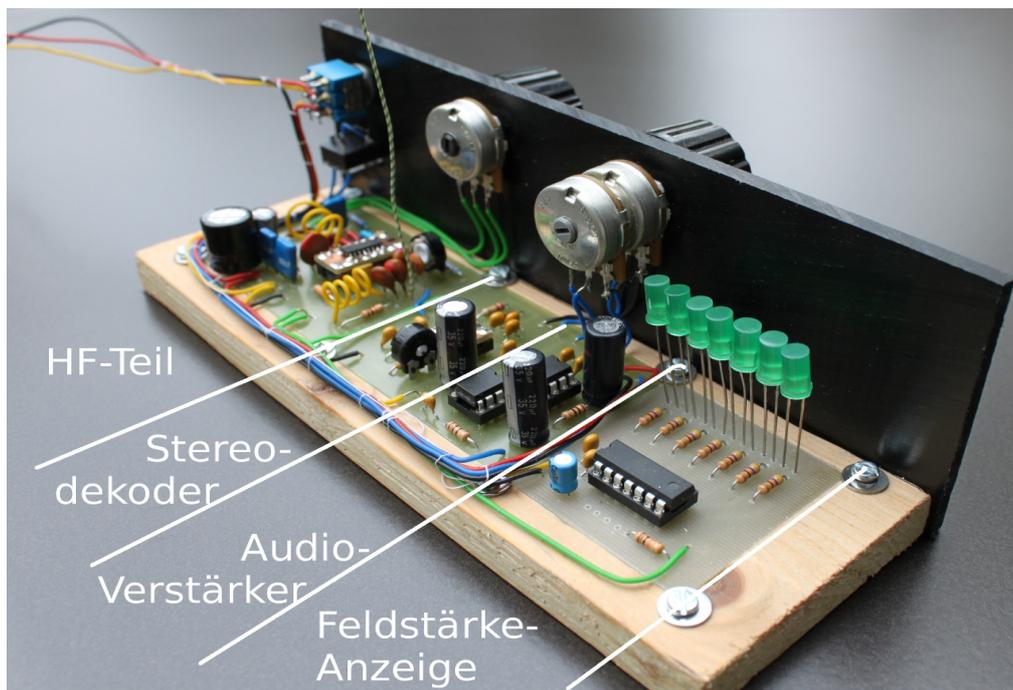


Bild 4: Der vollständige Testaufbau

7. Die ersten Betriebserfahrungen

Der volle Stereoklang im Kopfhörer war schon beeindruckend, ebenso die Empfindlichkeit des Empfängers. Bei einigen Sendern war aber ein zwar nicht allzu lauter aber recht störender Summton zu hören. Dieser Summton war bei den Sendern am einen Ende der Frequenzskala deutlich leiser als am anderen. Außerdem schien dieser Ton mit der Lage des Antennendrahtes an- oder auszugehen. Irgendwann war klar, dass es mit der Feldstärkeanzeige zusammenhing: Um mit den 7 LEDs 14 Stufen darstellen zu können wurde die jeweils letzte LED in der ausgeleuchteten Reihe halb- oder voll ausgeleuchtet. Diese Halbausleuchtung wurde erzeugt indem die bewusste LED im Programmwechsel einmal aus und einmal eingeschaltet wurde – und das (um Strom zu sparen) in dem stark heruntergetakteten Prozessormodus. Dieser mit wenigen 100Hz getaktete LED-Strom erzeugte kleine Änderungen in der Spannung der Stromversorgung die vom Elko nicht genügend ausgesiebt wurden. Über die Kapazitätsdiode wurde aus diesen kleinen Änderungen eine FM die man leider deutlich hören konnte. Nachdem dieser Ton auch durch größere Elkos nicht ganz zu beseitigen war, wurde er Umschalttakt der jeweils letzten LED so weit erhöht dass er über der Hörbarkeitsgrenze lag.

8. Der endgültige Aufbau

Der endgültige Aufbau sollte zusätzlich mit kleinen Lautsprechern ausgestattet sein und halbwegs „vorzeigbar“ aussehen. Die Platinen sollten etwas größer sein als die des ersten Testaufbaus um Probleme beim Löteten etwas zu minimieren. Schließlich wurden Brettchen aus Pappel-Sperrholz verwendet, 5mm Dick für die Frontplatte und 10mm dick für die Bodenplatte. Als Lautsprecher wurden welche mit 66mm Durchmesser ausgesucht. Die Befestigung der Lautsprecher war anfangs noch ein Problem. Die Lösung, sie mit aufgeklebten Holzteilen zu halten hat sich dann aber ganz gut bewährt.

Auf der Frontplatte wurden die zwei Potis (eines für die Lautstärke, eines für die Senderwahl), zwei Stereo-Klinkenbuchsen (eine als NF-Eingang für den Verstärker und eine als Kopfhörerbuchse), die Durchbrüche für die 7 LEDs der Feldstärkeanzeige und der Schalter für die Stromversorgung vorgesehen. Da die 5mm Frontplatte für die meisten Bauteile zu dick war, musste sie an den entsprechenden Stellen auf der Rückseite ausgefräst werden.

Für die „Massenfertigung“ kann dann wieder die schon erwähnte Fräsmaschine zum Einsatz.

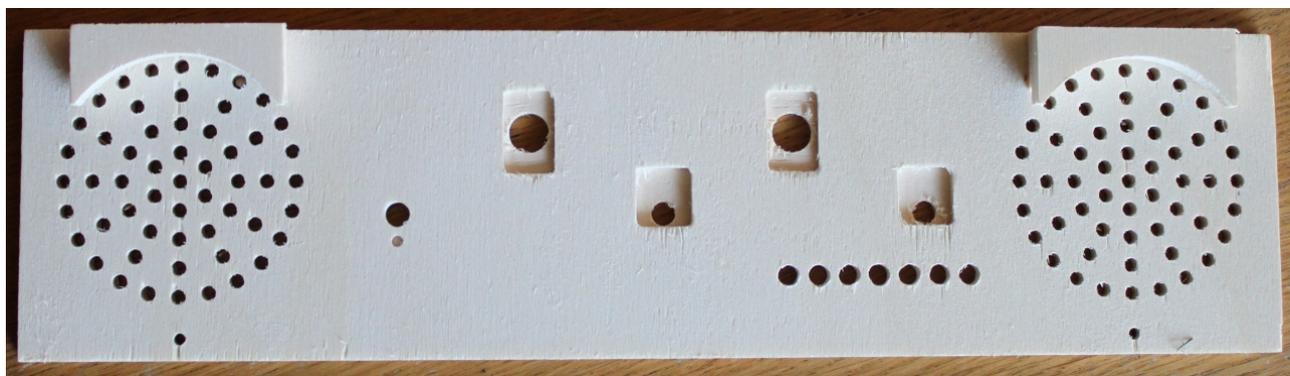


Bild 5: Frontplatte mit den Lautsprecherhalterungen und den Ausfräsungen für die Bedienelemente

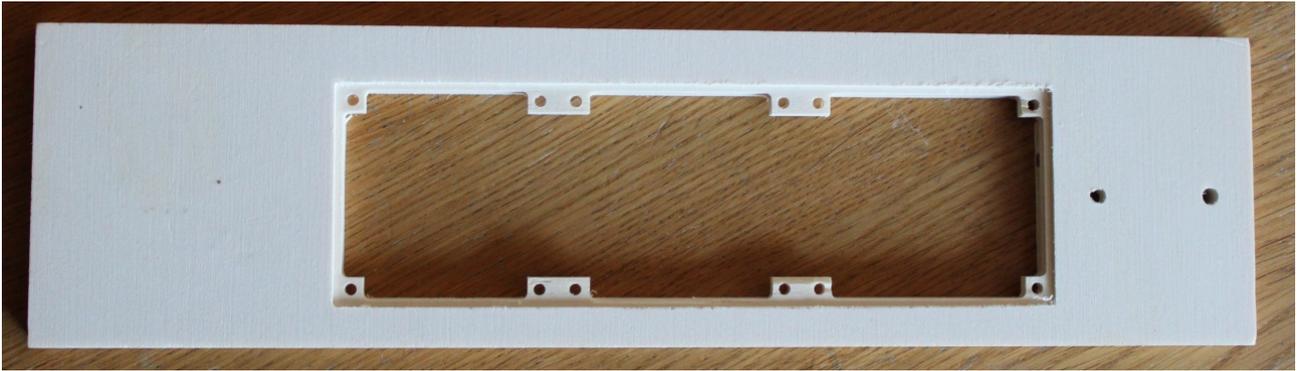


Bild 6: Grundplatte mit den Ausfräsungen für die Platinen.

9. Erfahrungen beim Kurs

Obwohl die Platinen der endgültigen Fassung deutlich größer waren als die allerersten Version, sind sie dann doch etwas filigran ausgefallen. Einige der Platinen musste ich deshalb nach dem jeweiligen Kursnachmittag mit nach Hause nehmen um die mit Zinn überschwemmten Bahnen wieder frei zu kriegen oder falsch eingelötete Bauteile auszutauschen.

Geplant waren 5 bis 6 90-minütige „Sitzungen“. Es hat sich aber gezeigt, dass die Verdrahtung des Gehäuses und die Tests anhand der Prüflisten deutlich mehr Zeit brauchen als ursprünglich vermutet. Letztendlich wurden 8 mal 90 Minuten gebraucht. Die Zeit für Prüfungen mit Ohmmeter und Prüflisten ohne eingesteckte ICs hat sich als recht hilfreich erwiesen – so konnten alle potentiell gefährlichen Fehler gefunden und behoben werden bevor ein Schaden entstehen konnte. Die Radios haben deshalb am Schluss alle auf Anhieb funktioniert.

Von den 9 Schülern sind zwei ohne Begründung kurz vor dem Ende „abgesprungen“ sodass am Ende 7 Schüler mit einem funktionierendem Radio in der Hand nach Hause gehen konnten. Parallel zu den Vorbereitungen des Radioprojekts hatte ich noch eine recht ausführliche Beschreibung erzeugt in der genau erklärt wird wie „die Bits laufen“. Trotz der Freude etwas gebaut zu haben was tatsächlich funktioniert, hat sich aber keiner dafür interessiert warum und wie das selbst gebaute Gerät spielt. Die Freude dass es überhaupt geht war offensichtlich mehr als genug.

Das Schulprojekt „UKW-Radio“

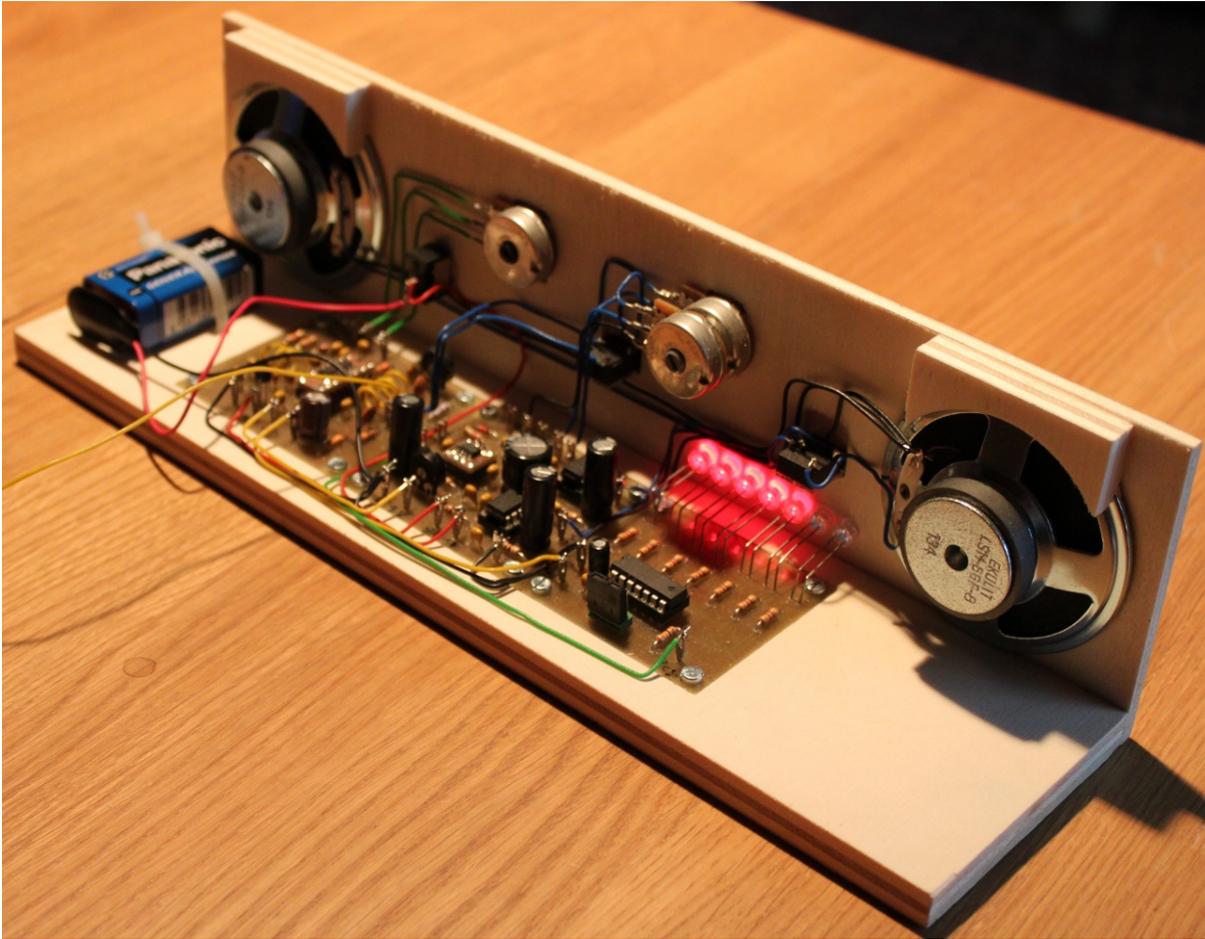


Bild 7: Das fertige Radio von hinten

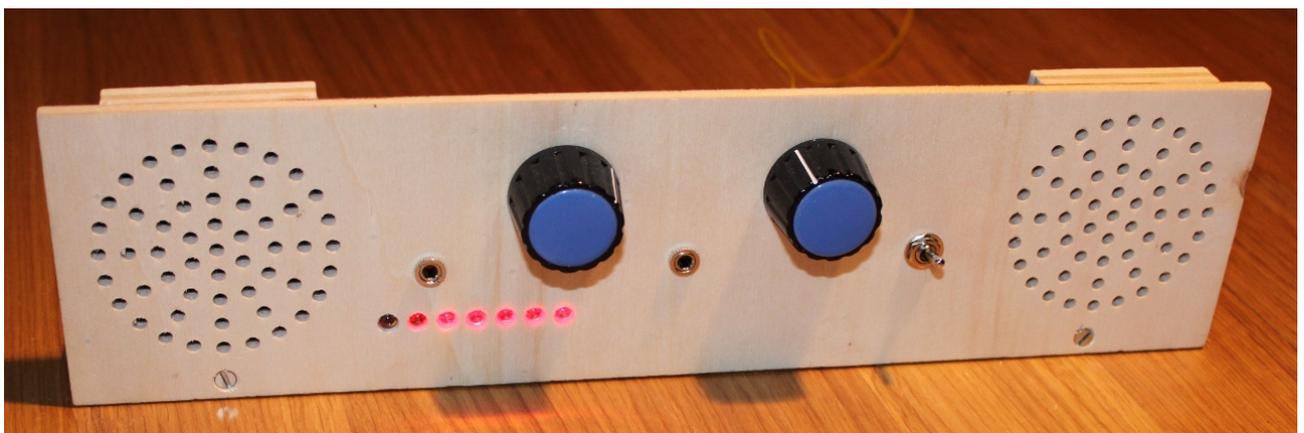


Bild8: Das fertige Radio von vorne

10. Literaturverzeichnis

TDA7021T Product specification, Philips Semiconductors May 1992

www.elektronik-labor.de/HF/FMStereo.html

<https://nbg-web01.opitec.com/img/110/372/110372bd.pdf>