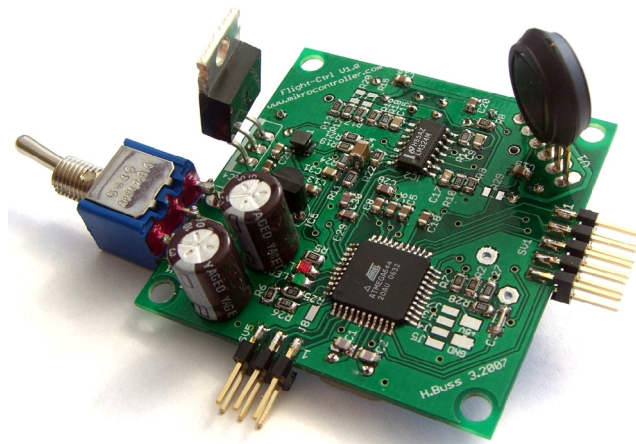


# MikroKopter Flight-Ctrl V1.0

## Schaltplan, Bestückung und Inbetriebnahme



## **FlightCtrl V1.0**

Diese Platine ist die Steuerungsplatine des MikroKopters.

### **Sie erfüllt folgende Aufgaben:**

- Messen der Drehgeschwindigkeiten der drei Achsen
- Messen von Beschleunigungswerten der drei Achsen
- Messen des Luftdrucks für die Höhenstabilisierung
- Auswerten eines digitalen Kompass-Signals
- Messen der Batteriespannung
- Auswerten des Fernbedingungssignals (RC-Signal)
- Verarbeiten der Sensordaten und Berechnung der aktuellen Fluglage
- Ansteuern der vier BL-Regler zur Motoransteuerung

### **Sonstige Features:**

- Abmessungen 50 \* 50mm
- zwei LEDs (z.B. Okay und Error)
- zwei Transistorausgänge z.B. für externe Beleuchtung
- Batteriespannungsmessung mit Unterspannungserkennung
- Ein Empfänger kann von den 5V versorgt werden

## **Controller**

Die Rechenarbeit und Sensorverarbeitung wird von einem Atmel – ATMEGA644 mit einer Taktrate von 20MHz geleistet. Es handelt sich hier um einen preiswerten und gängigen 8-Bit-Prozessor.

Die Kriterien bei der Auswahl des Controllers waren:

- ausreichende Performance
- gute Verfügbarkeit
- geringer Preis
- gut zu löten
- kostenlose Entwicklungssoftware verfügbar

## **Sensorik:**

Die Fluglage eines Quadropters muss elektronisch geregelt werden. Dazu sind verschiedene Sensoren notwendig.

### **Gyro-Sensoren**

Sie messen die Winkelgeschwindigkeit (Drehgeschwindigkeit) und jeweils eine Achse. Es werden drei dieser Sensoren benötigt, um alle drei Achsen zu stabilisieren. Diese Sensoren sind die elementarsten Bauelemente.

### **Beschleunigungs-Sensoren (ACC-Sensoren)**

Die Hauptfunktion der Beschleunigungssensoren ist, die aktuelle Neigung des MikroKopters zu messen und die Höhenregelung zu unterstützen. Hier wird ein Drei-Achsen-Sensor verwendet. Theoretisch kann auf diese Sensoren verzichtet werden, wenn der Quadropters im sog. Heading-Hold-Modus betrieben werden soll.

### **Luftdrucksensor**

Er dient zur Stabilisierung der Flughöhe. Dieser Sensor ist optional. Die Drucköffnungen können mit Klebeband abgeklebt werden, in das mit einer kleinen Nadel ein kleines Loch gestossen wird. Das schützt vor Wind und Licht.

## **Schnittstellen**

Über die Schnittstellen kommuniziert die Steuerkarte mit der Außenwelt.

### **PPM-Anschluss**

Hier wird der Empfänger angeschlossen. Über zwei Leitungen wird der Empfänger versorgt und über eine liefert er das RC-Summensignal zurück.

Im Gegensatz zu einem normalen Servo-PPM-Signal sind in dem Summensignal alle von der Fernbedienung gesendeten Kanäle enthalten. In jedem Empfänger ist dieses Signal vorhanden, allerdings liefern nur wenige dieses Signal zum direkten Abgriff an einen Stecker (z.B. der RX3 Multi von ACT).

### **I2C-Bus**

An diesem Bus werden die BL-Regler angeschlossen, über den sie die Steuerbefehle erhalten.

Die Flight-Ctrl erfordert unseren speziellen Brushless-Motor-Regler, damit eine schnelle Kommunikation per I2C-Bus möglich ist. Standard-Motor-Regler können **nicht** verwendet werden, weil sie zu langsam sind.

Der I2C-Bus verfügt über eine Taktleitung (SCL) und eine Datenleitung (SDA).

Im Bus werden alle SCL-Leitungen und alle SDA-Leitungen miteinander verschaltet.

### **Serielle Schnittstelle (asynchron)**

Hier wird zum Testen und Parametrieren z.B. ein PC angeschlossen. Der Pegel ist TTL-Pegel und nicht V24. Aus diesem Grund muss ein Schnittstellenkonverter angeschlossen werden, falls mit der Standard Seriellen Schnittstelle des PCs kommuniziert werden soll.

Später kann diese Schnittstelle auch zur Kommunikation (asynchron) mit anderen Controllern verwendet werden.

### **ISP-Schnittstelle (synchron)**

Der ATMEL Controller wird darüber mittels eines ISP-Interfaces programmiert.

Später kann diese Schnittstelle auch zur schnellen Kommunikation (synchron Seriell) mit anderen Controllern verwendet werden.

### **Kompass-Anschluss**

Ein digitaler Kompass kann an den PC4-Eingang des universellen Steckers angeschlossen werden

## **Allgemeine Sicherheitshinweise:**

Wir garantieren nicht für fehlerfreies Verhalten der Elektronik oder Software.

Trotz sorgfältiger Erstellung und Überprüfung, übernehmen wir keinerlei Garantie oder Haftung (direkter oder indirekter Art) für die Fehlerfreiheit der Software, der Hardware oder Informationen.

Sie benutzen die Elektronik auf eigene Gefahr (dies gilt auch für dazugehörige PC-Programme).

Weiterhin übernehmen wir keinerlei Haftung für Folgeschäden an Sachwerten oder Personen, die durch Anwendung entstehen. Es liegt in ihrer Verantwortung, einen vollständigen Systemtest durchzuführen.

Der MikroKopter ist kein Kinderspielzeug! Dafür ist er zu teuer und zu gefährlich.

Nicht über Personen fliegen!

Eine Modellbauversicherung sollte auf jeden Fall vor dem ersten Flug abgeschlossen werden, weil die meisten Haftpflichtversicherungen nicht die Schäden abdecken, die durch Flugmodelle entstehen können.

## **Nutzungsbedingungen**

Es gilt für das gesamte MikroKopter-Projekt (Hardware, Software und Dokumentation), dass eine Nutzung (auch auszugsweise) nur für den privaten (nicht-kommerziellen) Gebrauch zulässig ist. Sollten direkte oder indirekte kommerzielle Absichten verfolgt werden, ist mit uns Kontakt bzgl. der Nutzungsbedingungen aufzunehmen.

## Inbetriebnahme der Platine

### Schritt 1: Anschluss und Kontrolle der Betriebsspannung

Vor dem Anschluss der Betriebsspannung sollte ein weiteres Mal der richtige Einbau des Spannungsreglers IC4 ( $\mu A7805$ ) und der Diode D1 überprüft werden.

Die Betriebsspannung wird an den Anschlüssen J1 (Markierung „+“ am Schalter) und am Anschluss J2 (Markierung „-“ neben dem Schalter) angeschlossen. Es wird dringend empfohlen, ein strombegrenzendes Netzteil zu verwenden, bis man weiß, dass alles richtig funktioniert. Ein Steckernetzteil mit Gleichspannungsausgang von ca. 9-12V leistet hier bereits gute Dienste.

#### 5,0V

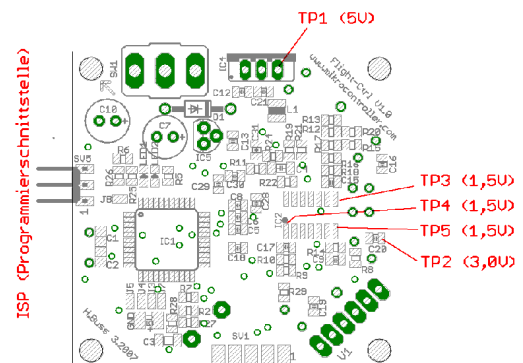
Test der Digitalversorgung

Dazu misst man am Testpunkt TP1 gegen Masse. Die Spannung sollte zwischen 4,9 und 5,1 V liegen.

#### 3,0V

Test der Analogversorgung

Dazu misst man am Testpunkt TP2 gegen Masse. Die Spannung sollte zwischen 2,9 und 3,1 V liegen.



### Schritt 2: Gyro-Verstärker abgleichen

An den Ausgängen der Gyro-Verstärker (Pins 8, 7 und 1 des IC2) sollte im unbewegten Zustand eine Spannung von ca. 1,2-1,8V (idealerweise 1,5V) anliegen.

Da das Ausgangssignal der Gyros werksseitig bereits leicht variiert, muss das Signal ggf. leicht justiert werden.

Dazu müssen die Widerstände R9 (für TP4), R13 (für TP5) und R16 (für TP3) zum *Anheben* des Signals nachbestückt werden (je niedriger der Widerstandswert, desto höher das Ausgangssignal).

Oder die Widerstände R29 (für TP4), R20 (für TP5) und R17 (für TP3) zum *Absenken* des Signals (je niedriger der Widerstandswert, desto niedriger das Ausgangssignal).

Richtwerte für die Widerstände zum Abgleichen:

#### Anheben des Verstärkersignals:

| Signal | Wert      |
|--------|-----------|
| < 0,8V | : 150kOhm |
| < 1,0V | : 220kOhm |
| < 1,2V | : 470kOhm |

#### Abschwächen des Verstärkersignals:

| Signal | Wert      |
|--------|-----------|
| > 2,2V | : 150kOhm |
| > 2,0V | : 220kOhm |
| > 1,8V | : 470kOhm |

Nach einem schweren Absturz oder bei ungleichmässigen Bewegungen des MikroKopters (z.B. er nickt in eine Richtung flüssiger als in die andere) sollten die Signale kontrolliert und ggf. nachjustiert werden.

## Schritt 2: Einspielen des Programms mit dem MikroKopter-Tool (avrdude)

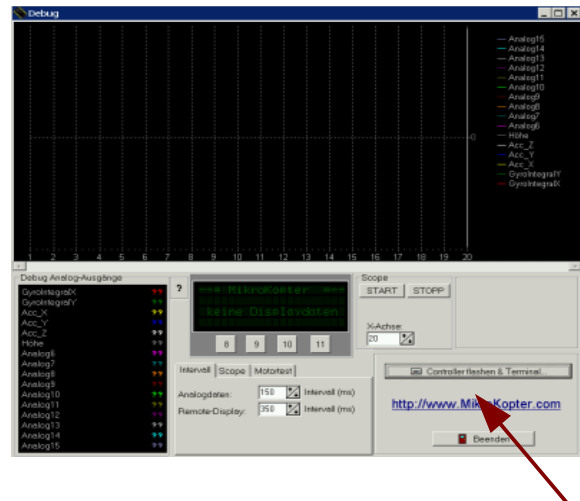
Das Einspielen der Software geht am einfachsten mit unserem seriellen Konverter (SerCon), in dem die ISP-Schaltung bereits eingebaut ist.

Zum Programmieren muss der PC über eine „echte“ serielle Schnittstelle verfügen. USB-auf-Seriell/Parallel-Wandler oder ähnliches gehen definitiv nicht!

Der Seriell-Konverter wird über ein Flachbandkabel an den 6-poligen Stiftleisten verbunden. Die Betriebs-LED auf dem Konverter muss dabei nicht leuchten.

Die Flight-Ctrl muss zum Programmieren mit Spannung versorgt sein.

Der Reset-Jumper auf dem Seriell-Konverter muss zum Programmieren gesteckt sein

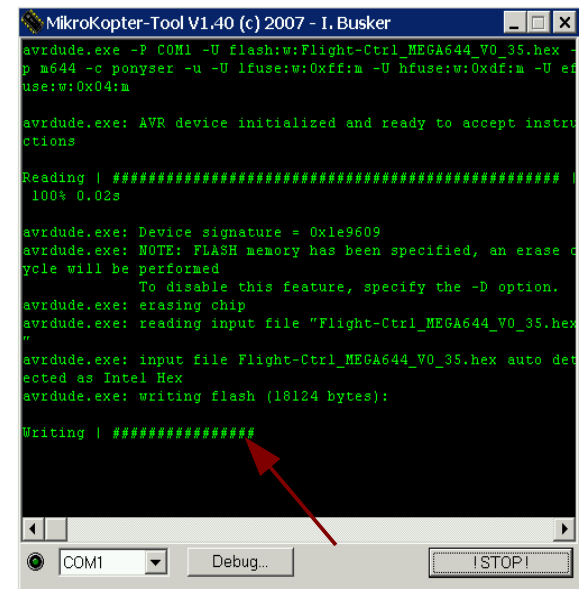


Dazu verwendet man im MikroKopter-Tool die Funktion: „Controller flashen“.

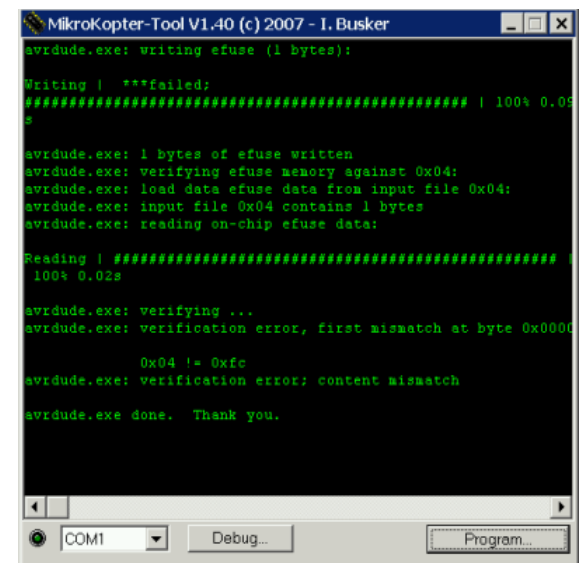
Es öffnet sich ein Terminalfenster mit einer „Program“-Schaltfläche. Hiermit lässt sich das zu programmierende File (\*.HEX) öffnen und einspielen.

Das MikroKopter-Tool ruft nun das Program „avrdude“ mit den entsprechenden Parametern auf.

Ein erfolgreiches Flashen lässt sich am Fortschrittsbalken in der Ausgabe von avrdude erkennen.



Leider bringt avrdude zum Schluss eine Fehlermeldung, dass angeblich das Programmieren der Fusebits nicht geklappt haben soll. „0x04 != 0xfc“. Das ist ein Bug im avrdude, auf den wir keinen Einfluss haben.



**Schritt 3: Test der Hardware**

**Test der Sensorwerte**

Wenn der Controller erfolgreich programmiert wurde, können die Sensorwerte mit dem MikroKopter-Tool überprüft werden. Dazu wird der Seriell-Konverter über das breite Flachbandkabel angeschlossen. Das ISP-Kabel muss zum Debuggen abgeklemmt sein, oder der Jumper auf dem Konverter abgezogen werden.

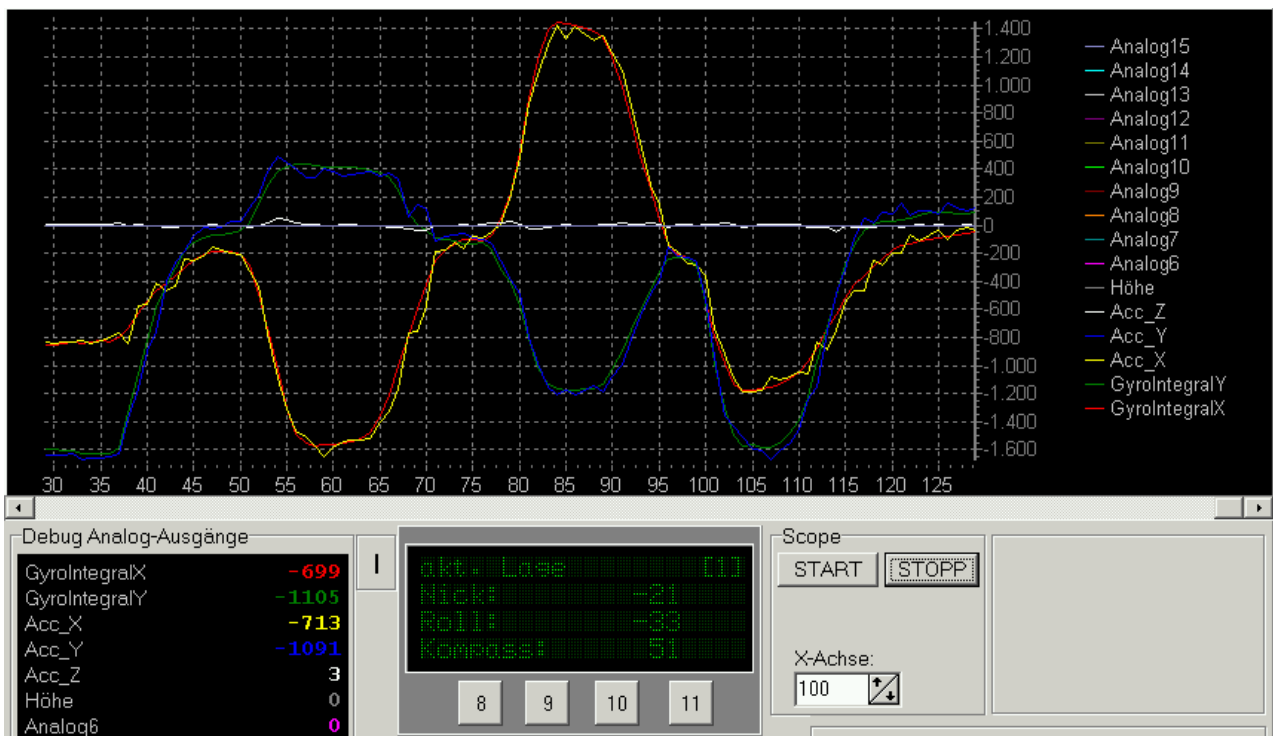
**Test von Gyro und Beschleunigungssensorwerte**

Die Platine wird in die waagerechte Position gebracht und eingeschaltet bzw. resettet und die Scope-Funktion im MikroKopter-Tool wird gestartet. (falls sie schon lief, sollte sie kurz gestoppt werden, damit der Zoom-Bereich zurückgesetzt wird). Es werden hier zunächst nur die ersten fünf Analogwerte beobachtet. Die restlichen Analogwerte können über den Reiter „Scope“ im MikroKopter-Tool abgeschaltet werden, falls sie das Bild unübersichtlich machen.

Nun wird die Platine möglichst flüssig um ca. 45 Grad in der Nickachse gekippt.

Auf dem Scope beobachtet man die Signale der Messwerte. Dabei sollte das Signal des Nick-Integrals und das des Nick-Beschleunigungssensors (hier rot und gelb). Wichtig ist, dass die Linien weitestgehend deckungsgleich sind.

Das selbe prüft man auch auf der Roll-Achse (hier blau und grün).



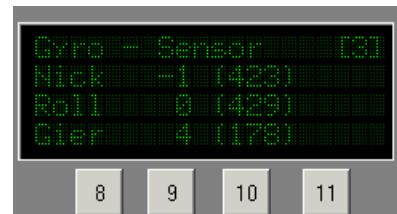
Danach wird der Gier-Gyro überprüft.

Dabei wird die Platine um die Gierachse gedreht und das Signal des Gyrosensors beobachtet. So lange sich die Platine dreht gibt es dabei einen Ausschlag, der wieder zu Null wird, wenn die Platine wieder stoppt.

Im virtuellen Display werden nun die Offsetwerte der Gyros überprüft (der Wert in Klammern). Dazu blättert man mit den Tasten in das entsprechende Menü.

Die Offsets sollten etwa um 500 (+-100) liegen.

In diesem Beispiel hat der Gier-Gyro ein Problem (178). Es muss entweder nachgetrimmt oder ausgetauscht werden.



### Test des Empfangssignals

Im virtuellen Display lassen sich die Fernbedienungswerte ablesen.

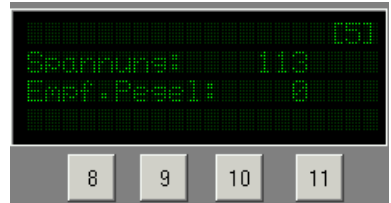
Mit der Fernbedienung lassen sich die Werte im Bereich von ca. -120 bis +120 verändert.



### Test der Spannungsmessung

In einem Menü kann der Wert der Spannungsmessung kontrolliert werden. In diesem Beispiel ist das 11,3V

Der Empfangspegel ist 0, weil kein Empfänger angeschlossen ist.



## Schritt 4: Einbau in den MikroKopter

Siehe separates Dokument

### Kurz:

- der Pfeil auf der Flight-Ctrl zeigt nach vorn
- Motoradressierung: 1=Vorn 2=Hinten 3=Rechts 4=Links
- die Drehrichtung der Motoren ist so, dass der linke und rechte Motor (Rollachse) links drehen (von oben betrachtet) und vordere und hintere Motor (Nickachse) rechts herum.

## Schritt 5: Bedienen des MikroKopters (Kurzversion)

### Neutralstellung

Der MikroKopter muss auf einer waagerechten stabilen Unterlage stehen.  
Die grüne LED der Flight-Ctrl leuchtet, die rote ist aus und der Summer ist still.  
Die grünen LEDs der BL-Regler sind an und die roten aus.  
Falls der Summer piept ist der Empfang gestört oder die Akkuspannung zu niedrig.

### Sensoren abgleichen

Zum Abgleichen der Sensoren wird der Gas/Gier-Hebel einige Zeit in die obere linke Ecke gedrückt, bis der Summer piepst und die grüne LED erlischt. Dabei übernimmt der Controller die aktuellen Sensorwerte als Null-Signale.

### Motoren einschalten

Zum Einschalten wird der Gas/Gier-Hebel einige Zeit in die untere rechte Ecke gedrückt, bis die Motoren anlaufen. Erst ab einem bestimmten Gaswert beginnt der Lage-Regler zu arbeiten.

### Motoren ausschalten

Zum Ausschalten wird der Gas/Gier-Hebel einige Zeit in die untere linke Ecke gedrückt, bis die Motoren stoppen.

### Verhalten beim Ausschalten des Senders oder Empfangsverlust

Bei Ausfall des Empfangssignals im Flug laufen die Motoren mehrere Sekunden nach, wobei der MikroKopter versucht, in waagerechte Lage zu kommen. Damit soll das Fluggerät (mehr oder weniger) kontrolliert in den Sinkflug gehen.

## Bestückung

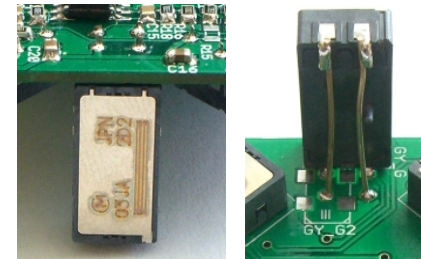
Die Bauteile sollten in der Reihenfolge eingebaut werden, wie sie in dieser Liste stehen.  
Dann hat man es mit der Bestückung einfacher.

| Anz. | Reichelt-Best.Nr. | Hinweis                          | Teil                  | Name  |
|------|-------------------|----------------------------------|-----------------------|---|
| 1    | ATMEGA 644-20 AU  | Markierung beachten              | AVR-RISC-Controller   | IC1   |
| 1    | TS 914 I SMD      | Markierung beachten              | Rail to Rail Op-Amp   | IC2   |
| 5    | NPO-G0805 22P     |                                  | Kondensator           | C1, C2, C28, C29,C30  |
| 5    | X7R-G0805 22N     |                                  | Kondensator           | C9, C15, C17, C27, C31  |
| 17   | X7R-G0805 100N    |                                  | Kondensator           | C5, C6, C8, C11,C12, C13, C14, C18, C19, C20, C21, C22, C23, C24, C25, C26, C16 |
| 5    | SMD-0805 1,00K    |                                  | SMD-Chip-Widerstand   | R2,R4, R5, R6, R7   |
| 5    | SMD-0805 100      |                                  | SMD-Chip-Widerstand   | R24,R27, R28, R32, R33  |
| 5    | SMD-0805 10,0K    |                                  | SMD-Chip-Widerstand   | R1,R3, R8, R12, R16   |
| 4    | SMD-0805 100K     |                                  | SMD-Chip-Widerstand   | R10,R11, R14, R18   |
| 1    | SMD-0805 220K     |                                  | SMD-Chip-Widerstand   | R26   |
| 1    | SMD-0805 2,20K    |                                  | SMD-Chip-Widerstand   | R25   |
| 1    | SMD-0805 6,80K    |                                  | SMD-Chip-Widerstand   | R21   |
| 3    | SMD-0805 18,0K    |                                  | SMD-Chip-Widerstand   | R22,R30, R31  |
| 1    | SMD-0805 680      |                                  | SMD-Chip-Widerstand   | R19   |
| 1    | SMD-LED 0805 GN   | Pfeil auf der Unterseite         | CHIP-Leuchtdiode grün | LED1  |
| 1    | SMD-LED 0805 RT   | Pfeil auf der Unterseite         | CHIP-Leuchtdiode rot  | LED2  |
| 2    | BC 817-25 SMD     | Richtung beachten                | CHIP-Transistor       | T1, T2  |
| 1    | LQH3C 100µ        |                                  | SMD-Induktivität      | L1  |
| 1    | --                | Überbrücken                      | entfällt              | C3  |
| 1    | 1N 4001           | Markierung beachten              | Diode                 | D1  |
| 1    | 20,0000-HC49U-S   |                                  | Standardquarz 20,0MHz | Q1  |
| 1    | LP 2950 ACZ3,0    | Markierung beachten              | Spannungsregler +3,0V | IC5   |
| 1    | µA 7805           | Markierung beachten              | Spannungsregler       | IC4   |
| 2    | RAD 330/16        | Polarität beachten               | Elektrolytkondensator | C7, C10   |
| 1    | MS 500F           | Seitlich einlöten                | Kippschalter, 2-polig | SW1   |
| 1    | SL 2X10G 2,54     | In 2*3 und 2*5 zerlegen          | Stiftleiste           | SV1, SV5  |
| 1    | SUMMER TDB 05     | Polarität: Plus zum Platinenrand | Summer                | SP1   |

| Anz. | Reichelt-Best.Nr. | Hinweis | Teil | Name |
|------|-------------------|---------|------|------|
|------|-------------------|---------|------|------|

**Spezialsensoren:**

|   |            |  |   |            |
|---|------------|--|---|------------|
| 1 | LIS3L02AS4 |  | Beschleunigungssensor   | IC3        |
| 2 | ENC-03JA   |  | Richtung beachten Gyros Nick und Roll   | GY_N, GY_R |
| 1 | ENC-03JA   |  | Stehend einbauen; Beschriftung „JPN“ zur Platine<br>Die der Platine abgewandten Pins werden mit Draht verlängert<br>Der Gyro sollte zusätzlich verklebt werden; Dabei darf auf keinen Fall Klebstoff in den Gyro eindringen | GY_G       |



**Optional für Höhenregelung**

|   |             |                                     |                         |                      |    |
|---|-------------|-------------------------------------|-------------------------|----------------------|----|
| 1 | MPX 4115A   |                                     | Metallseite zur Platine | Motorola-Drucksensor | V1 |
| 1 | 1uF SMD1206 | Leider nicht bei Reichelt verfügbar | alternativ: Z5U-5 1,0µ  | (bedrahtet)          | C4 |

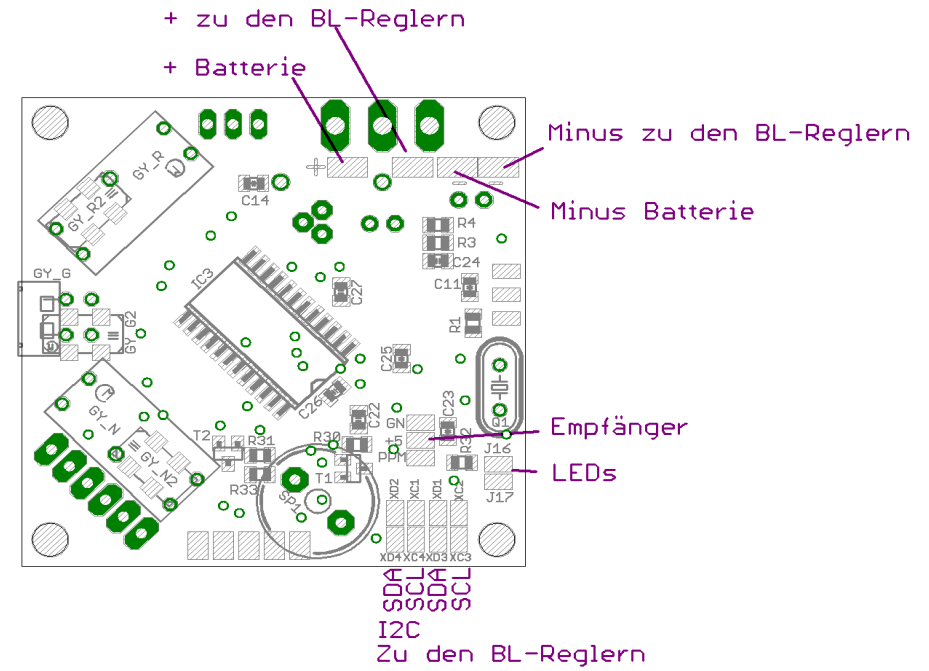
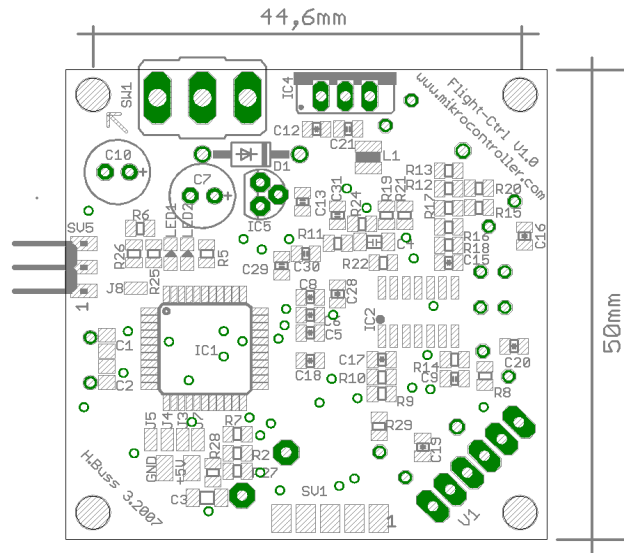
**Widerstände zum Abgleich der Gyro-Signale:**

|   |               |                                       |                     |
|---|---------------|---------------------------------------|---------------------|
| 3 | SMD-0805 470K | Siehe Beschreibung zur Inbetriebnahme | SMD-Chip-Widerstand |
| 3 | SMD-0805 150K | Siehe Beschreibung zur Inbetriebnahme | SMD-Chip-Widerstand |
| 3 | SMD-0805 220K | Siehe Beschreibung zur Inbetriebnahme | SMD-Chip-Widerstand |

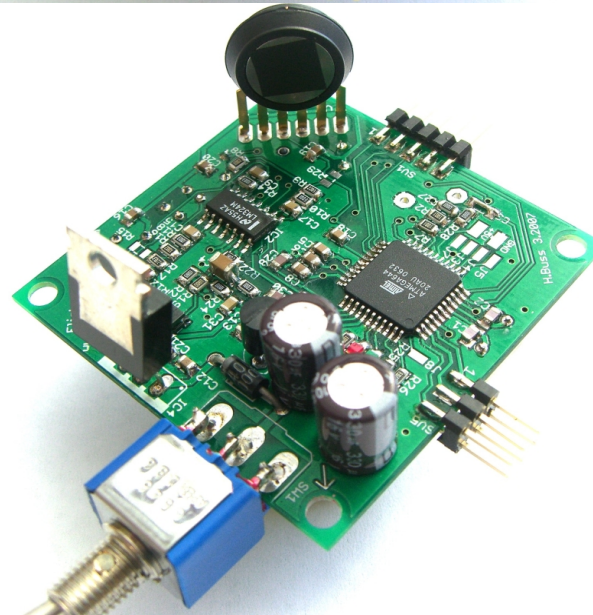
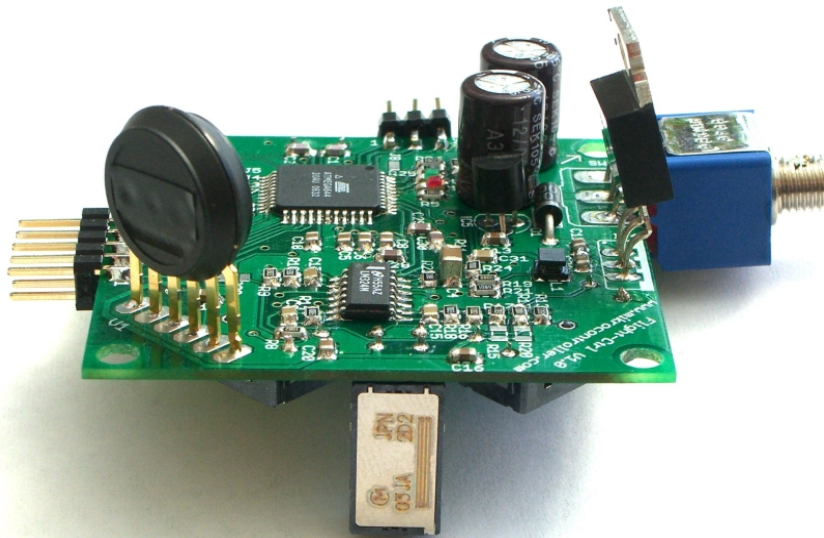
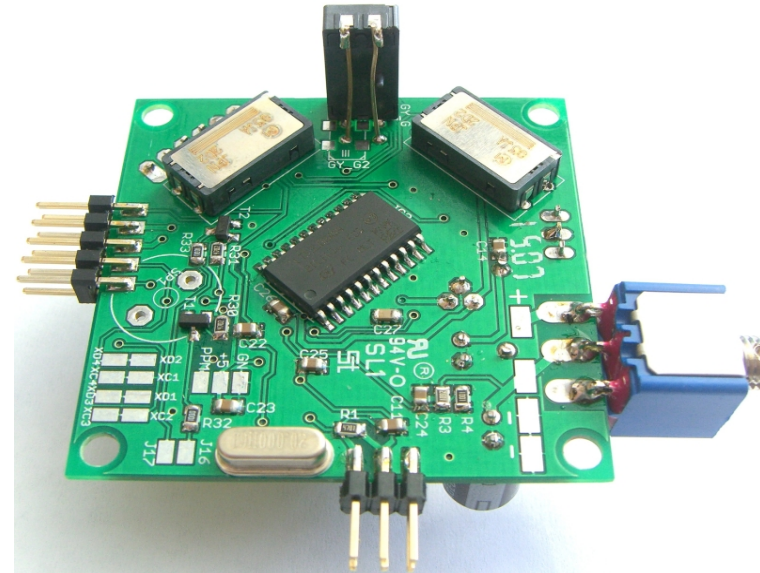
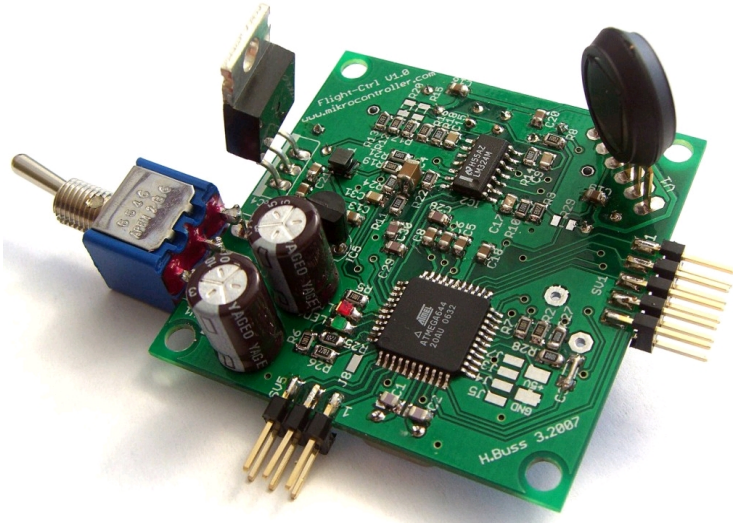
**Hilfsmittel**

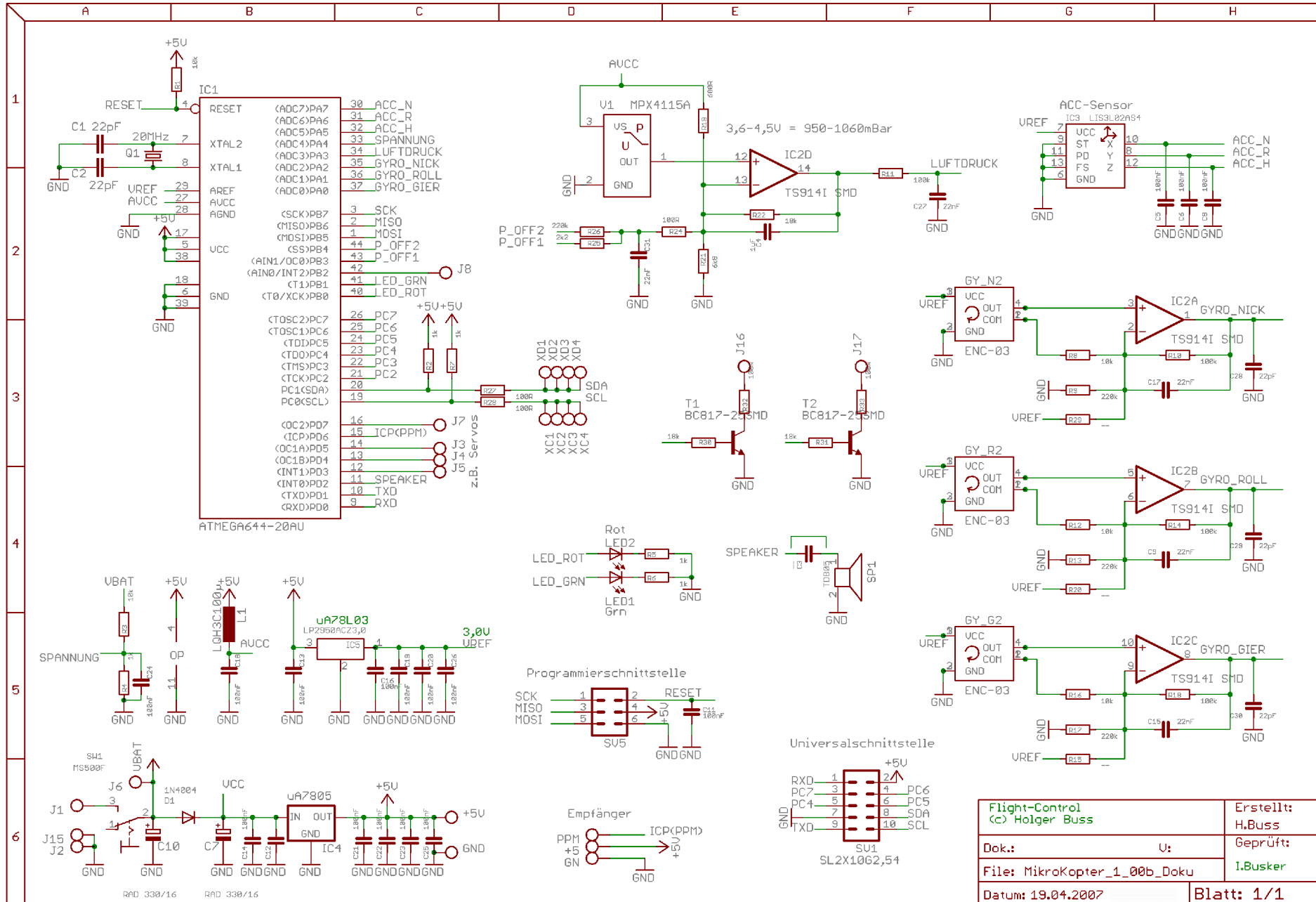
- Edsyn FL 22                    SMD-Flussmittel
- Entlötlitze AA                Entlötlitze 1,5mm
- Lötzinn AG 0,507            Lötzinn 0,5mm
- Temperaturgeregelter LötKolben mit feiner Spitze
- Multimeter

# Bestückungsplan



**Photos der fertig bestückten Platine**





|                                   |    |                     |
|-----------------------------------|----|---------------------|
| Flight-Control<br>(C) Holger Buss |    | Erstellt:<br>H.Buss |
| Dok.:                             | U: | Geprüft:            |
| File: MikroKopter_1_00b_Doku      |    | I.Busser            |
| Datum: 19.04.2007                 |    | Blatt: 1/1          |