

theremino
•the•real•modular•in-out•

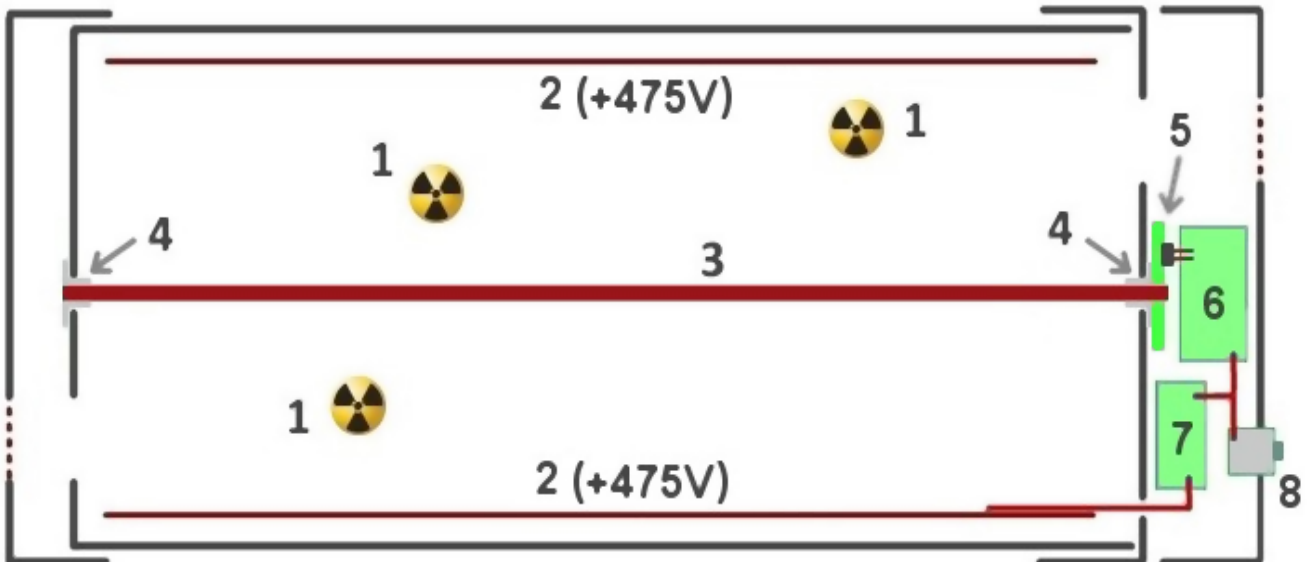
Theremino **System**

Ionenkammer Elektronik

Version 7

deutsche Übersetzung von Heiner Gerling

Funktionsschaltplan

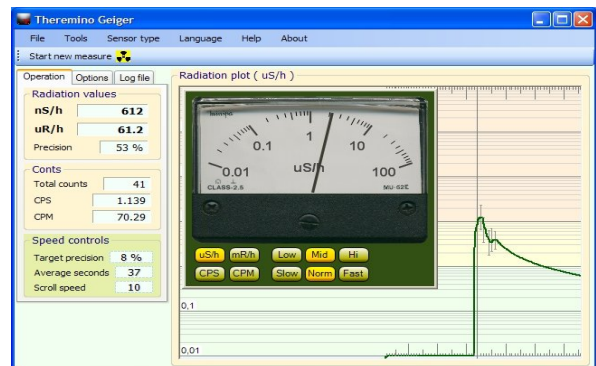


Jeder Zerfall von Radon **(1)** ionisiert die Luft und erzeugt Tausende von Elektronen-Ionen-Paaren. Das starke elektrische Feld in der Kammer zieht die Ionen schnell zur Mittelelektrode **(3)**, die mit Kunststoffüllen **(4)** isoliert und elektrisch mit dem FET **(5)** verbunden ist.

Die Elektronen werden von der Umhüllung angezogen **(2)**. In wenigen Millisekunden werden alle Elektronen, die durch den einzelnen Zerfall entstanden sind, den Hochspannungsgenerator **(7)**, den Verstärker **(6)** und den FET **(5)** durchqueren und mit den positiven Ionen rekombinieren.

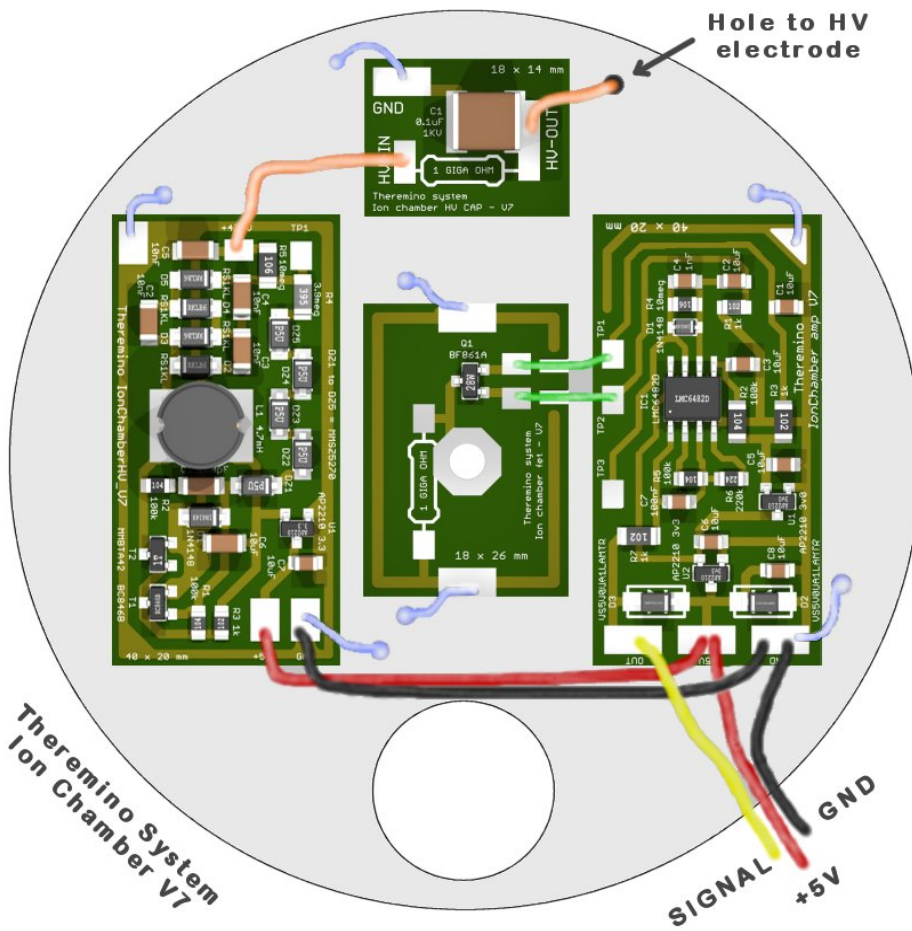
Der schwache Elektronenstrom wird zunächst durch den FET verstärkt. Dann folgt der Verstärker und Amplitudendiskriminator **(6)**, welcher die niederenergetische Impulse verwirft und nur Alpha-Zerfälle, die von Radon und seinen Abkömmlingen erzeugt werden, isoliert.

Der Ausgangsanschluss **(8)** kann direkt an einen **Standard-PIN** angeschlossen werden, der **als einfacher "Zähler"** konfiguriert ist (nicht als "FastCounter", was für die wenigen Impulse pro Sekunde von Radon verschwendet wäre).



Normalerweise wird ein Theremino_Master-Modul verwendet, um die Ionenkammer mit Strom zu versorgen und die Zählerstände über USB an die Theremino_Geiger-Software zu senden. Ein einziger Master kann bis zu zwölf Ionenkammern mit Verbindungen von bis zu Hunderten von Metern Länge mit Strom versorgen und alle Daten gleichzeitig erfassen. Einige Kammern könnten durch Geiger-Sonden für α -, β - und γ -Strahlen oder durch Umweltsensoren ersetzt werden, für z. B. Regenmenge, Temperatur und Luftfeuchte.

Übersicht der Anschlüsse



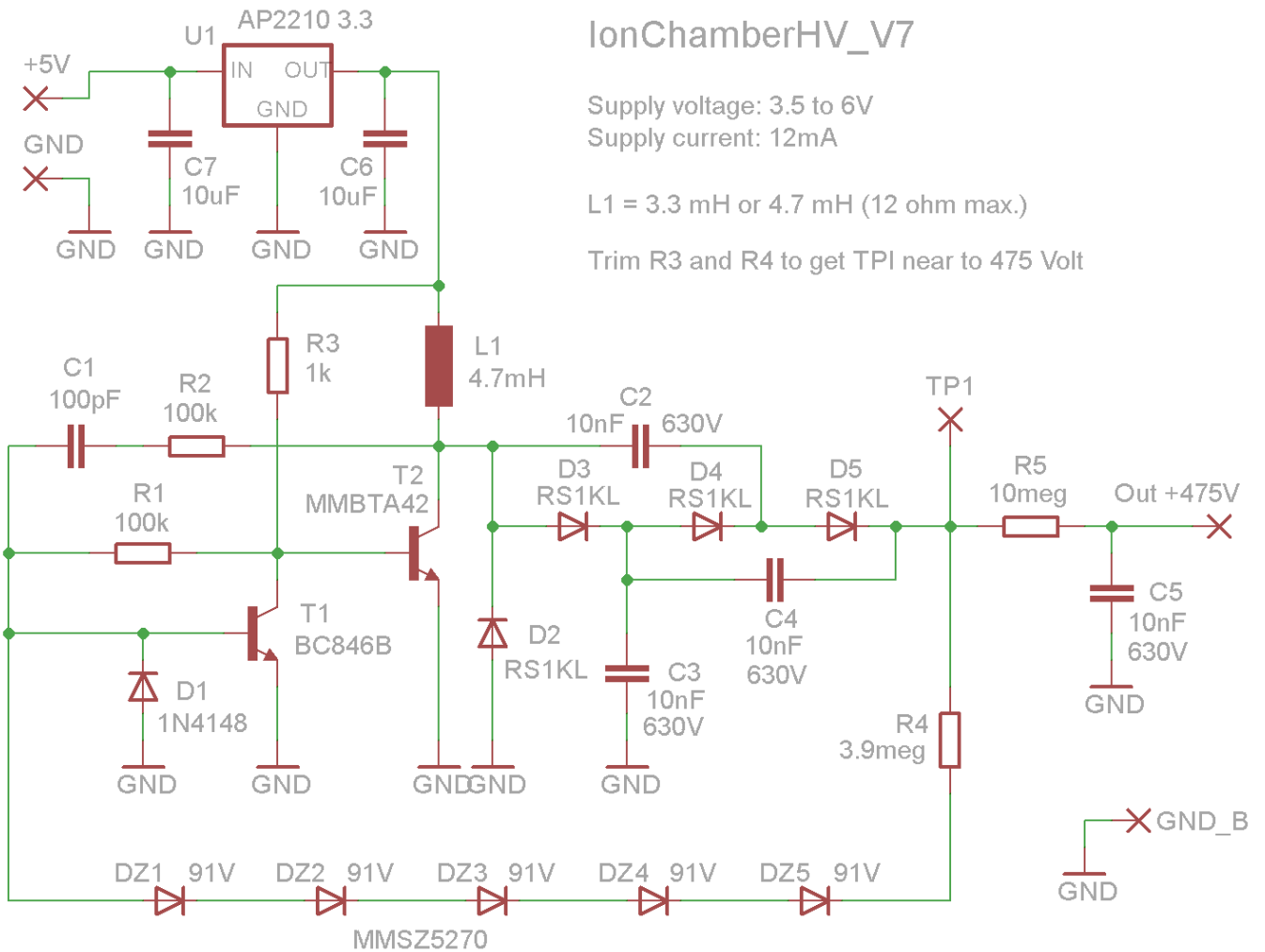
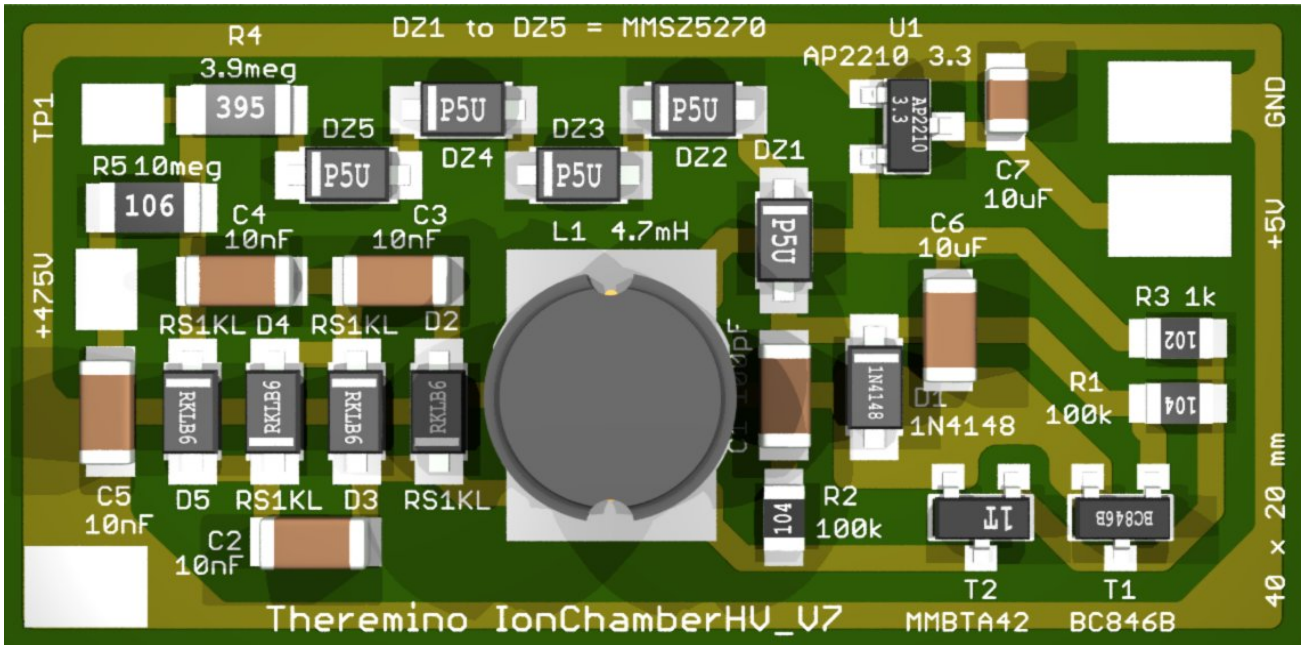
Die PCB-Module sind so klein und leicht geworden, dass man sie mit starren verzinnten Kupferdrähten (in diesem Bild blau) befestigen kann.

Die Ankerdrähte werden an die Oberfläche des Weißblechs gelötet (oder an die mit Kupferband beschichtete Oberfläche in den professionellen Versionen der Kammer).



Außerdem (aber das werden wir später noch besser sehen) kann man, indem man den FET mit einem rechteckigen Schirm und das Loch mit einem feinen Messinggitter abdeckt, die offene Kammer zum Laufen bringen, wobei die Elektronik vollständig zugänglich ist, wie in diesem Bild zu sehen ist. Und das ist ein großer Vorteil beim Messen von Komponenten vor dem Schließen der Kammer.

Hochspannungsgenerator – Version 7



Hochspannungsgenerator - Hinweise

Diese neue Version "IonChamberHV_V7" ist wesentlich stabiler als die bisherigen, die erzeugte Spannung schwankt nur um ein bis zwei Volt, bei Temperaturschwankungen von +/- 30 Grad Celsius. Dagegen schwankten die Vorgängerversionen unter den gleichen Bedingungen bereits um 50 Volt und mehr.

Darüber hinaus hat sich auch die Spannungsgenauigkeit erhöht, und es ist zu erwarten, dass bei Abwesenheit von Defekten oder Fehlern alle Sonden eine Spannung von 475 +/- 2 Volt liefern, ohne dass eine Kalibrierung erforderlich ist.

Es ist wahrscheinlich nicht notwendig, aber weiter unten auf dieser Seite erklären wir, wie man die Spannung überprüft und wie man überprüft, ob der Stabilisator eine gute Spannungsreserve hat.

Spannung überprüfen

Die Ausgangsspannung von ca. 475 Volt ist unkritisch, die Anzahl der Zählungen ändert sich wenig bei Spannungen von 450 bis 500 Volt, aber man kann sie kontrollieren, wenn man will. Um die erzeugte Spannung zu messen, **kann kein normaler Tester verwendet werden**, daher müssen Sie die Sonde dieser Seite verwenden:

<http://www.theremino.com/blog/gamma-spectrometry/hardware-tests#hv>

Ändern der Spannung

Die Nennspannung beträgt 475 Volt. Eine Spannung, die niedriger als 470 oder höher als 480 Volt ist, könnte durch defekte Zener oder andere defekte Komponenten verursacht werden.

Wenn die Spannung nicht stimmt, sollten Sie zunächst nach dem defekten Bauteil suchen, ggf. können Sie die Spannung durch Einwirkung auf R3 und R4 verändern.

- ◆ Durch Erhöhen des Werts von R3 sinkt die Spannung (es ist besser, R3 nicht zu stark zu variieren)
- ◆ Durch Erhöhen des Wertes von R4 erhöht sich die Spannung (es ist besser, auf R4 als auf R3 einzuwirken, aber auch in diesem Fall ist es nicht gut, ihn stark zu variieren)

Prüfen Sie, ob die Spannung auf 600 Volt und mehr ansteigen kann

Diese Regelung stellt sicher, dass die Stabilisierung auch bei niedriger Versorgungsspannung und extremen Umgebungstemperaturen weiter funktioniert (vermeiden Sie jedoch, die Kammer über längere Zeit im Freien arbeiten zu lassen, da sie unter Feuchtigkeit leidet).

Dazu wird das Spannungsmessgerät angeschlossen gehalten und die Diode D1 kurzgeschlossen, dadurch sollte die Spannung stark ansteigen.

Normalerweise steigt die Spannung auf ca. 600 - 700 Volt an. Wenn die Spannung 600 Volt übersteigt, können Sie sicher sein, dass die Stabilisierung mit viel Spielraum arbeitet, wenn sie diese nicht übersteigt, könnte dies an einem zu kleinen L1 (weniger als 3 mH) oder an anderen Bauteilen liegen, die etwas aus der Reihe tanzen.

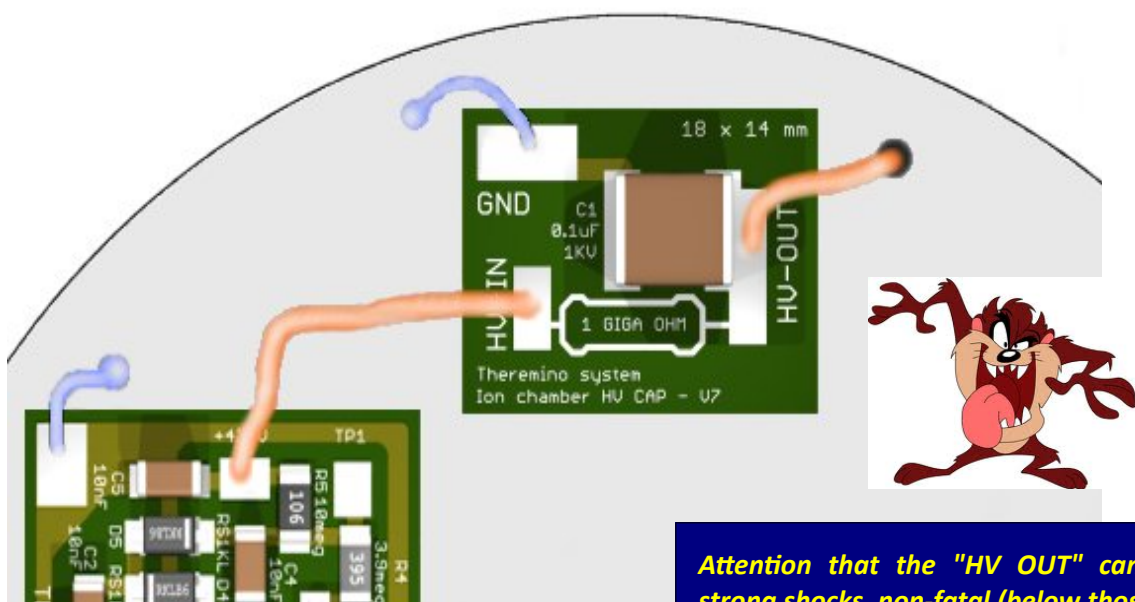
Um diese Spannung zu erhöhen, reduzieren Sie R3 auf 820 Ohm (wenn auch mit 820 Ohm die 600 Volt nicht erreicht werden, muss ein Fehler oder ein defektes Bauteil vorliegen). Wenn Sie R3 ändern, ändert sich auch die Arbeitsspannung, Sie müssen sie erneut überprüfen und wahrscheinlich müssen Sie auch R4 neu einstellen.

Hochspannungsgenerator - Anschlüsse

Der Ausgang des Hochspannungsgeneratormoduls ist mit einem isolierten Draht (in diesem Bild orange) mit dem Modul "HV CAP V7" verbunden.

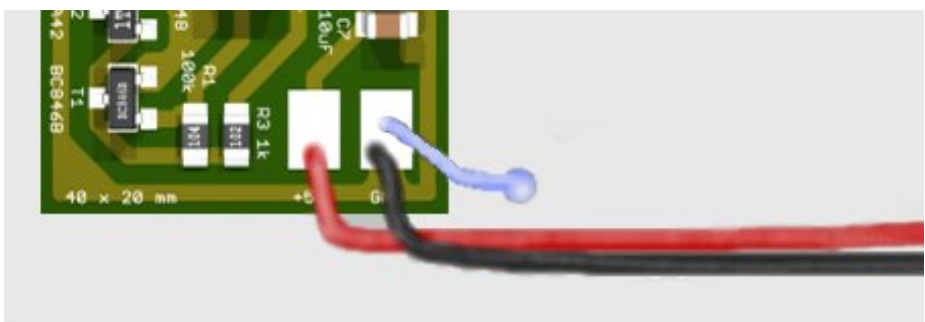
Das HV CAP-Modul eliminiert das Restrauschen des HV-Generators durch einen 1-Giga-Ohm-Widerstand und einen 0,1 uF 1000-V-Kondensator.

Ein zweiter isolierter Draht führt die gefilterte Spannung durch ein Loch zu der äußeren kreisförmigen Elektrode der Kammer. Wer mit maximaler Zuverlässigkeit bauen will, könnten auch ein Rohr mit isolierender Ummantelung an der Durchgangsstelle anbringen, um die Isolierung zu erhöhen und zu verhindern, dass die Kanten des Lochs die isolierende Beschichtung des Drahtes beschädigen.



Attention that the "HV OUT" can give strong shocks, non-fatal (below those of a "Taser"), but very unpleasant.

Das Generatormodul wird (wie alle anderen Module) mit zwei blanken Drähten (hier blau) befestigt, die mit dem Sockel aus Weißblech verlötet oder mit Kupferklebeband befestigt sind.



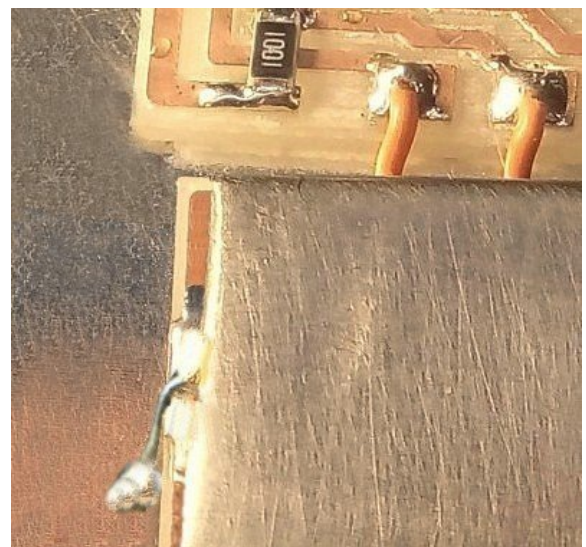
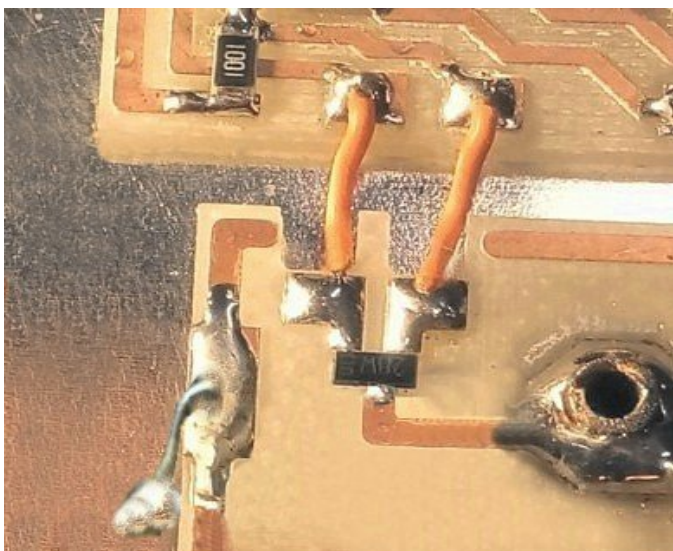
Die Versorgungsspannung für das Generatormodul kommt von den 5 Volt, die USB zur Verfügung stellt, über die beiden rot und schwarz isolierten Adern.

Der FET und die Zentralelektrode

Das GATE des FETs und die Mittelelektrode sind die empfindlichsten Teile der gesamten Kammer. Sie müssen daher sorgfältig vorbereitet, gelötet und geschirmt werden.



Die Befestigung des FET-Moduls erfolgt (wie bei allen anderen Modulen) über zwei blanke Drähte, die auf den Weißblechboden gelötet oder mit Kupferklebeband abgedeckt werden. Dieses Modul wird dann mit einem Zinnschild (verzinnertes Eisenblech) abgedeckt und der Deckel beidseitig verlötet.



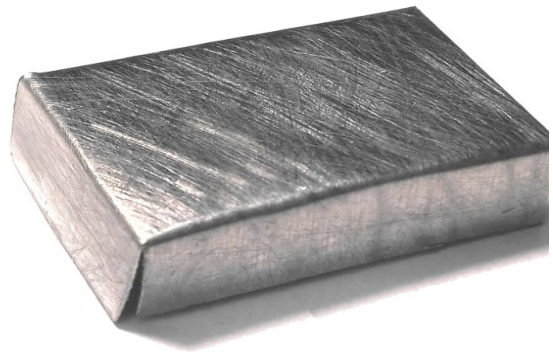
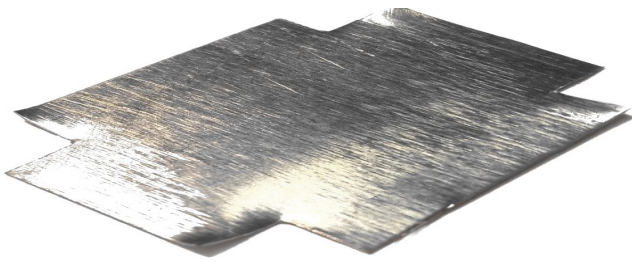
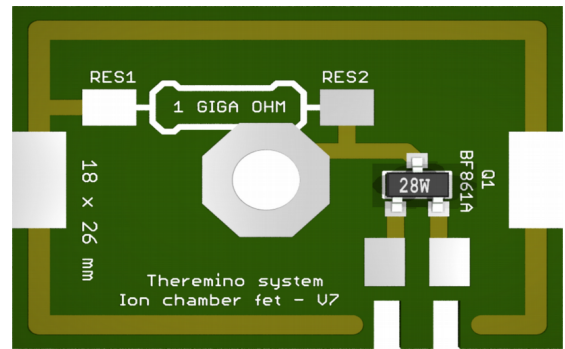
Das Bild auf der linken Seite zeigt den FET ohne Abschirmung, mit den beiden Drähten, die das Signal zum Verstärker führen.

Im rechten Bild sehen Sie, dass der Schirm aufgebracht wurde. Hier sehen Sie nur die linke Lötstelle, aber für die Festigkeit muss der Schirm an beide Pads gelötet werden.

Abschirmungen

Die auf den FET aufzubringende Abschirmung muss 17 x 22 mm groß sein.

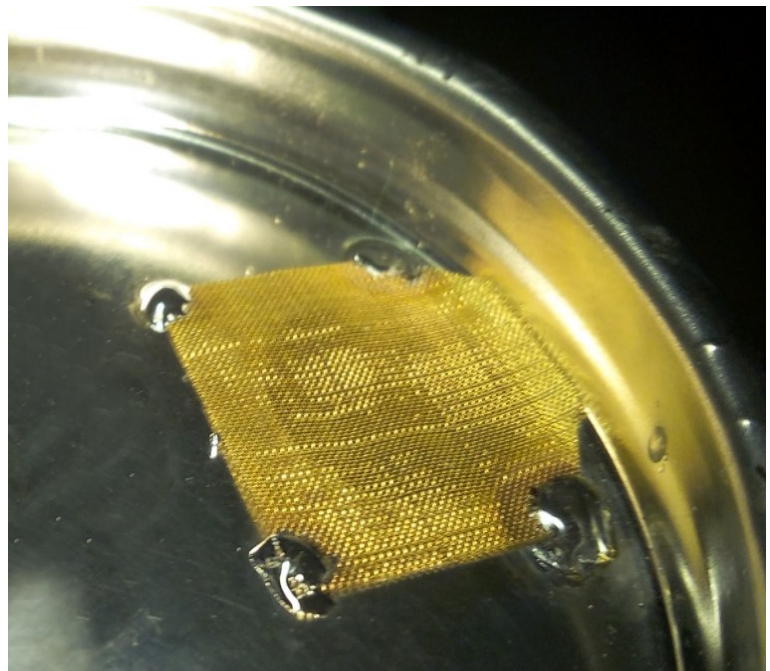
Es wird vorbereitet, indem das Weißblech mit einer Schere geschnitten und dann mit einer Zange gefaltet wird.



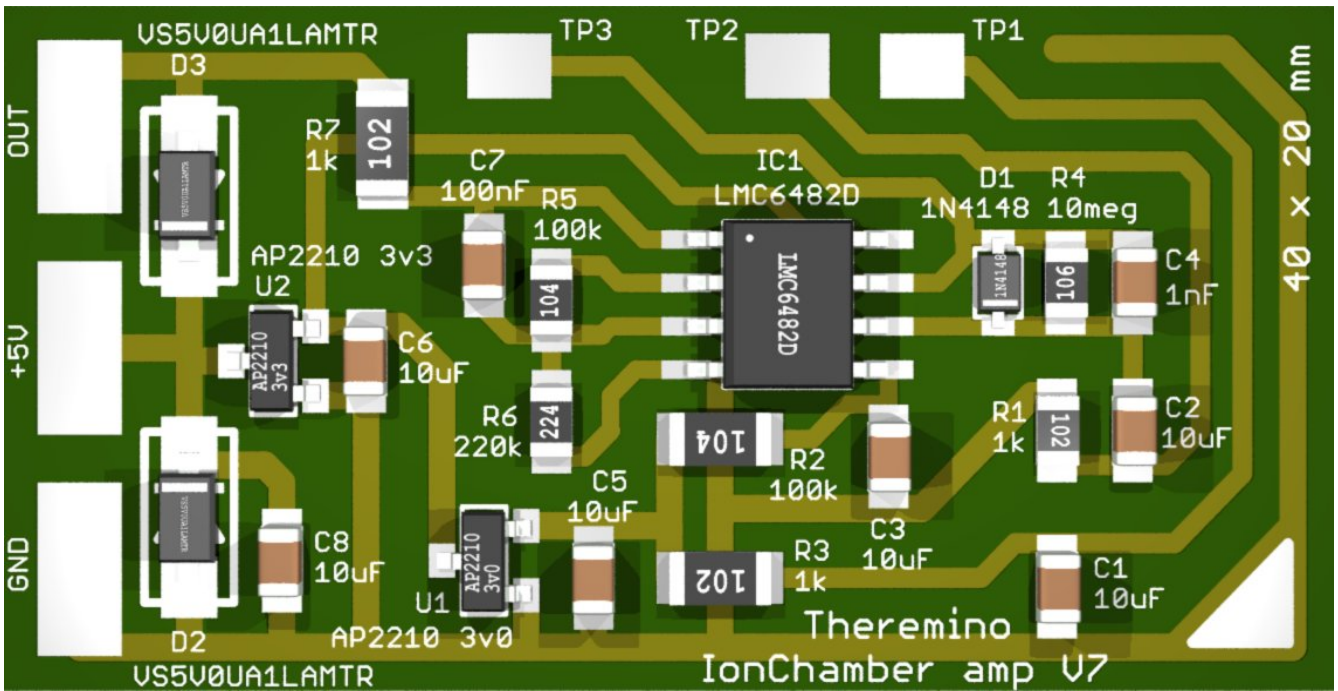
Neben der FET-Schaltung ist auch die Innenelektrode sehr empfindlich gegenüber eintreffenden Störungen aus dem elektrischen System.

Wenn Sie also die Löcher nicht abschirmen, führt schon das Zusammenführen der Hände zu starken Störungen. Es wäre dann nicht mehr möglich, Tests und Messungen bei geöffneter Kammer durchzuführen.

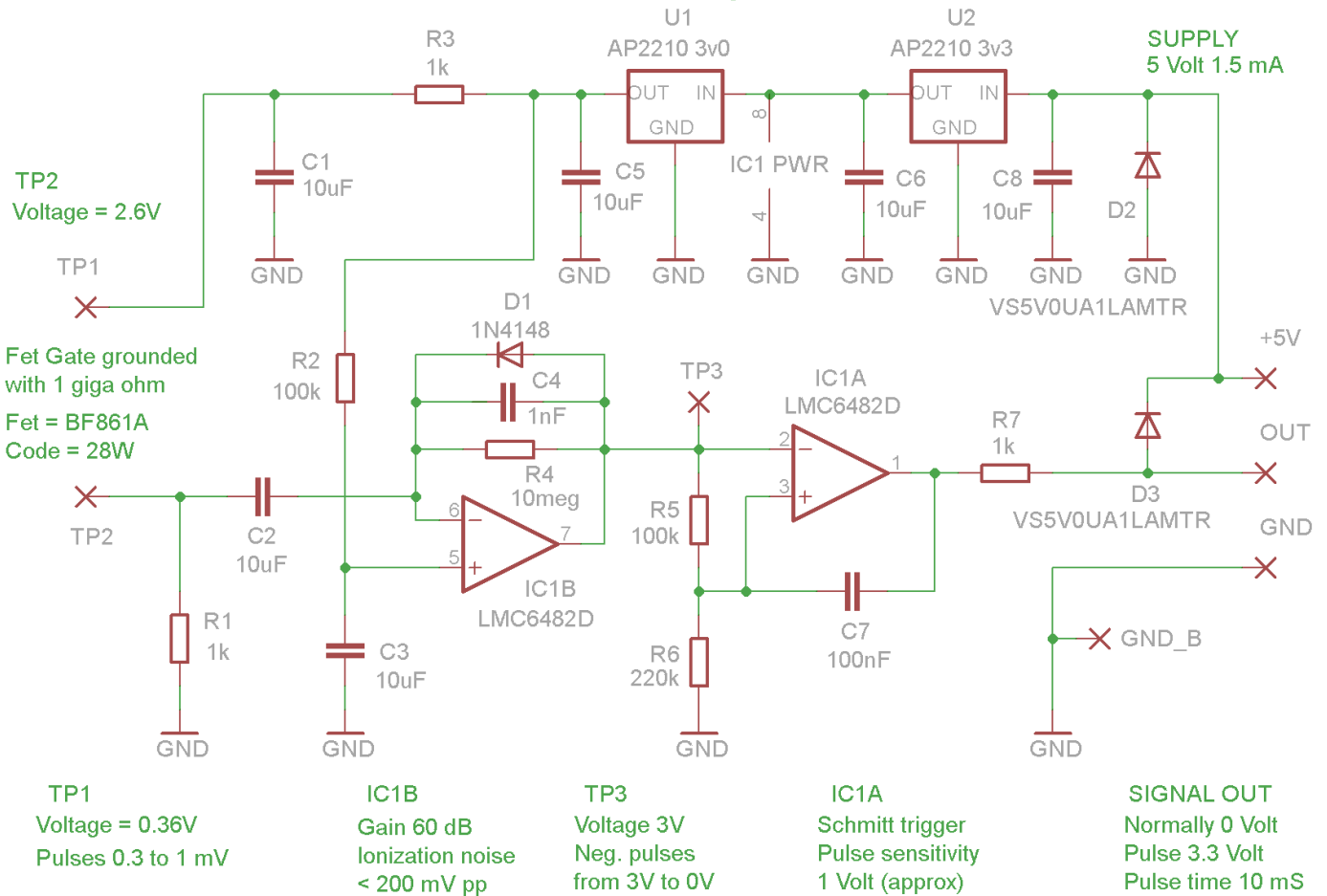
Zur Abschirmung der Innenelektrode wird ein Quadrat aus feinem Messinggewebe auf die Löcher gelötet, wie im Bild rechts zu sehen.



Signalverstärker - Version 7



Theremino - Ion chamber amp - V7



Signalverstärker - Betrieb

Der Regler **U2** wandelt die 5 Volt des USB, die sehr verrauscht sind (sogar 100 mV Rauschen), in sehr stabile 3,3 Volt mit Rauschen um 500 μ V um. Der Regler **U1** erzeugt eine weitere stabilisierte 3-Volt-Spannung. **R3** und **C1** filtern das Rauschen heraus und versorgen den FET mit einer nahezu rauschfreien 2,6-Volt-Spannung (nur wenige Mikrovolt).

Der **FET** verstärkt die sehr schwachen Stromimpulse (ca. 1 pA), die durch Ionisationen entstehen, um das 5000-fache und erzeugt Impulse von ca. 5 μ A. Diese Impulse durchlaufen **C2**, das die Gleichstromkomponente eliminiert und nur die Schwankungen durchlässt. Die Stromimpulse werden dann durch **IC1B** verstärkt und in negative Spannungsimpulse von einigen Volt Amplitude umgewandelt.

R2 und **C3** filtern die 3-Volt-Spannung von Restrauschen. Die 3-Volt-Spannung an Pin 5 stellt eine präzise Referenz für **IC1A** her, die sich dann mit einer 3-Volt-Ausgangsspannung stabilisiert.

C4 begrenzt die Bandbreite und erhöht das Signal-Rausch-Verhältnis. **R4** begrenzt die Verstärkung und **D1** begrenzt das Überspringen der Pulse bei der Rückkehr zur Grundlinie.

Am Ausgang von IC1B am Punkt TP3 liegen die von den Zerfällen erzeugten Impulse an, die aber nicht alle die gleiche Amplitude haben. Die schwächeren fallen von den grundlegenden 3 Volt auf 2,5 Volt ab, die stärkeren fallen auf Null. Dies geschieht, weil einige Zerfälle in der Nähe der Außenwand oder in den Endbereichen des Zylinders stattfinden, wo das elektrische Feld am schwächsten ist.

R5, **R6**, **C7** und **IC1A** wirken als "Schmitt-Trigger", der nur Impulse durchlässt, die eine bestimmte Spannung überschreiten. Die Grenzspannung ist durch den Wert von **R6** gegeben.

Bei **R6** = 100k werden nur die Impulse gezählt, die um mindestens eineinhalb Volt abfallen.

Bei **R6** = 220k werden nur die Impulse gezählt, die um mindestens 1 Volt abfallen.

Bei **R6** = 330k werden nur die Impulse gezählt, die um mindestens 0,7 Volt abfallen.

Bei **R6** = 470k werden nur die Impulse gezählt, die um mindestens ein halbes Volt abfallen.

Die Erhöhung des Wertes von **R6** erhöht auch die Empfindlichkeit der Kammer, da sie auch Ereignisse erfasst, die in den Endbereichen des Zylinders auftreten, wo das elektrische Feld schwächer ist. Durch die Erhöhung der Empfindlichkeit wird die Kammer aber auch empfindlicher gegenüber mechanischen Störungen. Es ist besser, 220k nicht zu überschreiten, da die Kammer sonst zu empfindlich auf äußere Geräusche und Vibrationen reagieren würde.

In den neuesten Ionenkammern haben wir einen Standardwert von **220k** für **R6** übernommen.

Am Ausgang von **IC1A** sind die Impulse positiv und alle gleich in Höhe und Breite (3,3 Volt und ca. 5 mS).

Der Widerstand **R7** führt das Signal zum Ausgangskabel und isoliert **IC1B** von der Kabelkapazität. Auf diese Weise gibt es auch bei sehr langen Kabeln keine Eigenschwingungen und Überschwinger. Es können daher Kabel bis zu Längen von mehreren hundert Metern verwendet werden.

Die Dioden **D2** und **D3** sind spezielle Bauteile, die die Elektronik während eines Gewitters schützen, indem sie die über das Anschlusskabel ankommende Zusatzspannung sperren. In der Vergangenheit haben einige Kammern, die sehr lange Kabel hatten, genug magnetische Energie von Blitzen aufgenommen, um durchzubrennen. Mit diesen Dioden wird das nicht mehr passieren.

Signalverstärker - Verbindungskabel

Wenn das Kabel, das zum PIN des Theremino Master führt, kurz ist, können Sie normale ungeschirmte Stecker-Buchsen-Verlängerungskabel verwenden. Sie können auch mehrere Verlängerungskabel in Reihe schalten, um die Länge zu erhöhen.

Wenn das Kabel länger als ein paar Meter ist, ist es gut, wenn es abgeschirmt ist (ein Standard-Mikrofonkabel mit der Kabelzugentlastung und den beiden Adern rot und schwarz ist in Ordnung).

Aus Sicherheitsgründen und laut Gesetz darf das Kabel, auch wenn es geschirmt ist, nicht in den Kanälen oder Rohren der elektrischen Anlage verlegt werden.

Wichtig: Wenn das Kabel länger als ein paar Meter ist, müssen Sie die Signalleitung unterbrechen und über einen 100k-Widerstand anschließen, der in einem Abstand von wenigen Zentimetern zum Master-PIN platziert wird. Dadurch wird vermieden, dass Störungen aus dem Kabel die tolerierbare Spannung der Eingangspins (maximal 3,3 Volt) überschreiten können. Wenn die 3,6 Volt überschritten werden, mit einem Strom höher als 100 μ A, unterbricht der Mikrocontroller die Kommunikation mit dem USB. Wenn die Kommunikation unterbrochen wird, muss sie an der HAL-Applikation manuell wiederhergestellt werden, indem Sie die Schaltfläche "Acknowledge" drücken.

Signalverstärker - Prüfen der Spannungen

Um sicher zu gehen, dass die Kammer gut funktioniert, montieren Sie sie einfach vorsichtig und testen Sie sie mit dem ThereminoGeiger. Aber wenn Sie ein Messgerät haben, kann es nicht schaden, auch die Spannungen zu überprüfen.

Schalten Sie ein, warten Sie dreißig Sekunden und prüfen Sie dann mit einem Multimeter die Spannung zwischen GND und den Punkten TP1, TP2 und TP3.

Da Sie während dieser Prüfung die obere Abdeckung offen halten, sollten Sie versuchen, den FET nicht zu stören. Halten Sie Ihre Hand nicht in die Nähe der Bohrung und entfernen Sie sich von Energiesparlampen. Vermeiden Sie es, die Kammer zu schütteln, und schließen Sie das Prüfgerät eventuell mit Drähten an und warten Sie 30 Sekunden, ohne etwas zu bewegen, bis sich die Spannungen stabilisiert haben.

Versuchen Sie auch, die Oberseite durch teilweises Schließen des Deckels abzuschirmen. Alle Deckel und die Dose müssen geerdet sein. Die unteren mit ihren angelöteten Ankern und die obere mit einem temporären Draht, damit sie während des Tests geöffnet und geschlossen werden kann.

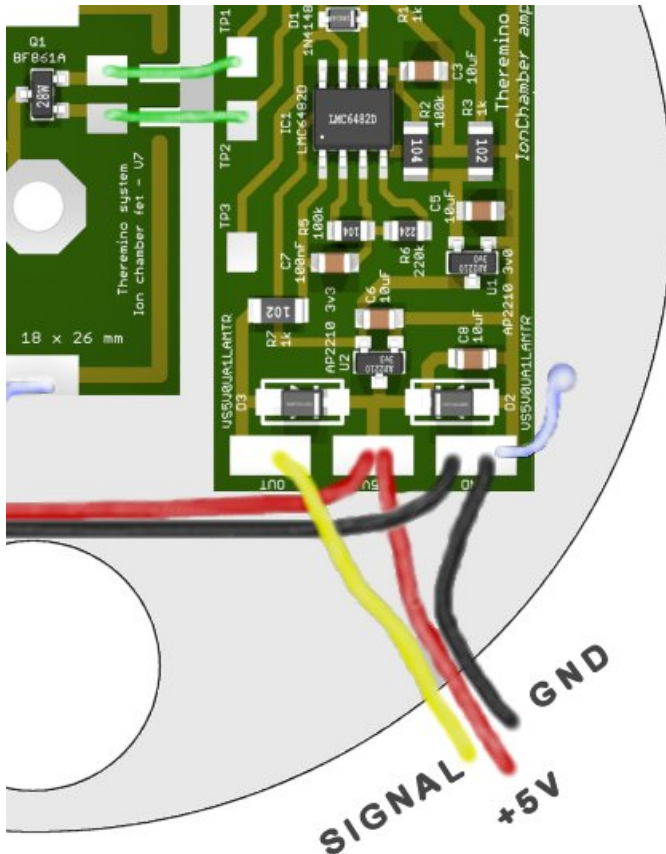
- Am TP1 müssen etwa 2,6 Volt anliegen
- An TP2 sollten etwa 0,36 Volt anliegen
- An TP3 sollten etwa 3 Volt anliegen

Wenn Sie über ein Oszilloskop verfügen, können Sie sowohl das Rauschen am TP3 messen als auch die Impulse anzeigen, wie auf den letzten Seiten dieses Dokuments erläutert.

Signalverstärker - Anschlüsse

Das Verstärkermodul erhält das Signal vom FET über zwei kleine isolierte Drähte (in diesem Bild grün).

Beachten Sie, dass diese Drähte durch zwei in die FET-Platine geschnittene Schlitze geführt werden. Die beiden Schlitze werden dann durch das Abschirmblech abgedeckt.



Das Verstärkermodul wird (wie alle anderen Module auch) mit zwei blanken Drähten, hier hellblau, befestigt, die an den Weißblechboden gelötet oder mit Kupferklebeband abgedeckt sind.

Die drei Drähte unten (gelb, rot und schwarz) gehen zum Ausgangsanschluss und werden von dort mit einem abgeschirmten Kabel zu den Pins eines Theremino Master-Moduls weitergeführt.

To make the wiring, small insulated wires with an external diameter of about 1.2 - 1.5 mm are used.

Sie können gute farbige, mit Silikon ummantelte Drähte bei eBay finden.

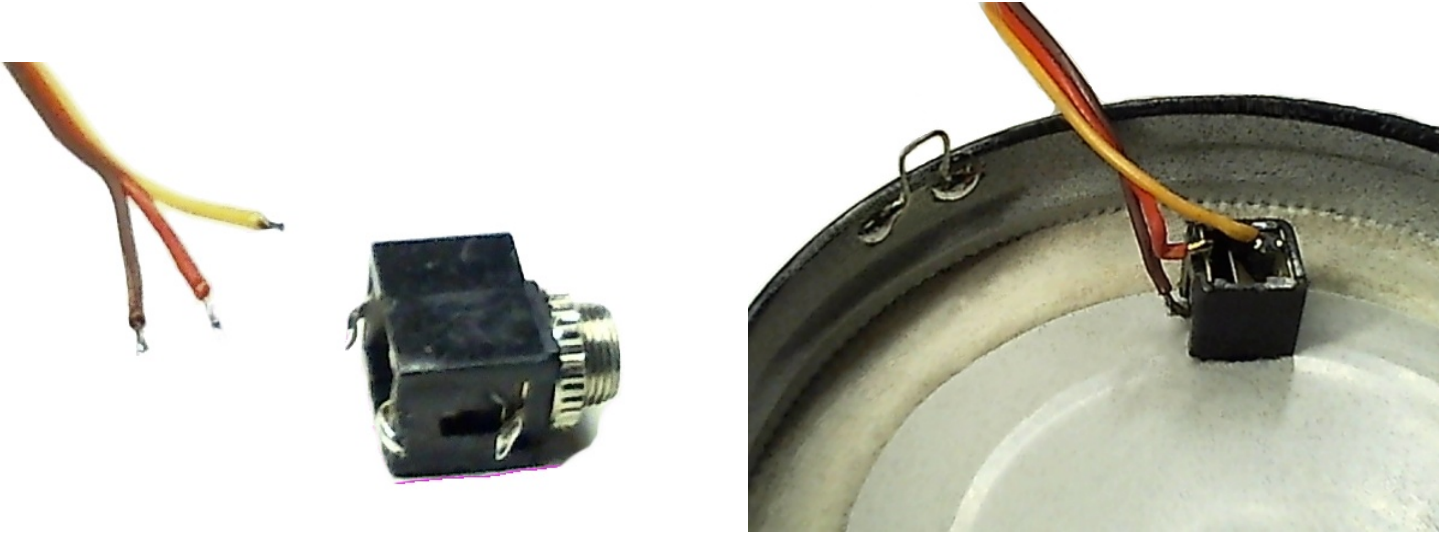
Der Vorteil dieser Drähte ist, dass sie weich sind und im Inneren eine große Anzahl von Kupferdrähten aufweisen.

Außerdem lässt sich die Isolierschicht leicht abisolieren und schmilzt beim Löten nicht. Wenn Sie sich daran gewöhnt haben, werden Sie nicht mehr ohne sie auskommen können.

Vorbereiten der Buchse

Gute Qualitätsdrähte werden aus Verlängerungskabeln mit Stecker und Buchse hergestellt, **man muss sich daran gewöhnen, sie zu opfern**. Aus einem einzigen Verlängerungskabel können Sie eine Buchse mit 15 cm Kabel und ein 15 cm langes Stück Kabel erhalten (der Stecker wird normalerweise nicht benötigt und wird weggeworfen). Der Verzicht auf Verlängerungskabel ist günstiger als der Kauf von separaten Kabeln und Steckern.

Zunächst werden die drei Drähte abisoliert und gut verzinkt.



Kürzen Sie die Klemmen der Klinkenbuchse mit einem Seitenschneider, verzinnen Sie sie gut und löten Sie schließlich die drei Drähte an die Buchse. Prüfen Sie, ob das braune Kabel mit dem Sockel, das rote Kabel mit dem mittleren Pol und das gelbe Kabel mit der Spitze der Buchse verbunden ist. Stecken Sie ggf. einen Stecker ein und prüfen Sie mit dem Prüfgerät.



Legen Sie ein Stück Schrumpfschlauch ein, erwärmen Sie ihn mit einem Feuerzeug oder noch besser mit einer Heißluftpistole oder einem modifizierten Haartrockner (mit einem Metallauslassrohr, um die Größe des austretenden Luftstroms zu reduzieren).

Die Buchse sollte gut isoliert sein und das Kabel sollte aus dem Sockel herauskommen. Den oberen Teil der Hülle abschneiden, erneut erhitzen und zerdrücken. Minimieren Sie die Größe des Steckers. Wenn sie zu groß ist, wird es schwierig, die Abdeckung zu schließen.

Erdung der Abdeckungen

Die Anker, die die Deckel mit der Dose verbinden, haben nicht nur eine mechanische Funktion, sondern dienen auch der elektrischen Erdung.



Bevor Sie die elektrischen Tests durchführen, muss die untere Abdeckung angeschlossen sein. Es wird empfohlen, alle Dübel des ersten oberen Deckels und mindestens je einen für die beiden anderen zu verlöten.

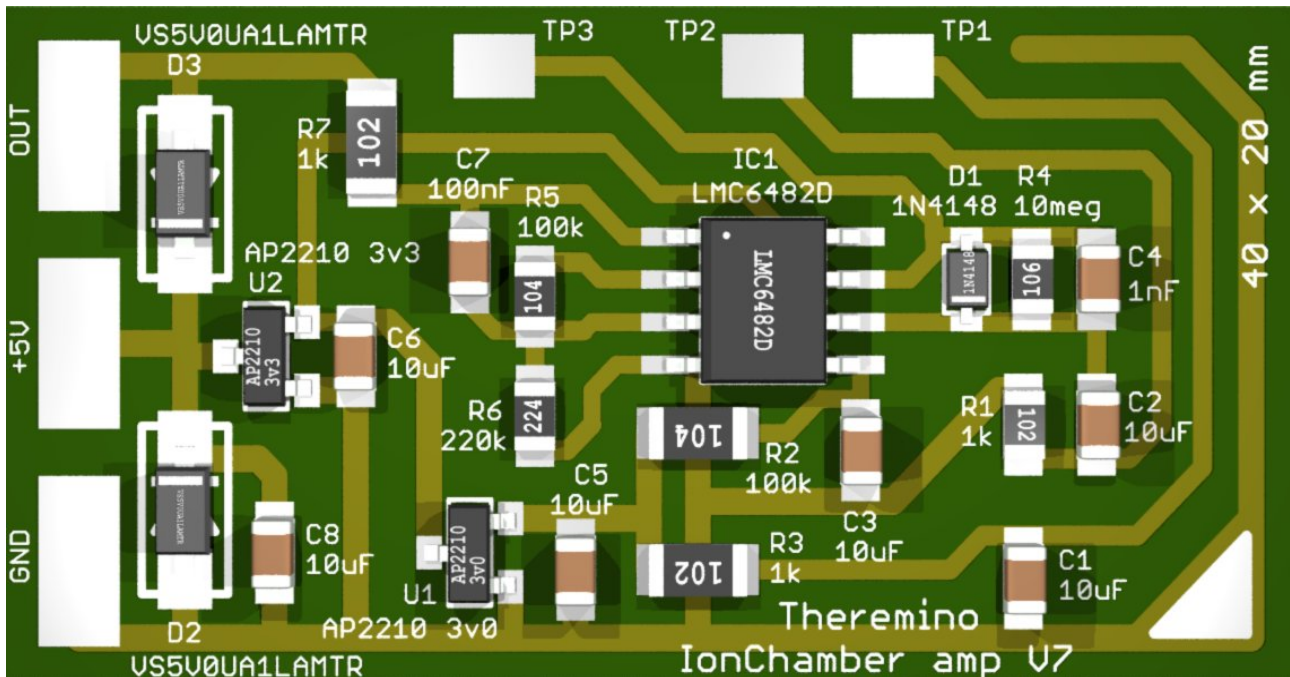
Die Ionenkammer ist sehr empfindlich gegenüber elektrischen Feldern. Wenn ein Teil der Abschirmung fehlt, funktioniert sie nicht, oder es entstehen zusätzliche Impulse, die nicht vom Radon, sondern von der Umgebung stammen.



Wenn ein Teil der Abschirmung fehlt, sind auch Rauschprüfungen am TP3 mit dem Oszilloskop nicht aussagekräftig und es zeigt sich eine starke Restwelligkeit bei der Netzfrequenz (20 mS-Zyklus gleich 50Hz).

Prüfen der Kammer mit dem Oszilloskop

Um sicher zu gehen, dass die Kammer gut funktioniert, reicht es, sie sorgfältig zu montieren und mit dem ThereminoGeiger zu testen, aber wenn Sie ein Oszilloskop haben, können Sie auch einige zusätzliche Tests durchführen.



Bei der Version 7 ist es möglich, Messungen auch bei geöffneter Kammer durchzuführen, vorausgesetzt, dass die Öffnungen zur inneren Kammer gut mit feinem Messinggewebe abgedeckt sind und der zentrale Kreislauf des FET mit dem geerdeten Metallabschirmung abgedeckt ist.

Um Störungen aus dem elektrischen System zu minimieren, wäre es außerdem gut, auf einer großen Metallfläche zu arbeiten, die mit einem Draht mit der Erde verbunden ist. Sie können ein Aluminium- oder Eisenblech oder eine große Platte aus kupferbeschichtetem Vetronit verwenden.

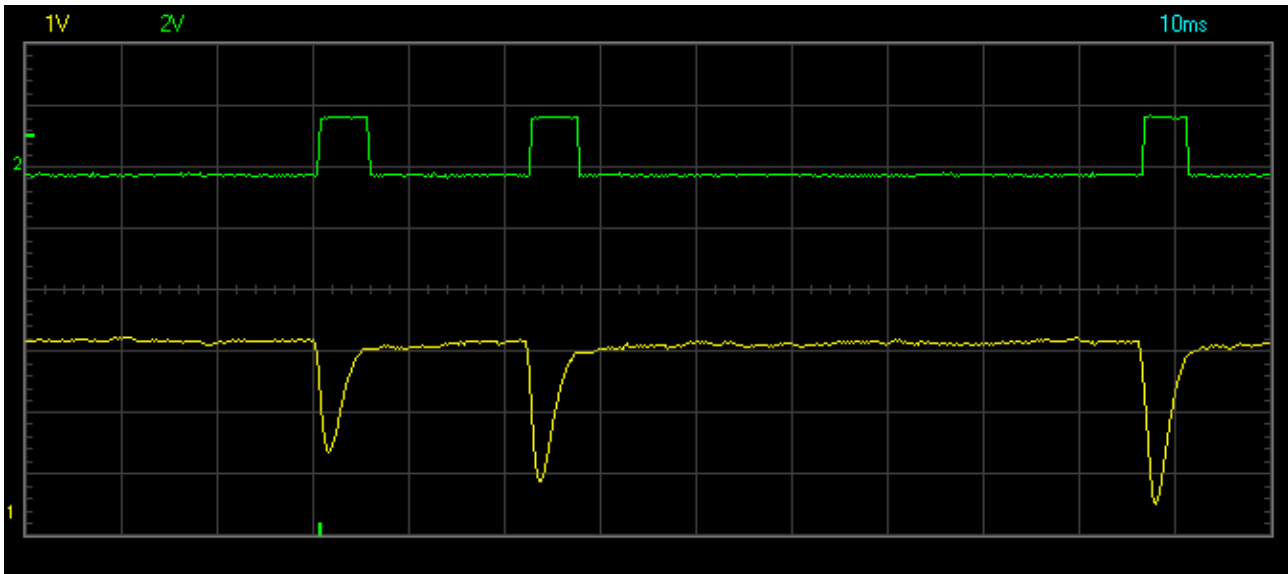
Normalerweise verwenden Sie ein Oszilloskop oder manchmal eine Multimeter, um Spannungen zu messen.

Die wichtigsten Stellen, an denen Messungen vorgenommen werden, sind:

- ◆ **GND**, der als Nullspannungsreferenz verwendet wird.
- ◆ **TP3**, wo sich das von Radon erzeugte Signal befindet, bevor es quadriert wird.
- ◆ **OUTPUT**, das ist das quadrierte Ausgangssignal.
- ◆ **TP1 and TP2** zur Messung der Spannungen am FET (ca. 2,6V und ca. 0,36V)
- ◆ Oberseite von **C6** zur Kontrolle der vom Regler U2 erzeugten 3,3 Volt.
- ◆ Oberseite von **C5** zur Kontrolle der vom Regler U1 erzeugten 3 Volt.

Prüfen der Kammer mit dem Oszilloskop - 2

Bei der Oszilloskop-Prüfung muss man vor allem prüfen, ob das Signal rauschfrei ist, d.h. ob die Signalanteile ohne Impulse flach sind. Wenn die Kammer gut gebaut ist, sollte das Rauschen weniger als 100mV betragen (weniger als ein Zehntel eines Quadrats in der gelben Grafik, die auf 1 Volt pro Quadrat eingestellt ist).



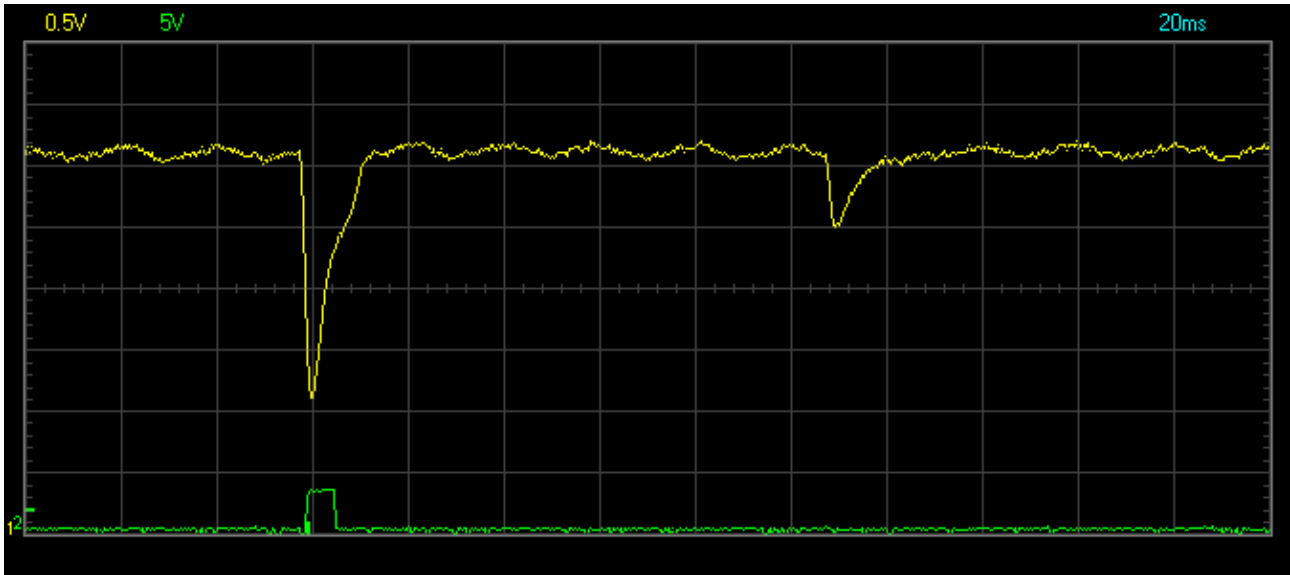
Die gelbe Kurve ist das Signal an TP3. An diesem Punkt sind die von Radon erzeugten Impulse einige Millisekunden breit und fallen um einige Volt ab, verglichen mit der normalen Spannung, die etwa 3 Volt beträgt.

Einige Impulse gehen nur ein halbes Volt hinunter, andere können viel stärker sein und bis auf null Volt hinuntergehen, aber die meisten Impulse sollten ein oder zwei Volt hinuntergehen.

Impulse mit einer Amplitude von mehr als ca. 1 Volt erzeugen einen positiven Ausgangsimpuls, der etwa 5 oder 10 mS breit ist (grüne Kurve). Um auch den Ausgangsimpuls zu sehen, müssen Sie eine der Oszilloskopspitzen mit dem Ausgangssignal, im Schaltplan "OUT" genannt, verbinden.

Prüfen der Kammer mit dem Oszilloskop - 3

Die folgende Darstellung zeigt eine Ionenkammer mit leicht angehobener oberer Abdeckung, um das Rauschen absichtlich zu erhöhen. Die gelbe Kurve (die TP3 entspricht) wurde auf ein halbes Volt pro Quadrat eingestellt, um die Welligkeit hervorzuheben.



In diesem Bild verursachen die vom elektrischen Netz kommenden Störungen deutliche Welligkeiten von etwa 150 mV Höhe und mit einer Periode von 20 mS (50 Hz des Netzes). In der Messkurve sind auch kleine, sehr dichte Stufen zu sehen, die durch das Schaltenetzteil erzeugt werden.

Das maximal tolerierbare Rauschen liegen bei ca. 500 mV Spitze-Spitze, darüber hinaus kann es zu Fehlzählungen durch Rauschen und auch zum Verlust einiger Radonimpulse kommen.

Wenn das Rauschen 200 mV überschreitet (in der Praxis, wenn es beginnt, für das Oszilloskop sichtbar zu werden), sollten Sie versuchen herauszufinden, woher es kommt, und einen Weg finden, es zu beseitigen.

Sehr verrauschte Spur

Es kann vorkommen, dass die Spur verrauscht ist, mit sogar sehr großen zufälligen Störungen. Die Spur schwankt unkontrolliert und verursacht zeitweise Zählimpulse. Die Impulssalven sind mit dem Ohr gut erkennbar. Ihr Aussehen im Thermano-Geiger-Diagramm ist auf den nächsten Seiten dargestellt (Anhang 3).

Die Gründe, die diese Geräusche verursachen, können vielfältig sein:

- ◆ Mittelelektrode ist nicht sicher befestigt und tanzt in der Anschlussbohrung.
- ◆ Funkenbildung durch Feuchtigkeit oder nicht elektrisch verbundene Abschnitte des Gehäuses.
- ◆ Mechanische Anpassungen.
- ◆ Staub oder andere kleine Partikel (Mücken) werden von der Hochspannung angezogen und dann abgestoßen.
(Die Partikel werden wiederholt wie folgt aufgeladen und entladen: [Video1](#) – [Video2](#) - [Video3](#))

Eine neu gebaute oder falsch behandelte Kammer ist geräuschvoller. Nach einiger Zeit klebt die Hochspannung alle Partikel an den Wänden fest und die Mechanik stabilisiert sich. Sollte dies nicht der Fall sein, reinigen Sie das Innere gut mit Druckluft und überprüfen Sie die Mechanik, Schweißnähte und die innere leitfähige Beschichtung.

Prüfen der Kammer mit Thorium - 1

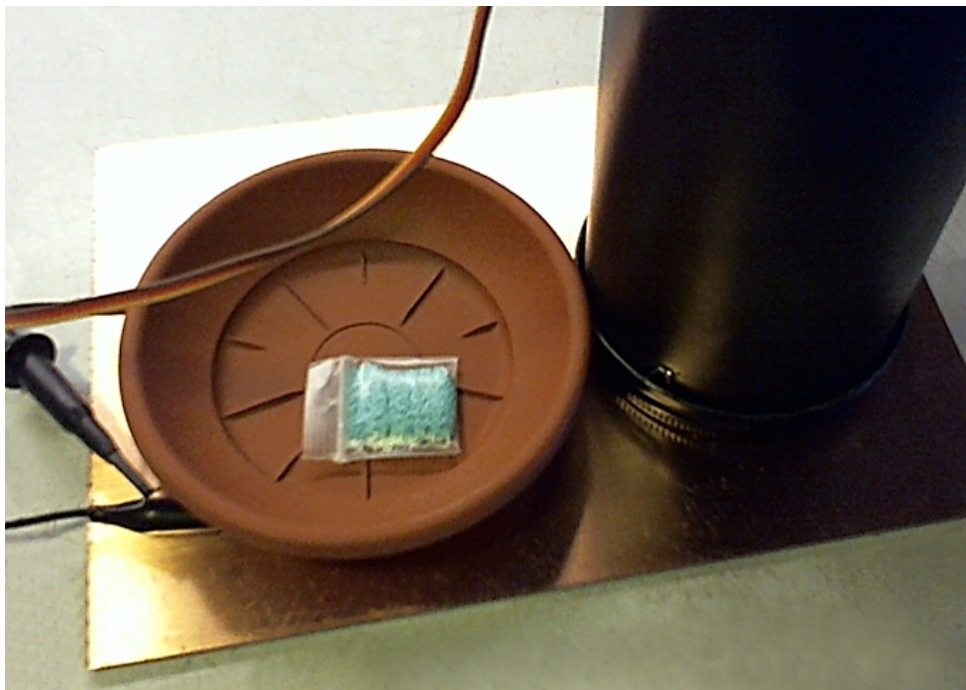
Normalerweise erzeugt die Kammer etwa alle zwei Minuten einen Impuls, so dass das Testen und Sehen von Signalen mit dem Oszilloskop eher mühsam ist. Glücklicherweise gibt es neben Radon ($Rn222$) auch sein Isotop Thoron ($Rn220$), das speziell für die Prüfung von Ionenkammern gemacht zu sein scheint. Thoron verhält sich wie Radon, kann aber schnell erzeugt und entfernt werden. Thoron zerfällt auch viel schneller als Radon (etwa 1 Minute statt 4 Tage).

Radon stammt von Radium und Uran ab (die in der Natur relativ häufig vorkommen) und Thoron stammt von Thorium ab, das ebenfalls in der Natur vorkommt und in guten Konzentrationen in Glühstrümpfen vorhanden ist.

Glühstrümpfe können bei eBay für ein paar Euro gekauft werden, suchen Sie nach Wörtern wie: "Thorium", "Mantle", "Geigerzähler-Testquelle", "Thorium", "Campinggitter". Es gibt auch Netze, die kein Thorium enthalten, stellen Sie also sicher, dass Sie die richtigen kaufen. Schreiben Sie im Zweifelsfall an den Verkäufer, der ausdrücklich bestätigen muss, dass das Netz leicht radioaktiv ist.



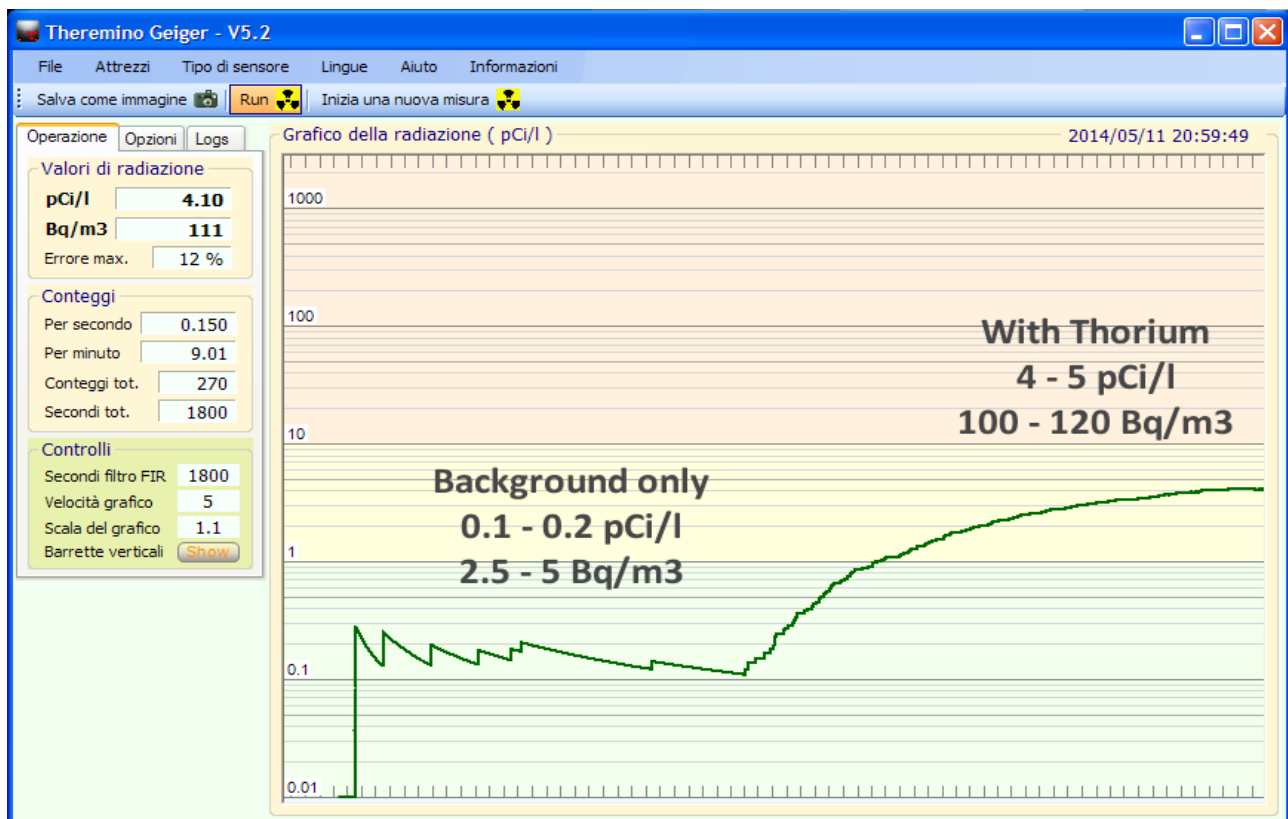
Die Netze sind nicht gefährlich, wenn Sie vermeiden, ihre Bruchstücke zu verteilen, einzuatmen oder zu essen. Aus den Netzen können Splitter und Thoriumstaub austreten. Versiegeln Sie sie daher sofort in dicken Plastiktüten und öffnen Sie sie niemals. Wenn sie nicht in einer Plastiktüte sind, sollten Sie sie mit Vorsicht behandeln. Wenn Sie sie in mehrere Proben aufteilen wollen, sollten Sie gut ausgerüstet sein. Verwenden Sie eine Maske, um das Einatmen der Fragmente zu vermeiden, decken Sie den Tisch mit einem Blatt Papier ab. Pusten oder atmen Sie während der Arbeit nicht stark. Am Ende wird das sorgfältig gefaltete Blatt Papier Staub und mikroskopische Fragmente enthalten, die harmlos sind, wenn sie in Wasser oder im Untergrund verdünnt werden (daher kommen sie).



Um die Ionenkammer des Thoron zu füllen, müssen Sie sich etwas seltsam verhalten. Thoron (und auch Radon) sind sehr flüchtige Gase, und es ist sehr wenig nötig, um sie in der Luft zu verteilen. Deshalb müssen Sie das Gitter in einem zugluftfreien Raum geschlossen halten. Ideal ist eine Untertasse, die gut auf das Gefäß der Kammer passt, man legt das Netz in die Untertasse und setzt dann die Kammer darauf. Auf diese Weise befindet sich das Thorium in einer nahezu geschlossenen Kammer und füllt diese langsam mit Thoron.

Prüfen der Kammer mit Thorium - 2

Da das Thoron schwerer als Luft ist, füllt es zuerst die Untertasse und beginnt dann, das Gefäß von unten zu füllen. Innerhalb weniger Minuten nehmen die von der Kammer erzeugten Impulse in ihrer Frequenz erheblich zu und nach einigen zehn Minuten ist die Kammer vollständig mit Thoron gefüllt.



In diesem Diagramm können Sie sehen, dass im linken Bereich, ohne den Glühstrumpf, die Impulse von einem pro Minute bis zu einem alle paar Minuten reichen. Nach dem Auflegen des Gitters verdicken sich die Pulse fast sofort. Der Anstieg ist jedoch sehr langsam, da die eingestellte Integrationszeit 1800 Sekunden beträgt, was 30 Minuten entspricht. Wenn Sie eine schnellere Reaktion wünschen, sollten Sie sofort nach dem Platzieren des Rasters auf "Neue Messung" drücken.

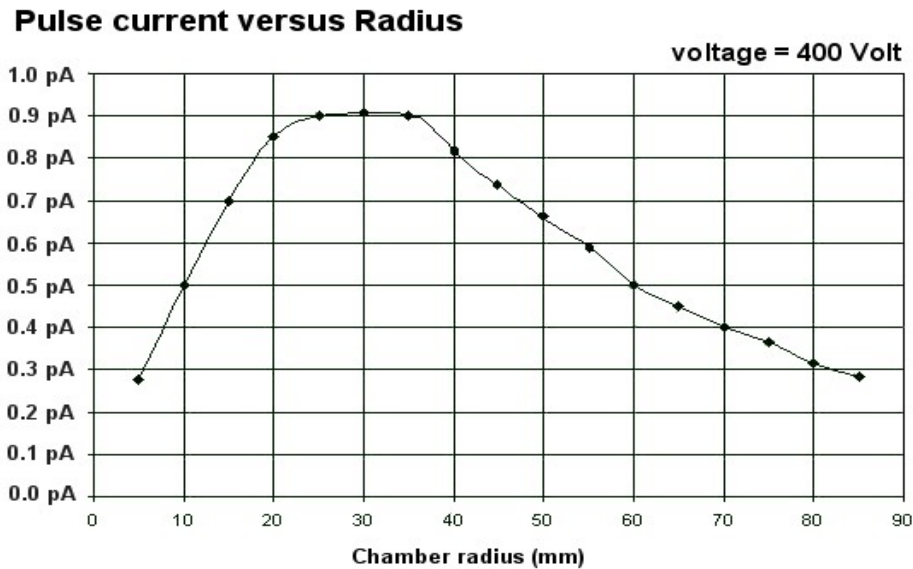
Wenn die Untertasse gut schließt und keine starken Luftströmungen vorhanden sind, kann die Anzahl der Zählungen sogar über 300 Bq/m³ (über 10 pCi/l) steigen. Zu bestimmten Zeiten sollten Sie bis zu zwei oder drei Ticks in einer einzigen Sekunde hören.

Um den Gegenteil durchzuführen, entfernen Sie die Untertasse und lassen Sie saubere Luft in die Kammer einströmen, indem Sie sie hochhalten und mit einem Karton wedeln. Es ist besser, nicht in die Kammer zu blasen, denn Feuchtigkeit ist nicht gut für sie.

Bei diesen Tests stellt sich heraus, dass es einige Zeit braucht, um die Kammer gut zu reinigen. Wahrscheinlich haftet das Thoron durch elektrostatische Wirkung an den Wänden und die Kammer bleibt lange Zeit "schmutzig". Derselbe Effekt tritt auf, wenn Sie nach der Messung in einem stark radioaktiven Raum eine Messung in einem schwach radioaktiven Raum durchführen. Das Radon hat einen viel langsameren Zerfall als das Thoron, so dass die Kammer über Wochen kontaminiert bleiben kann. Es wird daher empfohlen, die Kammer vor jeder wichtigen Messung ins Freie oder in einen sehr gut belüfteten Raum zu stellen und zu überprüfen, ob die Anzahl der Impulse pro Minute gering ist. Warten Sie, bis die Impulse abklingen, oder reinigen Sie die Kammer mit viel Luft. Es ist besser, einen Fön mit kalter Luft zu verwenden und nicht mit Druckluft, die zu heftig sein würde.

Anhang 1 - Abmessungen und elektrisches Feld

Die Literatur über Ionenkammern zeigt, dass für ein maximales elektrisches Signal der Radius der Ionenkammer vergleichbar oder größer sein muss als der durchschnittliche Weg der Alphastrahlen in der Luft (ca. 4 cm). Außerdem muss das elektrische Feld ausreichend sein, um Elektronen und Ionen schnell zu transportieren, bevor sie rekombinieren.



Laut dieser Tabelle sind mindestens 110 Volt pro Zentimeter erforderlich und die Kammer muss einen Radius von mindestens 25 mm haben.

Wir haben diese Daten auch mit unserer Ein-Liter-Kammer und 40 mm Radius verifiziert:

| Kammer- spannung (1) | Volt/cm | Puls- spannung (2) | Puls- Anstiegszeit |
|----------------------------|---------|--------------------------|-----------------------|
| 20 Volt | 5 | 0.6 Volt | 15.0 mS |
| 40 Volt | 10 | 1.0 Volt | 9.0 ms |
| 100 Volt | 25 | 1.2 Volt | 4.0 mS |
| 150 Volt | 38 | 1.5 Volt | 3.0 mS |
| 200 Volt | 50 | 1.5 Volt | 2.5 mS |
| 300 Volt | 75 | 1.6 Volt | 2.0 mS |
| 400 Volt | 100 | 1.7 Volt | 1.5 mS |
| 500 Volt | 125 | 1.8 Volt | 1.1 mS |
| 800 Volt | 200 | 1.9 Volt | 1.0 mS |

(1) *Kammerradius = 40 mm*

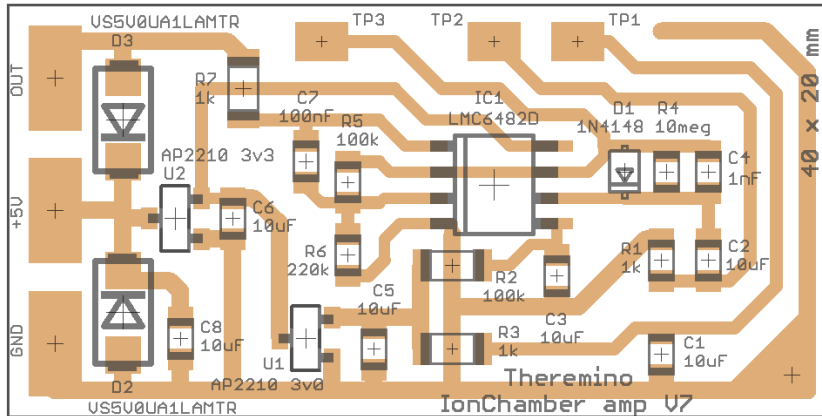
(2) *Spannung verstärkt um 1000*

Daher entschieden wir uns für ein elektrisches Feld von etwa 110 bis 120 Volt pro Zentimeter, und da der Radius unserer Kammer 4 cm beträgt, sollte die Spannung etwa 440 bis 480 Volt betragen.

Schließlich haben wir uns für eine standardisierte Spannung von 475 +/- 5 Volt entschieden.

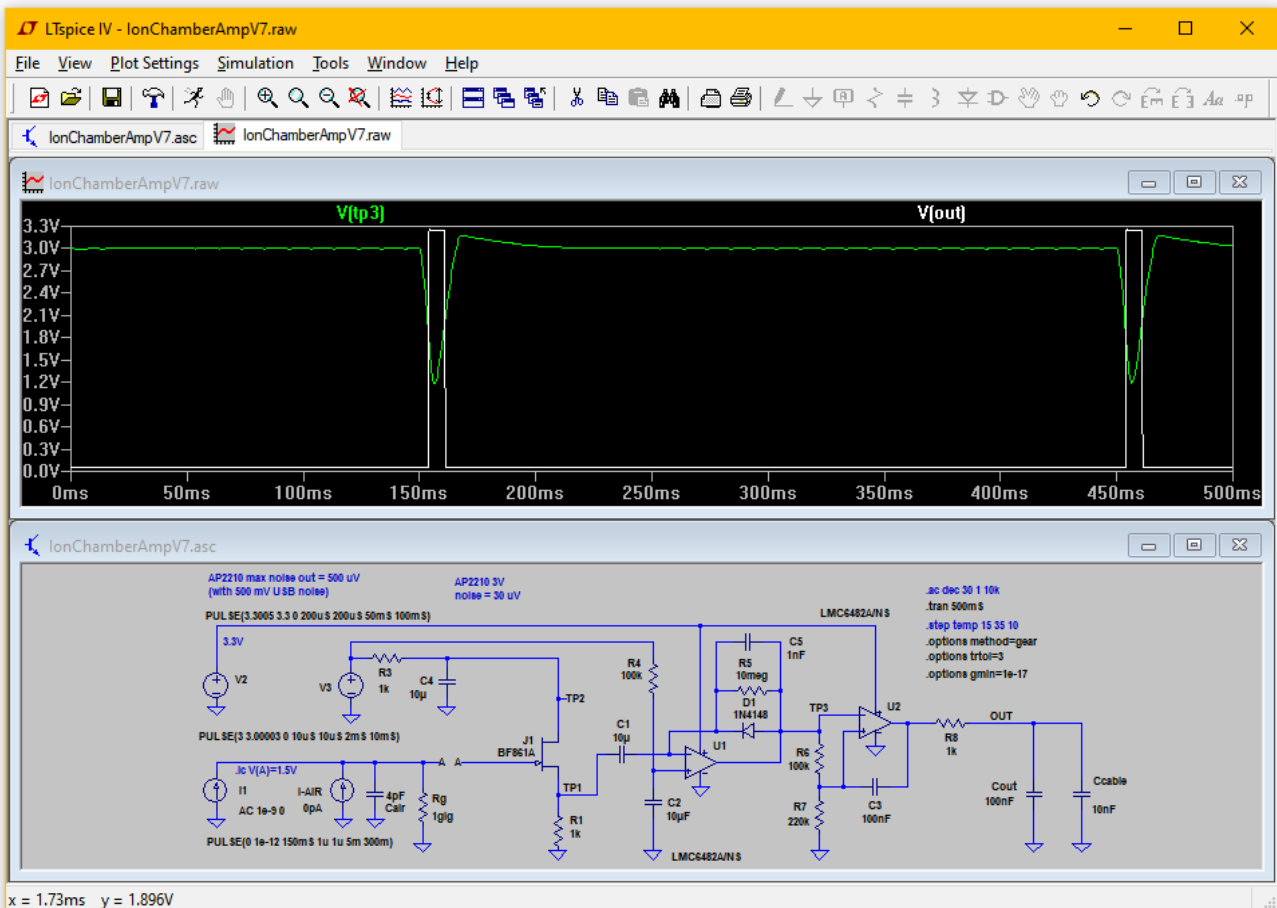
Anhang 2 - Simulationen und gedruckte Schaltkreise

In der Datei [IonChamberV7.zip](#) finden Sie die Schaltpläne und PCBs im Eagle-Format, Eagle3D-Renderings und elektrische Simulationen im LTSpice-Format.



Die neuesten Versionen aller Dateien können Sie hier herunterladen:

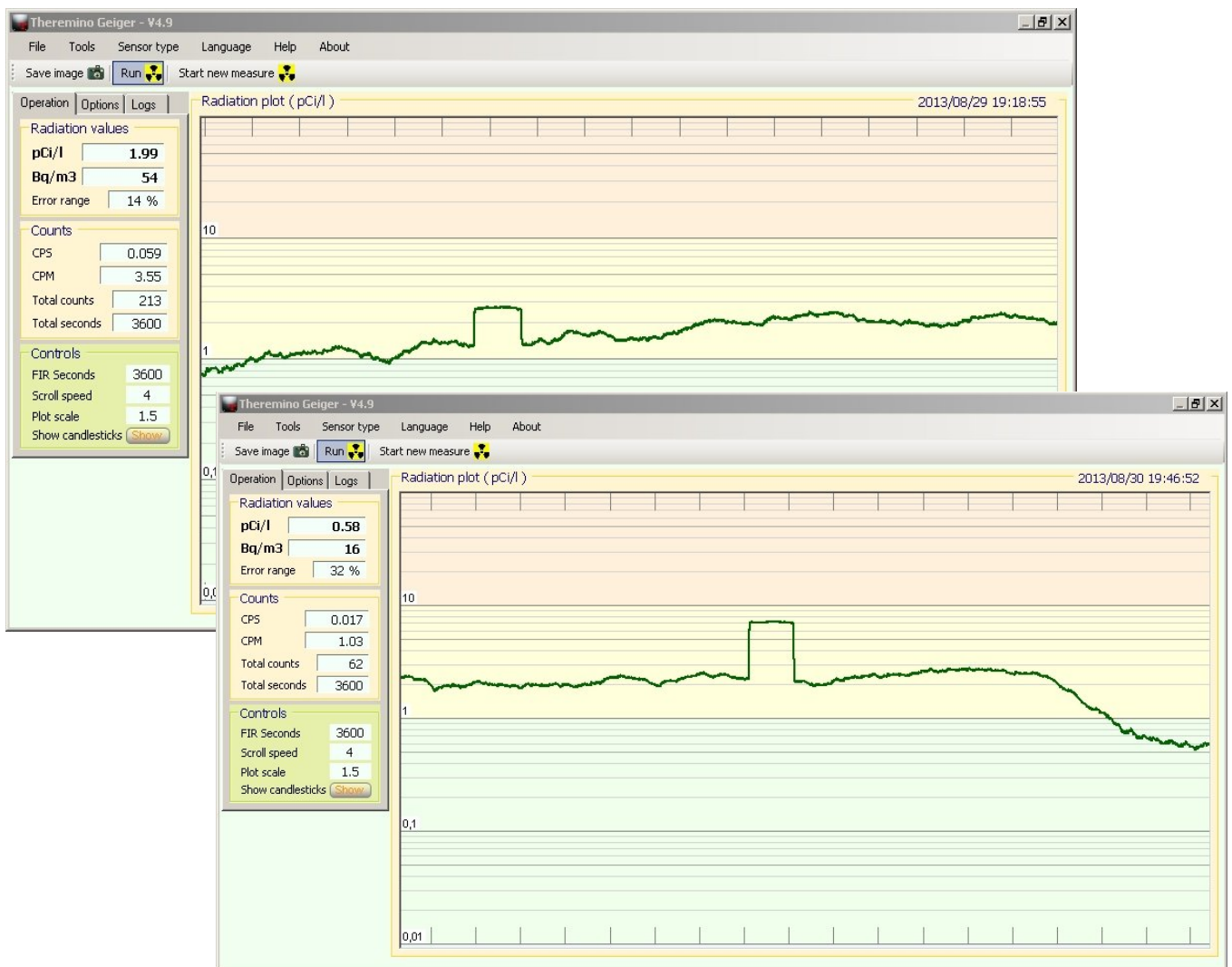
www.theremino.com/en/blog/geigers-and-ionchambers/ionchamber-improvements#version7



Anhang 3 - nicht durch Radon verursachte Impulse

Verschiedene Mechanismen können Störimpulse erzeugen, die nicht durch Radonzerfall verursacht werden. Zum Beispiel Feuchtigkeit, die die Luft leitfähig macht. Oder ein Staubpartikel könnte eindringen (Staub springt zwischen die beiden Elektroden und verursacht viele Probleme). Oder ein vorbeifahrendes schweres Fahrzeug könnte starke Vibrationen erzeugen. Oder starke elektrische Störungen, die durch Blitze verursacht werden.

In all diesen Fällen werden Bursts aus vielen, in kurzer Zeit konzentrierten Impulsen erzeugt. Diese Ereignisse sind leicht zu unterscheiden, da sie in den Graphen einen Schritt von der Dauer des eingestellten Filters verursachen. In den nächsten Bildern wurde 3600 Sekunden (eine Stunde) gefiltert, und Sie können sehen, dass die Kurve nach Ablauf der Filterzeit wieder auf ihr normales Niveau zurückkehrt.



Um diese Probleme zu vermeiden, verwenden Sie Staubfilter an den beiden äußeren Abdeckungen, setzen Sie eine Isolierung aus weichem Schaumstoff gegen Vibrationen ein und stellen Sie die Kammer auf dem Boden in der Nähe einer Wand oder in einer geschützten Ecke auf. In schwierigen Fällen verwenden Sie einen isolierten Boden aus einer großen, schweren Fliese aus Granit oder Marmor, die auf einer Schaumgummischicht liegt. Vermeiden Sie laute Geräusche im Messraum, dass Tiere oder Kinder die Kammer bewegen und öffenn Sie nicht zu heftig Fenster oder schlagen Türen zu.

Anhang 4 - Staubfilter



Es gibt zwei Staubfilter, an den Löchern in den beiden äußeren Abdeckungen. Hier ist eine einfache und effektive Möglichkeit, sie zu befestigen. Schweißen Sie ein zweites Quadrat aus Messinggewebe, nur an einer Ecke. An der gegenüberliegenden Ecke schweißen Sie eine Metallplatte oder ein Stück starren Draht an. Auf diese Weise kann der Filter leicht aufgesetzt und abgenommen werden. Positionieren Sie den Filter so, dass das Loch gut abgedeckt ist, und falten Sie die Platte, um ihn zu fixieren.

Der Filter kann aus offenzelligem Schaumstoff bestehen (versuchen Sie zu blasen, um zu sehen, ob die Luft gut durchkommt). Es könnte auch Staubsaugerfilterpapier oder sogar ein Stück dünnes Tuch sein.

Durch das Vorhandensein eines zweiten Messinggitters wird die Abschirmung des elektromagnetischen Feldes stark erhöht. Mit dem Doppelgitter erhöhen sich die Netzfrequenzstörungen (gemessen am TP3 mit dem Oszilloskop) auch bei einer Hand in der Nähe der Bohrung nicht nennenswert.

