

## Bauanleitung eines einfachen Wobbelsenders von 100 Hz bis 20 MHz

Der nachfolgend beschriebene Wobbelgenerator (sweep generator) basiert auf einem MAX038 von Maxim. Dieser Wobbelsender überstreicht in 12 überlappenden Bereichen einen Frequenzbereich von unter 100 Hz bis 20 MHz. Er eignet sich als Prüfsender und in Verbindung mit einem Oszilloskop zur Darstellung von Frequenzgängen. Zum Erfassen der Frequenz kann ein digitaler Frequenzzähler angeschlossen werden. Durch die Möglichkeit von Hand Wobbeln zu können, lässt sich für jeden Punkt des Frequenzgangs die genaue Frequenz ablesen. Dadurch entfällt die Notwendigkeit eines Markengebers. Unter <http://www.maxim-ic.com> konnte man sich übrigens ein kostenloses Muster des MAX038 wahlweise im SMD- oder DIL-Gehäuse schicken lassen. Leider macht dies Maxim nicht mehr. Das IC soll es noch bei Conrad geben. Leider ist das IC auch nicht mehr ganz billig.



*Der Wobbelgenerator (Wobbelsender) passt in ein Gehäuse mit den Abmessungen: Breite 13 cm, Tiefe 19 cm, Höhe 5 cm.*

### **Kurzdaten des Wobbelgenerators:**

**Frequenzbereich:** ca. 100 Hz bis 20 MHz in 12 Bereichen.

**Wobbelhub:** Manuell 1:2, Automatisch: 1:1 bis 1:1,6 (Verhältnis der niedrigsten zur höchsten Frequenz).

**Ausgangsspannung:** ca. 2 V<sub>ss</sub> Sinus bei 50 Ohm Impedanz.

**Sägezahn für die X-Ablenkung des Oszilloskops:** 3 V<sub>ss</sub>, 70 ms Anstiegszeit, 4 bis 8 ms Abfallzeit.

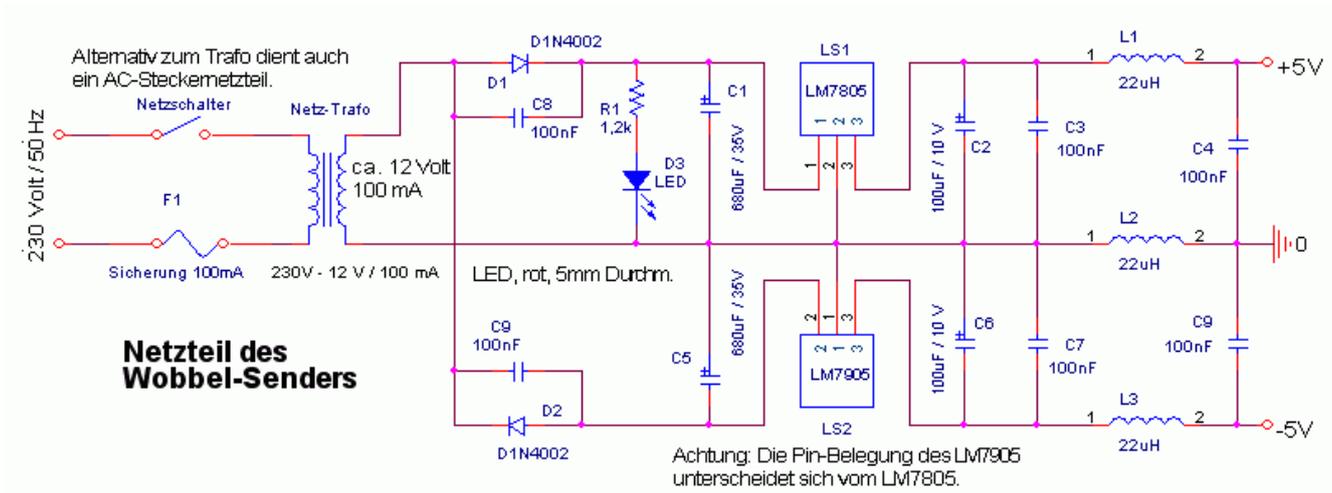
**Anforderungen an das Oszilloskop:** Es benötigt einen gleichspannungsgekoppelten X- und Y-Eingang. Die Bandbreite ist unkritisch.



*Die Frontseite des Wobblergenerators (Wobbelsenders). Auf der Rückseite befindet sich noch ein Anschluss für den Frequenzzähler. Die Beschriftung erfolgte mit einem Tintenstrahldrucker und einer dafür geeigneten Klarsichtfolie.*

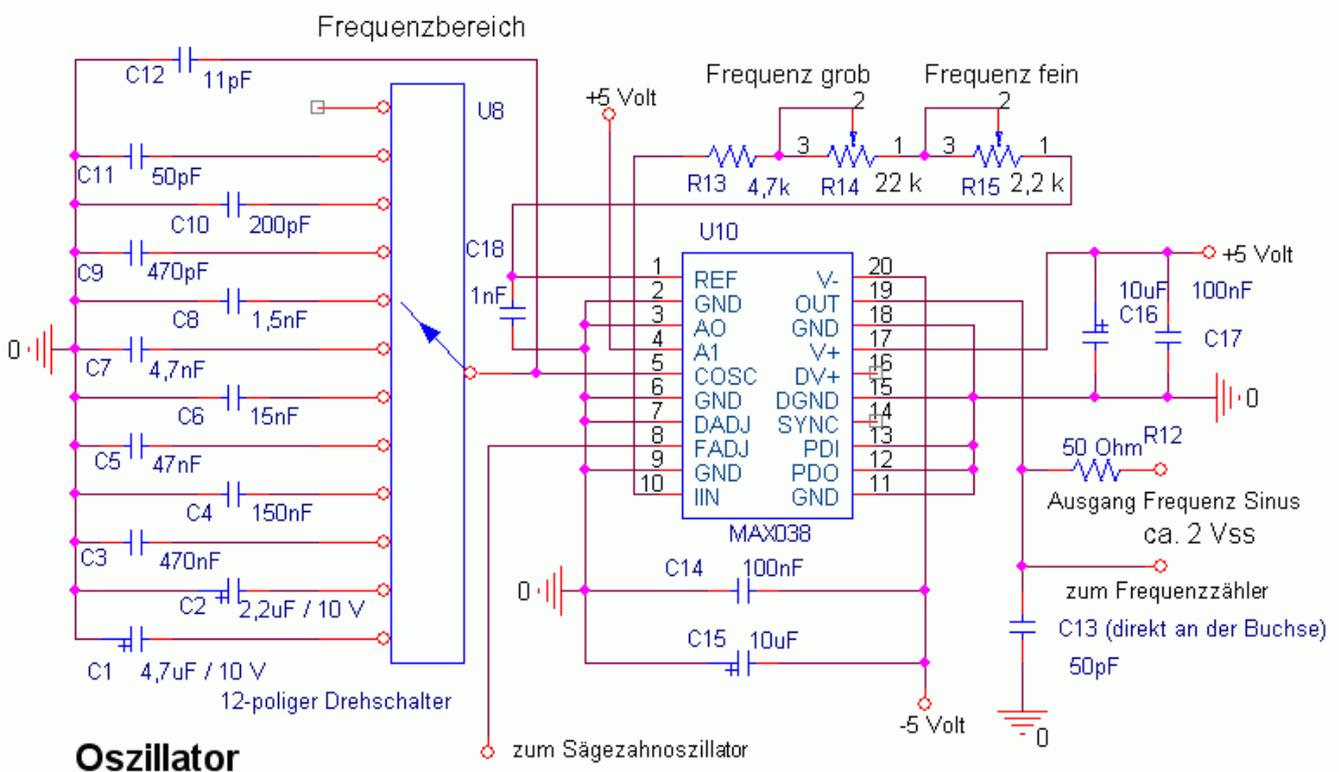
### **Die Schaltung des Wobbelsenders (Wobbelgenerators):**

Sie besteht aus dem Netzteil, das eine negative und positive 5 V-Spannung liefert, dem Sägezahngenerator und dem eigentlichen Oszillator. Außerdem benötigt man noch einen Tastkopf, der an den Y-Eingang des Oszilloskops anzuschließen ist.



**Schaltbild des Netzteils**

Hinweise zum Stromlaufplan (Schaltbild des Netzteils), welches 5 Volt negativ und positiv liefert. Um Brumm zu vermeiden, ist es verdrosselt und besitzt Kondensatoren parallel zu den Gleichrichterdioden. Die Festspannungsregler sind 5 V / 1 A-Typen. Kühlbleche sind nicht erforderlich. Im Gegensatz zur Angabe im Schaltbild sollte der Netztrafo sekundär mindestens 150 mA liefern können, besser sind 200 mA.



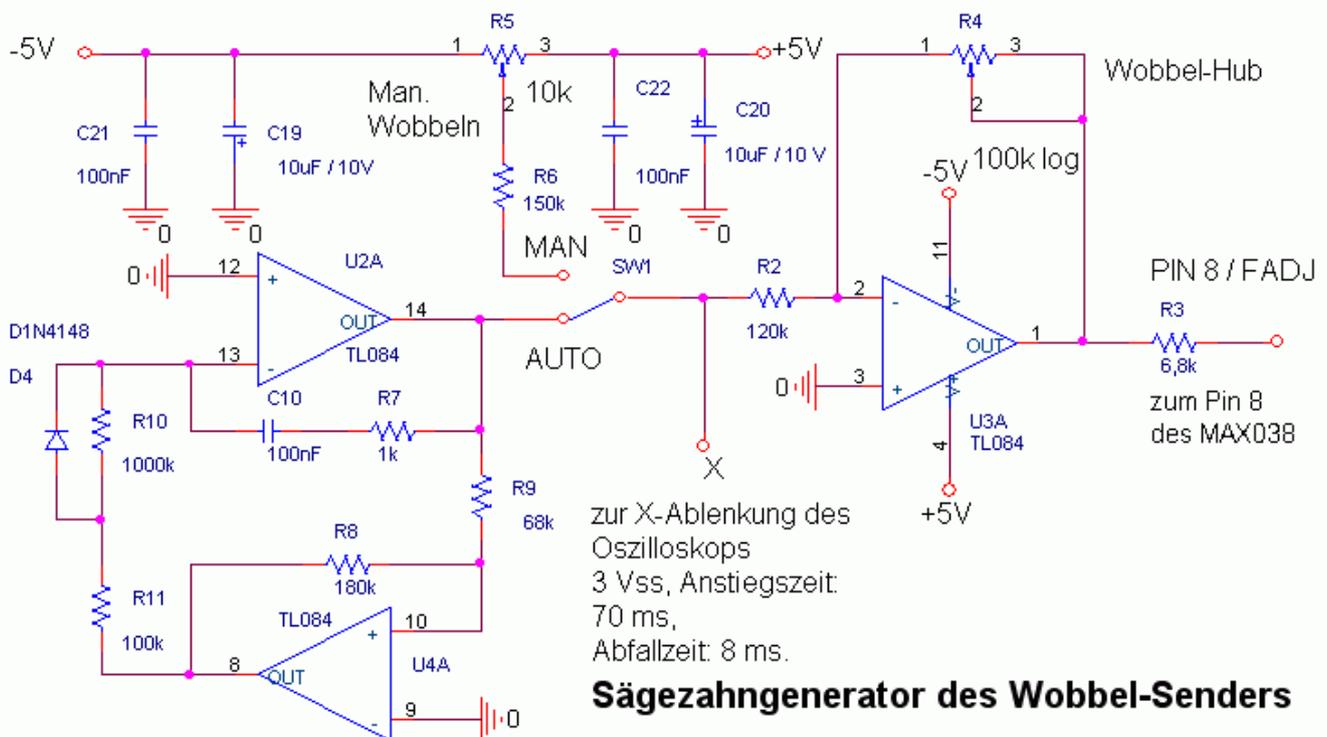
**Schaltbild des Oszillators**

Hinweise zum Stromlaufplan (Schaltbild des Oszillators): Das Herz des Wobbel-senders (Wobbelgenerators) besteht aus dem MAX038 von Maxim. Pin 8 ermöglicht eine spannungsabhängige Frequenzänderung für das Wobbeln und ist mit dem Sägezahngenerator verbunden. C13 war notwendig, um in den unteren Frequenzbereichen wilde Schwingungen zu unterdrücken und ist direkt an der rückwärtigen Buchse anzubringen.

Schalterstellung	Kapazität + 11 pF	Frequenzbereich
1	4,7 uF	28 - 160 Hz
2	2,2 uF	92 - 485 Hz
3	470 nF	0,443 - 2,21 kHz
4	150 nF	1,27 - 6,23 kHz
5	47 nF	4,34 - 21,5 kHz
6	15 nF	12,44 - 60,8 kHz
7	4,7 nF	43,2 - 206 kHz
8	1,5 nF	132 - 617 kHz
9	470 pF	420 - 1893 kHz
10	200 pF	0,923- 4,07 MHz
11	50 pF	2,66 - 12,47 MHz
12	0 pF	8,82 - 20 MHz

Die Aufteilung der 12 Frequenzbereiche. Ein 11 pF-Kondensator ist permanent im Einsatz und den anderen Kondensatoren immer parallel geschaltet.

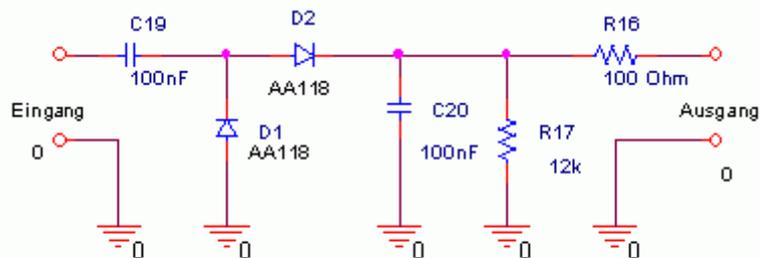
Der MAX038 kann außerdem noch ein Dreieck- und Rechtecksignal generieren. Doch darauf wurde in dieser Schaltung verzichtet. Auch wurde der Sync-Ausgang nicht aktiviert, um Störungen durch das Rechtecksignal zu vermeiden. Mehr dazu steht im Datenblatt des MAX038.



Schaltbild des Sägezahngenerators

Hinweise zum Schaltbild (Stromlaufplan) des Sägezahngenerators: Der Widerstand R10 ist frequenzbestimmend. Um Verzerrungen zu vermeiden, sollte die Wobelfrequenz möglichst niedrig sein. Die Schaltung ist mit einem einzigen TL084 realisiert. R10 kann man auch durch einen 1-Mega-Ohm-Potentiometer ersetzen. R11 kann auf 47 kOhm verkleinert werden, damit der Strahl schneller zurückläuft.

Der eigentliche Sägezahngenerator besteht aus den Operationsverstärkern U2A und U4A und stellt eine Standardschaltung dar. Ohne die Diode D4 würde man ein Dreiecksignal erhalten. Das Prinzip Umschaltmöglichkeit zwischen automatisch und manuell habe ich in der Funkschau Heft 2 bis 4 1984 (Harald Braubach, Wobbeln bis 30 MHz) entdeckt.



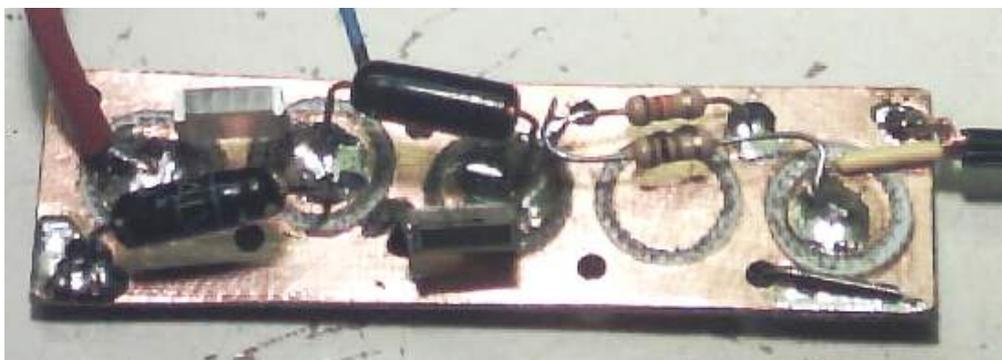
### Tastkopf

Der Tastkopf, welcher an den Y-Eingang des Oszilloskops angeschlossen wird (Daten des Tastkopfs nach Braubach siehe Bild unten).

**Tabelle 3: Daten für den Tastkopf nach Bild 17**

$U_e \sim$	$f$	5 MHz	10 MHz	20 MHz	30 MHz	40 MHz	50 MHz	60 MHz	70 MHz
		$U_A/mV$							
31,4 mV		3,7	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
100 mV		40	38	36	34	33	32	32	32
314 mV		320	300	275	255	245	235	230	230
1000 mV		1500	1400	1300	1250	1200	1150	1100	1100
3140 mV		4600	4500	4400	4200	4100	4000	3900	3900

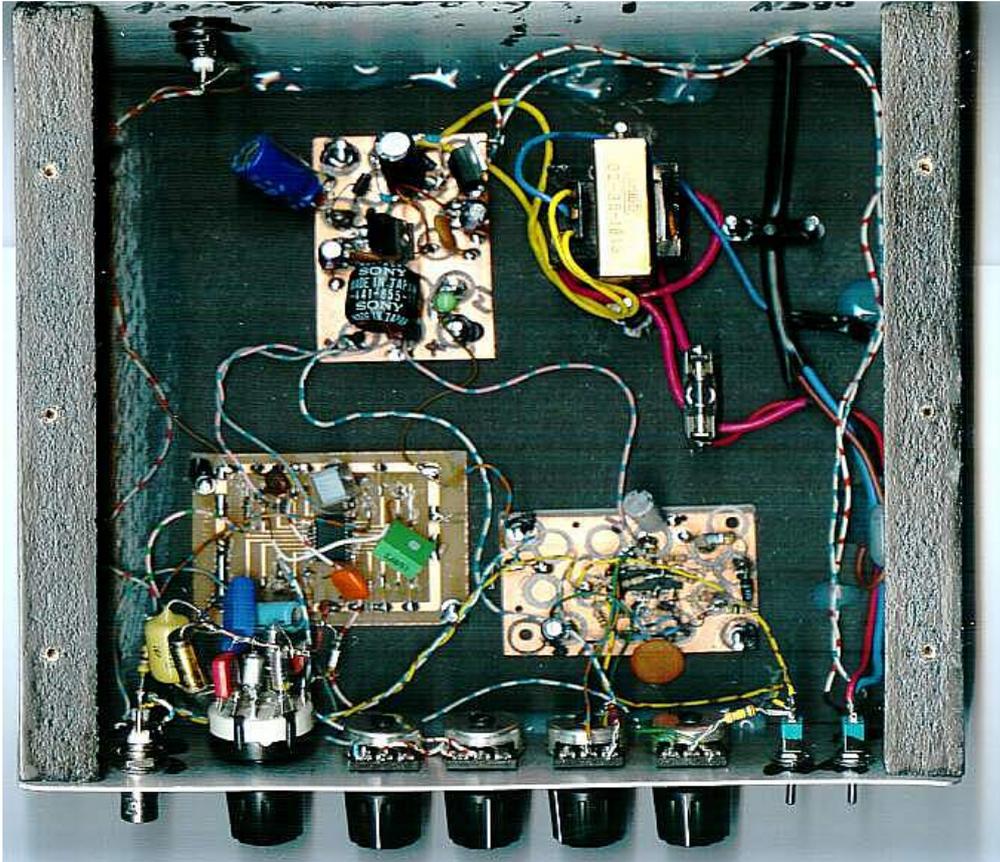
Diese in die Jahre gekommene Standard-Schaltung ist von Harald Braubach, Funkschau 1984, Heft 3, 1984 Seite 70 entlehnt. Selbstverständlich lassen sich auch aktive Tastköpfe mit lin. und log. Messgleichrichtern einsetzen.



Aufbau des Tastkopfes nach der Ugly-Construction-Methode.

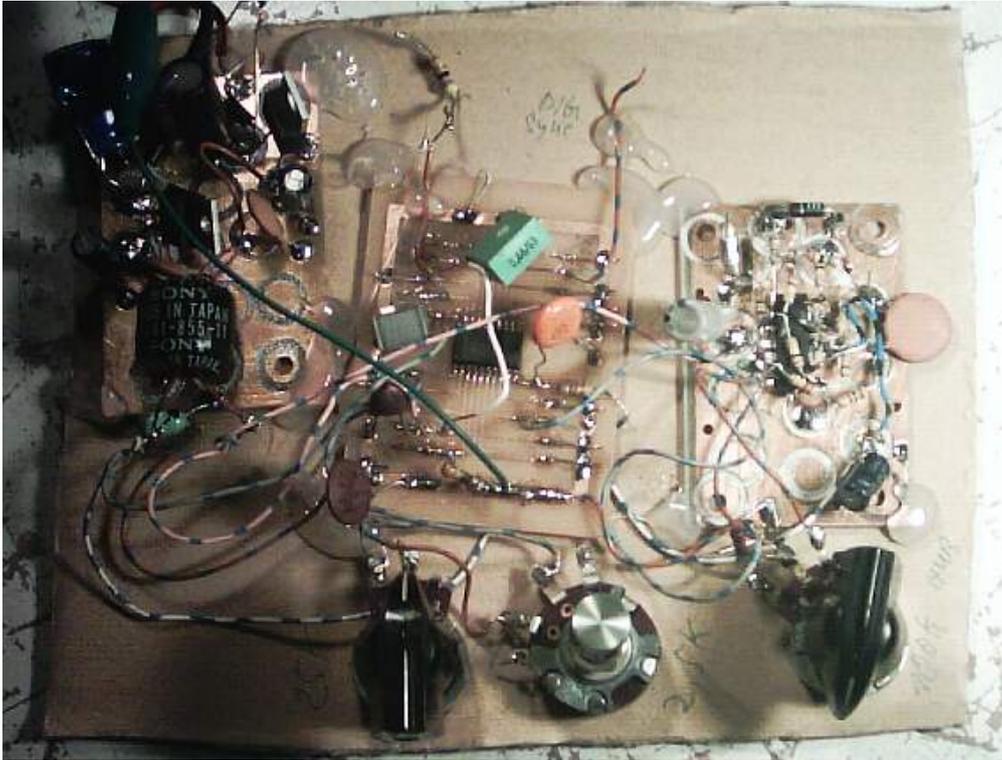
### Konstruktiver Aufbau des Wobbelsenders (Wobbelgenerators):

Der Wobbelgenerator wurde nach der Ugly-Construction-Methode aufgebaut. Da ich den MAX038 als SMD-Bauteil erhielt, musste ich mit Eagle eine entsprechende Leiterplatte ätzen. Für die anderen Leiterplatten wurden die Lötstützpunkte mit einem Holzbohrer gefräst.



*Innenansicht des Wobbelsenders: Links oben: Netzteil, Rechts oben: Netztrafo, Links unten: Oszillator mit MAX038 als SMD-Bauteil, Rechts unten: Sägezahngenerator mit einem TL084 Vierfach-Operationsverstärker.*

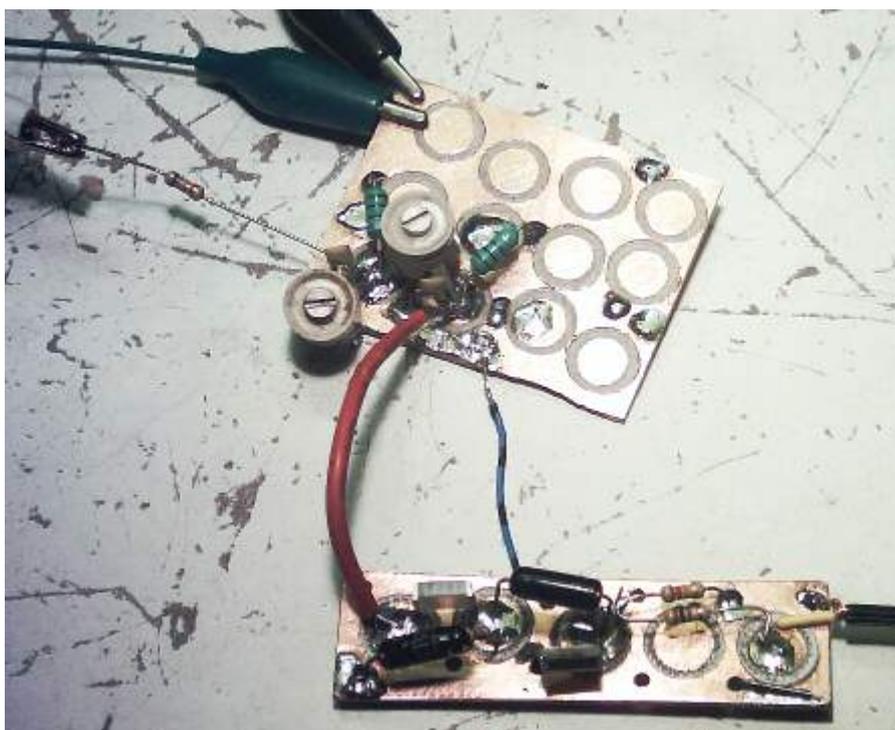
Die Seitenteile des Gehäuses bestehen aus etwa 5 cm hohen Press-Spahn-Platten (gehobelte Dachlatten gehen auch). Front und Rückseite sind Aluminiumbleche. Boden und Deckel bestehen aus dünnem Sperrholz. Blechschrauben halten den Deckel und die Aluminiumbleche zusammen. Der Boden wurde mit Heißkleber auf die Seitenteile geklebt. Beim Kleben sorgt ein Kantholz für den rechten Winkel der Seitenteile. Die Muttern sind mit Lack zu sichern. Auf der Unterseite sind für die M3-Schrauben Unterlegscheiben zu verwenden.



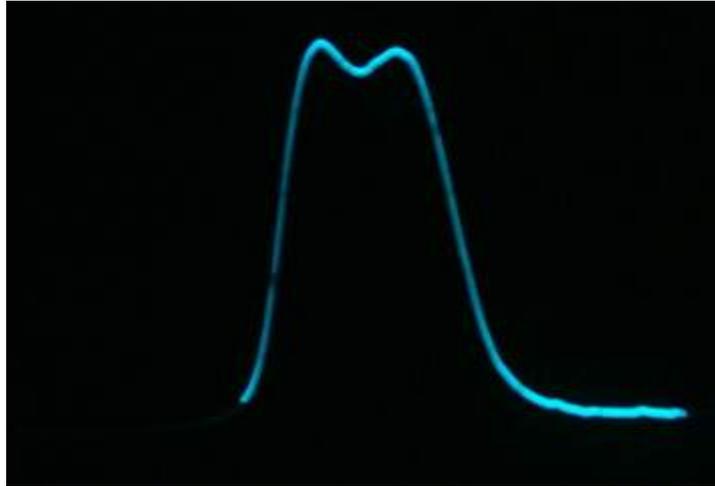
*Probeaufbau des Wobbelsenders auf einem Stück Pappe. Die einzelnen Platinen und die Potenziometer sind mit Heißkleber befestigt. Diese vielleicht etwas ungewöhnliche Methode hat sich im Experimentierstadium sehr bewährt.*

#### **Praktisches Arbeiten bei der Untersuchung von Filtern:**

Zur Darstellung von Frequenzgängen verbindet man den Sägezahn Ausgang des Wobblers mit dem X-Eingang (Vertikal-Ablenkung) des Oszilloskops. Den X-Eingang stellt man auf DC-Kopplung. Der Wobbler befindet sich in der Stellung automatisch. Den Eingang des zu messenden Filters (Ein- und Ausgangsimpedanz 50 Ohm) verbindet man mit dem Sinus-Ausgang des Wobblers. Eventuell sind bei aktiven Filtern Dämpfungsglieder vorzuschalten (50 Ohm Impedanz). Der Ausgang des Filters ist mit einem 50-Ohm-Widerstand abzuschließen. Parallel schließt man den Tastkopf an, dessen Ausgang mit dem Y-Eingang (Vertikal-Ablenkung) verbunden wird. Nun sucht man die Resonanzfrequenz durch Verändern der Oszillatorfrequenz und stellt einen geeigneten Hub ein.



*Untersuchung eines Bandfilters: Oben das Bandfilter, unten der Messkopf.*



*Frequenzgang des überkritisch gekoppelten Bandfilters auf dem Oszilloskop. In Wirklichkeit sieht man noch eine zweite, dünne Kurve, die durch den Rücklauf des Strahls entsteht.*

Beim Wobbeln kann man natürlich die Frequenz nicht ablesen, da sich ja die Frequenz dauernd ändert. Um nun die Eckpunkte des Filterkurve ermitteln zu können, stellt man den Wobbler auf manuell.

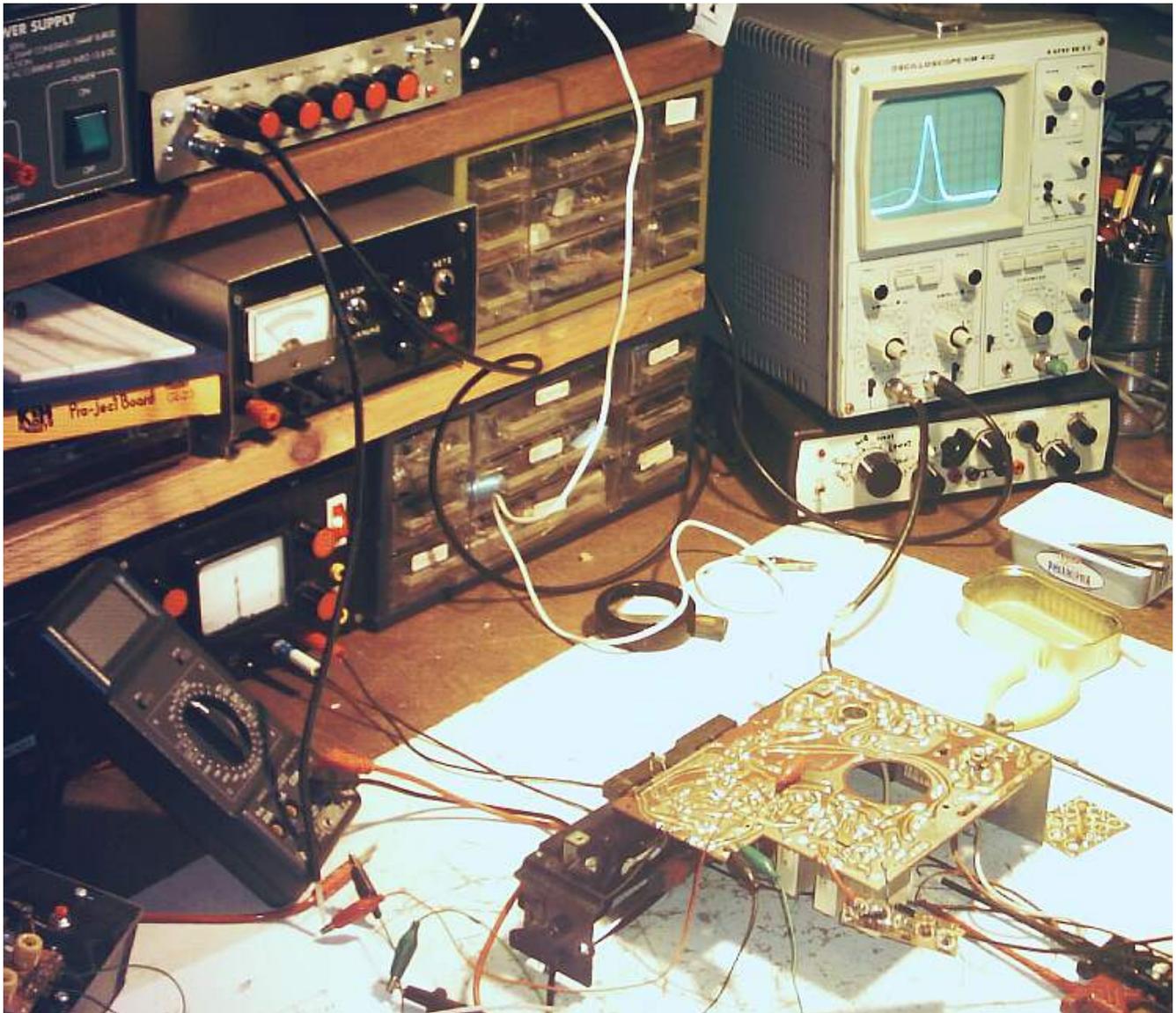
Vorher nimmt man die Helligkeit des Strahls stark zurück, damit der nun sichtbare Leuchtpunkt nicht einbrennen kann. Verdreht man nun das Poti "Man." wandert der Leuchtpunkt entlang der Filterkurve und gleichzeitig erscheint die exakte Frequenz auf dem angeschlossenen Digitalzähler



*Gesamtansicht des Messaufbaus*

### Die Grenzen des Wobbelsenders:

Dieser vergleichsweise einfache Wobbelsender hat natürlich auch seine Grenzen. Die Abgleicharbeiten an einem AM-Super und an einem ZF-Teil eines UKW-Radios funktionierten ohne Probleme. Der Frequenzgang eines sehr schmalbandigen, nur 500 Hz breiten Ladder-Filter für Telegrafie mit einer Mittenfrequenz von 4,4 MHz war allerdings nur noch unter großen Schwierigkeiten darzustellen. Für solche Aufgaben wäre zum Beispiel der Netzwerktester von DK3WX, wie er im FUNKAMATEUR Heft 11 und 12 2002 beschrieben wurde, viel besser geeignet. Oder man verwendet einen Rauschgenerator in Kombination mit einer Soundkarte, wenn man einen SSB-Empfänger abgleicht. Inzwischen bietet die Zeitschrift Funkamateure auch einen Wobbel-Bausatz auf der Basis eines DDS an, welcher bis 170 MHz geht.



*Bild Abgleich eines 455 kHz-ZF-Filters*

Außerdem habe ich den Oszillorteil des Wobbelsenders nicht abgeschirmt. Deshalb reichen schon wenige cm Draht am Ausgang des Wobbelsenders als Antenne, um einen in unmittelbarer Nähe befindlichen Empfänger damit zu speisen. die Empfindlichkeit eines Empfängers lässt sich also damit nicht messen. Allerdings kann man aber durchaus auf optimale Empfindlichkeit abgleichen. Deshalb spreche ich hier nicht von einem Mess-Sender sondern von einem Prüfsender. Schließt man einen Frequenzzähler an, scheint die Frequenz ober von 1 MHz unregelmäßig hin- und herzuschwanken.

Laut Datenblatt liefert der MAX038 einen Sinus mit einem Klirrfaktor von etwa 2%. Dadurch lassen sich die Oberwellen bis etwa 50 MHz für Abgleicharbeiten nutzen.