

Die Tino-Drohne - Eine Mess-Drohne für Radioaktivität auf der Basis eines Arduino-Mikrocontrollers mit SD-Karten-Logger und Teviso-Strahlungssensor

Bernd Laquai 3.9.2014

Es mag verschiedene Gründe dafür geben, dass es sinnvoll ist, eine Stelle an der man radioaktive Strahlung vermutet erst einmal nicht persönlich zu besuchen. Zu diesen Gründen gehört, dass man sich selbst vor unbekanntem Gefahren schützen will oder dass gewisse Stellen einfach schwer zugänglich sind und es sich bei einem einfachen Verdacht nicht immer lohnt gleich Risiken einzugehen oder einen enormen Aufwand zu treiben um diese Stelle irgendwie zu erreichen.

Kombiniert man die heute für wenig Geld verfügbare Technik für verschiedene Applikationen sinnvoll miteinander, dann entstehen Lösungen die Erstaunliches ermöglichen. Dazu gehört auch, dass man mit einem Quadrocopter für gerade mal 130Euro ein Strahlungs-Messgerät an eine unzugängliche oder gefährliche Stelle hinfliegen kann um die oben genannte Messaufgabe zu lösen. Dieses Strahlungs-Messgerät kann mit wenig Aufwand aus fertig verfügbaren Komponenten, wie einer Arduino Uno Mikrocontroller-Platine, einem SD-Karten Shield und einem Shield für ein Teviso-Sensor-Modul für Gammastrahlung zusammengesetzt werden. Und damit hat man dann eine Mess-Drohne, die für durchaus sinnvolle Aufgaben geeignet ist.

Die Software ist denkbar einfach programmiert. Für Funktionen wie das Loggen von Daten auf eine SD-Karte gibt es fertige Bibliotheken und das Zählen der Zählpulse des Teviso-Sensors sowie das Umrechnen in eine Gamma-Ortsdosisleistung in $\mu\text{Sv/h}$ mit Hilfe der mitgelieferten Kalibrierdaten des Sensormoduls ist für den Arduino Mikrocontroller mit wenigen Code-Zeilen erledigt. Beispiele dafür gibt es im Internet genug.



Abb. 1: Der Low Cost Multikopter „RC Eye One Xtreme“ von RCLogger mit aufgesetztem Arduino, SD-Karten Shield und Teviso-Shield



Abb. 2: Der Multikopter mit Arduino und den Shields von der Unterseite. Zur Stromversorgung kann ein intern bereitgestellter 5V Anschluss benutzt werden.

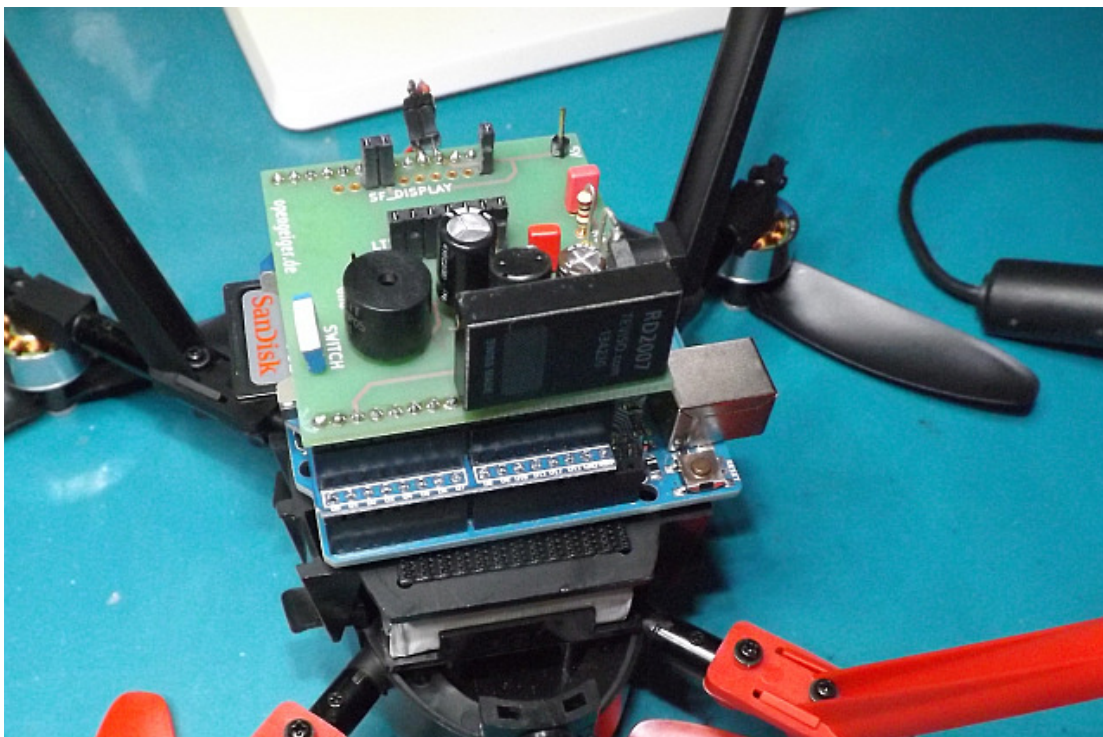


Abb. 3: Der Platinen-Stack ist mit einem Klettverschluss elastisch auf der Kamera-Befestigungsplatte fixiert. Im Vordergrund ist das Teviso-Sensormodul für die Radioaktivitätsmessung zu erkennen.

Das Tino-Shield ist eine für das Teviso-Sensormodul und den Arduino konzipierte Aufsteckplatine zur Messung von Gamma-Strahlung, welche beim radioaktiven Zerfall entsteht. Das Modul ist ein vollintegrierter Sensor auf PIN-Dioden Basis, der nach Bereitstellung einer 5V-Versorgung digitale Zählpulse liefert. Diese Zählpulse gelangen auf den Interrupt-Eingang des Arduino und zählen einen Zähler hoch. Wenn eine gewisse Anzahl Pulse erreicht sind, wird aus der abgelaufenen Zeit die Zählrate errechnet. Diese Zählrate wird mit dem werksseitig mitgelieferten Kalibrierfaktor in eine Ortsdosisleistung umgerechnet. Normalerweise steckt auf dem Tino-Shield noch ein Display, das aber aus Stromspargründen bei dieser Anwendung weggelassen wurde. Lediglich der kleine Piezo-Signalgeber ist auf der Platine zur akustischen Kontrolle vorhanden. Er klickt hörbar, wenn ein Zählimpuls registriert wurde.

Zwischen Arduino und Tino-Shield wurde für die Anwendung als Radioaktivitäts-Mess-Drohne ein fertiges SD-Karten Shield der Firma ITEAD gesetzt. Diese Platine enthält sowohl einen normalen SD-Karten Halter wie einen Micro-SD-Karten-Slot. Die zur Ansteuerung mit der Arduino SD-Library verwendeten Digitalpins (siehe Arduino-Webseite) können ohne Probleme parallel zu dem Tino-Shield verwendet werden, solange das Anzeige-Display nicht verwendet wird. Zur Kontrolle kann zusätzlich der Serial Monitor verwendet werden, der die Daten auch auf den Bildschirm ausgibt, solange wie das USB Kabel noch in den PC eingesteckt bleibt.

Die notwendige Software ist bewusst sehr einfach gehalten und folgt dem Konzept des Tino-Shield, es wurde lediglich die Display-Steuerung entfernt. Der Logfile, der auf der SD-Karte angelegt wird, hat stets den Name „datalog.txt“. Wenn diese Datei nicht existiert, wird sie angelegt, wenn sie bereits existiert, werden die Zeichen „###“ als Trennzeichen ausgegeben und weitere Daten angehängt. Da es heute SD-Karten mit mehreren Megabyte Kapazität gibt und lediglich die Messrate geloggt wird, ist der Logging-Dauer fast keine Grenze mehr gesetzt und es können so viele Flüge getätigt werden, wie man Ersatz-Akkus dabei hat, ohne die SD-Karte Auslesen zu müssen.

```
#include <SD.h>
#include <SPI.h>

#define MAXCNT 10
#define CalFactor 3.4

char fileName[15] = "datalog.txt";
File myFile;
volatile int counter = 0;
unsigned long oldTime = 0;
unsigned long oldRepTime = 0;
float rate = 0.0;

int speaker = 5;

void setup()
{
  pinMode(speaker, OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
  pinMode(10, OUTPUT);
  if (!SD.begin(10)) {
    Serial.println("SDcard not ready\n");
    return;
  }
}
```

```

if (!SD.exists(fileName)) {
  myFile = SD.open(fileName, FILE_WRITE);
  myFile.println("###");
  myFile.flush();
}
else {
  myFile = SD.open(fileName, FILE_WRITE);
  myFile.println("-----");
  myFile.flush();
}
int i = (int)(rate*10.0);
attachInterrupt(0, count, RISING);
}

void loop() {
  unsigned long time;
  unsigned long dt;
  unsigned long repTime;

  detachInterrupt(0);
  time = millis();
  if (counter >= MAXCNT) {
    dt = time-oldTime;
    oldTime = time;
    counter = 0;
    oldRepTime = millis();
    rate = (float)MAXCNT*60.0*1000.0/(float)dt/CalFactor;
    Serial.println(rate);
    myFile.println(rate);
    myFile.flush();
  }

  repTime = time - oldRepTime;
  if (repTime > 10000) {
    Serial.println("*");
    myFile.println("*");
    myFile.flush();
    oldRepTime = millis();
  }
  attachInterrupt(0, count, RISING);
}

void count()
{
  counter++;
  digitalWrite(speaker, HIGH);
  delayMicroseconds(50000);
  digitalWrite(speaker, LOW);
}

```

Listing 1: Arduino-Programm („Sketch“) zur Impulszählung und Umrechnung in eine Dosisleistung sowie zum Speichern der Messdaten auf der SD-Karte. Details zum Zählprogramm siehe die Tino-Dokumentation.

Ein Multikopter ist besonders deswegen als Fluggerät für die Drohne geeignet, weil man ihn deutlich leichter und schneller fliegen kann als einen Helikopter. Der Hauptunterschied besteht darin, dass man rückwärts fliegen kann und so nicht gleich die Herausforderung besteht, die Bewegungen der Steuerknüppel umdrehen zu müssen je nach dem ob das Flugmodell vom Steuerenden weg bzw. auf ihn zu fliegt. Ein Drehen des Modells in der Luft

um die eigene Achse, wie beim Helikopter, ist aber genauso möglich. Die interne Steuerung der Multikopter ist heute so leistungsfähig, dass die Stabilisierung vollständig autonom läuft, so dass das Modell theoretisch in der Luft stehen bleibt, wenn man die Knüppel los lässt. Die billigsten Multikopter sind sogenannte Quadrocopter mit vier Rotoren. Es gibt allerdings auch Modelle mit 3-8 Rotoren mit entsprechendem Namen. Preislich fängt das bei 4-Rotoren schon unter 100Euro an, aber man muss bedenken, dass im Außenbereich ja auch mal ein Wind weht und wenn das Modell allzu klein ist, dann lässt es sich praktisch nur noch im völlig windgeschützten Bereich in einer Halle sinnvoll fliegen. Ein anderes Problem bei kleinen Modellen ist, dass sie nur dann sinnvoll steuerbar sind solange man ihre Lage in der Luft noch erkennen kann. In 100m Entfernung und einem Winzling ist das nicht mehr gegeben. Da kann dann vorne und hinten nicht mehr unterschieden werden und damit wird das Steuern im Prinzip unmöglich. Außerdem muss man noch an die Last denken, die man befördern will, die entsprechenden Befestigungsmöglichkeiten müssen ebenfalls gegeben sein. Auch die Akkukapazität muss groß genug sein, denn von 10 Minuten Flugzeit ist man schnell enttäuscht.

Oberhalb 100Euro gibt es die ersten Modelle mit Kamerahalterung, die sich prinzipiell auch für die Halterung anderer Messgeräte eignen. Die Kameras sind bei billigen Modellen noch wenig vibrationsgeschützt und die Bildqualität nicht allzu berauschend. Aber für die Beförderung eines Strahlungsmessgeräts sind diese Modelle bereits sehr gut geeignet. Im Bereich von 300-500 Euro gibt es dann auch solche mit stabilisierten Kameras und einem Kamera-Downlink (Rückübertragung der Bilddaten), die eine gute Bildqualität liefern, so dass man diese Modelle auch im „First Person View“-Modus fliegen kann, d.h. über eine Bildschirmbrille oder einen Monitor mit der Sicht eines Piloten. Damit hat man nicht mehr das Problem, dass man die Flugposition in der Ferne noch erkennen können muss um die richtigen Steuerkommandos zu geben. Nach oben hin gibt es für den Preis fast keine Grenzen, ab 1000Euro bekommt man dann ganz edle Ware mit eingebautem GPS, so dass ein Windstoss der Position nichts mehr anhaben kann, denn das Modell kommt automatisch an die Sollposition zurück und es kann auch ein vorprogrammierter Kurs geflogen werden.

Besonders attraktiv für Mess-Applikation sind Modelle, die bereits für das Erfassen von Sensordaten konzipiert sind. Das hat sich die Firma RCLogger (Tochter der Firma Conrad Electronic in Hong Kong?) vorgenommen. Das Modell RC Eye One Xtreme ist dafür ausgelegt um etliches Zubehör erweitert zu werden. Die Kosten des Basis-Modells liegen an der unteren Preisgrenze (129Euro, Stand Sept. 2014) . Man hat auch schnell den Eindruck das es ein ähnliches Marketing-Konzept wie bei den Tintenstrahldruckern ist (der Hersteller macht das Geld mit der Tinte, nicht mit dem Drucker). Ist man also erst mal mit dem Fliegen süchtig, dann kauft man so allerhand teures Zubehör nach. Zudem ist das Plastikmaterial nicht ganz so hochwertig, so dass man schnell mal einen Satz Rotorblätter für 10 Euro nachkaufen muss oder einen Ersatzakku, der nicht den üblichen Standards folgt. Daran sollte man also denken. Trotzdem, wenn man einigermaßen umsichtig anfängt und erst einmal auf einer große Wiese mit höherem Gras zum Üben geht anstatt auf einem betonierten Hartplatz, dann ist das dennoch ein relativ günstiger Start. Und das Gute dran ist, man bekommt fast alles auch als Ersatzteil zum Nachkaufen. Fällt ein anderes Modell vom Himmel, dann ist meist gleich ein komplett Neues fällig.

Der Vorteil im Ausbau mit Zubehör besteht darin, dass beispielsweise eine Kamera-Befestigungsplatte verfügbar ist, die zusammen mit einem Ersatzakku mit größerer Kapazität

geliefert wird und gleich auch längere Rotorblätter mit dabei sind, mit denen der Quadrocopter dann bis zu 100g tragen kann. Eine Nutzlast von 100g klingt zunächst nicht viel, allerdings wenn man die Arduino-Platine mit dem SD-Karten-Shield und dem Tino-Shield ohne Display auf die Waage legt, ist man erst bei 65g. Da ist also noch etwas Spiel. Nimmt man die Abdeckhaube ab, präsentiert sich die Steuerungsplatine gleich mit Anschlüssen für Zusatz-Module wie z.B. Fremdfernsteuerung und Anschlüsse für Sensoren. Besonders interessant ist hier die geregelte 5V Versorgung, die man an einer 2.5mm Stiftleiste abgreifen kann und die stark genug ausgelegt ist um den Arduino mit den hier verwendeten Shields zu treiben. Die Akku-Versorgung besteht aus zwei Lithium-Zellen mit 2x3.7V, die zunächst getrennt sind, intern aber auf der Steuerungsplatine in Serie geschaltet werden. Man kann aber gleich die geregelten 5V für den Arduino benutzen und muss dann an der Steuerungs-Platine gar nicht erst herumlöten. Es ist auch offensichtlich so, dass diese Versorgung gut von der Motorsteuerung abgekoppelt ist und zusammen mit den zusätzlichen Filtern auf dem Tino Modul so keinerlei Störungen beim Messen erzeugt. Man zählt also wirklich Zählpulse, die von der Radioaktivität herrühren und nicht von irgendwelchen Motorreglern. Das muss bei anderen Modellen nicht unbedingt so sein.

Das Ausjustieren des Schwerpunkts ist auch erstaunlich einfach. Man sollte lediglich die langen Landebeine, die bei der Kamerahalterung dabei sind, montieren, so dass man mehr Bodenfreiheit hat. Außerdem mähen dann die Rotoren nicht gleich das Gras beim Landen ab, wenn es etwas höher gewachsen ist. Es empfiehlt sich auch in jedem Fall die 150mm Rotorblätter zu montieren (und vielleicht gleich einen Satz Ersatzblätter dazu zu kaufen). Auch ein weiterer Ersatzakku schadet nicht, denn meist ist die ideale Übungswiese nicht gleich hinterm Haus sondern man braucht ein wenig um dorthin zu gelangen und das muss sich dann ja auch lohnen.

Das Fliegen lernt man schnell, zumal es einen „Beginner Mode“ gibt, in dem das Modell recht träge reagiert und sich nicht zu sehr von der Angst des Neulings beeindrucken lässt. Mit etwas Übung kann man in den „Sport Mode“ wechseln, da hat man dann volle Motorleistung und das Modell reagiert recht abrupt und schon etwas bissig auf schnelle Lenkbewegungen. Der „Acrobatic Mode“ ist dann eher was für Künstler und solche die viel Geld für Rotorblätter und sonstige zerbrechlichen Teile haben.

Hat man etwas Übung mit dem Fliegen ohne Last, dann kann man nun die Kamera-Befestigungsplatte aufstecken auf die man am besten eine selbstklebende Klettbefestigung für die Last anbringt (z.B. Marke Tesa). Die andere Hälfte der selbstklebenden Klettbefestigung klebt man auf die Rückseite der Arduino Platine. Das hält sehr sicher ohne zu starr zu sein. Außerdem kann man die Verbindung wieder lösen um z.B. die Schwerpunktslage nachträglich noch zu optimieren. Nun muss nur noch die Stromversorgung in das Tino Shield eingespeist werden, die gleichzeitig auch die Arduino-Platine mitversorgt. Das erreicht man am besten durch Anlöten einer 2-poligen Buchsenleiste an den Gnd und +5V Anschluss der Pfostenverbinder des Shields. Und dann kann es schon losgehen.

Am besten man fliegt zunächst in räumlicher Nähe und übt das gezielte Landen an Stellen die man sich vorgibt, z.B. durch eine Markierung am Boden. Danach kann man schon mal versuchen über einen Zaun zu fliegen um beim freundlich gesonnenen Nachbarn zu landen um dort einmal auf dem Granit-gepflasterten Gartenweg zu messen, bevor man dort wieder

abhebt, zurückfliegt und schließlich nachschaut was auf der SD Karte steht. Danach sind der Phantasie keine Grenzen mehr gesetzt. Man sollte allerdings Bedenken, dass beim Fliegen in der Öffentlichkeit eventuell eine spezielle Versicherung nötig werden kann, wie beim normalen Modellflug eben auch.



Abb. 4: RC Eye One Extreme mit dem Radioaktivitäts-Messgerät im Schwebestand



Abb.5: Und ab zum Nachbarn zum Probemessen ...



Abb. 5: Auch der „Hover“ Flug geht problemlos trotz der Last des Strahlungs-Messgeräts



Abb. 6: Nur zu hoch sollte man nicht fliegen, sonst kann man nicht mehr erkennen was vorne (rote Rotoren) und hinten (schwarze Rotoren) ist. Diese Info braucht man, um noch richtig steuern zu können.

Nach einem Messflug stehen auf der SD-Karte die in $\mu\text{Sv/h}$ umgerechneten Zählraten, die aus jeweils 10 Zählimpulsen und der dafür benötigten Zeit berechnet wurden. Das hat den Vorteil, dass sich so die statistische Streuung nicht ändert, weil die Zahl der Zählpulse immer gleich bleibt. Wenn nun innerhalb 10s nicht genug Zählpulse vorhanden sind um eine Rate zu berechnen wird ein „*“ ausgegeben, quasi als „Sign of Life“. Dadurch kann man dann auch leicht feststellen wenn die „Luft rein war“.

```
###  
-----  
*  
*  
*  
*  
3.80  
30.68  
19.69  
*  
*  
*  
*  
*  
*
```

Listing 2: Beispiel für den Datalog beim Absetzen der Drohne in der Nähe einer Keramikschele mit Uranlasur. Die Zahlen geben direkt $\mu\text{Sv/h}$ an. Die * Symbole entstanden beim Hin- und Rückflug und kennzeichnen die Situation wenn keine ausreichende Strahlung vorhanden war um in 10s eine Gamma-Ortsdosisleistung zu berechnen.

Literatur und Links

/1/ „Tino“ – Ein Messgerät für radioaktive Strahlung als Arduino-Shield auf Basis eines Teviso Sensormoduls

<http://opengeiger.de/Tino1.pdf>

/2/ Teviso Sensormodule

<http://www.teviso.com>

/3/ ITead Studio Stackable SD Card Shield

<http://www.exp-tech.de/Shields/ITead-Studio-Stackable-SD-Card-Shield.html>

/4/ Arduino Uno SMD Version

<http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>

/5/ RC Eye One Xtreme (Mode 2)

<http://www.rcllogger.com/RC-EYE/RC-EYE-One-Xtreme/RC-EYE-One-Xtreme-Mode-2.html>

<http://www.conrad.de/ce/de/product/1009421/RC-Logger-RC-EYE-One-Xtreme-Quadrocopter-RtF>