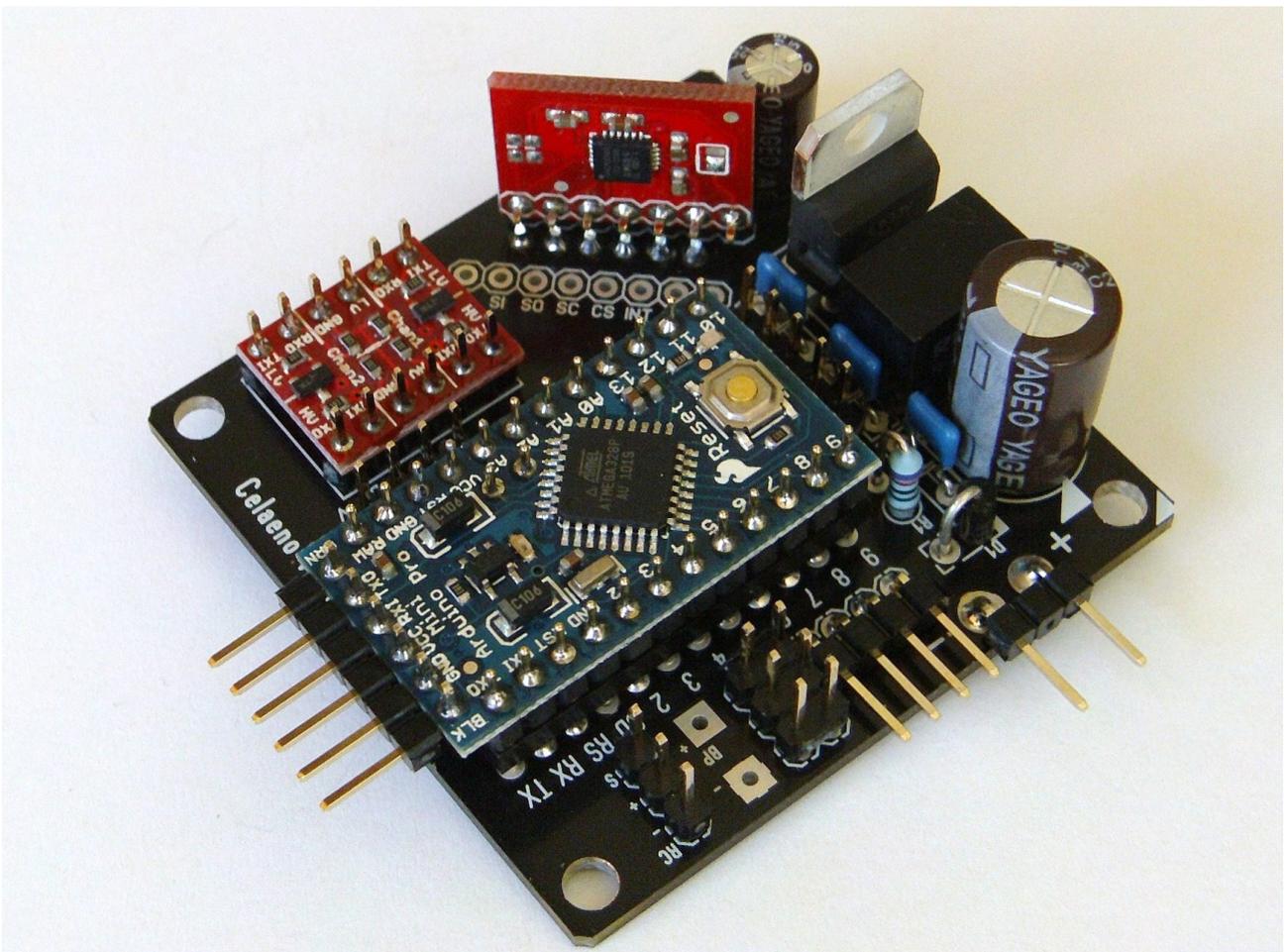


Plejad Celaeno Multicoptersteuerung Version 1.0

Aufbau und Bedienungsanleitung



Stand 04. Mai 2011

Inhaltsverzeichnis

1	Warnhinweise.....	4
2	Was ist neu ?.....	5
2.1	Firmware 0011.....	5
2.2	Firmware 0014.....	5
3	Einführung.....	6
3.1	Funktionsweise.....	6
3.2	Features.....	7
3.3	Multicopter-Wissen.....	8
4	Aufbau der Platine.....	10
4.1	Benötigte Komponenten.....	10
4.2	Bestückung der Platine.....	12
4.3	Kontrolle der Bestückung.....	31
4.4	Elektrischer Test.....	31
4.5	Vorbereiten des FTDI Breakout Boards.....	32
4.6	Aufbau des LCD Terminals.....	34
4.7	Installation der PC-Software.....	38
4.8	Einspielen der Firmware auf die Celaeno Platine.....	39
4.9	Erste Inbetriebnahme.....	41
4.10	Funktionstest.....	43
5	Beschleunigungssensor/Luftdrucksensor (optional).....	44
5.1	Grundlagen.....	44
5.2	Einbau.....	45
5.3	Wichtige Tips zum Beschleunigungssensor.....	49
5.4	Funktionstest.....	50
5.5	Luftdrucksensor.....	51
6	Anschlüsse.....	53
6.1	Übersicht der Anschlüsse.....	53
6.2	Akku.....	53
6.3	Summer.....	53
6.4	LED-Schaltausgänge.....	53
6.5	RC PPM-Summensignaleingang.....	54
6.6	Motor 1-4 für Standardregler.....	54
6.7	Servoausgänge.....	54
6.8	I ² C Erweiterungsanschluß.....	55
6.9	Serielle Schnittstelle.....	55
7	Zusammenbau des Multicopters.....	56
7.1	Benötigte Komponenten.....	56
7.2	Wichtige Tips für den Zusammenbau.....	56
7.3	Montage der Celaeno Platine.....	57
7.4	Verkabelung (PWM Standardregler).....	58
7.5	Verkabelung (I ² C).....	59
7.6	Ausrichtung der Celaeno Platine und Motordrehrichtungen.....	60
8	Bedienungsanleitung.....	61
8.1	Einführung.....	61
8.2	Anlernen der Fernbedienung.....	61
8.3	Copter einschalten.....	62
8.4	Fernsteuerungs-Befehle.....	63

8.5	Flugbetrieb.....	64
8.6	Einstellen über das LCD Terminal.....	65
8.7	Einstellungen und Flugbetrieb mit dem Beschleunigungssensor.....	75
8.8	Feintuning des Flugreglers.....	79
9	Anhang.....	82
9.1	Garantierausschlussklärung.....	82

1 Warnhinweise

Jedes motorisierte Fluggerät mit rotierenden Propellern - so auch ein Multicopter - ist potenziell gefährlich und kann bei unsachgemäßer Benutzung oder im Fehlerfall Schäden an Leib und Leben sowie an Sachgegenständen verursachen!

Ein Multicopter gehört deshalb nicht in Kinderhände! Eine Modellflughaftpflichtversicherung ist vor dem ersten Start abzuschließen, da die meisten Privathaftpflichtversicherungen keine Schäden durch Flugmodelle absichern! Nicht über Personen oder Tiere fliegen!

Bei ersten Tests und/oder nach Veränderungen am Fluggerät unbedingt die Propeller abmontieren!

Immer den Sender eingeschaltet lassen, wenn der Copter eingeschaltet ist.

Da wir den sach- und ordnungsgemäßen Ein- und Zusammenbau des Copters und der Celaeno-Steuerplatine nicht kontrollieren können, kann für etwaige Schäden oder Verletzungen keine Haftung übernommen werden.

Wir gehen in jedem Fall davon aus, dass Sie Erfahrung im Umgang mit motorisierten Flugmodellen und Computerfernsteuerungen haben. Als Anfänger sollten Sie sich unbedingt von einem erfahrenen Kollegen helfen lassen. Wenn Sie Niemanden kennen, wenden Sie sich an einen Modellflug-Verein, wo Sie das Fliegen und den richtigen Umgang mit Multicoptern lernen.

Für die Celaeno Bordelektronik existiert auch ein Internet-Diskussionsforum (<http://www.modellflug-online.at/php5/include.php?path=forumscategory&catid=65>), wo Ihnen Entwickler, Tester und erfahrene Benutzer mit Rat und Tat zur Seite stehen.

Beachten Sie bitte auch die Garantieausschlusserklärung am Ende dieses Dokuments.

2 Was ist neu ?

Die folgende Liste beschreibt kurz die Neuerungen der einzelnen Firmware-Versionen:

2.1 Firmware 0011

- Erste Version der Celaeno Firmware (nur Heading Hold Modus)

2.2 Firmware 0014

- Automatische Stabilisierung in horizontaler Neutrallage per ACC-Sensor (im Flug schaltbar)
- Aktiver Nick-/Roll- Neigungsausgleich für Kameras (falls ACC-Sensor installiert ist)
- Unterstützung für Tricopter (Gierservo-Ausgang)
- Verbesserte Fluglageregelung (bis zu 20% schneller)
- Schnellere I²C-Bus Ansteuerung
- Experimentelle Unterstützung des Luftdrucksensors (Barometrische Höhenregelung)

3 Einführung

Celaeno ist eine Bordelektronik für Multicopter mit 4 oder mehr Rotoren. Ein solcher Multicopter besteht aus einer geraden¹ Anzahl von Rotoren, die sich paarweise gegenläufig drehen. Auf diese Weise ist keine komplizierte herkömmliche Hubschrauber-Mechanik (wie z.B. Taumelscheibe, Paddelstange oder Anlenkungen) notwendig, da nur Elektromotoren mit direkt montierten Propellern zum Einsatz kommen. Die Bewegungen des Copters werden ausschließlich über Drehzahländerungen der Motoren gesteuert. Die Celaeno Bordelektronik übernimmt die Steuerung dieser Drehzahländerungen mittels 3 hochwertiger Drehratensensoren („Gyroskopen“), um den Multicopter in einer stabilen Fluglage zu halten.

3.1 Funktionsweise

Flugrichtung, Geschwindigkeit und Höhe eines Multicopters werden nur durch die Drehzahldifferenzen der einzelnen Rotoren kontrolliert. Abbildung 1, weiter unten zeigt einen Multicopter mit vier Rotoren - genannt „Quadrocopter“. Bei diesem Fluggerät drehen sich der vordere und hintere Rotor im Uhrzeigersinn und der linke und rechte Rotor entgegen dem Uhrzeigersinn. So sind, wie bei allen Multicoptern die Drehmomente aller Motoren ausgeglichen.

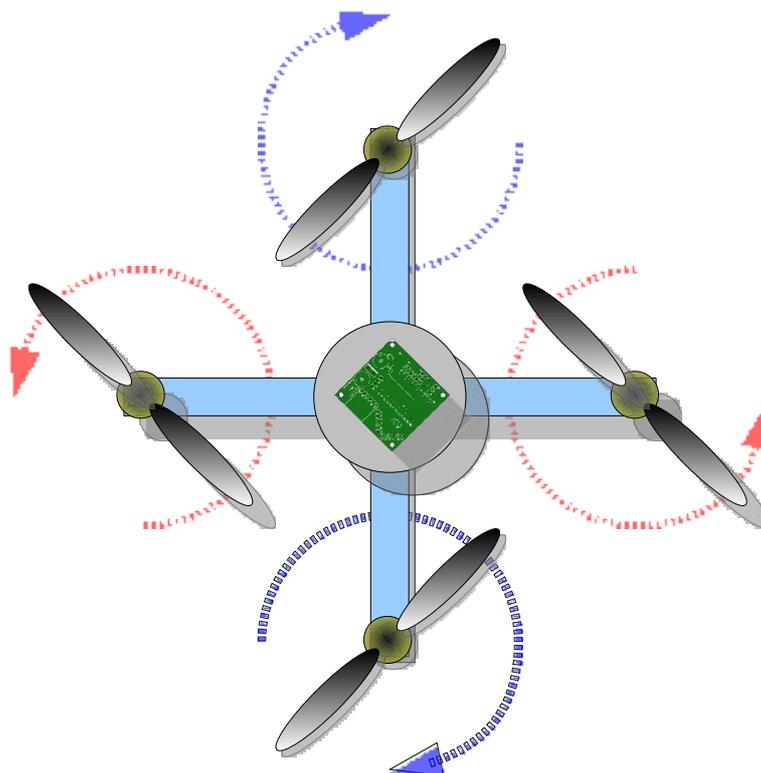


Abbildung 1: Quadrocopter

Um z.B. nach vorne zu steuern, muss der hintere Rotor schneller als der vordere drehen. Dreht der linke Rotor schneller als der rechte, so verursacht dies eine Bewegung nach rechts. Um eine Drehung um die Hochachse z.B. nach links auszuführen, werden die links drehenden Rotoren verlangsamt, und die rechts drehenden Rotoren beschleunigt, sodass die Drehmoment-Differenz sich auf den gesamten Copter überträgt. Höhe und Geschwindigkeit werden gesteuert, indem alle Motoren schneller oder langsamer drehen.

¹ Ausnahme: Tricopter (siehe dazu weiter hinten)

Damit so ein Flugmodell überhaupt steuerbar ist, müssen die Geschwindigkeiten aller Rotoren ständig und in sehr kurzen Zeitabständen (ca. 1-2 Millisekunden) nachgeregelt werden. Die Celaeno Steuerelektronik misst mittels 3 Drehratensensoren („Gyroskopen“) die Bewegungen des Modells in allen 3 Raumachsen und wirkt einem Abkippen aktiv entgegen.

Alternativ können auch andere Multicopter-Konfigurationen (z.B. mit 6, 8 oder 12 Rotoren) gesteuert werden. Siehe dazu auch Kapitel 3.3.

3.2 Features

Celaeno steuert sämtliche Grundfunktionen eines Multicopters und bietet auch noch einige Extras zur Ansteuerung von Erweiterungen:

- 3-Achs Lagestabilisierung mittels hochwertiger MEMS Gyrosensoren
- Automatische Stabilisierung in horizontaler Neutrallage per ACC-Sensor (im Flug schaltbar)
- Aktiver Nick-/Roll- Neigungsausgleich für Kameras (falls ACC-Sensor installiert ist)
- Unterstützung für Tricopter (Gierservo-Ausgang)
- Sockel für Luftdrucksensor
- Ansteuerung von beliebig vielen Brushless-Motoren durch Unterstützung von 4 PWM Ausgängen und I²C Bus (derzeit durch die Software limitiert auf max. 8 Motoren)
- 2 Servoausgänge und 4 schaltbare LED-Ausgänge
- Anschluss für LCD Terminal oder OLED Display zur Parametrierung/Analyse auf dem Flugfeld
- Dekodierung des PPM Summensignals von bis zu 8 RC Kanälen
- Summer, LED für Akkuspannungswarnung und Settingswahl

Rund um das Standard-Arduino Board wird die gesamte Platine mit bedrahteten, leicht beschaffbaren Bauteilen aufgebaut.

Besonderheiten:

- Automatisches Einlernen der Fernsteuerkanäle und Ausschläge (incl. Kanal-Reverse)
- Parametrierung und Feintuning rein per Fernsteuerung möglich (keine PC-Software nötig)
- Optionales LCD oder OLED-Terminal zur einfacheren Parametrierung
- Updatefähig via USB
- Serielle Telemetriefunktionen (optional via Bluetooth)
- Zukünftige Erweiterungen oder selbstdesignte Erweiterungsboards anschließbar via I²C Bus oder serielle Schnittstelle
- Prozessorupgrades und Multiprocessing-Support durch Austausch der Arduino-Platine

3.3 Multicopter-Wissen

In diesem Kapitel werden einige wissenswerte Grundinformationen über Multicopter gegeben. Diese sollen zum besseren Verständnis beim Aufbau des Flugmodells dienen.

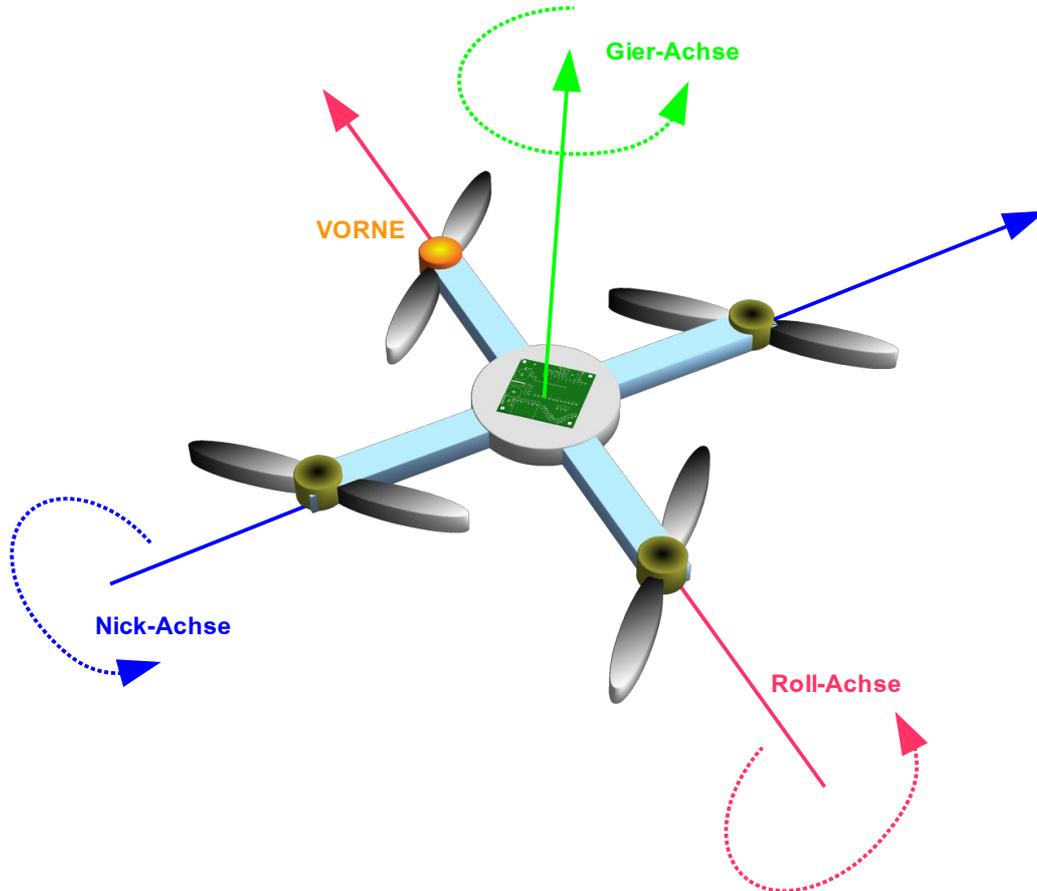


Abbildung 2: Multicopter-Achsen

Wie in Abbildung 2 dargestellt, wird ein Multicopter (so wie auch ein Hubschrauber) über Bewegungen in 3 Achsen gesteuert. Da diese Copter meist keine eindeutig erkennbare Vorderseite haben, behilft man sich mit einer optischen Markierung (z.B. rot gefärbter Front-Ausleger, LED Beleuchtung, etc.) und definiert davon ausgehend die Flugrichtung und Achsen:

- Längsachse in Flugrichtung: **Roll**
- Querachse zur Flugrichtung: **Nick**
- Hochachse: **Gier**

Zusätzlich zu Steuerbefehlen für die 3 Achsen, erhält der Multicopter noch „Gas“-Kommandos, welche die Drehzahl aller Motoren beeinflussen und somit das Fluggerät steigen oder sinken lassen.

Die Steuerung der Achsen und des Gaswertes werden vor dem ersten Flug den Knüppeln der Fernsteuerung zugeordnet. Welcher Knüppel welche Achse kontrolliert, kann bei Celaeno völlig frei nach den Vorlieben und Gewohnheiten des Piloten gewählt werden. Mittels der „Nick“-Funktion kann der Copter also nach

vorne und hinten geneigt werden, wodurch er auch in diese Richtung Fahrt aufnimmt. Die „Roll“-Funktion lässt den Copter nach links- oder rechts neigen und beschleunigen, während die „Gier“-Funktion ihn einfach auf der Stelle rotieren lässt.

Beim Fliegen erhält also jeder Motor eine **Drehzahlvorgabe**, die sich aus dem „Gas“-Wert zuzüglich oder abzüglich des momentanen Richtungs-Kommandos für die jeweilige Achse ergibt. Würde man z.B. mit 40% Gas fliegen und dabei leicht nach links steuern, dann erhielte der linke Motor eine Drehzahlvorgabe etwas unter 40% und der rechte Motor etwas über 40%.

Dieses Beispiel ist leider ziemlich stark vereinfacht. Welche Drehzahlvorgabe jeder Motor bei einer bestimmten Gasknüppel-Stellung tatsächlich erhält, hängt in Wirklichkeit von der sogenannten **Fluglageregelung** ab, die in Celaeno abläuft. In die oben genannte Rechnung fließen auch noch die aktuellen Werte der **Drehratensensoren** ein, die dafür sorgen, dass der Copter in einer kontrollierbaren Fluglage bleibt und nicht einfach weg kippt.

Dabei gibt der Pilot mit den Steuerknüppeln für die 3 Achsen die **Geschwindigkeit** vor, mit der sich der Copter um eine bestimmte Achse drehen soll. Sind alle Knüppel in Neutralstellung, dann sollte sich der Copter um keine der 3 Achsen bewegen. Je stärker ein Knüppel bewegt wird, desto schneller versucht Celaeno das Modell zu drehen.

Ein weiterer wichtiger Begriff, der eigentlich oben schon beschrieben wurde ist der sogenannte **Mischer**:

Er sorgt dafür, dass die gewünschten Drehungen um eine Achse auch an die richtigen Motoren gehen (also z.B. die linken und rechten Motoren für die Roll-Achse). Bei einem Multicopter mit 4 Motoren, die symmetrisch zu einem Kreuz angeordnet sind, ist das ganz einfach und funktioniert wie oben beschrieben.

Hat jedoch der Copter eine asymmetrische Form oder sehr viele Motoren, so wird der Mischer doch etwas aufwändiger. Wer mit einem Quadrocopter beginnt, den braucht das ganze nicht zu kümmern, da Celaeno bereits alles automatisch kann. Wer jedoch einen Copter in „Y“ oder „H“-Form bauen möchte, der kann sich mithilfe Celaenos eigene Mischertabellen erstellen, die die Kraft so verteilen, dass auch bei diesen Konfigurationen alle Drehmomente ausgeglichen sind und Drehungen um die Achse wie gewünscht funktionieren.

Fertige Mischertabellen für andere Copter-Bauformen gibt es auch auf der [plejad.net](http://www.plejad.net) Homepage zum Download.

4 Aufbau der Platine

Dieses Kapitel beschreibt die notwendigen Schritte zum Aufbau und die ersten Tests der Celaeno Platine.

Abschnitt 4.1 beinhaltet eine Liste der Benötigten Bauteile und zusätzlichen Komponenten (incl. möglicher Bezugsquellen) und Abschnitt 4.2 beschreibt die Arbeitsschritte, die gemacht werden müssen.

Industriell gefertigte unbestückte Platinen sowie komplette Bausätze sind verfügbar im plejad.net Onlineshop (<http://shop.plejad.net>).

4.1 Benötigte Komponenten

Bauteile für Celaeno-Platine				
Anz.	Referenz	Bauteil	Hinweis	Bestellnummer
1	Platine	Celaeno-Platine unbestückt	Die Celaeno Platine erhältlich unter http://www.plejad.net	
1	Stiftl.	Stiftleisten 1x40 polig RM 2,54	Stiftleisten für Motoranschlüsse (M1-M4), Empfänger (RC) und LED-Anschlüsse (L1-L4)	[C] 741146-62
3	Stiftl.	Stiftleiste 1x10 polig abgewinkelt RM 2,54	Stiftleiste für Arduino Programmierschnittstelle und Gyros	[C] 741346-62
1	Stiftl.	Break Away Headers - Machine Pin	Stiftleiste für Arduino-“Sockel“	[S] PRT-00117
1	Buchsenl.	Break Away Female Headers - Swiss Machine Pin	Buchsenleiste für Arduino-“Sockel“	[S] PRT-00743
1	DILS	DIL 24 Sockel	Sockel für Arduino	[C] 189650-62
1	ARDU	Arduino Pro Mini 328 - 5V/16MHz	Arduino Pro Mini Board	[S] DEV-09218
1	IC1	DC/DC-WANDLER INNOLINE R-785.0-1.0 SIP3	Recom Schaltspannungswandler 5V 1A (Einbaurichtung beachten)	[C] 154496-62
1	IC2	SPANNUNGSREGLER LD1117V33-ST	Low-Drop-Spannungsregler 0,8 A, positiv (Einbaurichtung beachten)	[C] 147028-62
1	D1	Diode 1N4007 1000V/1A	Diode (Einbaurichtung beachten)	[C] 162272-62
2	C2, C3, C5, C6	Keramikkondensator X7R 100 nF	Keramikkondensator (Polung egal)	[C] 500956-62
1	R1	WIDERSTAND METALL 0,6 W 0,1% 10 K-Ohm BF 0207	Metallschicht-Widerstand 10 k-Ohm	[C] 423483-62
1	R2	WIDERSTAND METALL 0,6 W 0,1% 2,2 K-Ohm BF 0207	Metallschicht-Widerstand 2,2 k-Ohm	[C] 423408-62
2	R3, R4	WIDERSTAND METALL 0,6 W 0,1% 1K-Ohm BF 0207	Metallschicht-Widerstand 1 k-Ohm	[C] 423360-62

1	C1	ELKO RAD. 105°C 1000µF 16V 10X15 RM5	ELKO Radial 1000µF 16V, Durchmesser 10mm, Rastermaß 5mm (Polung beachten)	[C] 445386-62
1	C4	ELKO RAD. 105°C 100µF 25V 6X11RM2,5G	ELKO Radial 100µF 25V, Durchmesser 6mm, Rastermaß 2,5mm (Polung beachten)	[C] 445453-62
1	Summer	SIGNALGEBER AL-60SP05/HT	Signalgeber 4-7V	[C] 541347-62
1	Gyro	Gyro Breakout Board - ITG 3200 - 2000° /s	MEMS-Gyroskop auf Breakoutboard (Einbaurichtungen und Lage beachten)	[S] SEN-09801
1	LEVS	Logic Level Converter	Pegelwandler für I ² C-Bus (Einbaurichtungen und Lage beachten)	[S] BOB-08745

Bauteile für Beschleunigungssensor und Luftdrucksensor

Anz.	Referenz	Bauteil	Hinweis	Bestellnummer
1	ACC	ACC Breakout Board BMA180	3-Achs Beschleunigungssensor	[S] SEN-09723
1	Stiftl.	Break Away Headers - Right Angle	Stiftleiste 40 polig mit langen Pins	[S] PRT-00553
1	Baro	Luftdrucksensor Breakout Board BMP085	Luftdrucksensor	[S] SEN-09694

Bauteile für Programmieradapter

Anz.	Referenz	Bauteil	Hinweis	Bestellnummer
1	FTDI Basic	FTDI Basic Breakout - 5V	USB zu TTL Wandler: FTDI Basic Breakout	[S] DEV-09115
1	Buchsenl.	Arduino Stackable Header - 6 Pin	Buchsenleiste 6 polig mit langen Pins	[S] PRT-09280
1	USB Kabel	USB miniB Cable - 6 Foot	USB Anschlusskabel mini - B	[S] CAB-00598

Bauteile für LCD Terminal

Anz.	Referenz	Bauteil	Hinweis	Bestellnummer
1	LCD Modul	Serial Enabled 16x2 LCD - White on Black 5V	Seriell Ansteuerbares LCD mit 16x2 Zeichen	[S] LCD-09395
1	Buchsenl.	Arduino Stackable Header - 6 Pin	Buchsenleiste 6 polig mit langen Pins	[S] PRT-09280
1	Servo Kabel	Servo Cable - Female to Female	Servoanschlusskabel 2x Buchse	[S] ROB-09187

Legende für Bestellnummern:

[C] = Conrad Bestellnummer (www.conrad.at, www.conrad.de)

[S] = Sparkfun Bestellnummer (www.sparkfun.com)

4.2 Bestückung der Platine



Für diesen Abschnitt gilt: Zuerst lesen und dann löten!!!

Zunächst muss der DIL24-Sockel bearbeitet werden, um Platz für die beiden I²C-Pins zu schaffen (siehe Abbildung unten). Dazu mit einer Schlüsselfeile oder Cuttermesser Material vom DIL24-Sockel entfernen, bis sich die 2-Polige Buchsenleiste leicht daneben einschieben lässt.

Den Sockel jetzt noch nicht auf die Platine löten!

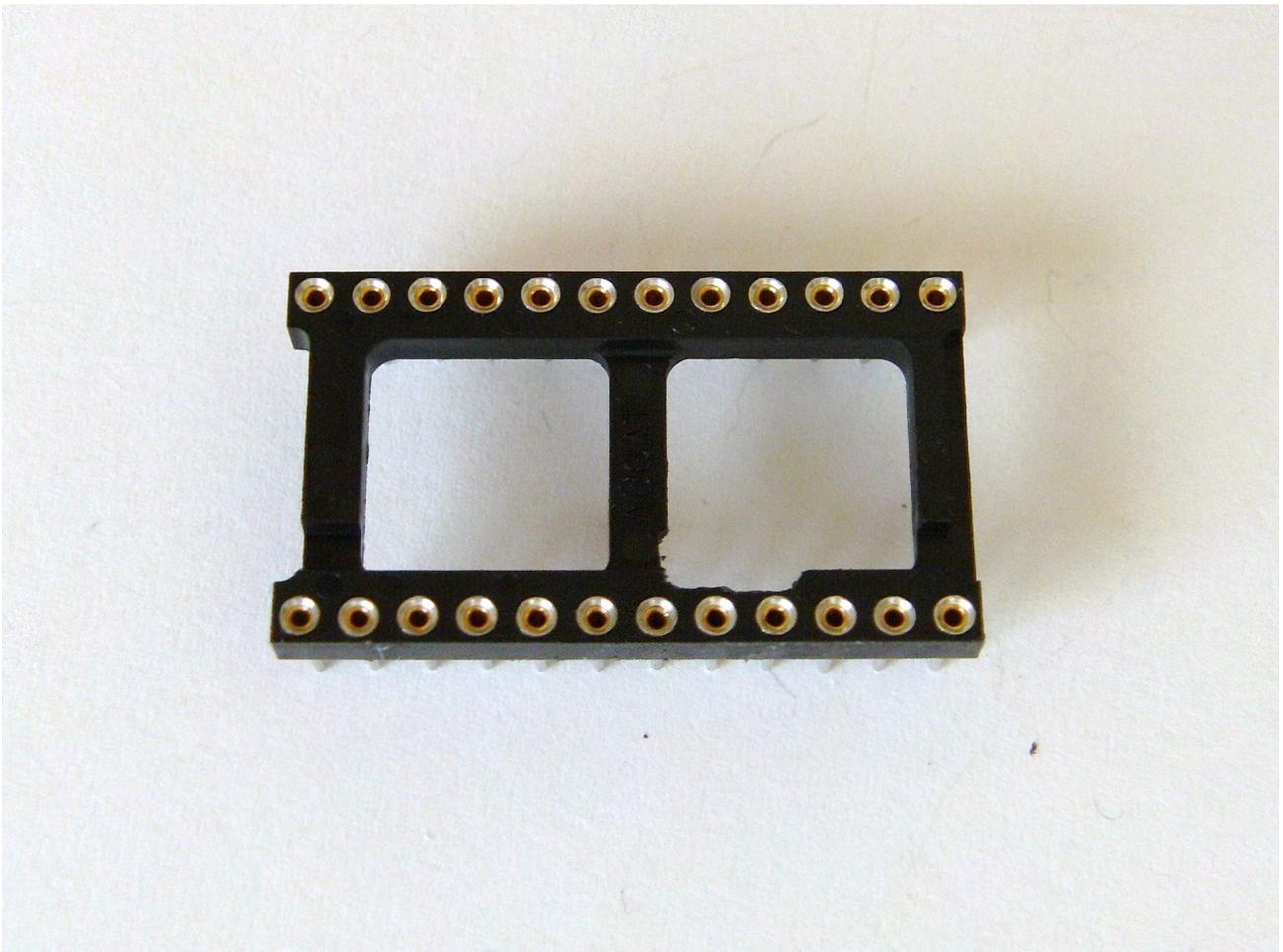


Abbildung 3: Bearbeiteter DIL Sockel

Weiter geht es mit der Bestückung der Bauteile, die später unter dem DIL24-Sockel verborgen sind:

Widerstände R3 und R4

Keramikkondensator C6



Es muss unbedingt darauf geachtet werden, dass

- die richtigen Werte für R3 und R4 verwendet werden (R3 = 1 K-Ohm, R4 = 1 K-Ohm). Falsche Werte können später zur Zerstörung des Arduino-Boards führen.
- R3, R4 möglichst flach auf der Platine liegen und der Kondensator bis zum Anschlag in die Lötungen geschoben wird, um später den Einbau des DIL24-Sockels nicht zu behindern.

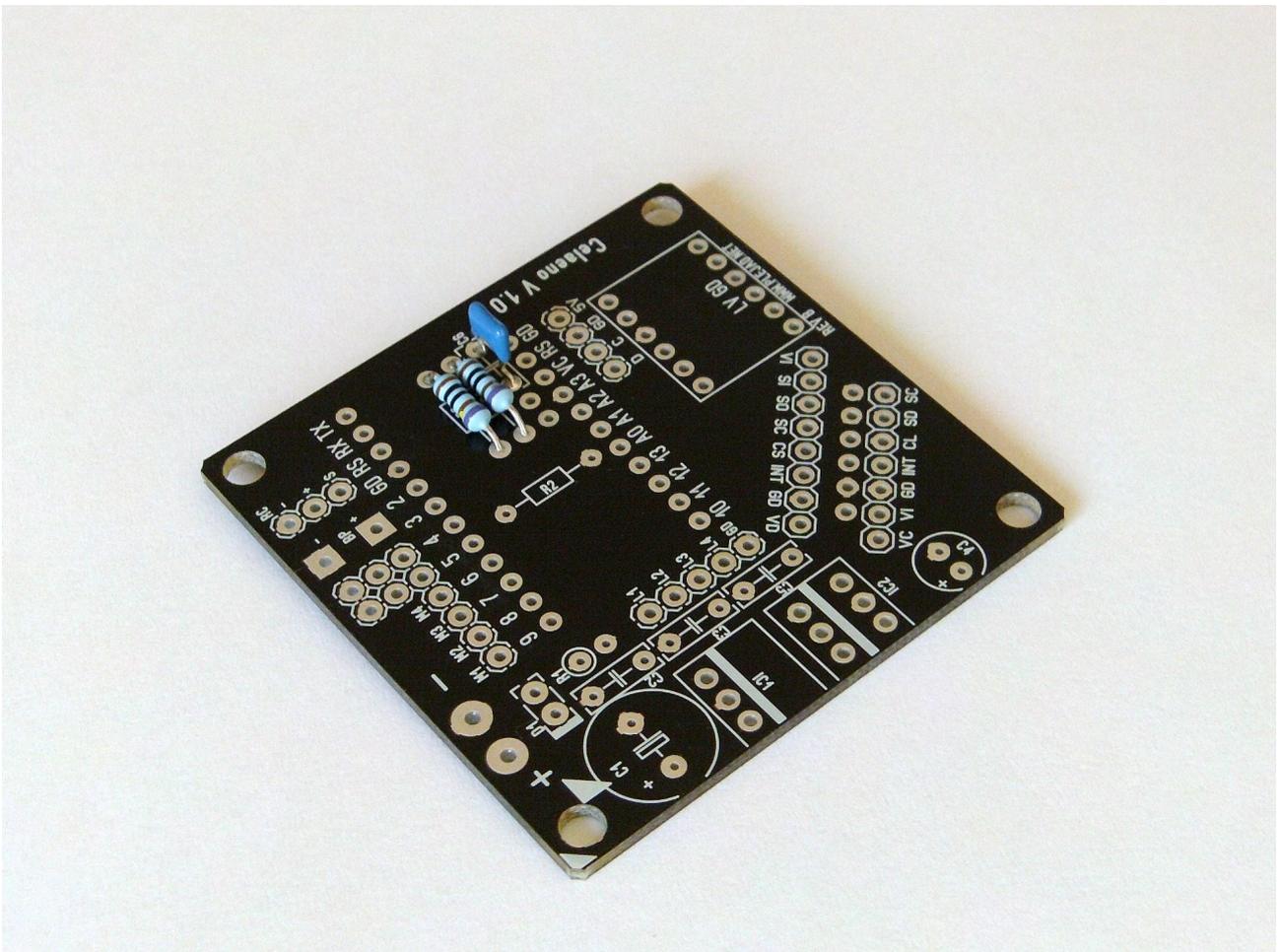


Abbildung 4: Einbau von R3, R4 und C6

Weiter geht es mit den Widerständen R1 und R2.



Es muss unbedingt darauf geachtet werden, dass

- die richtigen Werte für R1 und R2 verwendet werden (R1 = 10 K-Ohm, R2 = 2.2 K-Ohm). Falsche Werte können später zur Zerstörung des Arduino-Boards und sogar zur Überlastung des LiPo-Akkus führen.
- R2 möglichst flach auf der Platine liegt, um später den Einbau des DIL24-Sockels nicht zu behindern.

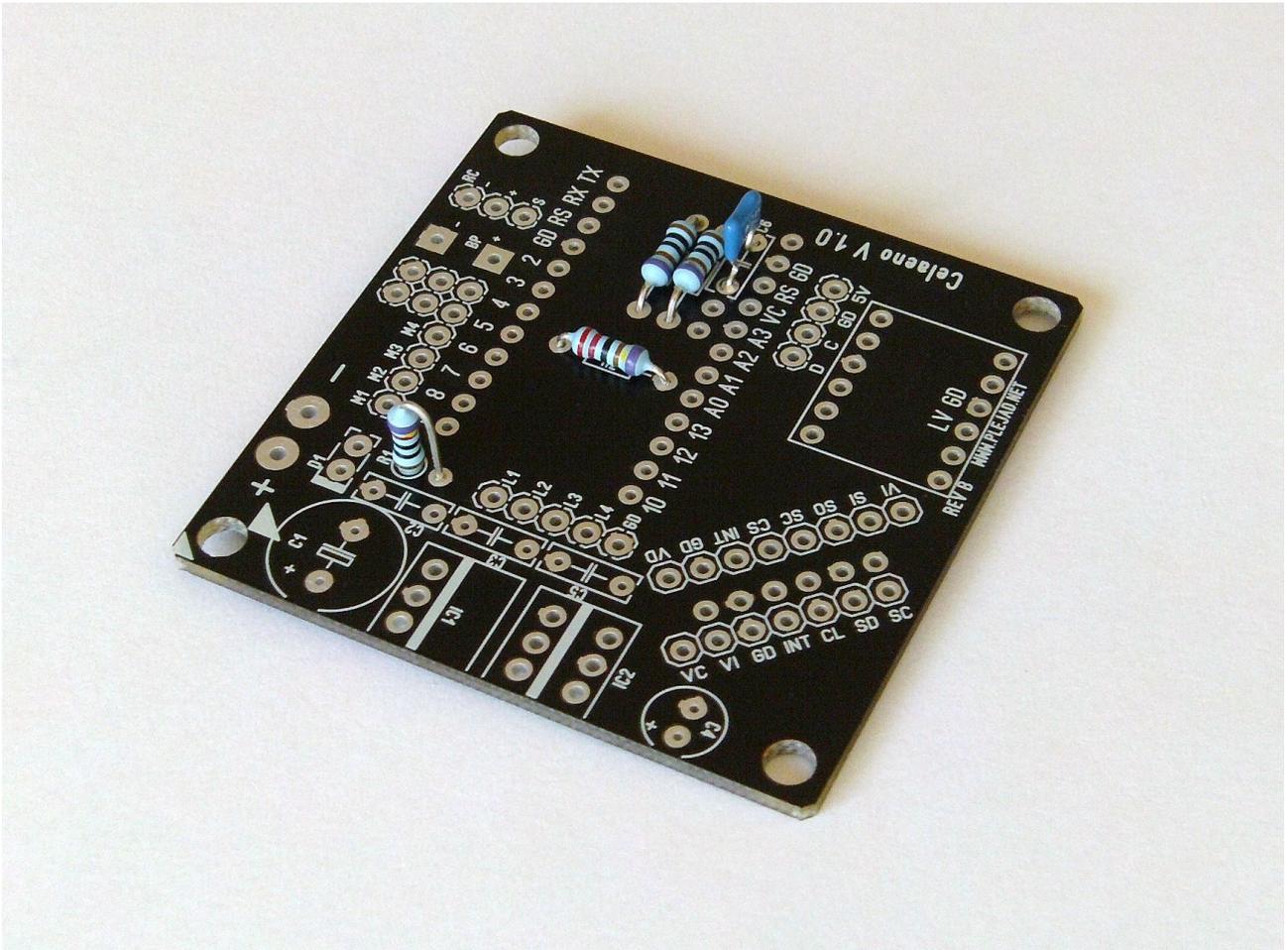


Abbildung 5: Einbau von R1 und R2

Weiter geht es mit den Stiftleisten für die PWM-Motoranschlüsse (M1-M4), sowie (falls gewünscht) für den Akku-Anschluss. Auch der DIL24 - Sockel kann nun verlötet werden.

Für die Motoranschlüsse können - je nach Einbausituation - auch gerade statt der abgewinkelten Stiftleisten verwendet werden.

Für den Akkuanschluss (+/-) können je nach Geschmack auch direkt Kabel in die Lötäugen gelötet werden.

Die Stiftleisten werden entsprechend mit einer scharfen Schere oder Cuttermesser abgelängt und dann eingelötet (siehe Abbildung unten).

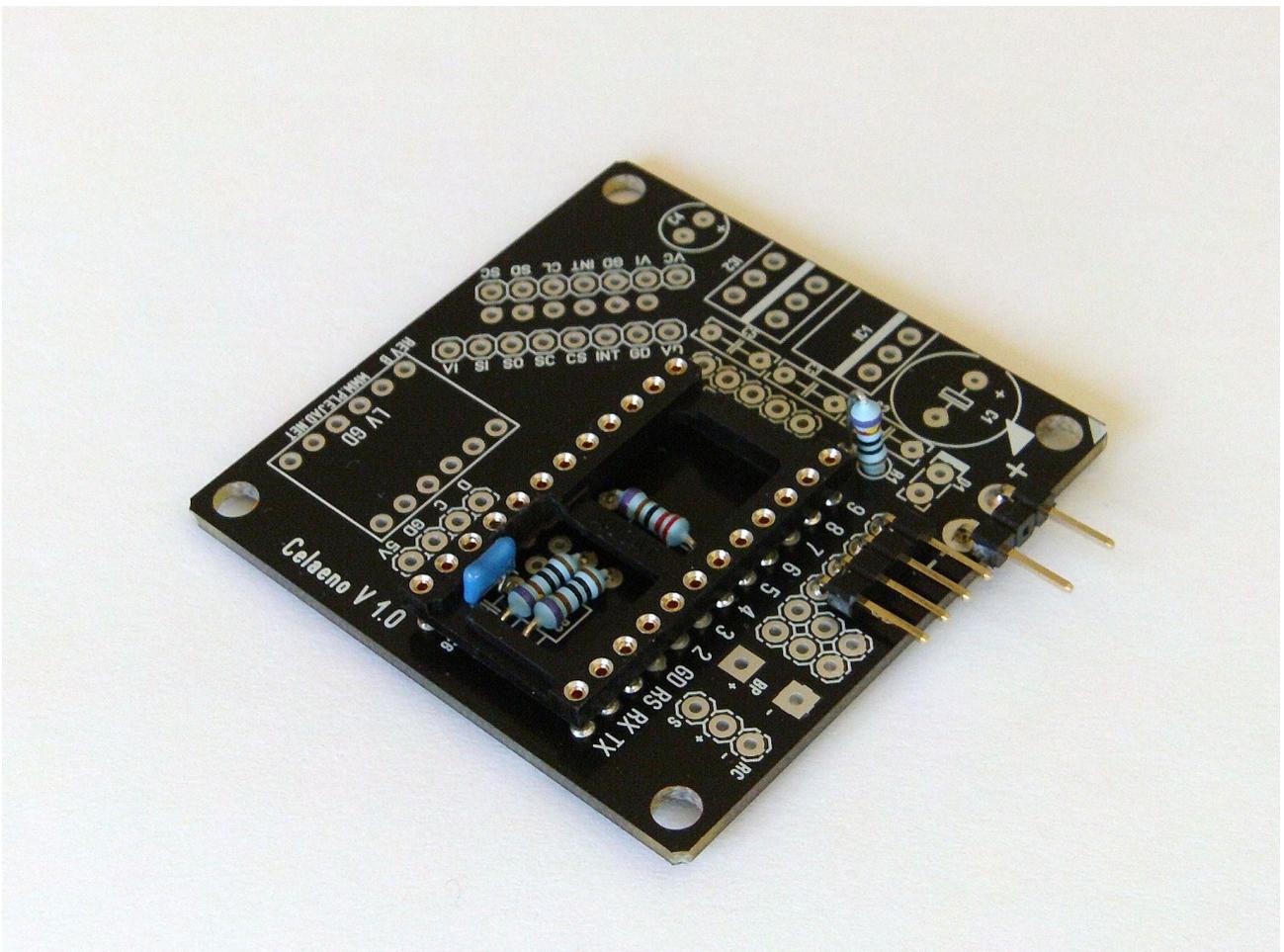


Abbildung 6: Einbau DIL24-Sockel und Stiftleisten

Nun werden die restlichen Stiftleisten für die Servoausgänge, den Empfängeranschluss (RC) sowie dem I²C und LED-Anschluss eingebaut.

Die Stiftleisten werden entsprechend mit einer scharfen Schere oder Cuttermesser abgelängt und dann eingelötet (siehe Abbildung unten).

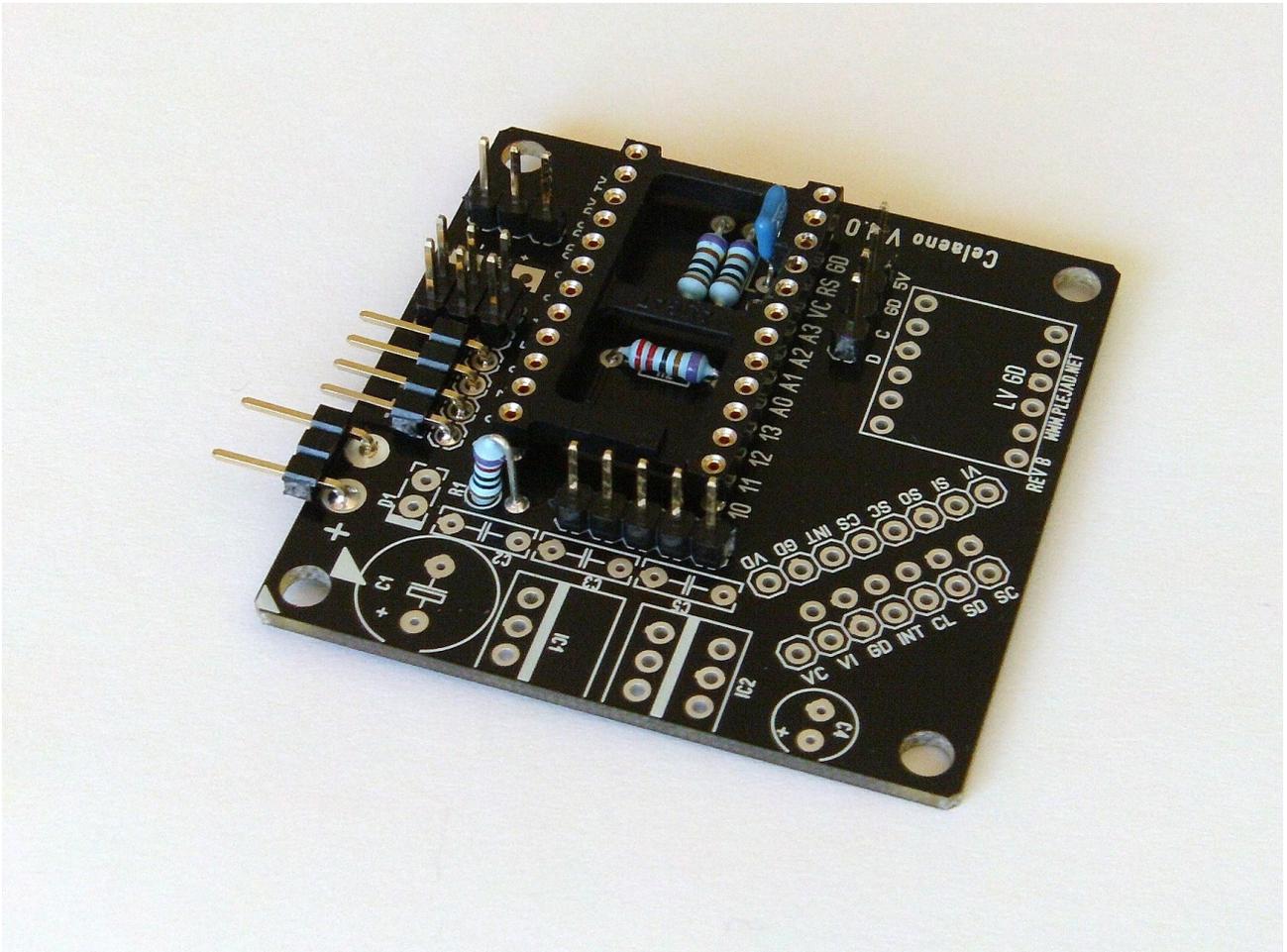


Abbildung 7: Restliche Stiftleisten

Nun erfolgt der Einbau der restlichen Keramik-Kondensatoren C2, C3 und C5 (100 nF). Bei den Keramik-Kondensatoren ist die Einbaurichtung egal.

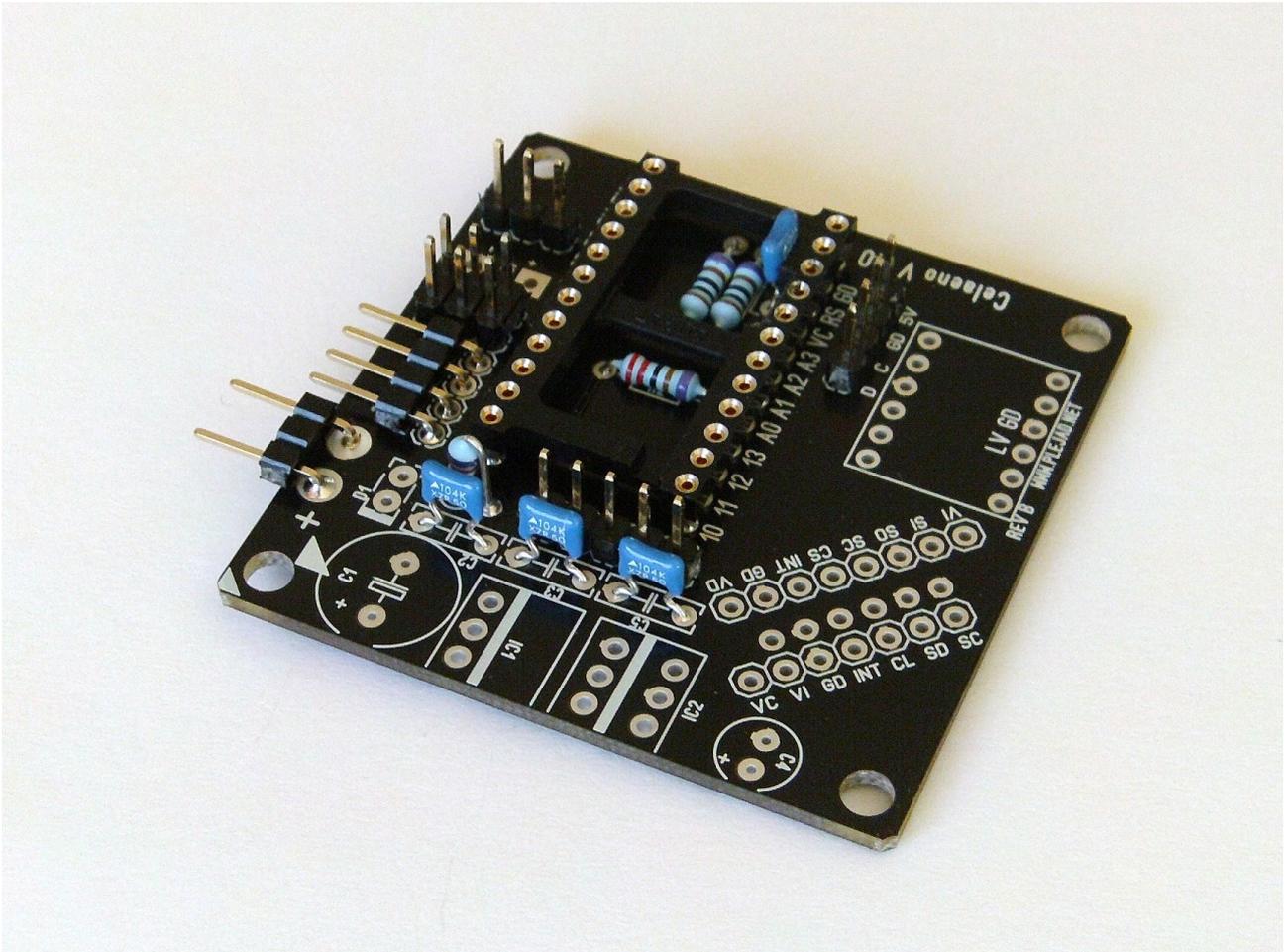


Abbildung 8: Keramik-Kondensatoren

Nun wird der 5V RECOM-Spannungswandler verlötet.



Der Spannungswandler muss entweder

- vor dem Lötten mit Uhu-Por (sparsam, keinen Kleber auf die Beinchen bringen) oder
- nach dem Lötten mit etwas Heisskleber

auf der Platine gesichert werden. Durch das Gewicht des Wandlers und Vibrationen der Motoren brechen ansonsten im Langzeitbetrieb die Beinchen des Spannungsreglers ab.



Es muss unbedingt darauf geachtet werden, dass

- die Beschriftung am Wandler in Richtung des weissen Pfeils auf der Platine zeigt (siehe Abbildung 9)

Der Recom-Spannungswandler ist der am besten geeignete für Celaeno und unbedingt notwendig für den Betrieb an 4S-LiPo Akkus und/oder bei angeschlossenen Servos.

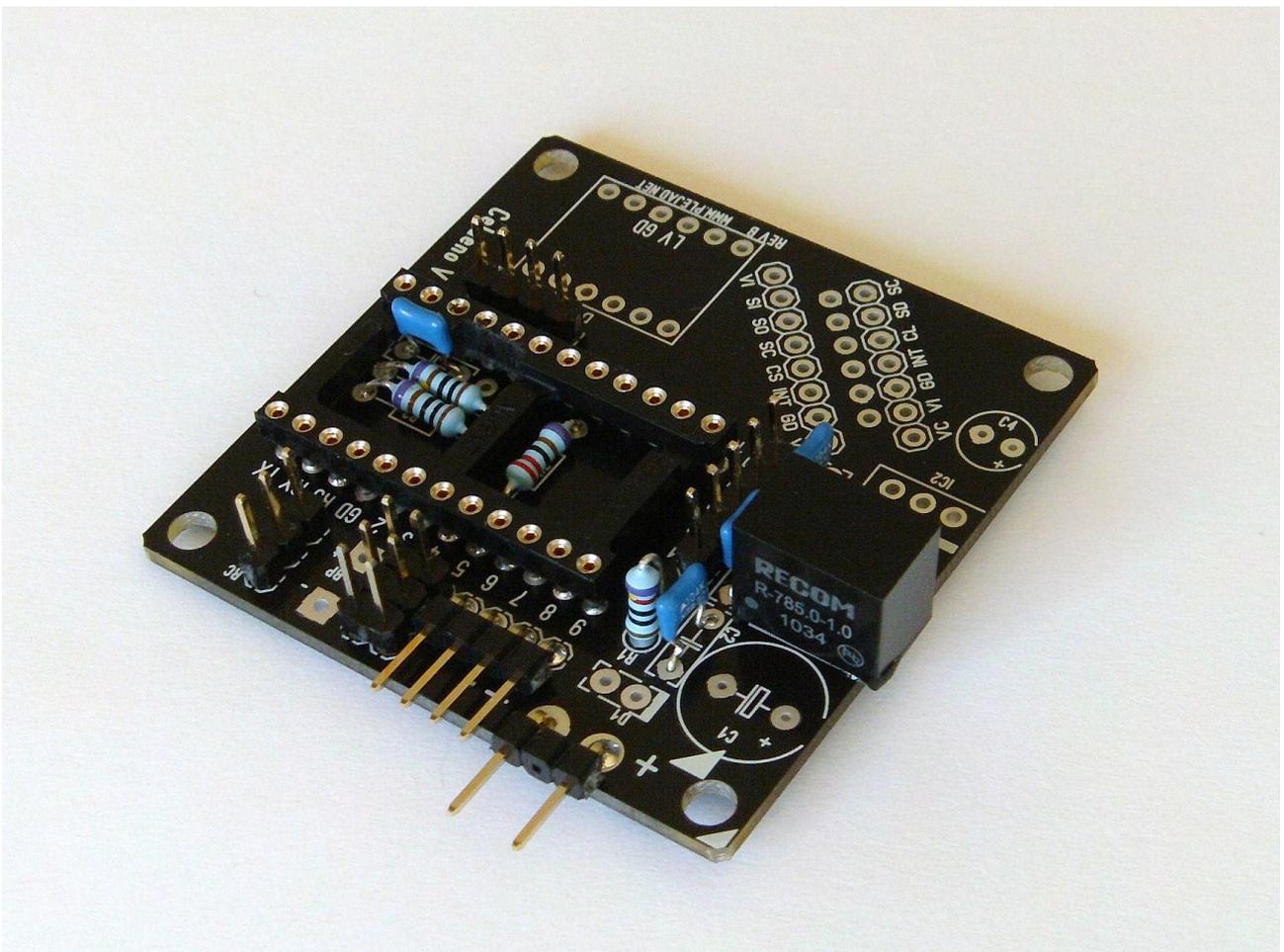


Abbildung 9: Einbau des RECOM Spannungswandlers

Als nächstes kommt der lineare Spannungsregler für die Versorgung der Sensoren an die Reihe:



Es muss unbedingt darauf geachtet werden, dass

- der Linearwandler in die richtigen Lötäugen platziert wird (siehe Abbildung unten)
- die „Metallnase am Wandler“ in Richtung „C4“ zeigt (siehe Abbildung unten)

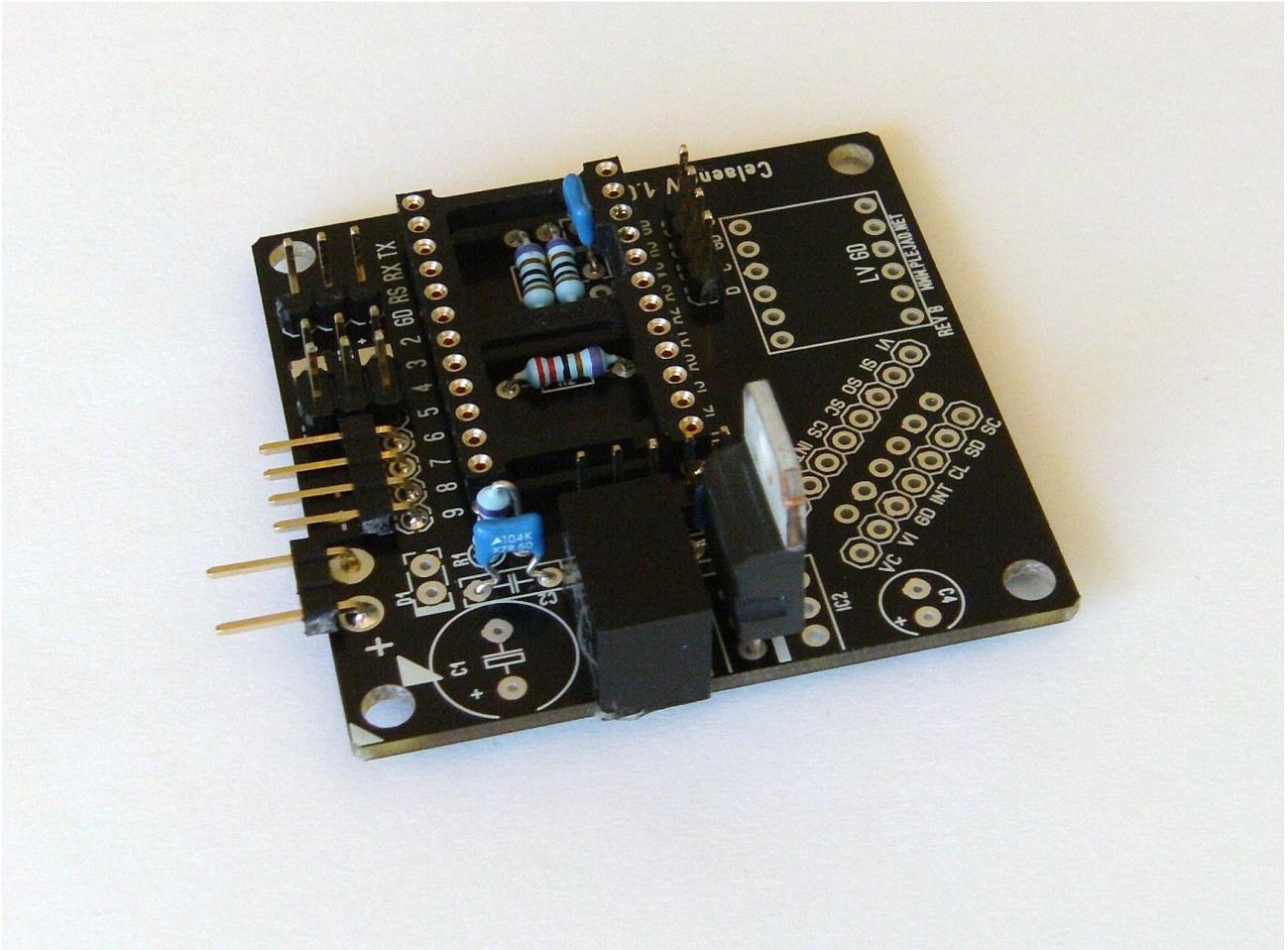


Abbildung 10: Einbau des linearen 3V Spannungswandlers



Die Lötäugen neben dem Linearen Spannungswandler sind für eine alternative Bestückung mit einem 3V Recom Spannungswandler vorgesehen, um eine flachere und leichtere Bauweise (bei höherem Preis) zu erreichen. Mehr dazu im Support-Forum.

Nun erfolgt der Einbau des Diode D1.



Es muss unbedingt darauf geachtet werden, dass

- die Diode richtig eingelötet wird (siehe Abbildung 11): Der aufgedruckte Ring muss zum Indikator (dickerer Strich) auf der Platine zeigen.

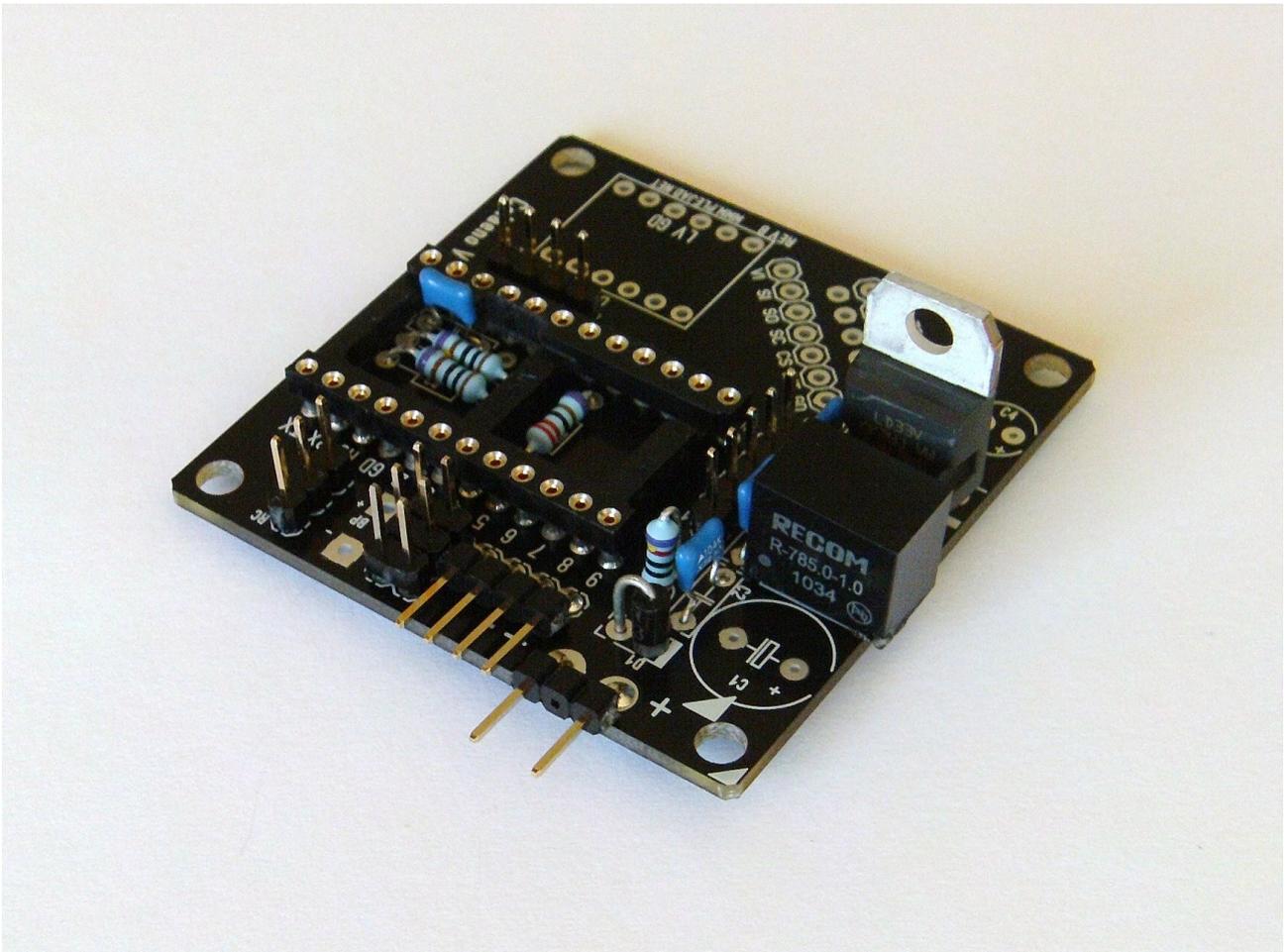


Abbildung 11: Bestückung Diode D1

Weiter geht es mit dem Elektrolytkondensatoren C1 und C4.

! Es muss unbedingt darauf geachtet werden, dass

- die Kondensatoren in der richtigen Polarität eingebaut werden (die Markierungen +/- auf den Kondensatoren müssen mit den Markierungen auf der Platine übereinstimmen)
- die Kondensatoren möglichst direkt auf der Platine aufsitzen, damit später nicht durch Vibrationen die Beinchen unter dem Bauteilgewicht abbrechen

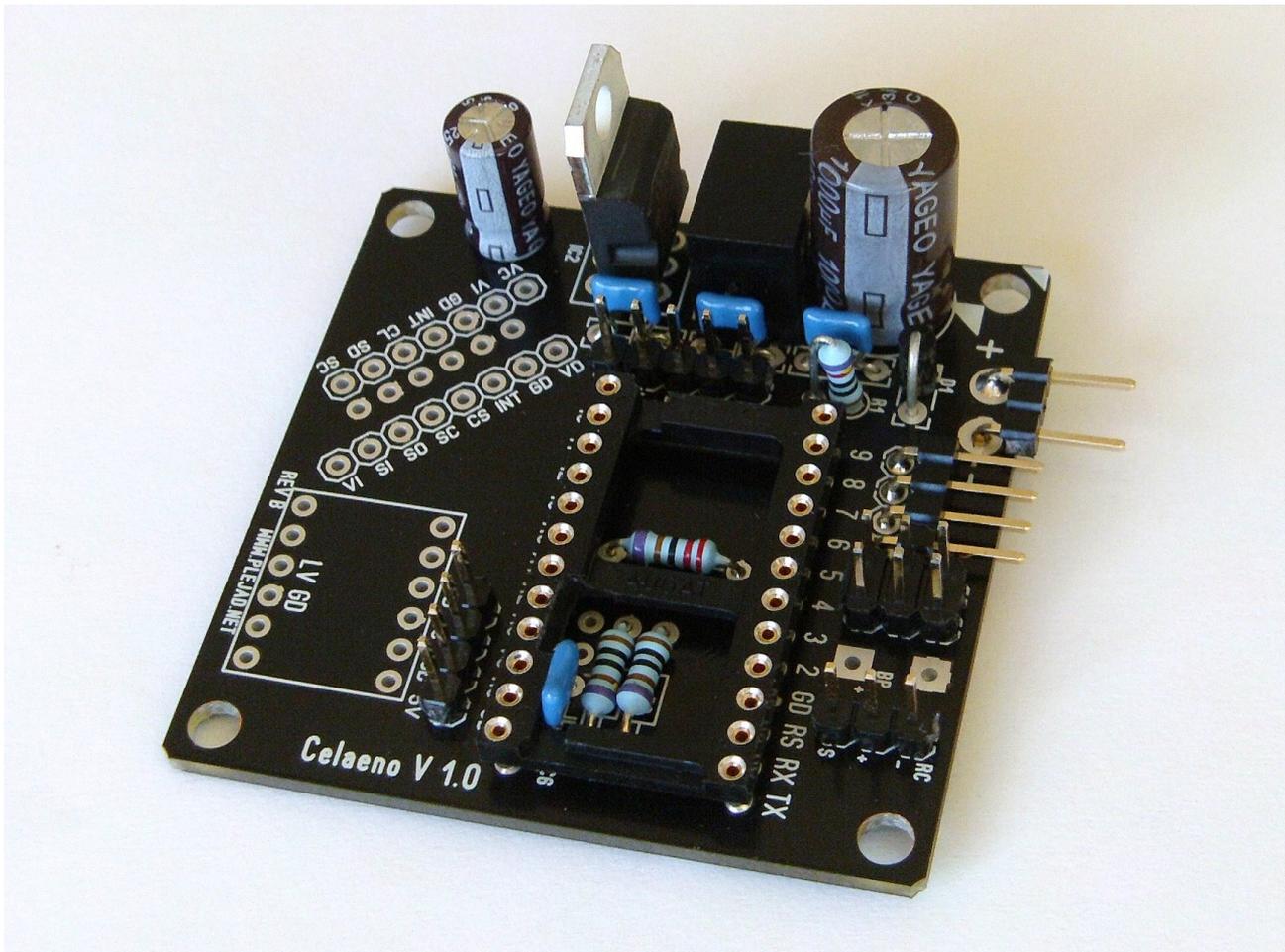


Abbildung 12: Bestückung C1 und C4



Es empfiehlt sich, bereits jetzt einen ersten elektrischen Test (siehe Abschnitt 4.4) der Platine durchzuführen, bevor der Gyro oder das Arduino-Board eingebaut werden.

Weiter geht es mit der Vorbereitung des **Pegelwandlers** für den Einbau.

Auch hier wieder die gerade Stiftleiste passend ablängen und an beiden Seiten des Pegelwandlers anbringen. Die Celaeno-Platine kann hier als Sockel dienen, um das ganze Gebilde möglichst ordentlich zusammenzulöten.

Das Ergebnis sollte so aussehen, wie in nachfolgender Abbildung:

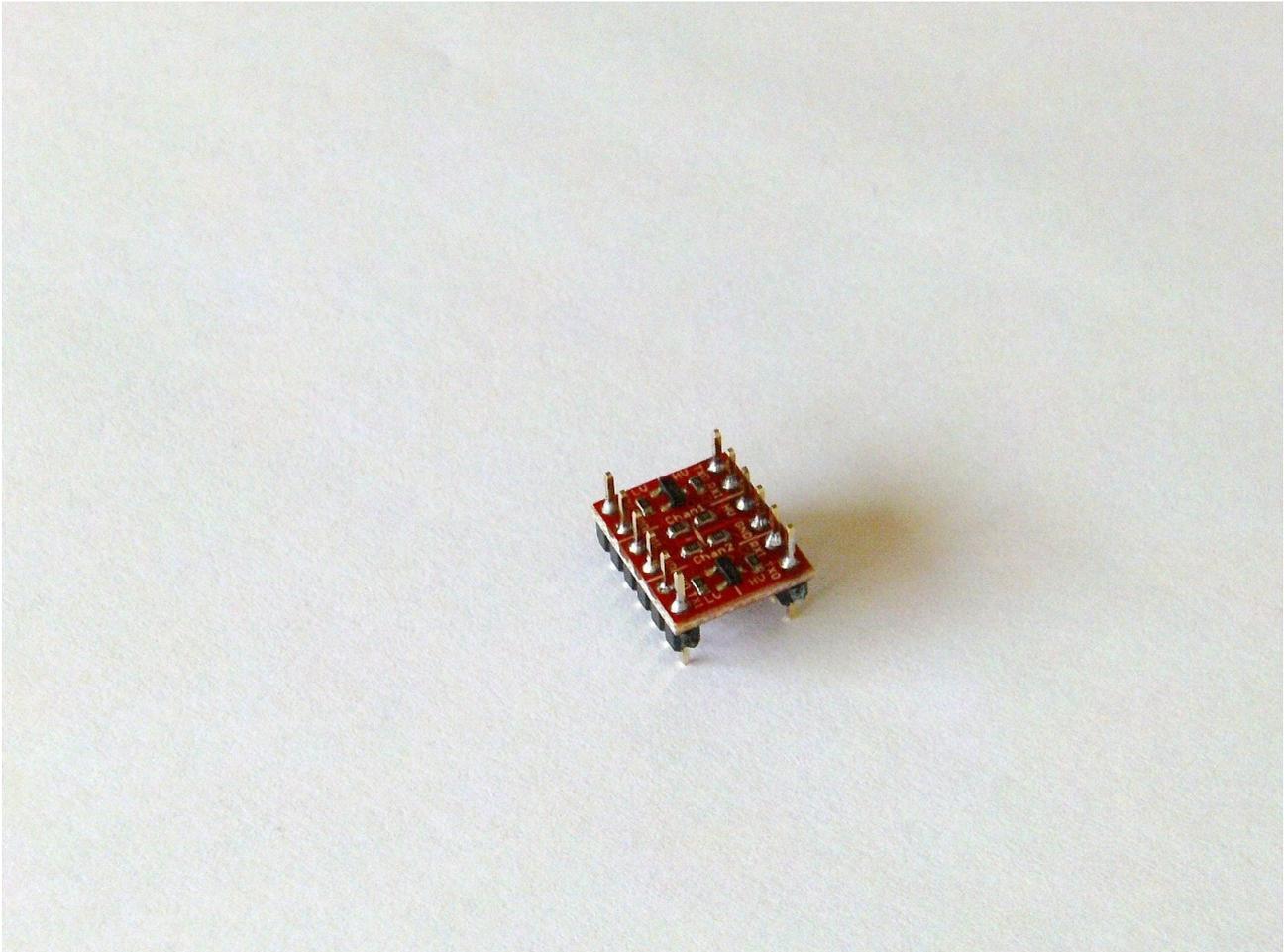


Abbildung 13: Pegelwandler

Im nächsten Schritt wird der Pegelwandler auf die Platine gelötet.

Dabei unbedingt auf die richtige Einbaulage achten! Die Lage der Pins (LV / GD) muss deckungsgleich mit der Beschriftung auf der Celaeno-Platine sein.

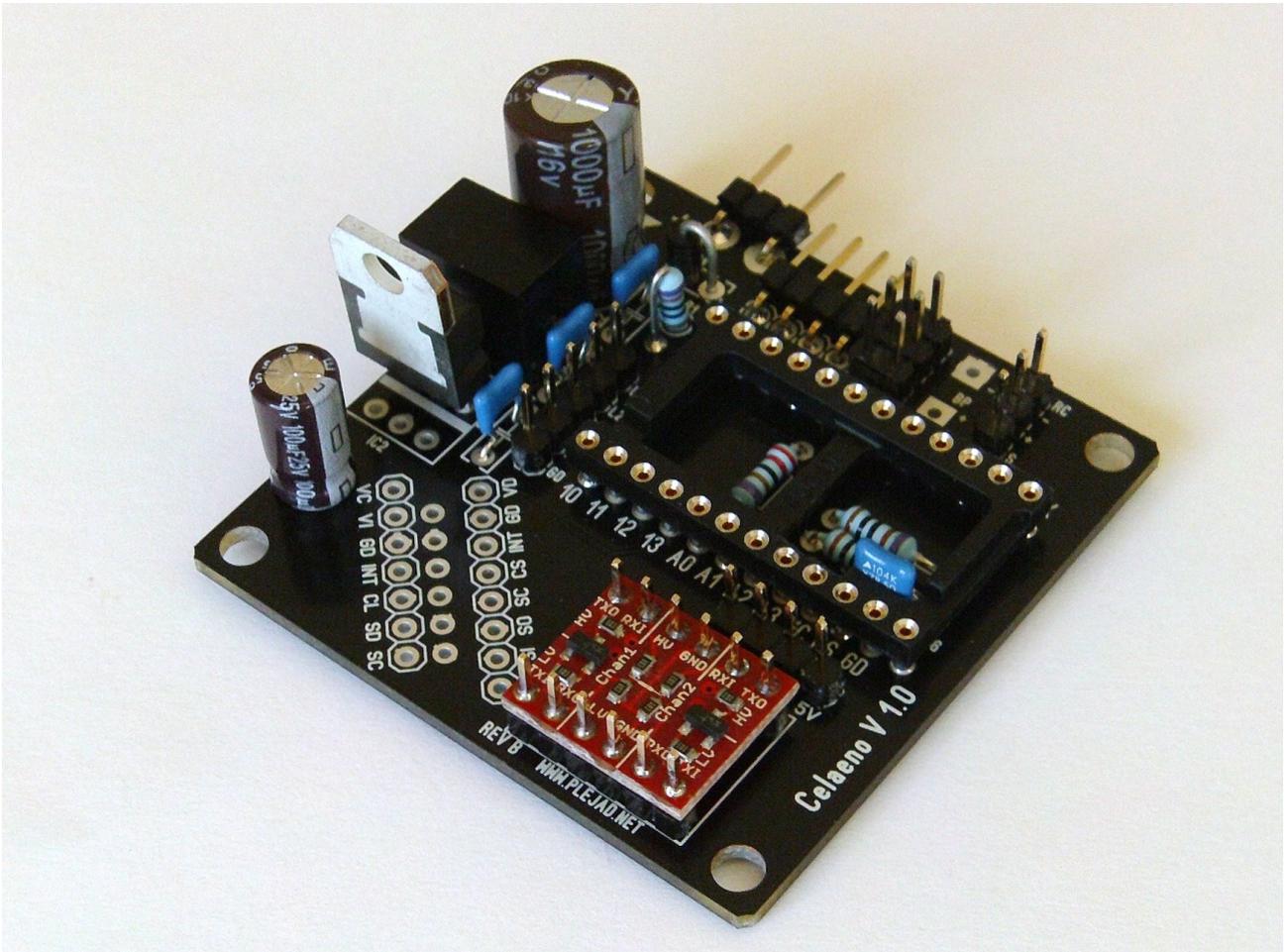


Abbildung 14: Einbau des Pegelwandlers

Nun geht es an die Vorbereitung des Gyro-Sensors.

Dieser wird mit abgewinkelten **kurzen** (!) Stiftleisten versehen.



Es muss unbedingt darauf geachtet werden, dass

- Für die Montage des Gyros die kurzen abgewinkelten Stiftleisten verwendet werden. Andernfalls kann es zum Kurzschluss mit nebenliegenden Bauelementen kommen.
- die abgewinkelte **Stiftleiste hinten am Breakout-Board liegen muss** (siehe Abbildung)
- die Stiftleisten genau parallel zu dem Gyro-Board stehen, damit das Flugverhalten später möglichst präzise ist. Man lötet zuerst je einen Pin am Ende jeder Stiftleiste an, richtet das ganze nochmal exakt aus und lötet dann die restlichen Pins).
- alle Pins der Gyro-Breakoutboards mit der Stiftleiste verlötet sind, damit genügend Stabilität erzielt wird.

Den Gyro jetzt noch nicht einlöten!

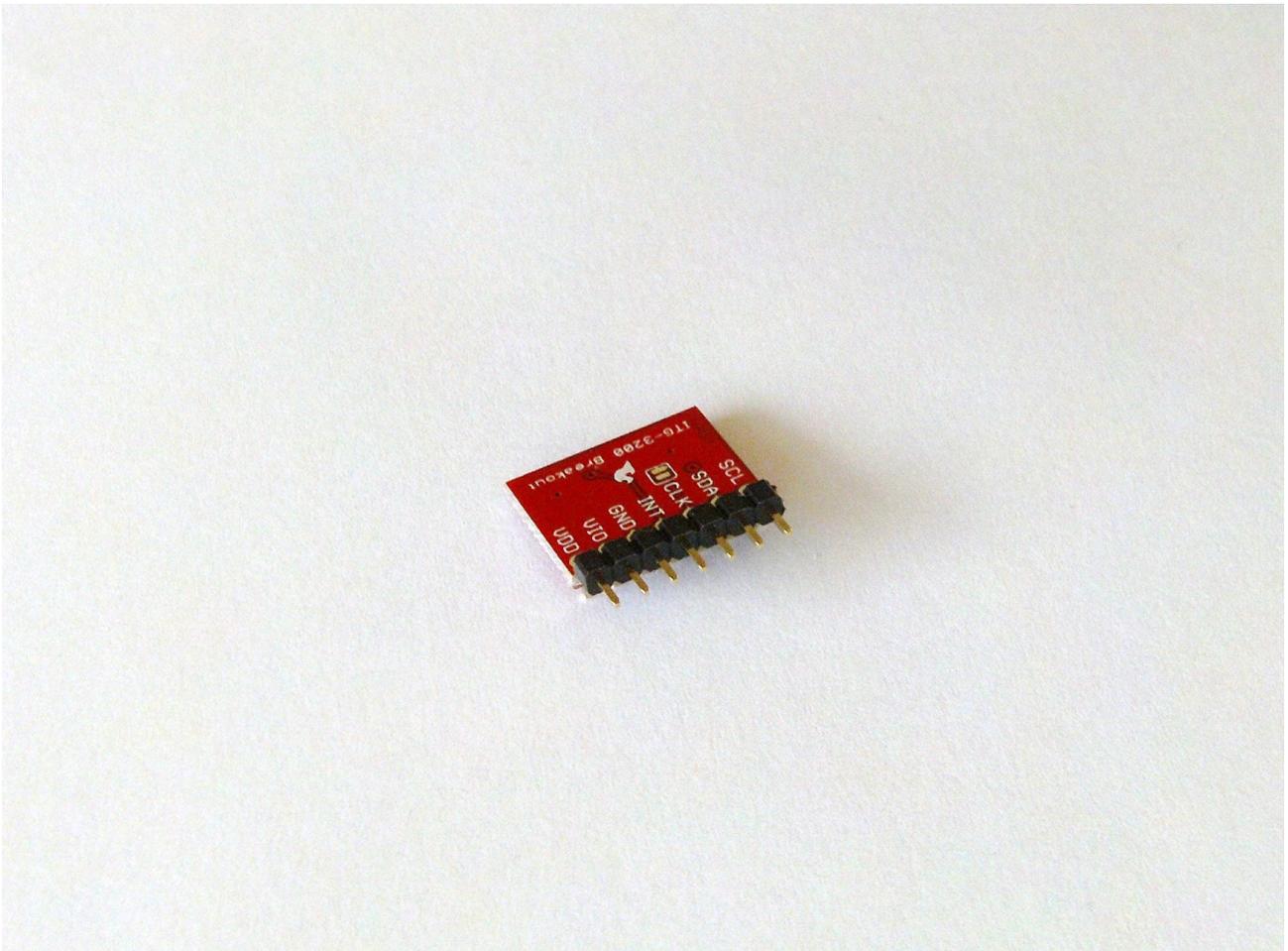


Abbildung 15: Vorbereitung des Gyro-Sensors

Weiter geht es mit der Bestückung der **Stiftleiste** für den **Luftdrucksensor**.

Auch wenn dieser jetzt noch nicht verfügbar ist, **muss diese Stiftleiste bereits jetzt vorbereitet werden**, da sie später nicht mehr zum löten zugänglich ist.

Die Stiftleiste wird mit der langen Pinseite nach oben eingelötet und danach die oben heraus stehenden Pins mit dem Seitenschneider (o.Ä.) entsprechend gekürzt, sodass sie nicht nach oben heraus ragen (um Kurzschlüsse zu vermeiden).

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen, wie dies auf der Vorder- und Rückseite der Platine aussehen soll:

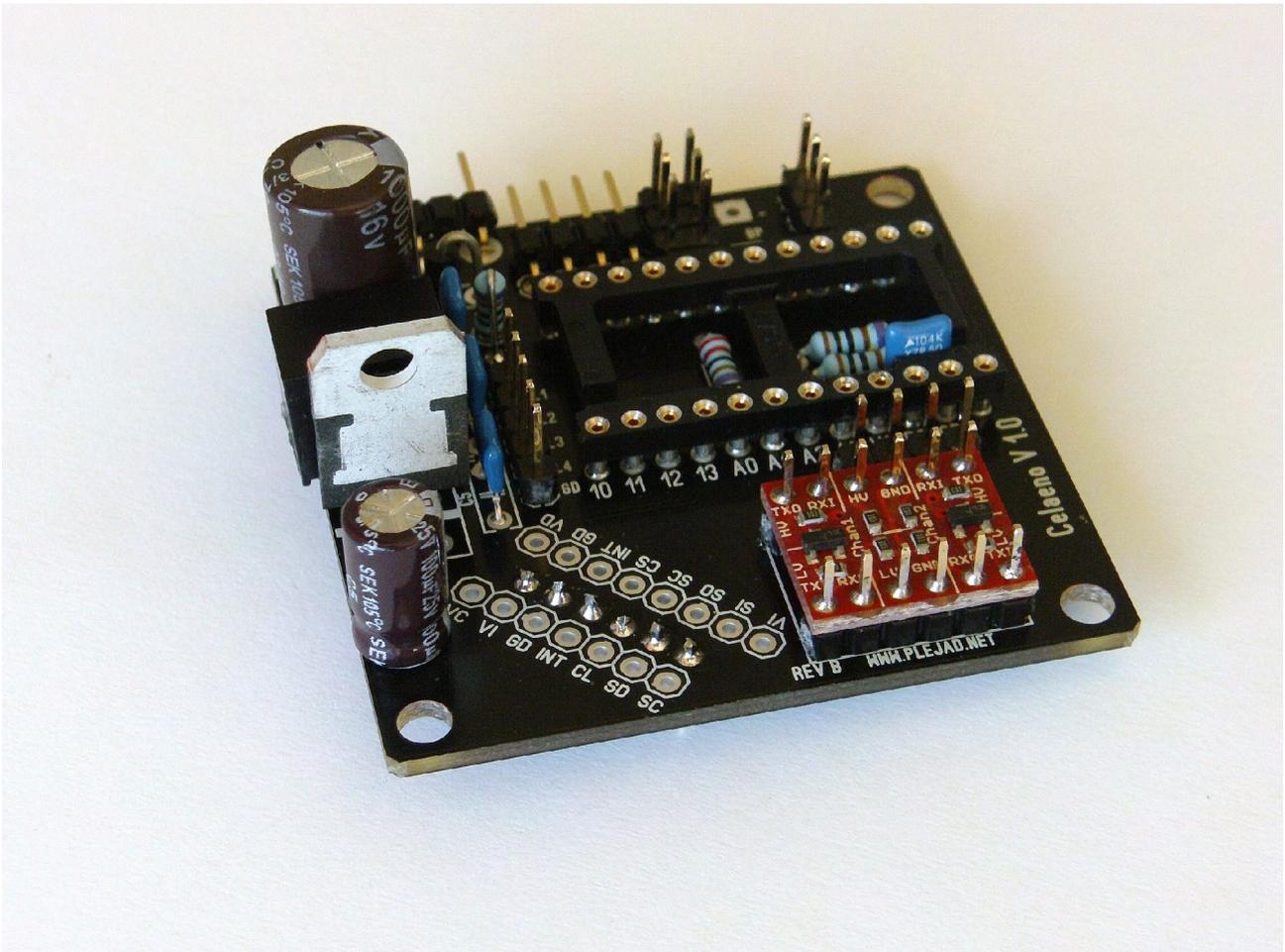


Abbildung 16: Stiftleiste für Luftdrucksensor (Ansicht von oben)

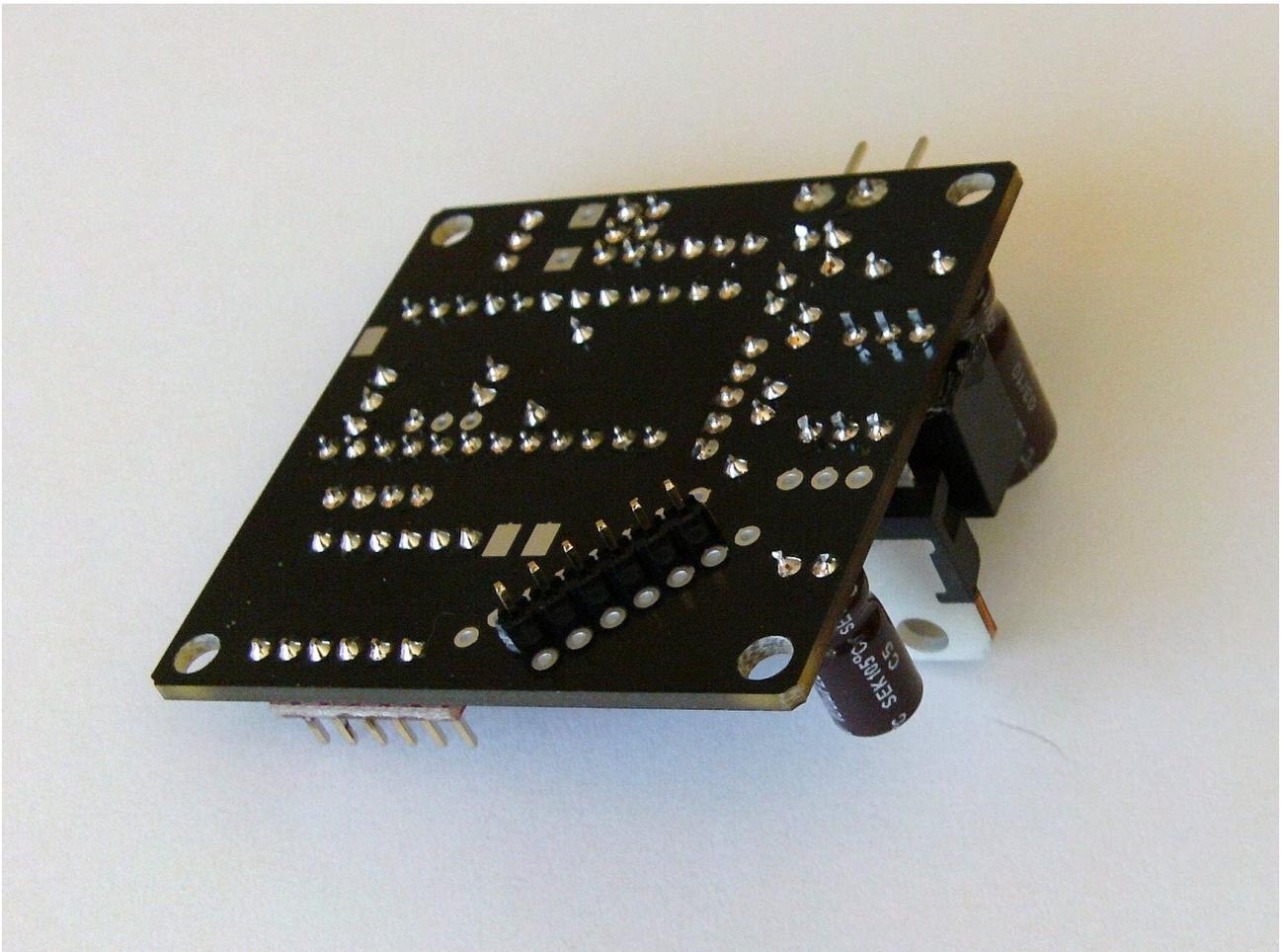


Abbildung 17: Stiftleiste für Luftdrucksensor (Ansicht von unten)

Weiter geht es mit der Montage des **Arduino-Boards**.

Die **Präzisionsstiftleisten** („Break Away Headers - Machine Pin“) werden auf 2 x 12 Pins abgelängt und in den DIL24-Sockel gesteckt.

Zusätzlich wird ein 2-Pin Abschnitt hergestellt und mit der **2-poligen Präzisions-Buchsenleiste** („Break Away Female Headers“) für die I²C-Pins neben A2 und A3 eingesetzt.



Es muss unbedingt darauf geachtet werden, dass

- die beiden Pins neben R3 und R4 nicht vergessen werden
- die Seite der Stiftleiste mit den flachen Kupferkontakten zum Arduino hin zeigt (also nach oben). Diese Stiftleisten haben je eine flache und eine kegelförmige Kontaktfläche

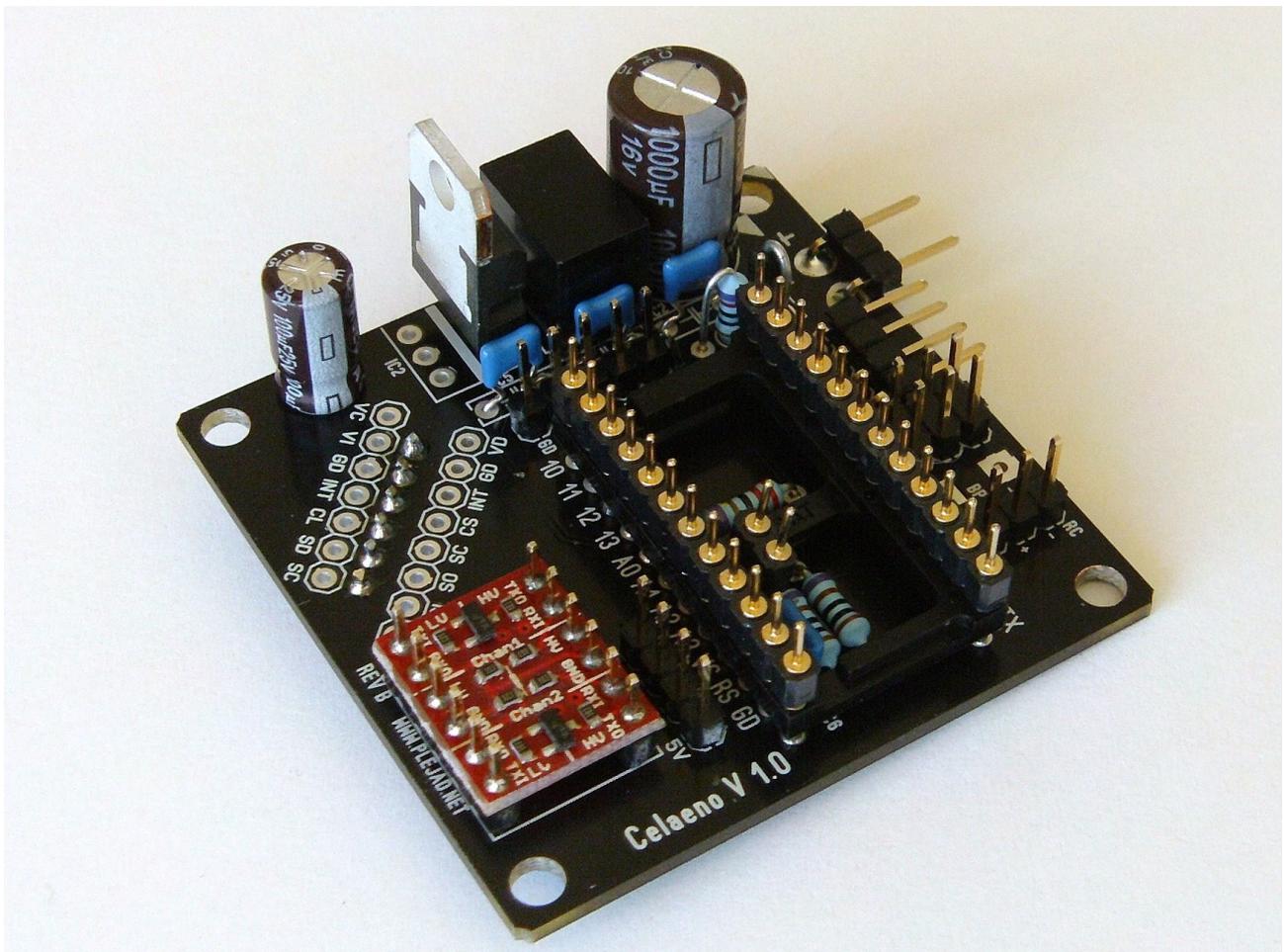


Abbildung 18: Vorbereitung des Arduino-Einbaus

Nun wird das Arduino-Board auf die vorbereiteten, im DIL24 Sockel steckenden Stiftleisten aufgelegt und danach festgelötet.

Es muss nun nur noch die 6 polige, abgewinkelte Stiftleiste an der Schmalseite des Arduino eingelötet werden, welche später als Programmier- und Diagnoseanschluss fungiert.

⚠ Es muss unbedingt darauf geachtet werden, dass

- die Stiftleisten genau rechtwinkelig zum Arduino-Board stehen, damit es sich später im Notfall zerstörungsfrei aus dem Sockel heben lässt.
- die beiden Pins neben R3 und R4 nicht vergessen werden (auch auf der Unterseite der Platine!)
- alle Pins des Arduino Boards mit der Stiftleiste verlötet sind und guten Kontakt haben

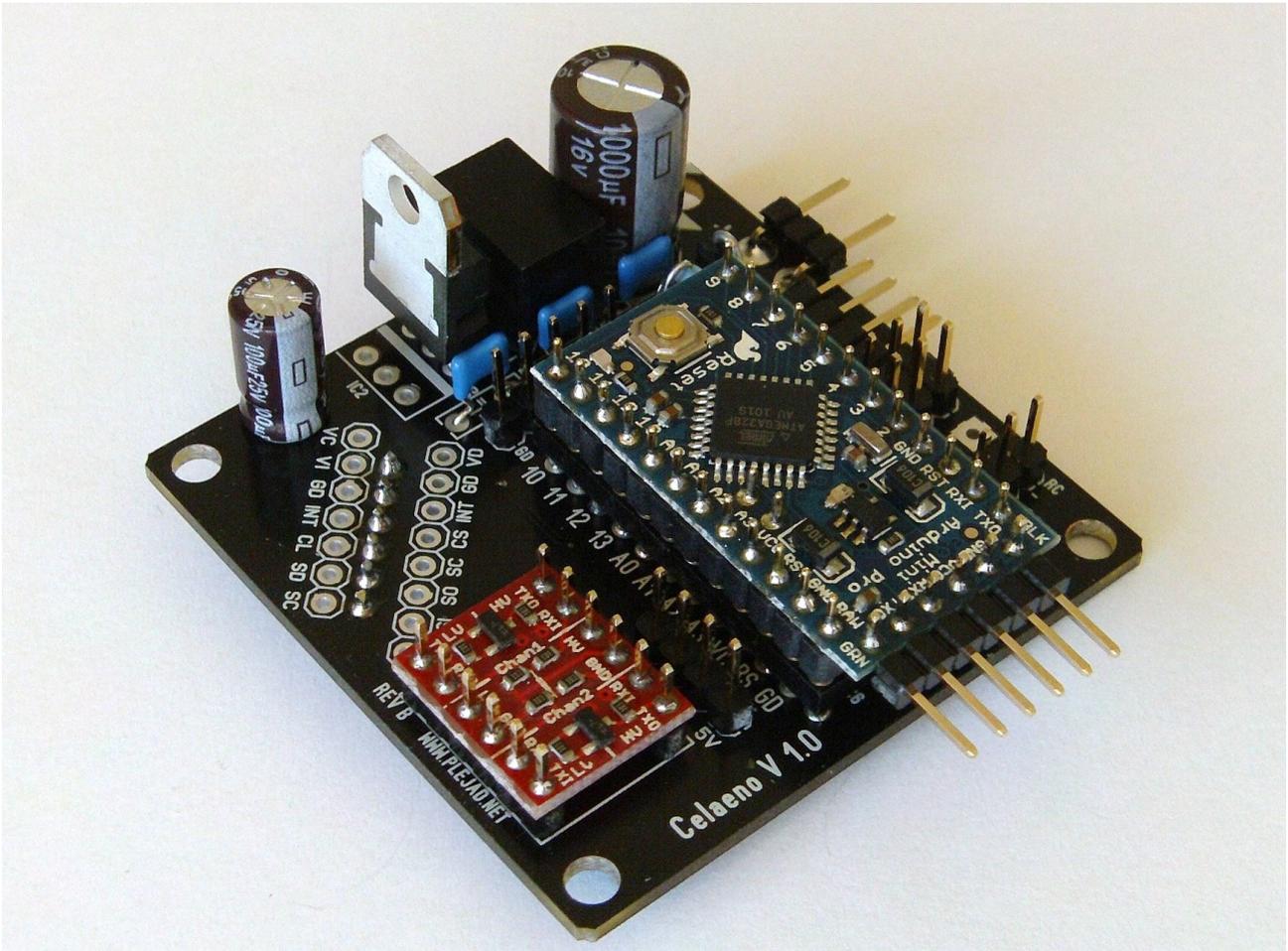


Abbildung 19: Arduino-Einbau

Zum Schluss wird der Gyro auf die Celaeno Platine gelötet - so wie auf der folgenden Abbildung dargestellt.



Es muss unbedingt darauf geachtet werden, dass

- Der Gyro exakt im rechten Winkel zur Celaeno Platine steht (Man lötet zuerst einen Pin am Ende jeder Stiftleiste an, richtet das ganze nochmal exakt aus und lötet dann die restlichen Pins).
- Alle Pins des Gyros verlötet werden

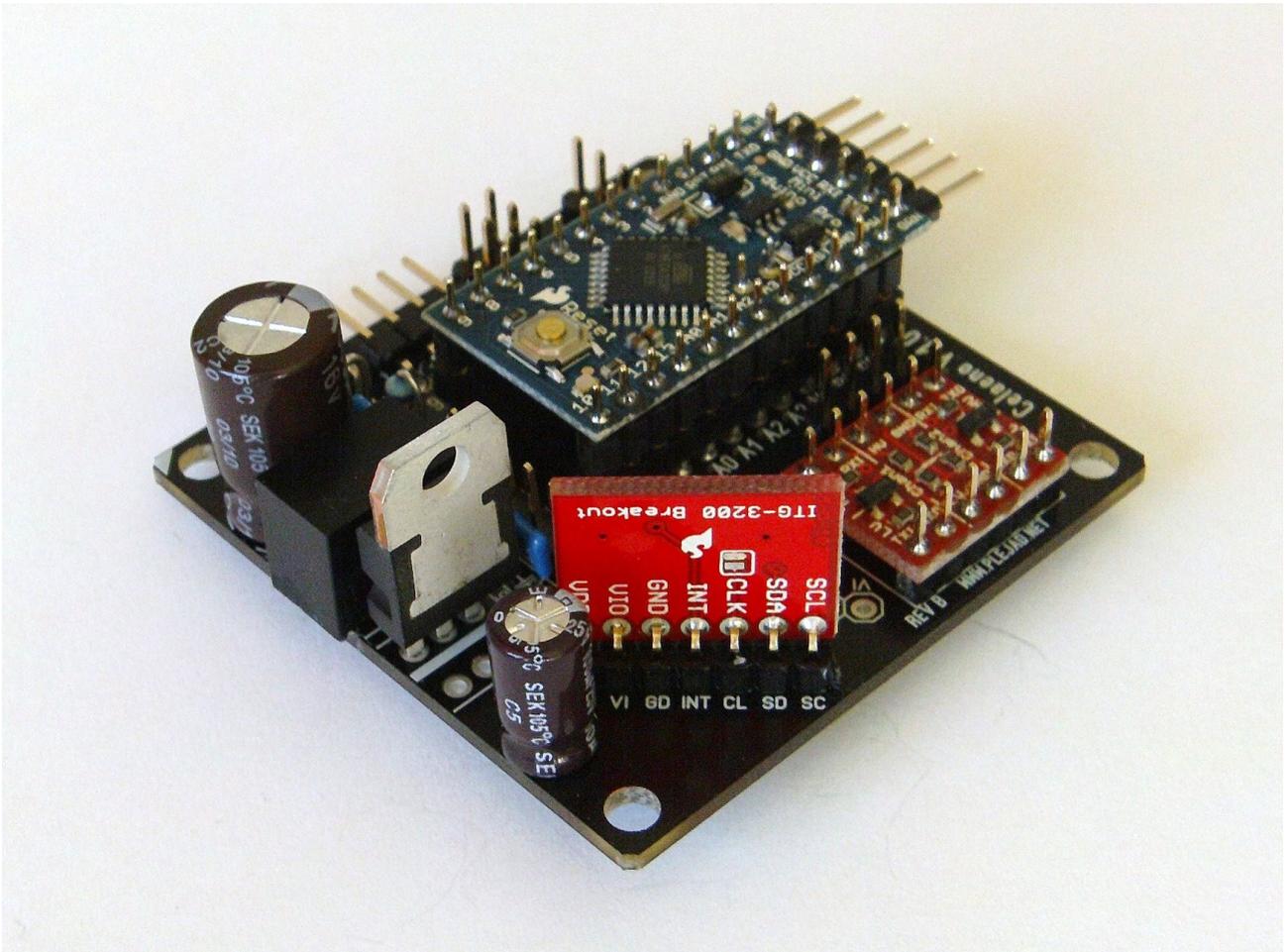


Abbildung 20: Die fertige Platine

Die Lötungen schräg neben dem Pegelwandler bleiben frei. Diese dienen für die spätere Bestückung eines Beschleunigungssensors.

Nun ist die Platine fast fertig bestückt!

Nun können der Summer und die Spannungsversorgung der Platine angelötet werden.

Der Summer wird mit einem dünnen Kabel am Anschluss (BP) befestigt. Er sollte später mindestens 10cm von der Platine entfernt sein, um keine magnetischen Störungen zu verursachen. Am besten wird der Summer später an einem Ausleger befestigt.

Die Spannungsversorgungsleitung wird an den Pads „+ -“ (oder mit einem Servostecker an die eingelöteten Stiftleisten) in der Ecke mit dem weißen Pfeil angelötet. Die verwendeten Kabel sollten für eine Stromstärke von 1A ausgelegt sein (in der Regel genügen 0.5mm Leitungsquerschnitt). Es empfiehlt sich, die Spannungsversorgung (so wie in dieser Anleitung gezeigt) steckbar zu machen, um die Platine leicht auch in anderen Coptern verwenden zu können.



Es muss unbedingt darauf geachtet werden, dass

- der Summer mit der richtigen Polarität angeschlossen wird. „+“ des Summers muss an das innere Pad angeschlossen werden und „-“ an das Pad am Platinenrand.

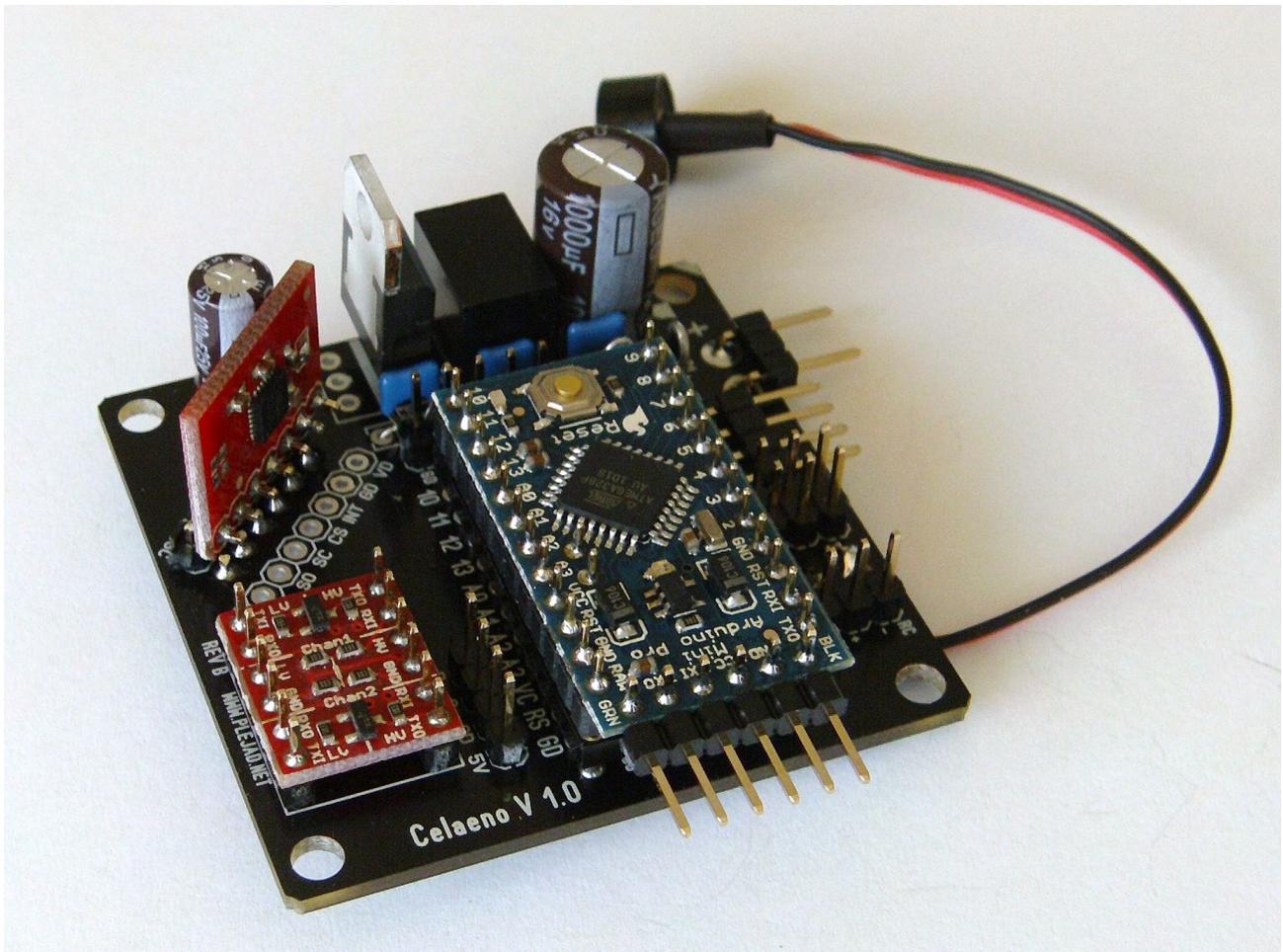


Abbildung 21: Die fertige Platine

4.3 Kontrolle der Bestückung

Nach der Bestückung der Platine sollte diese optisch genau auf etwaige Fehler untersucht werden.

Hierzu gehören unter anderem:

- Kurzschlüsse durch Lötzinn-Kleckse oder sich ungewollt berührende Bauteile
- Falsche Einbaurichtung der Spannungswandler
- Falsche Einbaurichtung der Diode oder der Elektrolytkondensatoren
- Verpolung des Summers
- Kalte oder unzureichende Lötstellen an Stift- oder Buchsenleisten

4.4 Elektrischer Test

Bevor die Platine an einen LiPo (oder ähnlichen) Akku angeschlossen wird, muss aus Sicherheitsgründen unbedingt ein erster elektrischer Test an einem Netzgerät erfolgen.



Aus Sicherheitsgründen muss dies an einem (optimalerweise geregelten und kurzschlussfesten) Labornetzteil erfolgen. Auch ein Steckernetzteil mit einer Spannung von 12V ist verwendbar, sollte aber keine zu hohen Ausgangsströme ($<$ rund 150 mA) erlauben.



Die Platine muss für diesen Test exakt mit einer Spannung von 12V versorgt werden.

Es sollten nun folgende Spannungen mit einem Multimeter gegen Masse gemessen werden:

5V-Versorgung:

Die gemessene Spannung sollte zwischen 4.9 und 5.2V liegen!

- An den „+“ Anschlüssen des Empfängers und der Servostecker
- Am 5V Pin des I²C Erweiterungssteckers
- Am Pin „VC“ des Arduino Sockels

3V-Versorgung:

Die gemessene Spannung sollte zwischen 3.2 und 3.4V liegen!

- An den „VC“ und „VI“ Lötaugen des Gyros, sowie am Pin „LV“ des Pegelwandlers

Batteriespannungsteiler:

Die gemessene Spannung sollte um 2.10V liegen!

- Am Pin „A3“ des Arduino Sockels



Liegen andere Spannungen an den Messpunkten an, darf die Platine auf keinen Fall in Betrieb genommen werden, und muss noch einmal überprüft werden!!

4.5 Vorbereiten des FTDI Breakout Boards

Das FTDI Breakout Board stellt die Verbindung zwischen einem PC und der Celaeno Platine her. Dies wird benötigt, um neue Firmware einzuspielen bzw. um Celaeno vom Computer aus zu konfigurieren.

In diesem Kapitel geht es um die notwendige Vorbereitung des Breakout Boards zum Einsatz mit Celaeno.



Der FTDI-Adapter darf ohne die unten stehenden Schritte nicht direkt an das Arduino Board auf der Celaeno Platine angesteckt werden! Platine und der Computer können sonst beschädigt werden!

Zum Anschluss an Celaeno muss ein Zwischenstecker angefertigt werden, bei dem der 5V Pin entfernt wurde (siehe Abbildung 22). Dazu wird so wie in der Abbildung bei einer der 6-Poligen Buchsenleisten der 3. Pin restlos entfernt und die Buchsenleiste in das Breakout Board eingesteckt.

Der Grund für diese Modifikation ist, dass dieser Pin des Breakout Boards dazu gedacht ist, Arduino Boards direkt über den USB Anschluss mit Strom zu versorgen. Da das Arduino auf Celaeno bereits mit Strom versorgt wird, würde dies mit der Stromversorgung des Copters kollidieren und eventuell beide Geräte beschädigen.

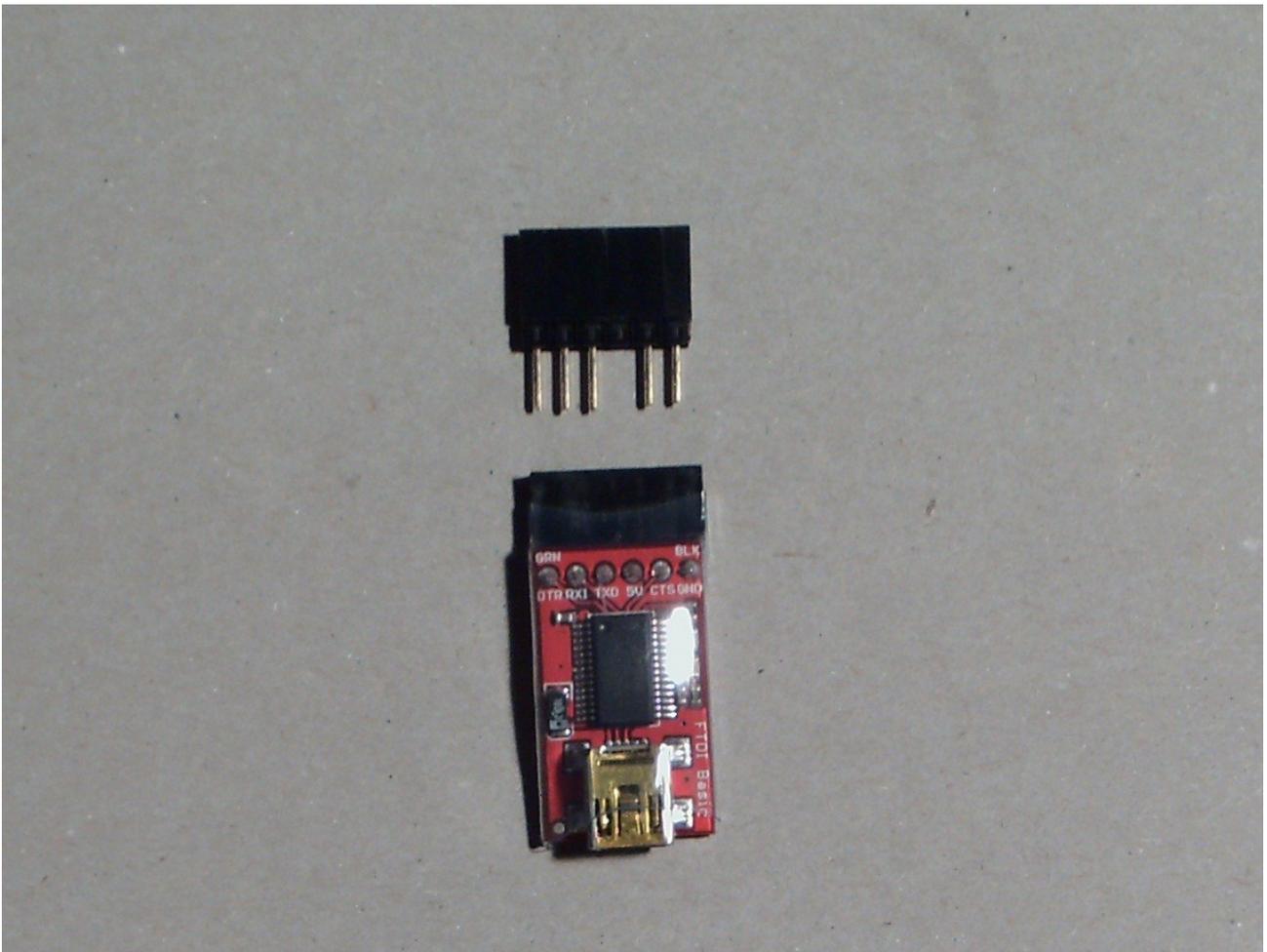


Abbildung 22: Zwischenstecker anfertigen

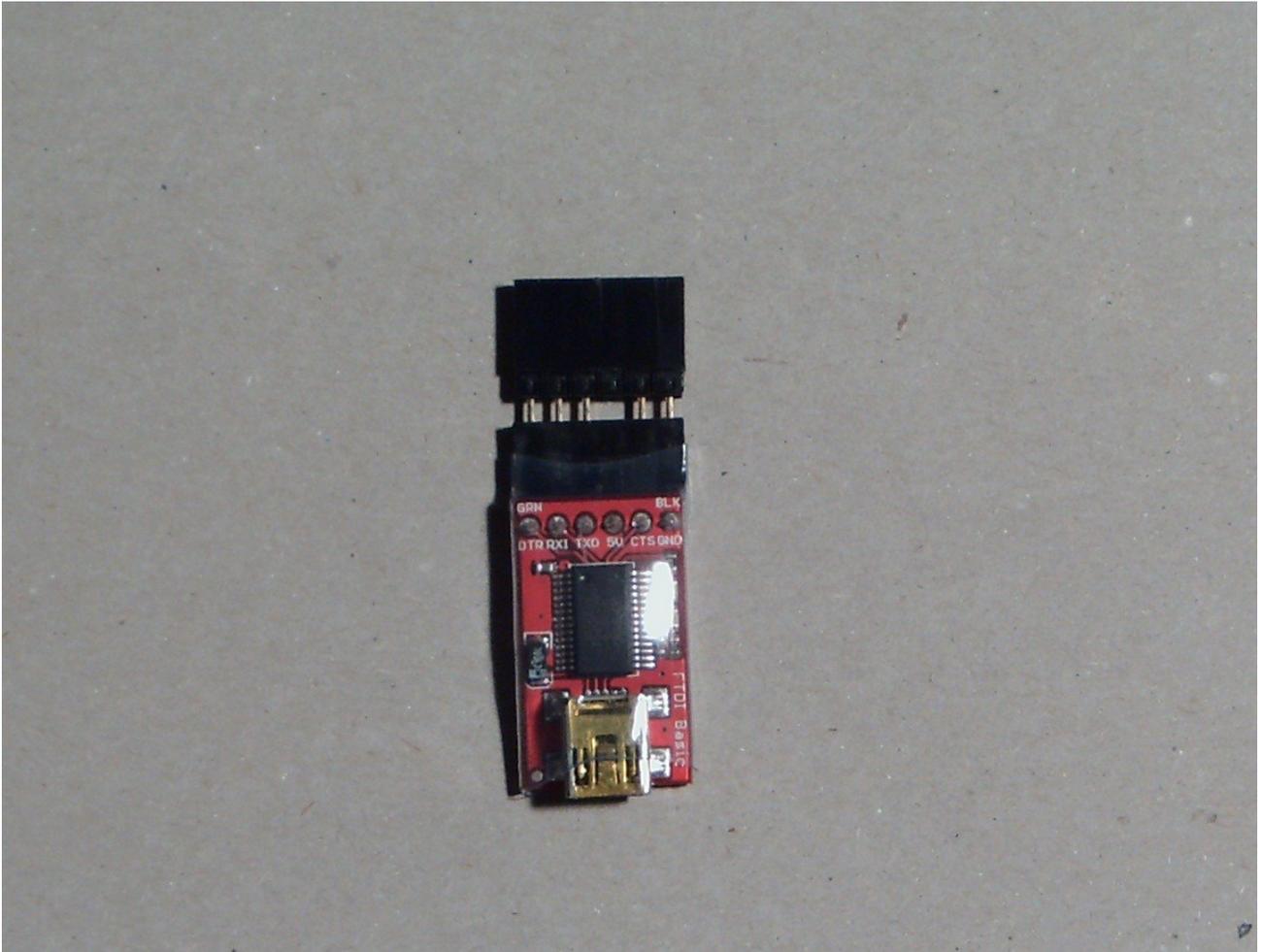


Abbildung 23: Zwischenstecker einsetzen

Zum Schluss kann der Zwischenstecker noch mittels Schrumpfschlauch fixiert werden, um einen sicheren Halt zu haben und auch optisch ansprechender zu wirken.

Ein Beispiel dafür, wie dies aussehen könnte zeigt Abbildung 24 weiter unten.

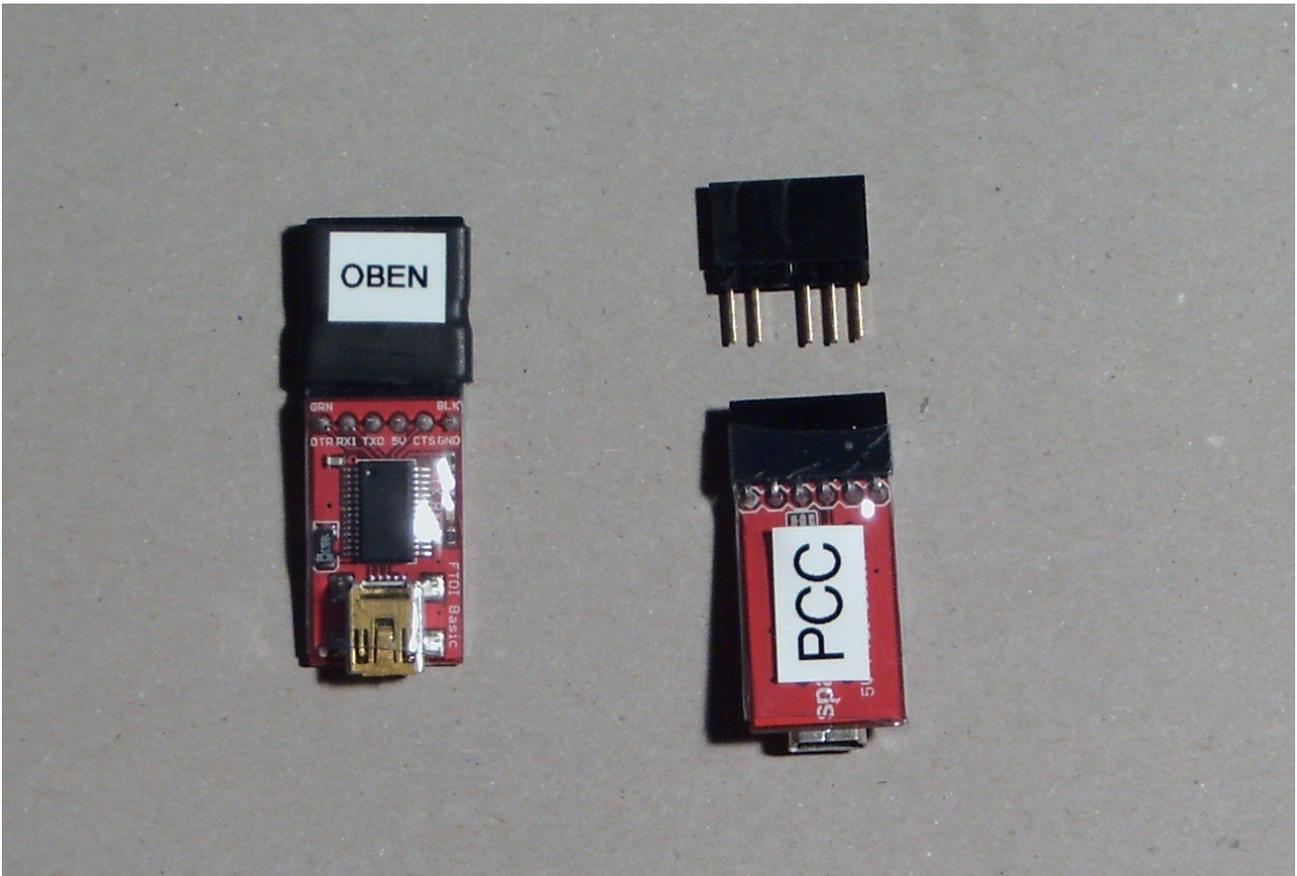


Abbildung 24: Einschumpfen

4.6 Aufbau des LCD Terminals

Dieser Abschnitt beschreibt den Aufbau des LCD Terminals. Das LCD Terminal hat folgende Funktionen:

- Einstellen der Flugparameter und anderer Einstellungen ohne dass dafür ein PC nötig ist
- Diagnose des Copters bei Fehlfunktionen
- Anzeige der aktuellen Sensordaten

Das verwendete LCD Terminal von Sparkfun ist ein fertiges Gerät mit serieller (TTL-Level) Schnittstelle. Es stellt Zeichen und Texte dar, die vom Copter an der seriellen Schnittstelle des Arduino Boards ausgegeben werden.

Diese serielle Schnittstelle steht an der abgewinkelten Stiftleiste an der Seite des Arduino-Boards zur Verfügung. Abbildung 25 unten zeigt, wie der Anschluss-Stecker zwischen Arduino und dem LCD Terminal hergestellt wird. Dazu benötigt man ein dreiadriges Servoanschlusskabel und eine 6-polige einreihige Buchsenleiste.

Die Anschlussbelegung des Kabels ist wie folgt:

- Gelb/Weiß: Datenleitung
- Braun/Schwarz: Masse
- Rot: 5V Versorgung

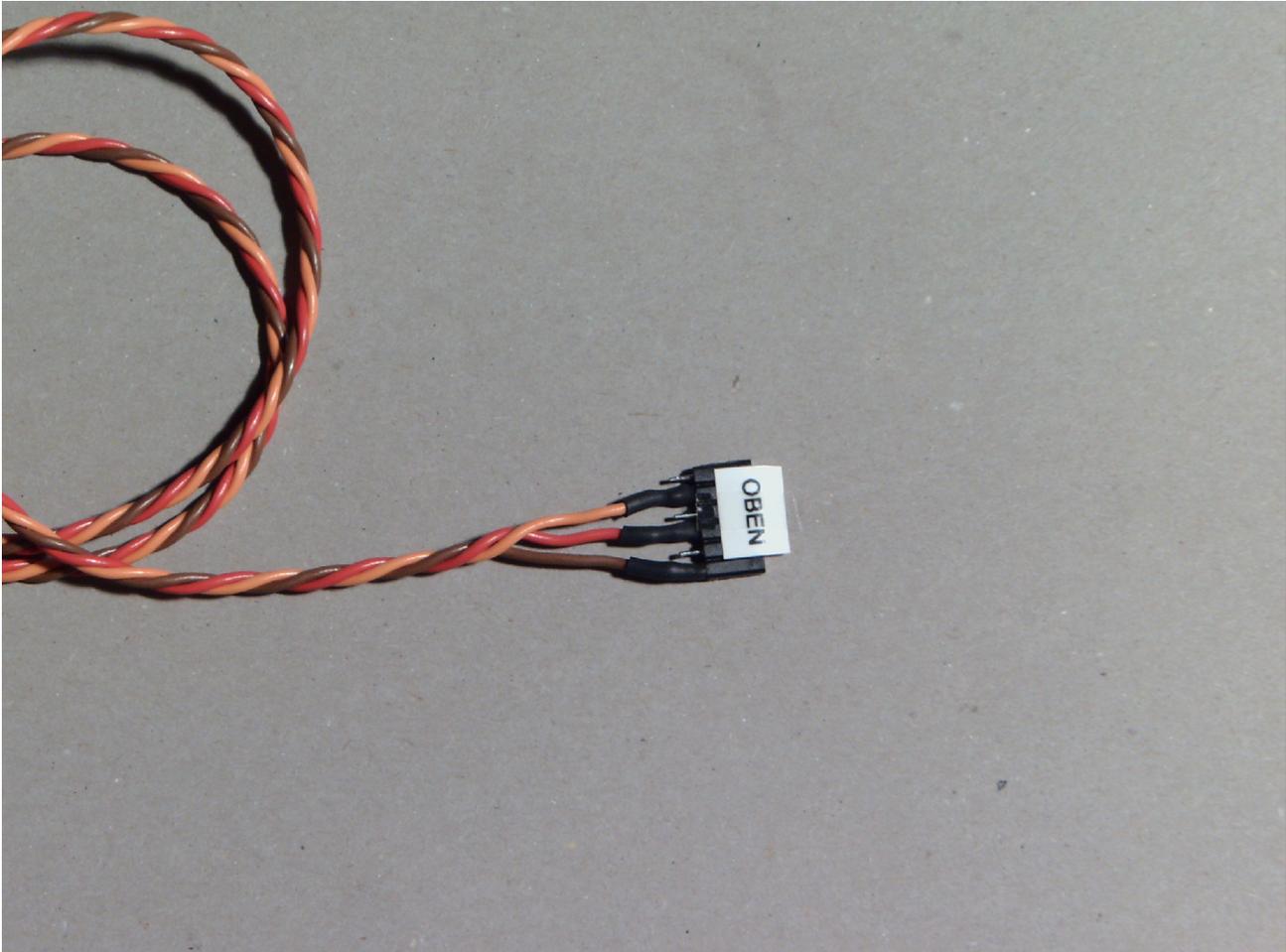


Abbildung 25: LCD Terminal Anschlusskabel

Die drei Adern des Kabels werden (wie in der Abbildung gezeigt) an der Buchsenleiste angelötet:

- Gelb/Weiß (Signal): 2. Pin von links
- Rot (5V): 4. Pin von links
- Braun/Schwarz (Masse): Pin ganz rechts

Die in der Abbildung gezeigte Ausrichtung des Steckers (Beschriftung „Oben“) ist auch die Einsteckrichtung in das Arduino Board. Es empfiehlt sich, die Oberseite des Steckers zu beschriften, damit in der Hektik des Flugfeldes das LCD Terminal nicht falsch herum angesteckt wird.

Die an den Pins angelöteten Kabel müssen mit Schrumpfschlauch gegen Kurzschlüsse gesichert werden.

Nun wird das Anschlusskabel an das LCD-Terminal angelötet.

Abbildung 26 (unten) zeigt die Lötäugen/Pads am Terminal, wo die Kabel angelötet werden müssen.



Alternativ können diese an den Lötäugen RX (Gelb/Weiss), GND (Braun/Schwarz) und VDD (Rot) an der Schmalseite des Displays angelötet werden. Diese Lötäugen sind jedoch wesentlich kleiner und daher unpraktisch, wenn etwas dickere Servokabel verwendet werden.

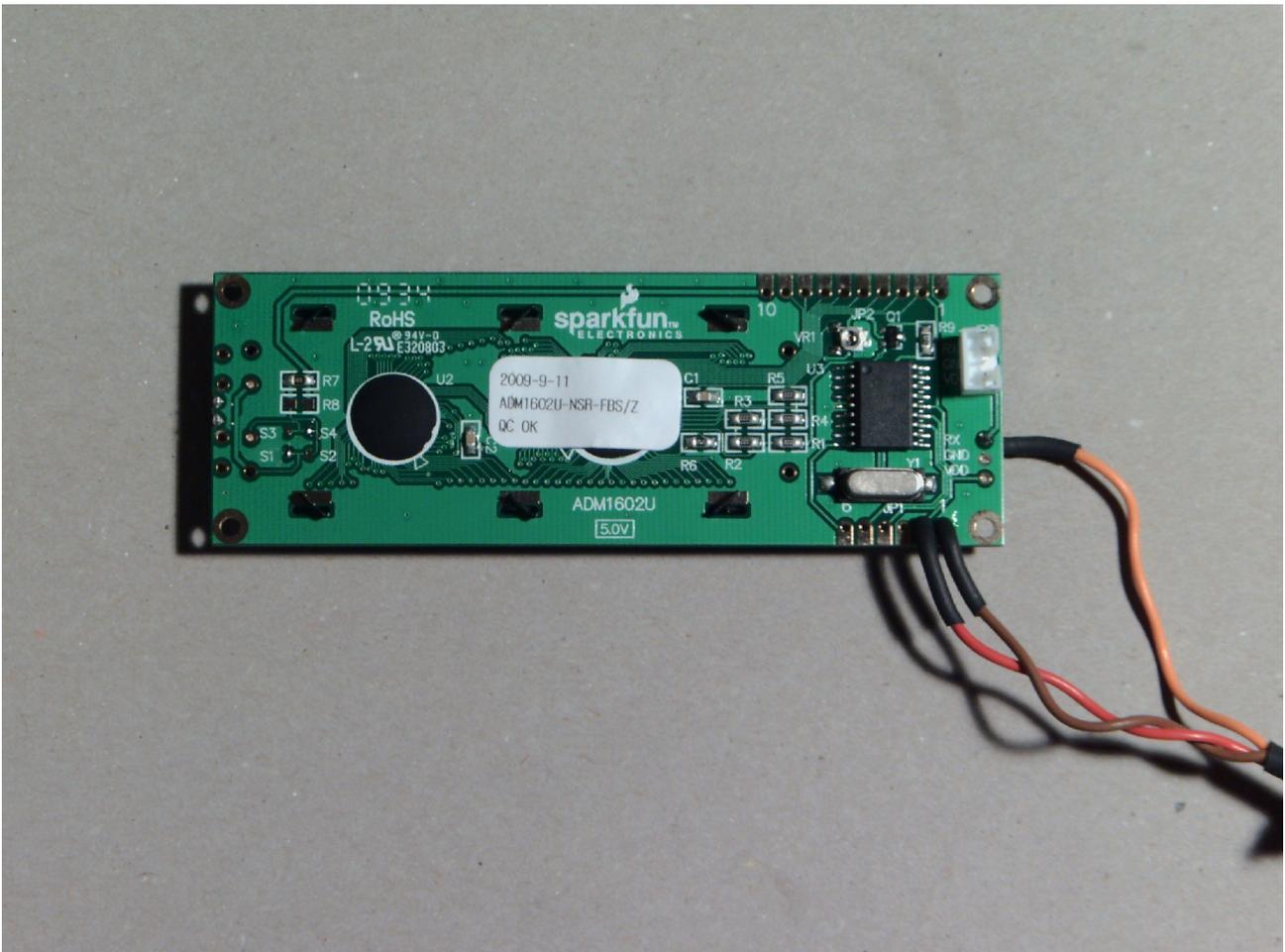


Abbildung 26: Anschluss des LCD Terminals

Zum Schluss wird der Anschluss-Stecker des LCD Terminals komplett eingeschrumpft, damit beim Ein- und Ausstecken die Adern des Servokabels ordentlich zugentlastet sind.

Abbildung 27 zeigt einen Vorschlag, wie dies sauber gemacht werden kann.

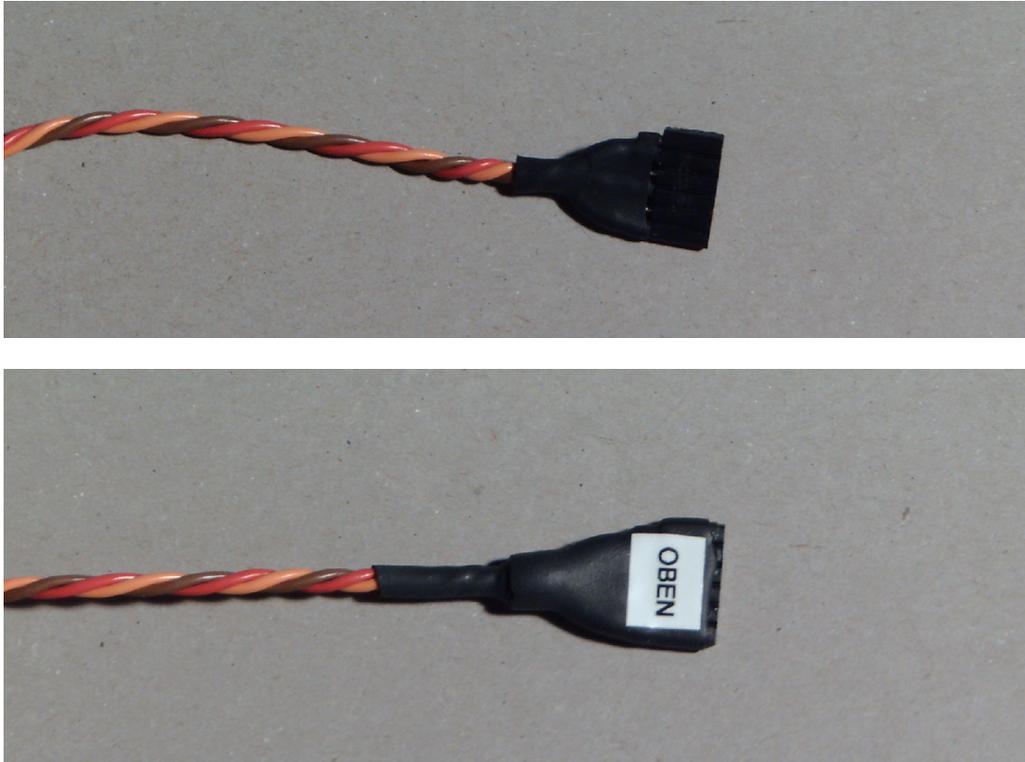


Abbildung 27: Einschrumpfen des Steckers

Es empfiehlt sich für den „harten Outdoor-Einsatz“ das LCD in ein Gehäuse einzubauen. Ein Beispiel, wie dies aussehen könnte zeigt Abbildung 28.

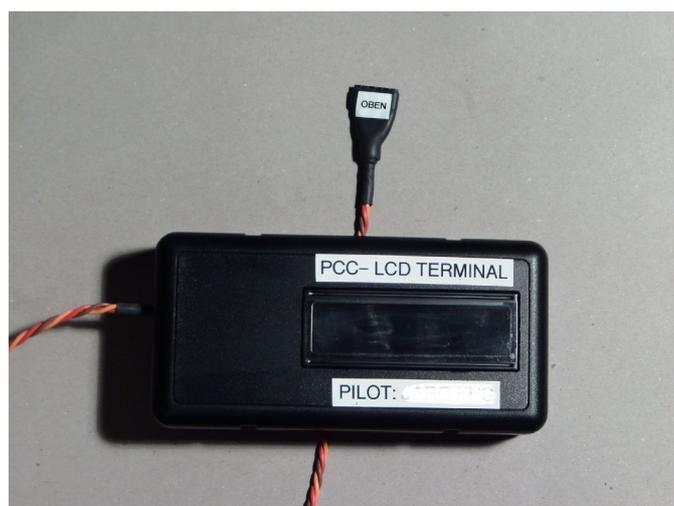


Abbildung 28: LCD Terminal Gehäuse

4.7 Installation der PC-Software

Nun wird der Celaeno-Platine zum ersten mal Leben eingehaucht. Zu diesem Zweck muss das Hauptprogramm (die sogenannte „Firmware“) auf den Mikroprozessor des Arduino übertragen werden. Dies übernimmt die zur PCC und Celaeno gehörige PC-Software namens „PCC Manager“. Zur Übertragung an das Arduino wird das zuvor vorbereitete und modifizierte Basic Breakout Board von FTDI verwendet.

Der nächste Schritt ist also, den „PCC Manager“ auf dem Computer zu installieren. Dazu lädt man sich vom Downloadbereich der PCC-Homepage das Paket „PCCManager.zip“ herunter und entpackt es in einem Ordner auf der Festplatte.

Nun werden folgende Schritte durchgeführt:

1. Installieren Sie die Treiber für das FTDI Breakout Board indem Sie die Datei CDM20600.exe in dem zuvor entpackten Ordner (Unterordner 3rdparty) doppelklicken (**Das Breakout- Board dabei noch nicht an den PC anschließen!**).
2. Nachdem das Treiber- Installationsprogramm beendet ist, wird das Breakout Board an einen freien USB- Anschluss angeschlossen. Windows sollte das neue Gerät erfolgreich erkennen, und einen neuen "USB Serial Port" im Gerätemanager anzeigen.
3. Im Gerätemanager suchen Sie nach der vergebenen „COM (X)“ Belegung, und notieren Sie diese.
4. Starten Sie die Installation des PCC-Managers, indem Sie die Datei setup.msi in dem zuvor entpackten Ordner doppelklicken. Sollte das Installationsprogramm anzeigen, dass das .NET Framework 3.5 SP1 nicht installiert ist, den .NET Framework Installer (dotnetfx35setup) im Unterordner 3rdparty starten und anschließend nochmals setup.msi doppelklicken.
5. Das Programm findet sich im Startmenü jetzt unter "PCC Manager"

Die PCC-Manager Software ist nun auf dem Computer installiert.

4.8 Einspielen der Firmware auf die Celaeno Platine

Nun kann der PCC-Manager verwendet werden, um die Firmware auf Celaeno zu übertragen. Dazu führen Sie bitte die nachfolgenden Schritte durch:

1. Laden Sie aus dem Downloadbereich der plejad.net-Homepage die neueste Celaeno-Firmware herunter. Diese Dateien heißen „CEL_****.pcu“, wobei „****“ für die jeweilige fortlaufende Versionsnummer steht.
2. Starten Sie den PCC-Manager auf ihrem Computer
3. In dem nun erscheinenden Programmfenster, stellen Sie links oben den COM-Port des FTDI Break-out Boards ein (COMx), der zuvor notiert wurde.

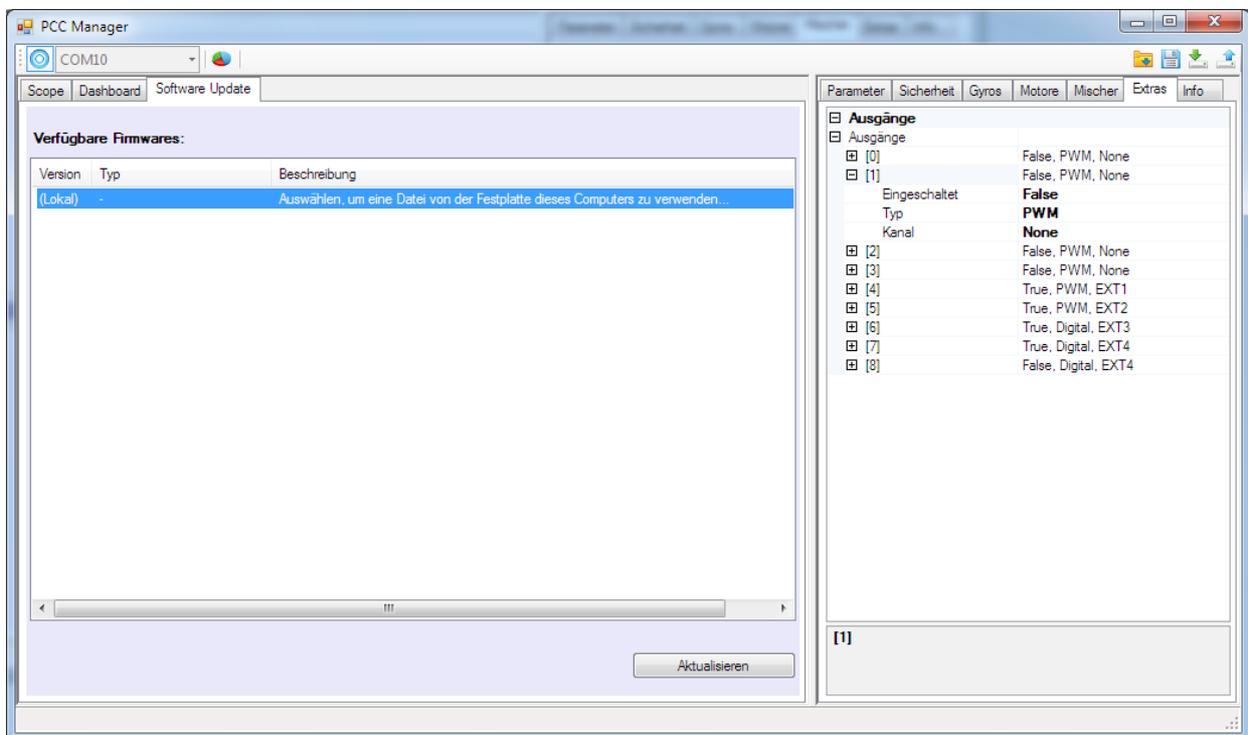


Abbildung 29: PCC Manager

4. Falls die Celaeno-Platine noch nicht in einen Copter eingebaut ist (wie z.B. bei der Erst-Inbetriebnahme), versorgen Sie diese jetzt mit Strom. **Das FTDI Breakout Board noch nicht an die Platine anstecken!** Lesen Sie jetzt bei Schritt 7 weiter.

Falls die Platine in einem Copter eingebaut ist, entfernen Sie nun die Propeller vom Copter, und schalten Sie Ihre Fernsteuerung ein, damit der Copter keine fehlerhaften Steuerbefehle erhalten kann. Das FTDI Breakout Board noch nicht an die Platine anstecken!

5. Nun klemmen Sie den Akku am Copter an. (Achtung!!! Die Motoren können dabei kurz anlaufen - bitte denken Sie auch am Schreibtisch daran!!!) Falls Die Motoren angelaufen sind, warten Sie, bis diese zum Stillstand gekommen sind.
6. Stecken Sie nun das bereits am PC angeschlossene FTDI Breakout- Board, mit dem angefertigten Zwischenstück an den Copter an.

7. Klicken Sie auf die Karteikarte „Software Update“
8. Wählen Sie in der Liste den Eintrag „Auswählen, um eine Datei von der Festplatte dieses Computers zu verwenden“
9. Klicken Sie auf „Aktualisieren“
10. Es erscheint ein Dateiauswahl-Dialog, in dem Sie die zuvor heruntergeladene CEL_****.pcu Datei auswählen müssen.
11. Nachdem Sie auf „Öffnen“ geklickt haben, erscheint eine Fortschrittsanzeige für den Updatevorgang. Am Ende des Updates erscheint eine Meldung, ob das Update funktioniert hat (grün), oder ob es fehlgeschlagen ist (rot).
12. Entfernen Sie das FTDI Breakout Board vom Copter und klemmen Sie den Akku ab.
13. War das Einspielen der Software erfolgreich, dann können Sie nun wie weiter unten beschrieben, die Erstinbetriebnahme der Platine durchführen.

4.9 Erste Inbetriebnahme

Nun kann zum ersten Mal so richtig überprüft werden, ob alles funktioniert. Am besten macht man diesen Test noch bevor Celaeno in den Copter eingebaut ist und die Motorregler angeschlossen sind.

Zur Inbetriebnahme braucht man einen an Celaeno angeschlossenen Empfänger und die Fernsteuerung. Celaeno führt dabei auf dem angeschlossenen LCD-Terminal durch die ersten Schritte und die Einstellungen werden mit den Knüppeln der Fernsteuerung gewählt.



Man benötigt einen Empfänger, der ein **PPM-Summensignal** liefert, oder einen „normalen“ RC-Empfänger, der mittels Summensignal-Erzeuger mit Celaeno verbunden wird. Welche Empfänger oder Summensignal-Erzeuger funktionieren, findet man auf der [plejad.net](http://www.plejad.net)-Homepage in der Rubrik „Kompatible Hardware“.

Zusammenfassend benötigt man also folgende Dinge für die Inbetriebnahme:

- 1.) Fernsteuerung und Summensignal-Empfänger
- 2.) Das in Kapitel 4.6 aufgebaute LCD-Terminal
- 3.) Die fertig aufgebaute Celaeno Platine
- 4.) Eine Spannungsquelle, um Celaeno mit 12-15V versorgen zu können

Nun werden nacheinander folgende Schritte ausgeführt:

- 1.) Celaeno wird auf folgende Weise mit dem RC-Empfänger bzw. Summensignalerzeuger verbunden:

Die Platine noch nicht mit Spannung versorgen!

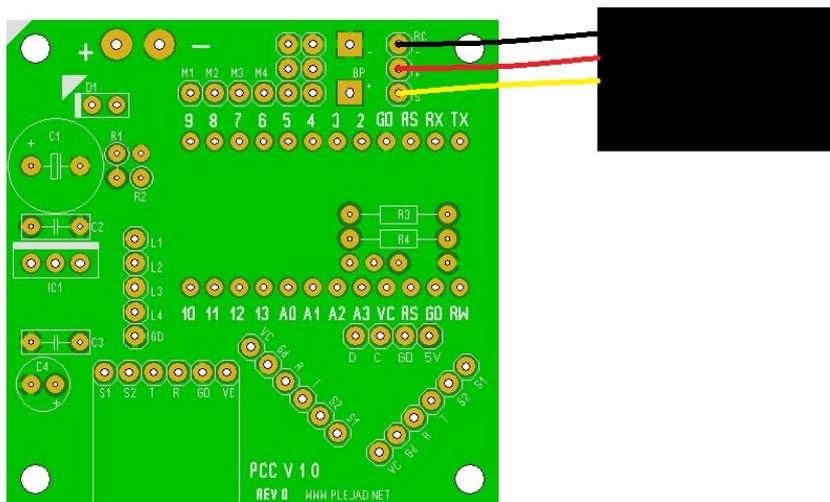


Abbildung 30: Verbindung mit dem Empfänger

- 2.) Man wählt auf der Fernsteuerung einen neuen Modellspeicher für ein Flächenflugprogramm (kein Heli-Programm!!) und setzt diesen zur Sicherheit auf die Standardeinstellungen zurück.

Bei einer 2.4 GHz-Anlage muss dafür gesorgt werden, dass Sender und Empfänger für den gewählten Modellspeicher miteinander gebunden sind.

- 3.) Das LCD-Terminal an die Stiftleiste des Arduino anstecken (richtige Polung des Steckers beachten!)
- 4.) Sender einschalten. **Es müssen jetzt alle Hebel und Trimmer der Fernsteuerung in Neutral-Position, der Gasknüppel ganz unten, sowie alle Schalter und Drehregler auf der gewünschten Aus- oder Neutralposition stehen (Diese Positionen werden in den nachfolgenden Schritten automatisch eingelesen)**

- 5.) Nun wird die Platine mit Spannung versorgt. Weil die Fernsteuerung noch nicht angelesen wurde, aktiviert Celaeno automatisch beim starten das Fernsteuerungs-Einlernprogramm:

Celaeno lernt dabei selbsttätig, welcher Knüppel-/ Schalter für welche Funktion verwendet wird, ob der Kanal invertiert ist und welchen Wertebereich er hat.

Es ist also nicht nötig, Invertierungen von Kanälen vorzunehmen. Am besten ein neu erstelltes Flächenflug-Programm verwenden!



Folgen Sie zum Einlernen der Fernbedienung nun einfach den Anweisungen Celaenos auf dem LCD-Display.

Zuerst werden die Steuerkanäle für den Copter eingelesen, also der Reihe nach Gas, Roll, Nick und Gier. Wenn sie eine Fernsteuerung mit mehr als 4 Kanälen haben (also z.B. mit Schaltern oder Drehreglern), dann können Sie diese für die schaltbaren Ausgänge Celaenos anlernen oder diese Schalter für die Not-Aus-Funktion für die Motoren verwenden.

Dabei fragt das Fernsteuerungs-Einlernprogramm danach, die Schalter für die Kanäle EXT1 - EXT4 zu betätigen. An dieser Stelle ist das noch nicht so wichtig, deshalb kann man hier jeweils denselben Schalter betätigen oder auch einfach irgendeinen Steuerknüppel bewegen.

Dasselbe gilt natürlich auch, wenn die Fernsteuerung keine 8 Kanäle besitzt. In diesem Fall betätigt man für alle fehlenden Kanäle einfach irgend einen Schalter oder Steuerknüppel.

Nach dem Einlernen der Fernsteuerung erfolgt eine entsprechende Meldung auf dem Display, das Display wechselt in den Menü-Modus (zeigt „Parameter“ an) und die LED blinkt im 0,5 Sekunden-Takt.

Nachdem die Fernsteuerung erfolgreich eingelesen wurde, kann man nun die korrekte Funktion des Gyros von Celaeno testen.

4.10 Funktionstest

Ein erster Funktionstest kann nun mit der zuvor installierten PCC-Manager Software durchgeführt werden. Dazu führen Sie bitte die nachfolgenden Schritte durch:

1. Stellen Sie sicher, dass Celaeno mit Strom versorgt ist, „Flugbereit“ anzeigt (grüne LED blinkt) und das FTDI Basic Breakout am Computer angeschlossen ist
2. Verbinden Sie das FTDI Basic Breakout mit dem Arduino auf der Platine (das LCD Terminal muss dazu abgesteckt werden)
3. Starten Sie den PCC-Manager auf ihrem Computer (Startmenü / PCC-Manager)
4. In dem nun erscheinenden Programmfenster, stellen Sie links oben den COM-Port des FTDI Breakout Boards ein (COMx), der zuvor notiert wurde

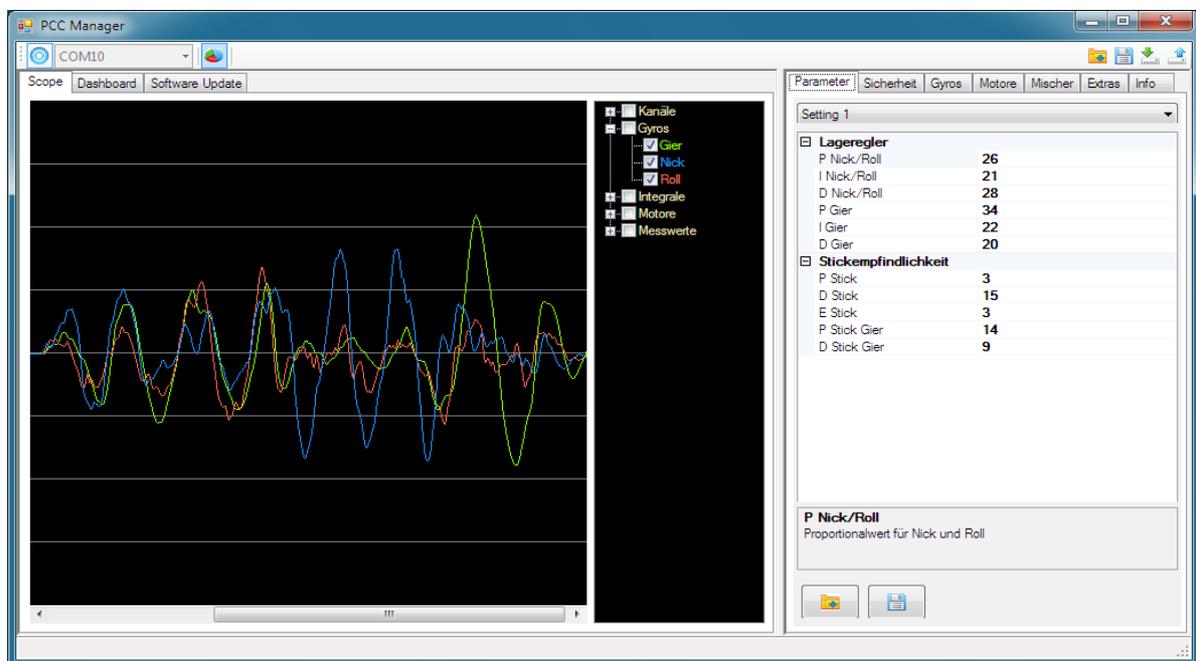


Abbildung 31: PCC Magnager - Scope

5. Klicken Sie auf den Button „Verbinden“ (Blauer Kreis ganz links oben)
6. Wählen Sie, wie in der Abbildung die 3 Gyros für die Anzeige im Scope aus
7. Klicken Sie auf den Button „Scope ein/aus“ rechts neben der Anzeige „COMxx“
8. Im Scope werden nun die aktuellen Gyro-Ausschläge angezeigt. Wenn man die Platine in der Hand bewegt, müssen die Ausschläge in den 3 Achsen sichtbar als Kurven sichtbar werden.
9. Wenn Sie die Karteikarte „Dashboard“ anklicken, dann können Sie hier feststellen, ob Celaeno die Fernsteuerungskanäle richtig erkennt und die Akkuspannung korrekt angezeigt wird.

5 Beschleunigungssensor/Luftdrucksensor (optional)

5.1 Grundlagen

Der Beschleunigungssensor ist ein optionales Zubehör, das nicht zur Standardausstattung des Bausatzes gehört. Er sollte erst eingebaut werden, nachdem der im vorigen Kapitel beschriebene Funktionstest erfolgreich abgeschlossen wurde.

Mit eingebautem Beschleunigungssensor wird das Fliegen des Multicopters entscheidend vereinfacht. Der Copter erkennt mit diesem Sensor seine Lage in der Luft und kann daher, wenn der Pilot den Nick- oder Roll-Knüppel in die Mittelstellung bringt, automatisch in eine horizontale Neutrallage zurückkehren. Dies ist z.B. hilfreich, wenn man in größerer Distanz die Lage des Copters nicht mehr genau einschätzen kann.

Im Gegensatz zu dem von Celaeno standardmäßig verwendeten „Heading Hold“ Steuerung, bei der man mit den Knüppeln die Rotationsgeschwindigkeit um die jeweilige Achse vorgibt, wird im sogenannten „ACC Modus“ (Flug mit aktivem Beschleunigungssensor) direkt der Winkel vorgegeben, um den sich der Copter neigen soll. Da die Knüppel irgendwann an den Anschlag gehen, sind in diesem Modus keine Loopings mehr möglich, sondern der maximale Neigungswinkel des Copter ist auf maximal 80° beschränkt.

Celaeno bietet daher die Möglichkeit, während des Fluges zwischen „Heading Hold“ und dem „ACC“ Modus mittels eines frei wählbaren Schalters auf der Fernsteuerung umzuschalten. So kann zwischen Kunstflug und automatischer Stabilisierung gewechselt werden. Wird mittels Schalter in den ACC-Modus gewechselt, dann dreht sich der Copter aus jeder Ausgangslage sofort in die horizontale Neutrallage. Diese Funktion kann also auch als „Rettungsanker“ während des Kunstfluges verwendet werden.

Damit der Beschleunigungssensor später die genaue Abweichung des Copters von der Neutrallage messen kann, muss diese nach dem Einbau kalibriert werden. Diese Kalibrierung muss nur ein mal gemacht werden und wird dann im EEPROM-Speicher der Celaeno-Platine dauerhaft abgelegt.

Die Unterstützung des Luftdrucksensors ist momentan noch experimentell und wird mit kommenden Firmware-Versionen finalisiert.

5.2 Einbau

Begonnen wird mit der Vorbereitung des Breakout-Boards. Dabei wird dieses mit abgewinkelten **langen (!)** Stiftleisten versehen. Die Seite der Stiftleisten mit den kurzen Beinchen kommt an das Breakoutboard und die langen Beinchen stehen vom Breakout-Board weg.



Es muss unbedingt darauf geachtet werden, dass

- Für die Montage des Beschleunigungssensors (ACC) die langen abgewinkelten Stiftleisten verwendet werden, da sonst die gewünschte Bauhöhe nicht erreicht werden kann.
- die abgewinkelte **Stiftleiste vorne am Breakout-Board liegen muss** (siehe Abbildung)
- die Stiftleisten genau parallel zum Breakout-Board stehen, damit das Flugverhalten später möglichst präzise ist. Man lötet zuerst einen Pin am Ende der Stiftleiste an, richtet das ganze nochmal exakt aus und lötet dann die restlichen Pins).
- alle Pins der Breakoutboards mit der Stiftleiste verlötet sind, damit genügend Stabilität erzielt wird.

Den Beschleunigungssensor jetzt noch nicht einlöten!

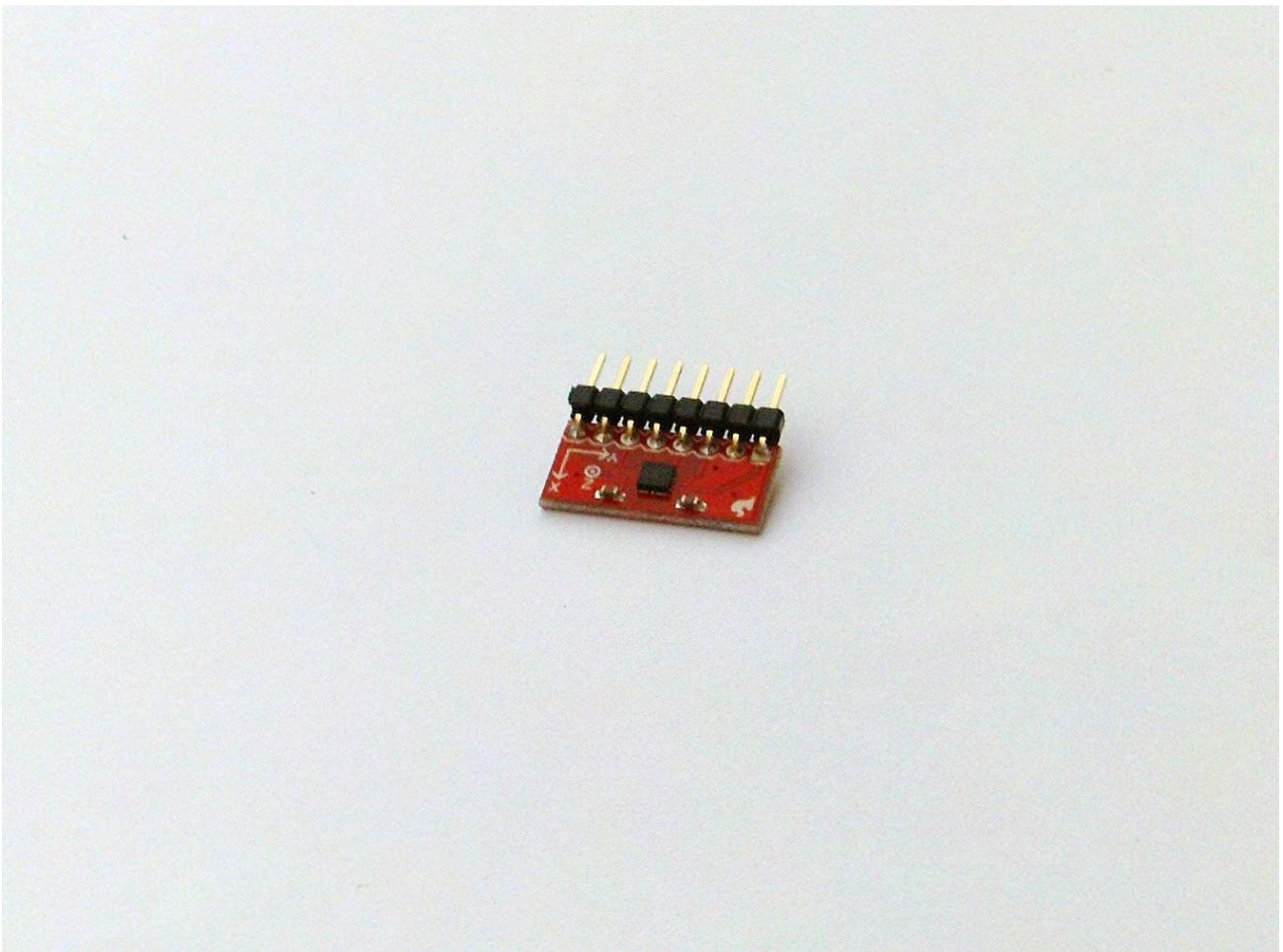


Abbildung 32: Beschleunigungssensor - Stiftleisten 1

Weiter geht es nun damit, **eine weitere Reihe Kunststoff-Abstandshalter** auf die langen Beinchen der Stiftleiste zu bringen. Dies ist notwendig, damit das ACC-Breakoutboard später nicht vom Pegelwandler blockiert wird.

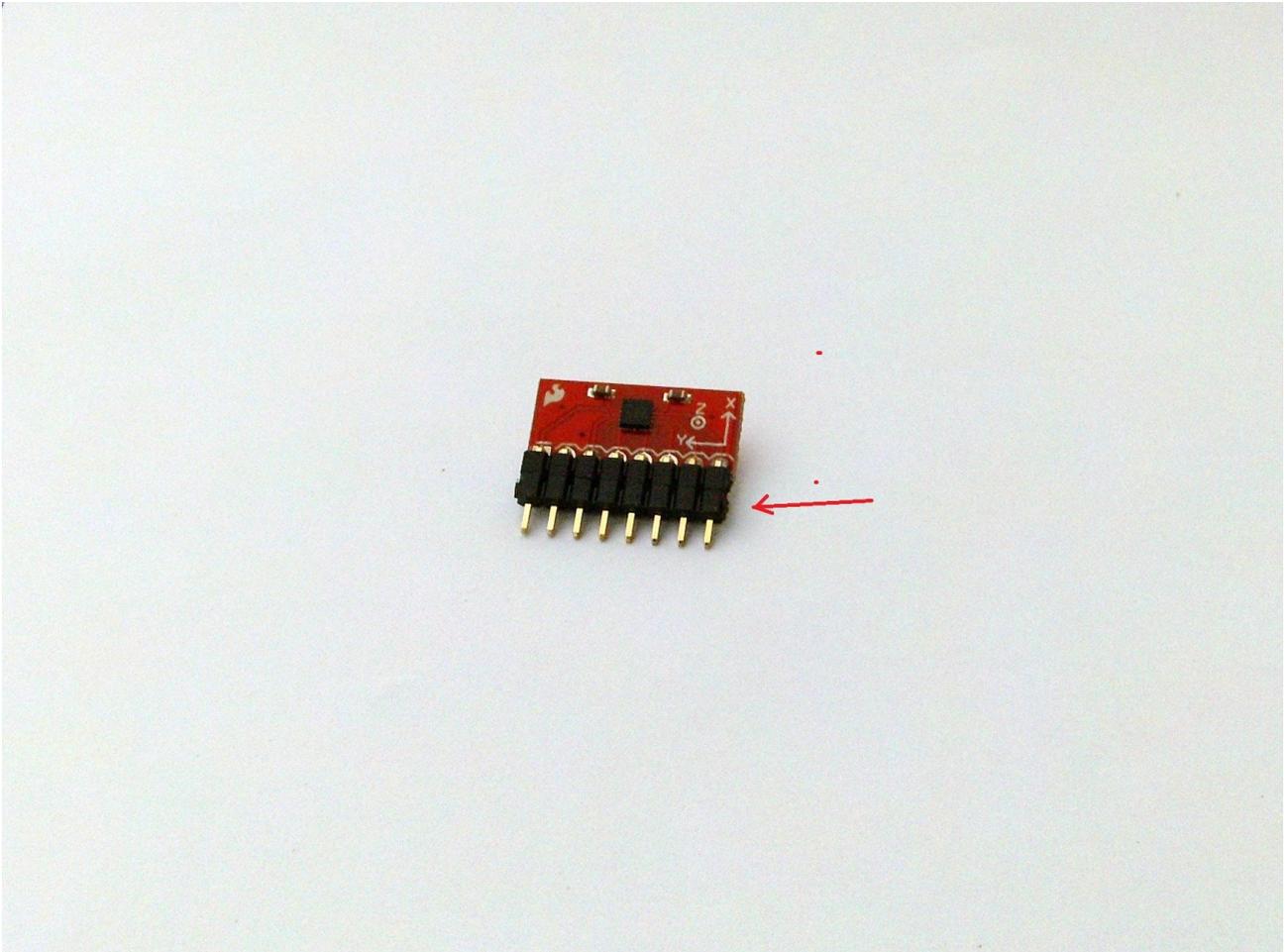


Abbildung 33: Beschleunigungssensor - Stiftleisten 2

Diese weiteren Kunststoff-Abstandshalter nimmt man von einem unbenutzten Stück Stiftleiste, von der man die Beinchen nach der Reihe aus dem Kunststoff-Abstandshalter entfernt. Dies geht leichter, wenn man die Beinchen einzeln nacheinander mit dem Lötkolben erhitzt.

Anschließend wird der Kunststoff-Abstandshalter wie in der Abbildung gezeigt auf die am Breakoutboard angelötete Stiftleiste aufgeschoben und alles möglichst gerade ausgerichtet.

Nun wird das vorbereitete Breakoutboard so wie auf der Abbildung unten gezeigt (zur besseren Übersicht wurde in dem Bild der Gyro und das Arduino-Board entfernt) auf die Celaeno-Platine gelötet

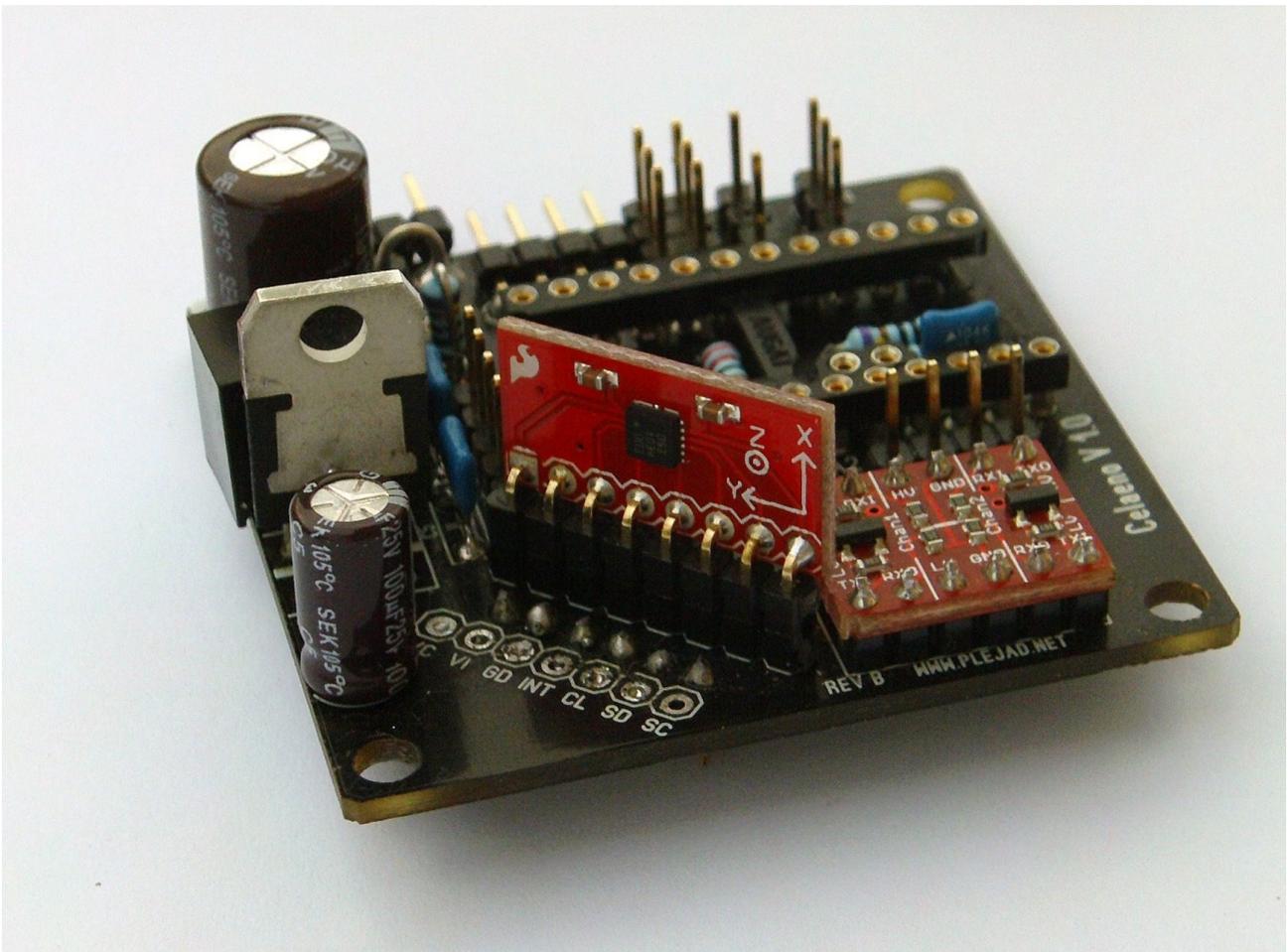


Abbildung 34: Einlöten des Beschleunigungssensors



Es muss unbedingt darauf geachtet werden, dass

- Die Kunststoff-Abstandshalter gut auf der Platine aufsitzen, um keine Vibrationen im Flug entstehen zu lassen.
- Das Breakout-Board mit dem Beschleunigungssensor richtig herum eingelötet wird (so wie in der Abbildung)
- Das Beschleunigungssensor-Board genau parallel zum Gyro-Breakoutboard steht, da beide Sensoren unbedingt die gleichen Bewegungen messen sollen. Sind die Platinen nicht parallel, gibt es hier Messfehler, die das Flugverhalten negativ beeinflussen. Man lötet zuerst einen Pin am Ende der Stiftleiste an, richtet das ganze nochmal exakt aus und lötet dann die restlichen Pins).
- alle Pins der Breakoutboards mit der Platine verlötet sind.

Der Beschleunigungssensor ist ein sehr vibrationsempfindliches Bauteil und wird durch etwaige hochfrequente Schwingungen des Copters negativ beeinflusst. Er beginnt dann, Neigungswinkel zu messen, die in der Realität nicht vorhanden sind und die den Copter nicht sauber in die Neutrallage zurückkehren lassen.



Für optimales Flugverhalten sollte der Beschleunigungssensor zusätzlich schwingungsgedämpft werden!

Bei ausführlichen Tests hat sich gezeigt, dass an 2 Stellen der Platine für zusätzliche Schwingungsdämpfung gesorgt werden sollte:

- 1.) Am Linear-Spannungsregler
- 2.) Bei den beiden Breakout-Boards für Gyro und Beschleunigungssensor

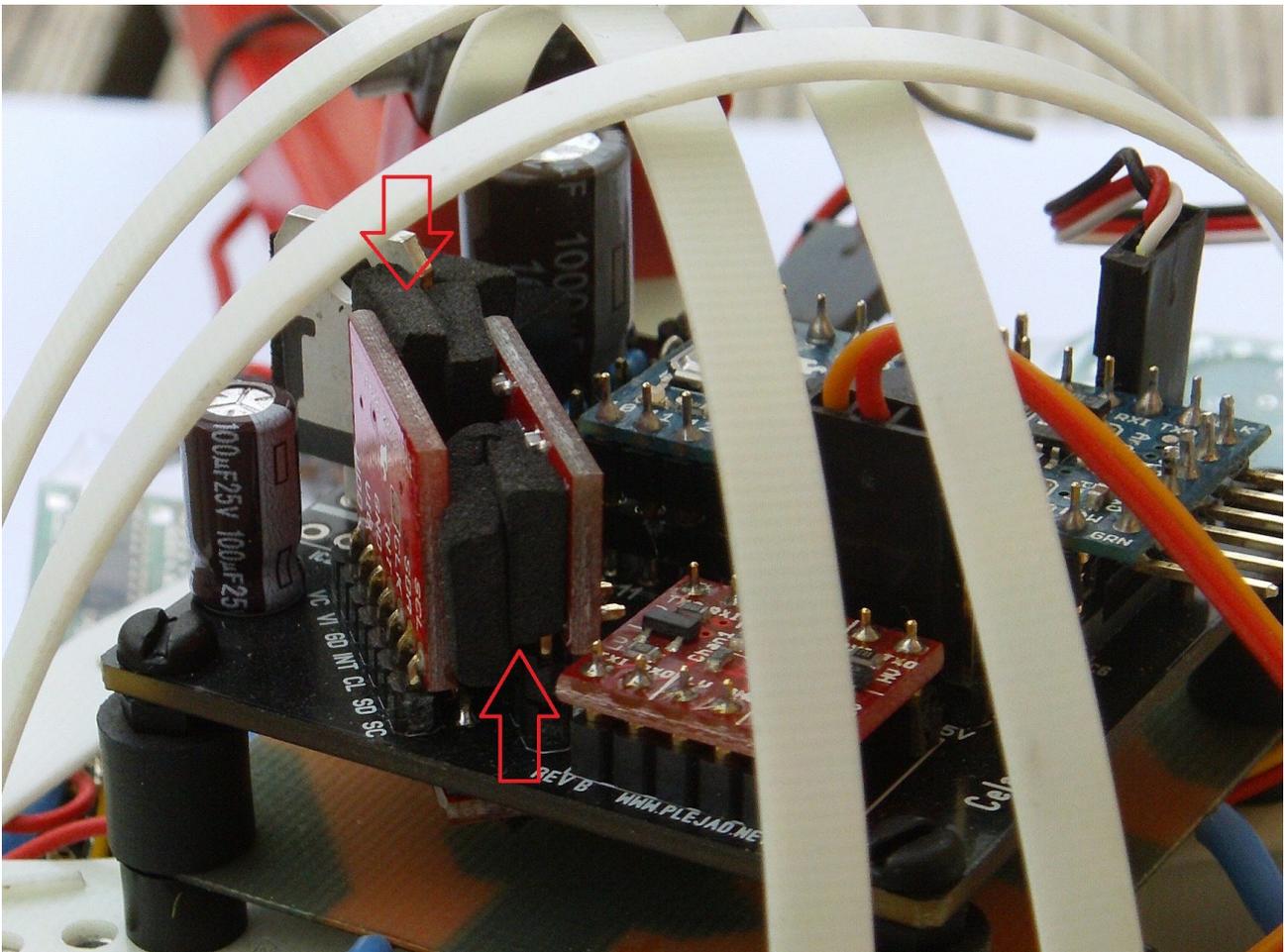


Abbildung 35: Schwingungsdämpfung der Breakoutboards

Bei den Breakout-Boards wird eine optimale Schwingungsdämpfung so erreicht, dass zwei kleine Stückchen Moosgummi an beiden Seiten mit gerade so viel Kraft eingeklemmt werden, dass sie von beiden Platinen fest gehalten werden, die Platinen dadurch aber nicht merklich schräg gebogen werden.

Die Abbildung zeigt, wie die Moosgummistückchen eingeklemmt werden sollen. Die Gummistückchen sollten dabei aber nicht die Sensoren (schwarze Quader) auf den Breakoutboards berühren.

Die zweite Stelle, an der mit Moosgummi gedämpft werden sollte ist der Linear-Spannungsregler:

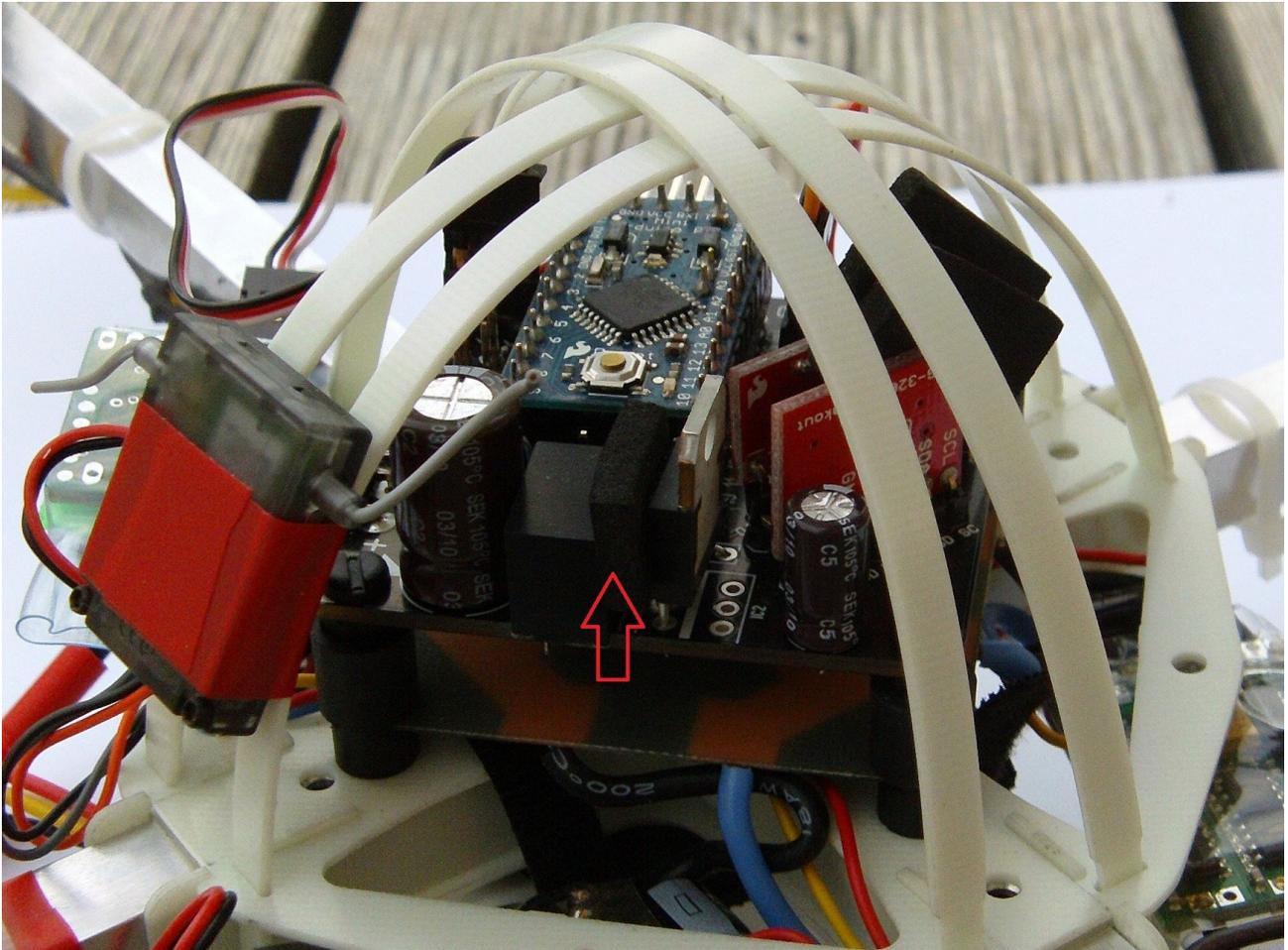


Abbildung 36: Schwingungsdämpfung am Spannungsregler

Hier wird - wie in der Abbildung gezeigt, ein Stückchen Moosgummi zwischen den beiden Spannungsreglern eingeklemmt.

5.3 Wichtige Tips zum Beschleunigungssensor

Der BMA180 Beschleunigungssensor ist noch sensibler als die Gyro-Sensoren. Beim Zusammenbau des Copters gelten daher umso mehr die folgenden Grundsätze:

- **Celaeno muß unbedingt mit Gummi-Schwingungsdämpfern auf dem Copter montiert werden. Dies ist der wichtigste Punkt überhaupt. Wird das Board starr mit dem Rahmen verbunden, führt dies zu äußerst schlechtem Flugverhalten!**
- Laufruhige Brushlessmotore verwenden

- Kabel von und zu Celaeno dürfen nicht straff gespannt oder sehr dick/starr sein, damit durch sie keine Motorvibrationen auf die Platine übertragen werden.
- Kabel von und zu Celaeno dürfen die Beschleunigungssensor-Breakout-Platine nicht berühren. Ebenso darf die Breakoutplatine nicht Teile des Rahmens berühren.

5.4 Funktionstest

Das Vorhandensein des Beschleunigungssensors wird von Celaeno automatisch erkannt. Dazu ist allerdings eine Firmware-Version 0014 oder höher, sowie der PCC-Manager 1.40 (oder höher) nötig. Man kann mit dem PCC-Manager zur Platine verbinden (wie im Kapitel 4.10 beschrieben) und sieht in der Karteikarte „Dashboard“ die absoluten Lagewinkel des Copters in der Nick- und Rollachse.

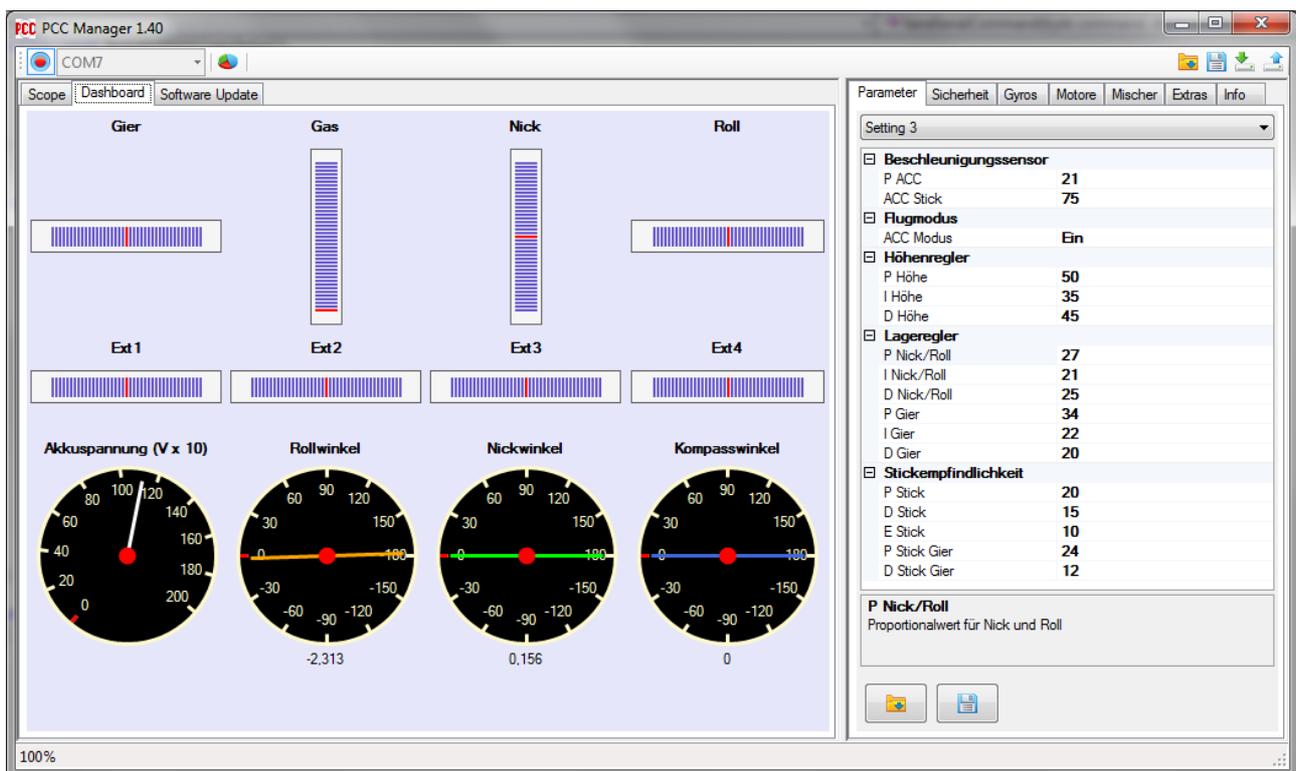


Abbildung 37: PCC Manager - Lagewinkel

Neigt man die Platine um ihre Nick- oder Rollachse, zeigen die Instrumente für „Nickwinkel“ oder „Rollwinkel“ die Lage an. Neigt man eine der Achsen über 90° , zeigt Rollwinkel 95° und Nickwinkel 0° an (Details dazu siehe im Kapitel „Flugbetrieb“)

Direkt nach dem Einlöten des Beschleunigungssensors wird - auch wenn die Platine perfekt waagrecht liegt - der Nick-/Rollwinkel nicht 0 sein. Der Beschleunigungssensor muss erst lernen, wo die Neutrallage ist.



Vor den ersten Flügen mit Beschleunigungssensor muss dieser kalibriert werden. Dabei „lehrt“ man ihn die horizontale Neutrallage des Copters.

Die Kalibrierung soll aber erst durchgeführt werden, wenn die Celaeno-Platine fix im Copter montiert ist. Mehr dazu im Kapitel 8, wo der Flugbetrieb beschrieben ist.

5.5 Luftdrucksensor

Der Luftdrucksensor wird vor dem Einbau mit einem Stück Schaumstoff abgedeckt, welches eingeschrumpft bzw. mit Klebeband/Isolierband fixiert wird. Es sollte kein Licht an den Luftdrucksensor gelangen - also eher dunkles Klebeband bzw. dunklen Schaumstoff verwenden. Den Sensor so einschrumpfen, dass die Lötungen frei bleiben und ein Druckausgleich mit dem Sensor möglich ist (also nicht komplett Luftdicht einpacken). Es geht in erster Linie darum, den Sensor vor Licht und Propellerwinden zu schützen.

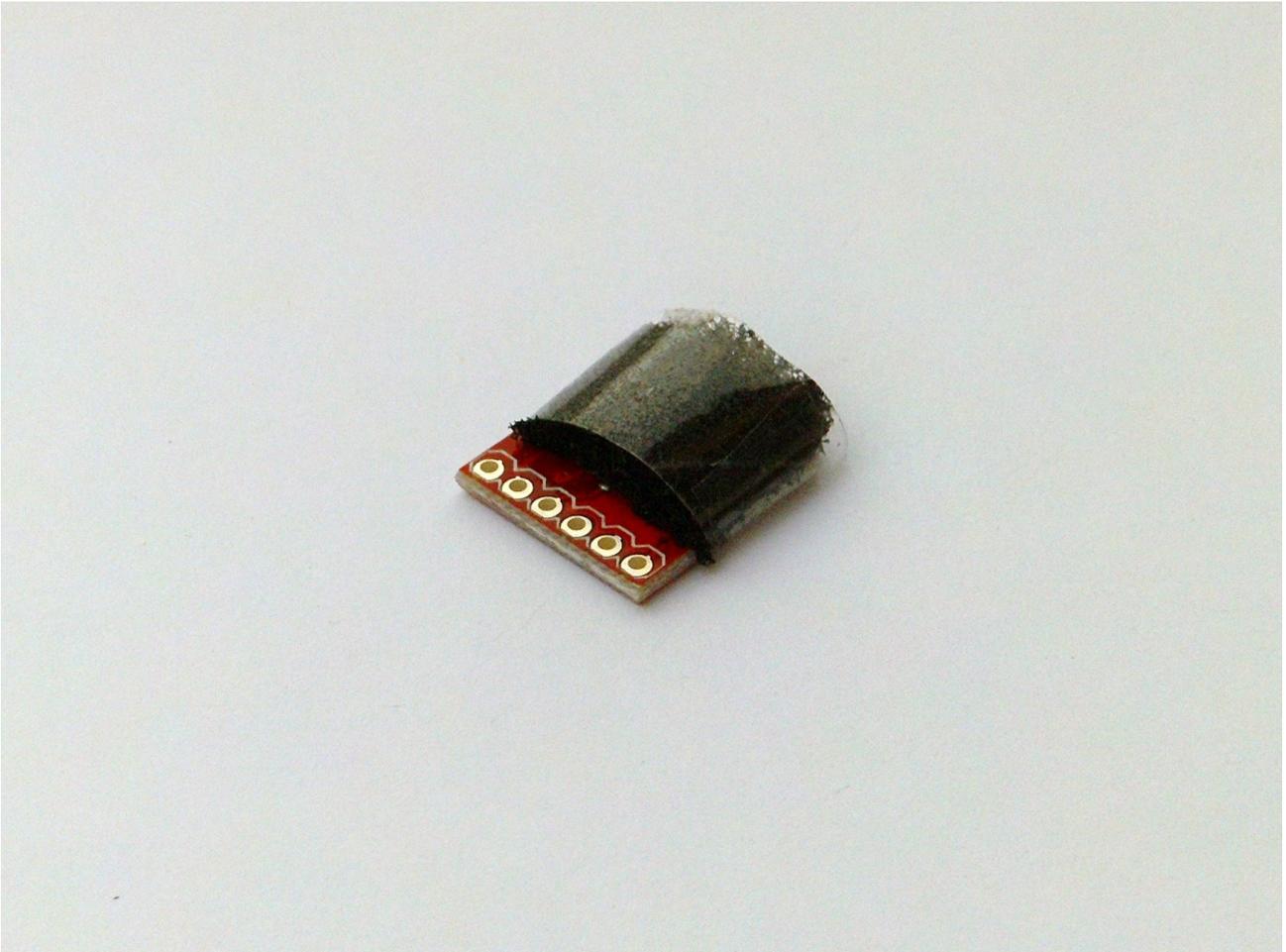
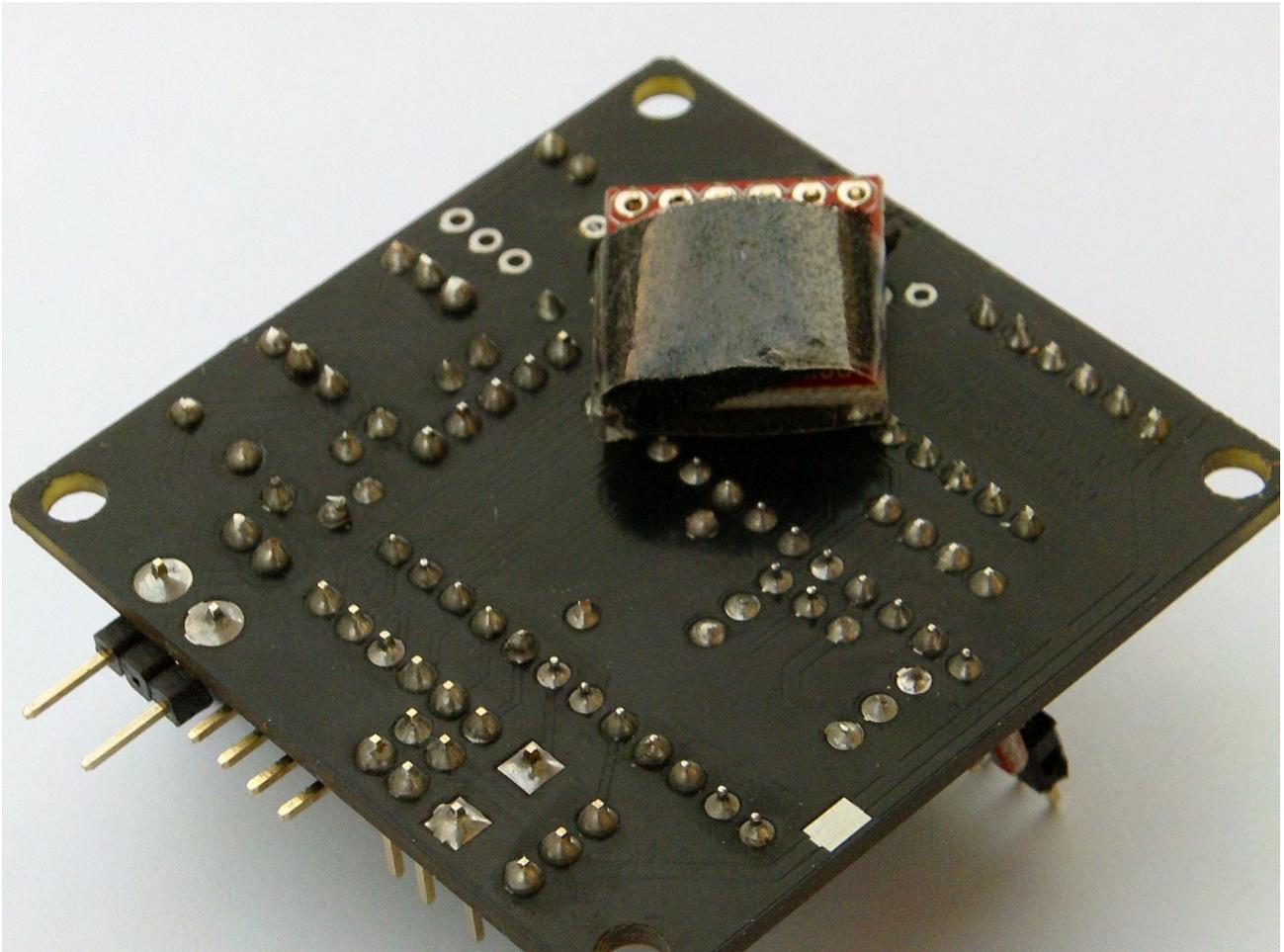


Abbildung 38: Abdecken des Luftdrucksensors

Nun kann der Luftdrucksensor auf der Unterseite der Platine auf die vorbereiteten Stiftleisten montiert werden, wie auf der Abbildung unten gezeigt (Sensor nach unten):



Es muss unbedingt darauf geachtet werden, dass

- Der Luftdrucksensor beim Einbau der Platine keine Kabel oder Rahmenteile berührt. Über diese würden Vibrationen übertragen werden, welche die Gyros und den Beschleunigungssensor negativ beeinflussen könnten.

6 Anschlüsse

Dieses Kapitel beinhaltet eine kurze Übersicht über die Anschlüsse der Celaeno Platine. Ein Diagramm, wie die Platine mit den restlichen Komponenten des Copters verkabelt wird, findet man in Kapitel 7.

6.1 Übersicht der Anschlüsse

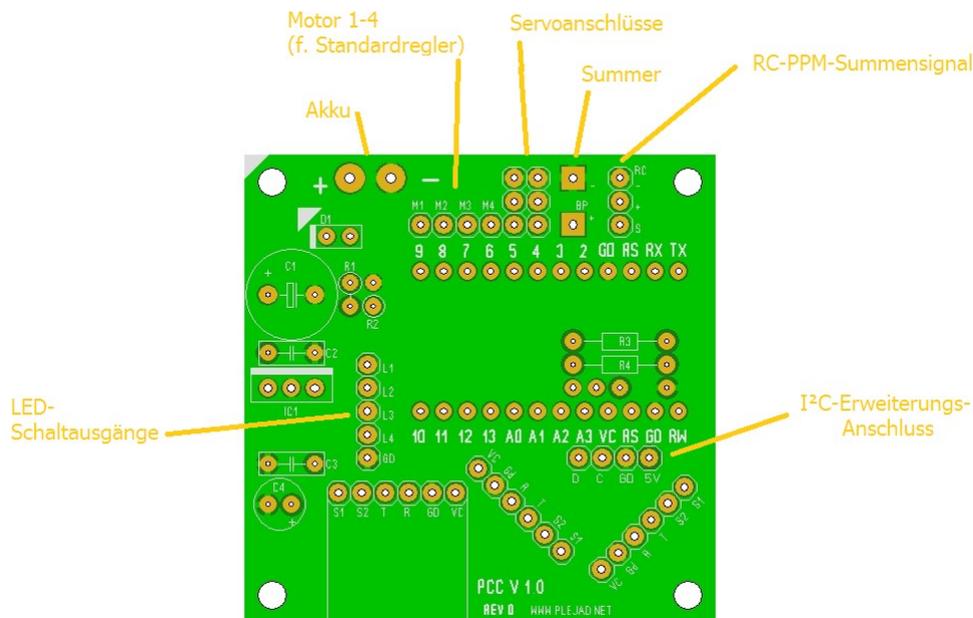


Abbildung 39: Anschlüsse auf der Platine

6.2 Akku

Über diesen Anschluss wird die Platine mit Strom versorgt. Hier wird der LiXX-Flugakku angeschlossen. Es können LiPo Akkus mit drei oder Vier Zellen verwendet werden. Beim Anschluss unbedingt auf die richtige Polung achten (+/- sind auf der Platine beschriftet)!

6.3 Summer

An diesen Anschluss wird der Signalgeber angeschlossen. Dieser sollte mittels eines Servokabels mindestens 5cm von der Platine entfernt (z.B. an einem Ausleger) montiert werden, um keine Störeinflüsse auszuüben. Beim Anschluss unbedingt auf die richtige Polung achten (+/- sind auf der Platine beschriftet).

6.4 LED-Schaltausgänge

An diese Anschlüsse können bis zu 3 per Fernsteuerung schaltbare LEDs angeschlossen werden. L4 ist nicht schaltbar, sondern blinkt im Takt der grünen LED auf dem Arduino-Board.



LEDs immer mit Vorwiderstand anschließen und die Anschlüsse maximal mit 30mA belasten.

Beim Anschluss unbedingt auf die richtige Polung achten (+ an die Ausgänge L1-L4, - an den Ausgang „GD“ (Masse)).

6.5 RC PPM-Summensignaleingang

Über diesen Anschluss erhält Celaeno die Fernsteuerungs-Signale.

Man benötigt einen Empfänger, der ein **PPM-Summensignal** liefert, oder einen „normalen“ RC-Empfänger, der mittels Summensignal-Erzeuger mit Celaeno verbunden wird. Welche Empfänger oder Summensignal-Erzeuger funktionieren, findet man auf der plejad.net-Homepage in der Rubrik „Kompatible Hardware“.

Beim Anschluß unbedingt auf die richtige Polung achten (schwarzes Kabel an „-“, rotes Kabel an „+“ und gelbes/weißes Kabel an „S“)

6.6 Motor 1-4 für Standardregler

Wird Celaeno mit (nicht I²C) Standardreglern verwendet, dann werden hier die Signaleingänge der Brushlessregler angeschlossen. Auf diese Weise kann man Copter mit bis zu 4 Motoren bauen.

Möchte man Copter mit Standardreglern und mehr als 4 Motoren bauen, benötigt man die PCC Extenderplatine, mit der Fluggeräte mit bis zu 8 Standardreglern gebaut werden können.

Wie die Brushlessregler verkabelt werden, findet man in Kapitel 7.

6.7 Servoausgänge

An diese Ausgänge können Servos angeschlossen werden, die über die EXT-Kanäle gesteuert werden, bzw. die einen aktiven Neigungswinkel-Ausgleich für Kamerahalterungen ausführen.



Nur Microservos direkt an die Servoausgänge anschliessen!! Der Recom Spannungsregler liefert maximal 1A und schon Microservos können bis zu 0.5A ziehen. Wird der Spannungswandler zu stark belastet resettet sich unter Umständen das Arduino im Flug was zum Absturz führt.

Bei größeren Servos nur den Signalausgang des Servos an die Servoports anschließen und +5V und GND an die BEC-Ausgänge der Brushless-Regler - oder ein eigenes BEC verwenden

Beim Anschluss unbedingt auf die richtige Polung achten (schwarzes Kabel an „-“, rotes Kabel an „+“ und gelbes/weißes Kabel an „S“)



Bei installiertem Beschleunigungssensor bieten die beiden Servoausgänge einen aktiven Neigungsausgleich für Kamerahalterungen. Details dazu findet man im Kapitel 8.7)

Für Tricopter stellt der Servoausgang 1 das Gierservo-Signal zur Verfügung. Mehr dazu auf der plejad.net Homepage unter „Tricopter bauen“

6.8 I²C Erweiterungsanschluß

An diesen Anschluss werden I²C-fähige Motorregler oder andere Erweiterungsplatinen (wie z.B. der PCC Extender) an Celaeno angeschlossen. Man kann sich den I²C-Bus wie ein Computernetzwerk vorstellen, an dem beliebig viele Geräte hängen können.

Per I²C unterstützt Celaeno Copter mit bis zu 8 Motoren. Wie I²C-Brushlessregler verkabelt werden, findet man in Kapitel 7.

6.9 Serielle Schnittstelle

Die Serielle Schnittstelle befindet sich direkt am Arduino-Board und dient zum Anschluss an den PC, sowie an das LCD-Terminal.

7 Zusammenbau des Multicopters

In diesem Kapitel wird exemplarisch die Verkabelung eines Multicopters mit 4 Motoren (Quadrocopter) beschrieben. Abschnitt 7.4 beschreibt die Verkabelung eines Copters mit PWM Standardreglern und Abschnitt 7.5 beschreibt dies mit I²C Reglern.



Für Einsteiger (und vielleicht auch Fortgeschrittene) empfiehlt es sich, die Rubrik „Referenzsysteme“ auf der plejad.net-Homepage zu besuchen, wo Copter (und deren Komponenten) beschrieben werden, die sicher funktionieren und optimal mit der PCC oder Celaeno zusammenarbeiten. Auf diese Weise kann man sich auf einfache Weise und ohne großen Ärger ein funktionierendes Fluggerät zusammenstellen.

7.1 Benötigte Komponenten

Für einen Multicopter mit 4 Motoren benötigt man folgende Bauteile:

- 4 Brushlessmotore, die möglichst laufruhig sind
- 4 Brushless-Motorregler (günstige Standardregler oder I²C-Regler, die eine präzisere Steuerung erlauben)
- RC-Empfänger mit Summensignalausgang bzw. Standard RC-Empfänger und Summensignalerzeuger
- Links- und Rechtsdrehende Propeller
- LiPo oder LiFe Akku
- Verwindungssteifes Multicopter-Rahmensystem, welches möglichst wenig Vibrationen überträgt

Welche Empfänger, Summensignal-Erzeuger und Brushless-Motorregler funktionieren, findet man auf der plejad.net-Homepage in der Rubrik „Kompatible Hardware“. Dies sollte man unbedingt beachten, um teure Fehlkäufe zu vermeiden.

7.2 Wichtige Tips für den Zusammenbau

Die MEMS-Gyrosensoren Celaenos sind hochsensibel und werden durch Vibrationen negativ beeinflusst. Dies sollte beim Zusammenbau des Copters beachtet werden:

- **Celaeno muß unbedingt mit Gummi-Schwingungsdämpfern auf dem Copter montiert werden. Dies ist der wichtigste Punkt überhaupt. Wird das Board starr mit dem Rahmen verbunden, führt dies zu äußerst schlechtem Flugverhalten!**
- Laufruhige Brushlessmotore verwenden
- Kabel von und zu Celaeno dürfen nicht straff gespannt sein, damit durch sie keine Motorvibrationen auf die Platine übertragen werden.
- Kabel von und zu Celaeno dürfen die Gyro-Breakout-Platine nicht berühren. Ebenso darf die Gyro-Breakoutplatine nicht Teile des Rahmens berühren.

7.3 Montage der Celaeno Platine

Beim Einbau Celaenos in einen Copter ist es wichtig, dass diese mit Gummi-Schwingungsdämpfern vom Rahmen/Chassis entkoppelt wird.

Der Grund dafür ist, dass die verwendeten MEMS-Drehratensensoren durch hochfrequente Vibrationen von den Motoren/Propellern in Ihrer Funktion gestört werden und das Flugverhalten daher merklich schlechter ist.

Es müssen also spezielle Schwingungsdämpfer verwendet werden. Die einzigen, mit denen es garantiert funktioniert, sind folgende Dämpfer:

Erhältlich z.B. unter:

<http://www.conrad.at/ce/de/product/546418/GEWINDEPUFFER-II-110090>



Spritschlauch-Stückchen oder andere Silikonenteile erfüllen diesen Zweck nicht!

7.4 Verkabelung (PWM Standardregler)

PWM Standardregler werden wie folgt verkabelt:

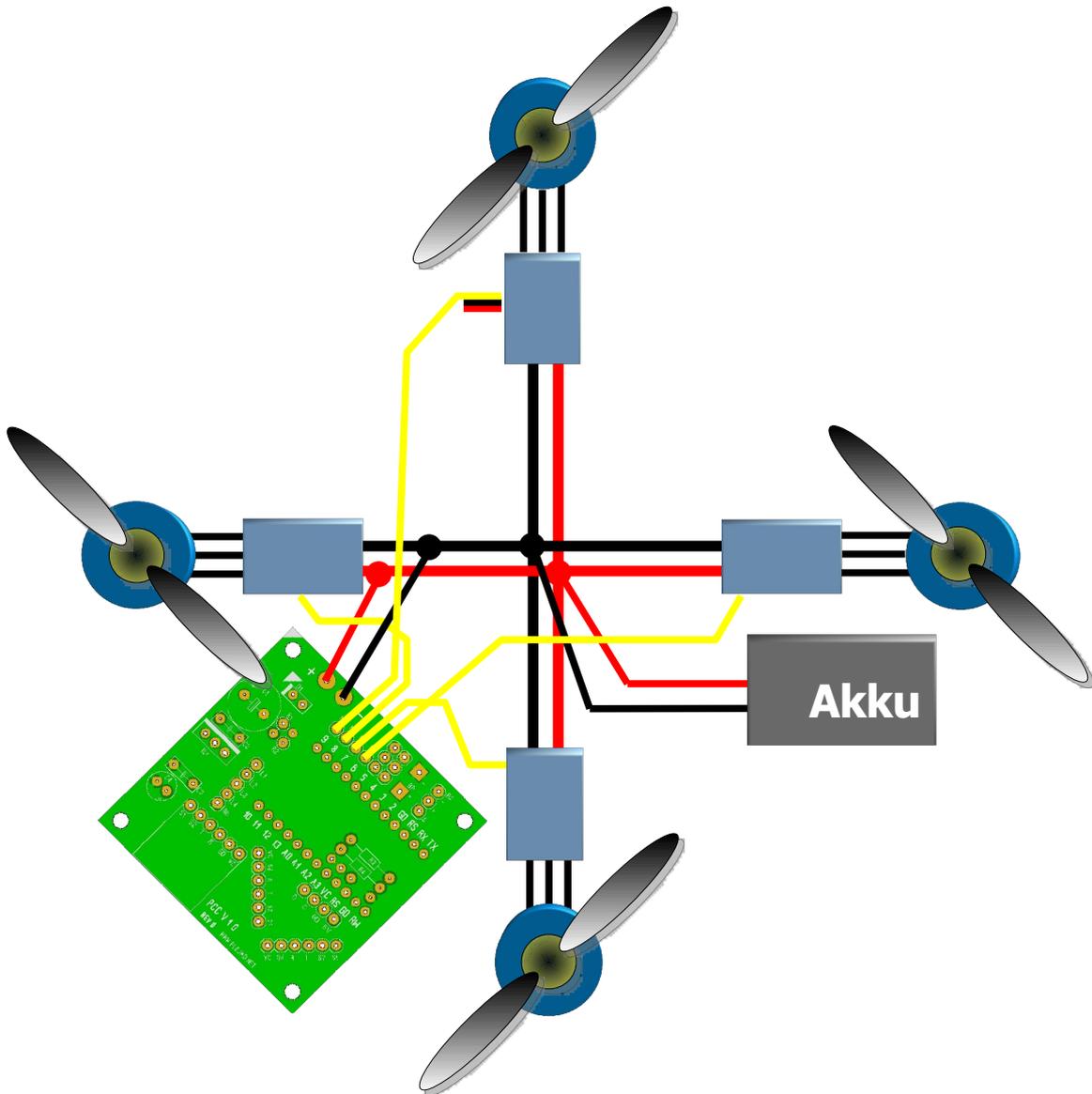


Abbildung : Verkabelung - PWM Standardregler

Von den Servokabeln an den Reglern wird nur die gelbe (weiße) Signal-Ader an Celaeno angeschlossen. Die Signalleitungen der Regler werden wie folgt angeschlossen:

- M1 = Vorderer Motor
- M2 = Linker Motor
- M3 = Hinterer Motor
- M4 = Rechter Motor

Die rote (5V) und schwarzen (Masse) Leitungen der Regler-Anschlusskabel werden nicht benötigt.

Die Stromzuleitungen der Regler und Celaeno werden alle parallel an den Flugakku angeschlossen.

7.5 Verkabelung (I²C)

I²C Regler werden wie folgt verkabelt:

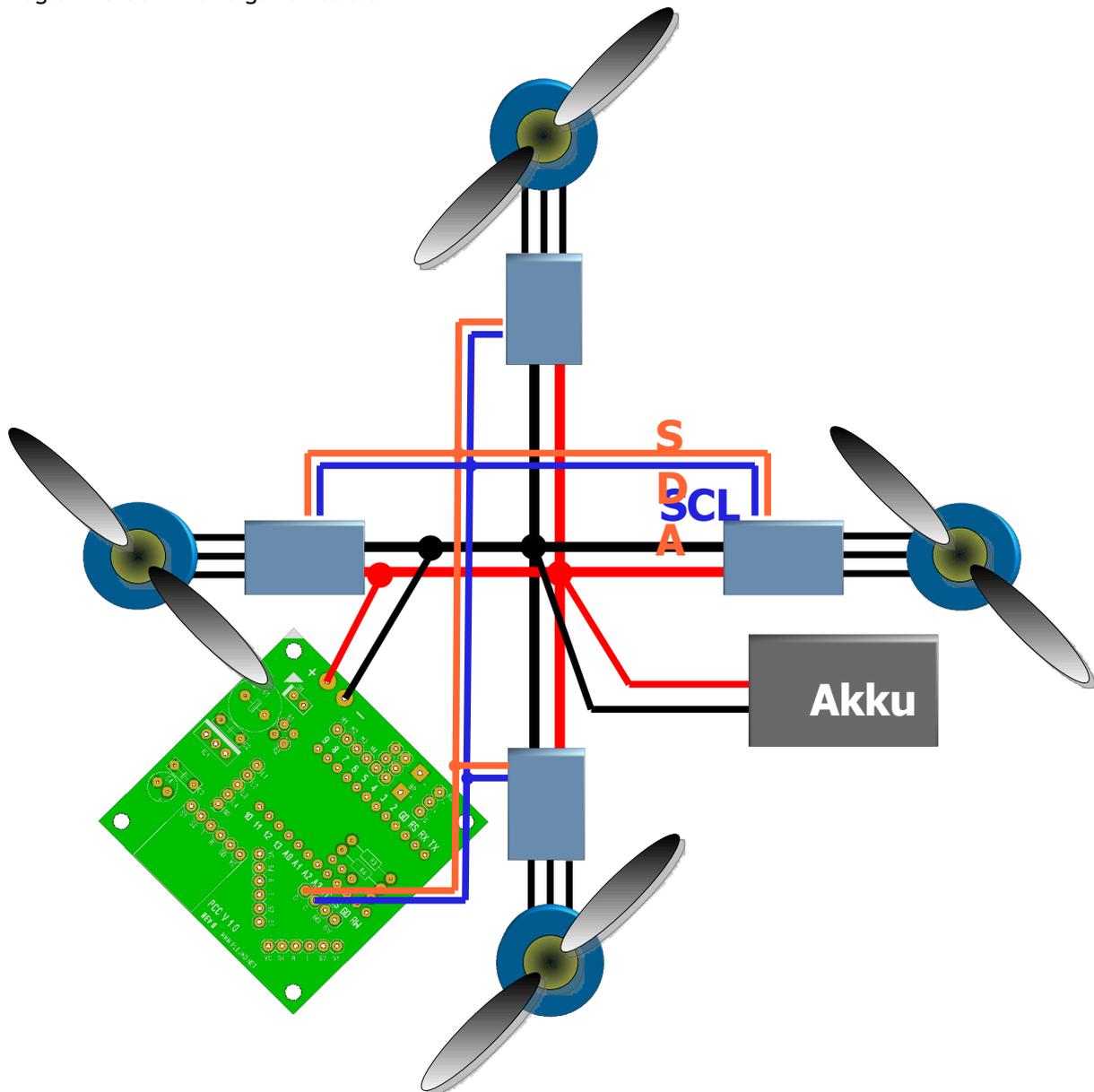


Abbildung 40: I²C Regler - Verkabelung

Takt- (SCL, Blau) und Datenleitungen (SDA, Orange) werden parallel an die Anschlüsse C (SCL) und D (SDA) angeschlossen. Die Regleradressen müssen wie folgt eingestellt werden:

- 1 = Vorderer Motor
- 2 = Linker Motor
- 3 = Hinterer Motor
- 4 = Rechter Motor

Weitere Regler-Anschlusskabel (außer der Stromversorgung) werden nicht benötigt.

Die Stromzuleitungen der Regler und Celaeno werden alle parallel an den Flugakku angeschlossen.

7.6 Ausrichtung der Celaeno Platine und Motordrehrichtungen

Damit die Lageregelung des Copters funktioniert, müssen die Drehrichtungen der einzelnen Motoren exakt eingehalten werden und die Celaeno-Platine in der korrekten Ausrichtung auf dem Copter montiert werden:

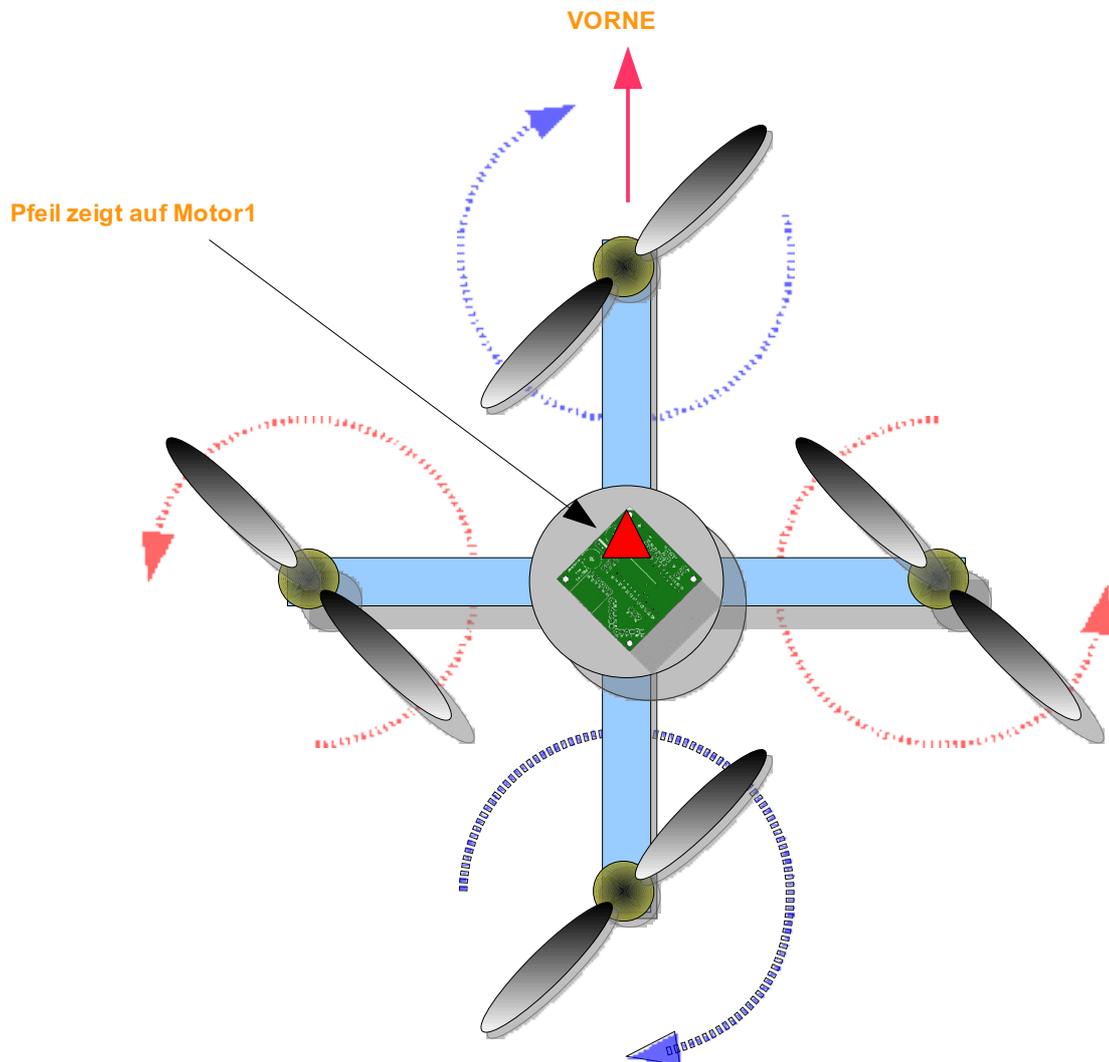


Abbildung 41: Motordrehrichtungen und Platinenausrichtung

Von oben gesehen müssen die Motoren folgende Drehrichtungen haben:

- Vorderer und hinterer Motor: Im Uhrzeigersinn
- Linker und rechter Motor: Gegen den Uhrzeigersinn

Die Celaeno Platine muß wie auf der Abbildung auf dem Copter montiert werden, wobei der **weiße Pfeil auf der Platine zum vorderen Motor (Nummer 1) zeigen muss.**



Die gezeigten Montagearten entsprechen den Standardeinstellungen Celaenos. Sowohl die Lage der Motoren, als auch die Ausrichtung der Vorderseite kann mit einem selbstdefinierten Mischer geändert werden. Mehr dazu, weiter unten.

8 Bedienungsanleitung

Dieses Kapitel erklärt die notwendigen Schritte, um den Copter in die Luft zu bekommen und danach das Flugverhalten an die verbauten Komponenten und dem eigenen Geschmack anzupassen.

8.1 Einführung

In frisch zusammengebautem und programmierten Zustand verwendet der Fluglageregler Celaenos Standardeinstellungen, mit der 90% aller Copter relativ sauber in die Luft kommen sollten. Außerdem geht Celaeno davon aus, daß sie in einem Quadrocopter in „+“-Konfiguration (d.h. Motor 1 ist vorne, so wie im vorigen Kapitel gezeigt) eingebaut ist.

So sollte einem schnellen ersten Testflug nichts im Wege stehen. Um den Copter dann an den eigenen Geschmack anzupassen, bzw. aus der Fluglageregelung das Optimum herauszuholen, kann man eine Vielzahl von Einstellungen verändern.

Prinzipiell gibt es 3 Wege, mit Celaeno auf dem Copter zu interagieren:

- Schnelle Veränderungen am Flugfeld ohne LCD Terminal oder PC:
Über bestimmte Kombinationen von Knüppelstellungen auf der Fernsteuerung
- Veränderungen von etwas fortgeschritteneren Einstellungen am Flugfeld:
Über das LCD-Display, wobei die Fernsteuerungsknüppel als „Cursortasten“ verwendet werden, um durch das Menü zu blättern
- Anpassung des Copters an spezielle Bauformen, Definition von Schalt- oder Servokanälen:
Über den Anschluß an den PC via USB und die PCC Manager Software

8.2 Anlernen der Fernbedienung

Das Anlernen der Fernsteuerung wird in Kapitel 4.9 beschrieben und sollte an dieser Stelle schon abgeschlossen sein.

Sollte die Fernbedienung nicht korrekt eingelernt worden sein, bzw. die Kanaluordnung nicht den eigenen Wünschen entsprechen, so kann dies wiederholt werden. Dazu gibt es zwei Möglichkeiten:

- 1.) Falls die Fernsteuerung korrekt reagiert, aber man das Anlernen nochmals wiederholen möchte, verwendet man das LCD Terminal und aktiviert den Menüpunkt „Fernsteuerung anlernen“ (Siehe Abschnitt 8.6 für Details)
- 2.) Falls die Fernsteuerung nicht korrekt reagiert, sodaß man das LCD Terminal nicht steuern kann, gibt es folgende „Notprozedur“:
 - 1.) Stellen Sie sicher, dass der Copter stromlos ist.
 - 2.) Montieren Sie die Propeller von den Motoren ab.
 - 3.) Ziehen Sie vom Empfänger das Servokabel ab, das ihn mit Celaeno verbindet.
 - 4.) Bringen Sie den Roll-/ Nick-/ und Gier- Knüppel, sowie **alle** Trimmhebel Ihres Senders in die Mittelstellung.
 - 5.) Den Gashebel bringen Sie in die „Nullgas“ Stellung.
 - 6.) Verbinden Sie Ihr LCD Terminal mit Celaeno.

- 7.) Schalten Sie Ihren Sender ein.
- 8.) Klemmen Sie nun Ihren Flugakku an.
- 9.) Celaeno sollte nun seine Startroutine durchlaufen, und dabei einen schrillen durchgehenden Piepton von sich geben.
- 10.) Stecken Sie das Servokabel polrichtig wieder an den Empfänger an.
- 11.) Nun sollte der Piepton verstummen, und am LCD Terminal die „Sender-Einlern-Prozedur“ zu sehen sein.“
- 12.) Folgen Sie nun einfach den Anweisungen Ihres LCD Terminals.
- 13.) Wenn das Einlernen beendet ist, springt das LCD Terminal automatisch ins Hauptmenü zurück.

8.3 Copter einschalten

Beim Einschalten den Copter auf eine feste Unterlage stellen, auf der er sich nicht bewegen kann (siehe Punkt 3 unten). Der Copter muss dabei nicht waagrecht stehen.

Folgendes läuft nacheinander ab:	
<Beep>	1) Summer piept kurz
Motortest	2) a) Alle Motoren laufen zuerst gleichzeitig an und ruckeln - dabei werden die Regler kalibriert (nur bei PWM Standardreglern) b) Alle Motoren laufen reihum kurz an
Gyro-Kalibrierung	3) Der Copter lernt die Gyrowerte, wenn er nicht in Bewegung ist. Den Copter also jetzt nicht bewegen!
LED Code / Beep Code	4) Das Ergebnis der Initialisierung wird angezeigt (siehe unten)

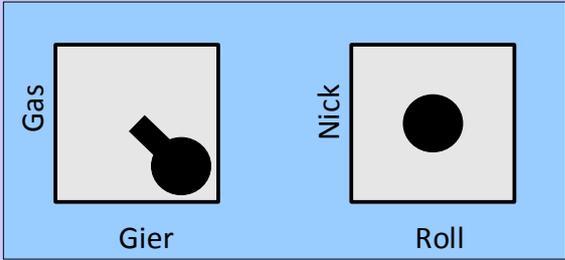
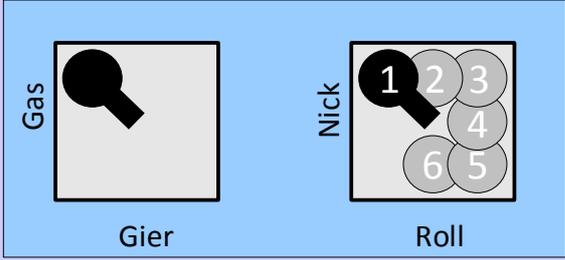
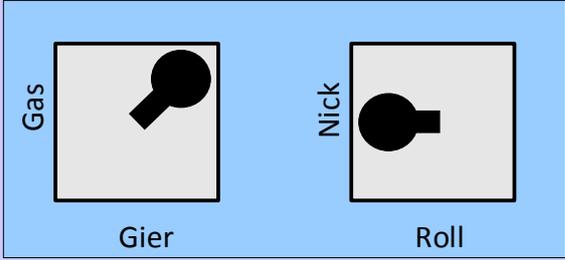
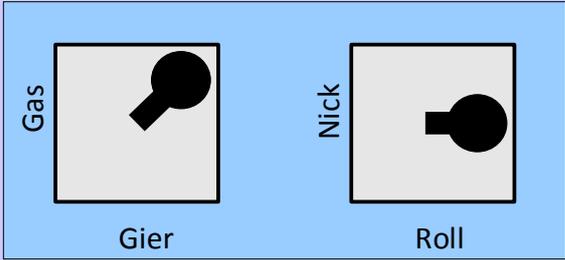
Nach der Startroutine zeigen die grüne LED und die Beep-Codes mittels Summer den Zustand des Copters an:

LED Codes nach dem einschalten des Copters (grüne LED):	
1-6 kurze Beeps, LED blinkt im 0.5s Takt	Flugbereit: Anzahl der Beeps ist die Nummer des gewählten Parametersets
1 langer Beep (1s), LED bleibt aus	Fernsteuerung muss angelernt werden (siehe unten)
Wiederholte kurze Beeps, LED leuchtet dauernd	Die Initialisierung ist fehlgeschlagen LCD Terminal oder PC anschließen und Copter durch Resetknopf oder Akku-An-/Abstecken neu starten

Zeigt der Copter „Flugbereit“, dann kann er nun mittels bestimmter Kombinationen von Knüppelstellungen bedient werden. Diese werden im folgenden Abschnitt beschrieben.

8.4 Fernsteuerungs-Befehle

Die folgenden Knüppelkombinationen sind ein Weg, um (bei ausgeschalteten Motoren) bestimmte Einstellungen ohne PC oder LCD-Terminal am Flugplatz vor nehmen zu können.

	<h3>Motoren Starten / Stoppen</h3> <p>Werden die Knüppel ca. 0.4 Sek. in dieser Stellung gehalten, laufen die Motoren im Standgas an bzw. schalten sich ab.</p>
	<h3>Flug- Setting 1-6 aktivieren</h3> <p>Aktiviert eines der 6 in Celaeno gespeicherten Settings für unterschiedliche Flugverhalten.</p> <p>Standardmäßig sind dies:</p> <ol style="list-style-type: none">1.) Sehr langsam2.) Langsam3.) Normal4.) Kunstflug5.) Super-Acro6.) Adrenalin
	<h3>Standard- Settings laden</h3> <p>Setzt alle Flug- Settings auf die Werkseinstellungen zurück.</p>
	<h3>Standgas einstellen</h3> <ol style="list-style-type: none">1.) LED blinkt, Copter piept wiederholt2.) Gashebel ganz nach unten bringen3.) Piepen hört auf, LED leuchtet dauernd4.) Mit Gashebel gewünschtes Standgas einstellen (Vorsicht! Motoren laufen an)5.) Nickknüppel nach vorne um das Standgas zu speichern6.) LED aus, langer Beep, Motoren gehen aus7.) Neues Standgas ist gespeichert



Die oben gezeigten Abbildungen von Knüppel-Kombinationen repräsentieren Fernsteuerungen im Mode 2. Für andere Modi existieren Kurzreferenzen zum Download auf der plejad.net-Homepage.

8.5 Flugbetrieb

Bevor der Copter das erste mal geflogen wird, sollte man testen, ob auch tatsächlich alles funktioniert:

- **Unbedingt mit abmontierten Propellern testen, ob der Copter auf Steuerbefehle per Fernsteuerung sanft reagiert und die Motoren nicht unmotiviert hochdrehen**
- **Feststellen, ob die Motoren sich per Fernsteuerung zuverlässig an- und abstellen lassen**
- **Danach mit montierten Propellern vorsichtig in der Hand testen, ob der Copter richtig auf Fernsteuerungsbefehle reagiert und ob der Fluglageregler auf Celaeno nicht gesteuerten Bewegungen entgegenwirkt (d.h.: der Copter wehrt sich gegen Drehungen mit der Hand um alle 3 Achsen)**

Sollte der Copter in der Hand zu zucken oder sich aufzuschwingen beginnen, sofort die Motoren abschalten und das Problem (eventuell mithilfe des Forums) suchen.

Sind alle diese Tests erfolgreich abgeschlossen, so kann der Copter das erste mal geflogen werden. Dazu am besten eine freie Fläche mit genügend Platz suchen.



Celaeno besitzt 6 vorprogrammierte Parametersets, welche unterschiedliche Reaktionen auf die Befehle via Fernsteuerung zur Folge haben. Standardmäßig ist „1“ das langsamste Set und „6“ das schnellste. Nach der Erstprogrammierung ist das Set „2“ eingestellt, d.h. der Copter reagiert relativ langsam auf Steuerbefehle. Zwischen den Sets kann mittels oben angegebener Knüppel-Kombinationen gewechselt werden und es können die einzelnen Sets nach eigenem Bedarf angepasst werden.



Auch wenn auf der Platine der Beschleunigungssensor installiert wurde, fliegt der Copter standardmäßig im Heading-Hold Modus. Der Beschleunigungssensor muss zuerst kalibriert und im Menü aktiviert werden (siehe dazu Kapitel 8.7)

So wird geflogen:

1. Copter mit abgestecktem Akku auf den Boden (oder eine feste Unterlage) stellen
2. Die Fernsteuerung einschalten
3. Den Akku anstecken (bzw. den Copter einschalten, falls ein Schalter eingebaut wurde)
4. Den Copter jetzt nicht bewegen, da die Gyro-Sensoren kalibriert werden
5. Warten, bis die Startprozedur Celaenos und der Motortest beendet sind
6. Jetzt kann der Copter wieder bewegt werden (z.B. für Handstarts) - ein Ruhighalten ist jetzt nicht mehr nötig.
7. Die Motoren starten und im Standgas laufen lassen - diese dürfen jetzt nicht hochdrehen
8. Vorsichtig Gas geben bis der Copter abhebt
9. Fliegen....

8.6 Einstellen über das LCD Terminal

Das LCD Terminal hat 2 Funktionen:

- Diagnose der Copter-Daten am Flugfeld (wenn kein PC vorhanden)
- Veränderungen von Einstellungen am Copter

Nach dem Starten der Motoren (bevor ein gewisser Gaswert überschritten wurde) zeigt das LCD Display in wechselnder Folge einige Diagnosedaten an. Dazu gehören unter anderem die Gyrowerte, die Stellung der einzelnen Fernsteuerungs-Kanäle, sowie die Gaswerte, die an die einzelnen Motoren gesendet werden.

Bei ausgeschalteten Motoren zeigt das LCD Display ein Konfigurationsmenü an, durch welches mit den Knüppeln der Fernsteuerung navigiert werden kann:

Symbol	Knüppelbewegung	Beschreibung
	Nick Knüppel nach vorne	Wechselt zum vorherigen Menüpunkt
	Nick Knüppel nach hinten	Wechselt zum nächsten Menüpunkt
	Roll Knüppel nach rechts	Einstieg in das Untermenü, und vergrößert die Werte im Untermenü
	Roll Knüppel nach links	Verkleinert die Werte im Untermenü
	Roll Knüppel nach rechts	Bringt Sie im Untermenüpunkt "<-- Zurück" wieder ins Hauptmenü

Das Menü hat 4 Hauptpunkte, welche weitere Unterpunkte beinhalten. Die nachfolgende Abbildung zeigt eine Übersicht über alle Menüpunkte:

Parameter	
Akt. Setting	Nummer des aktiven Parametersets (1-6)
P Nick/Roll	P-Anteil des Flugreglers für Nick/Roll im aktiven Set
I Nick/Roll	I-Anteil des Flugreglers für Nick/Roll im aktiven Set
D Nick/Roll	D-Anteil des Flugreglers für Nick/Roll im aktiven Set
P Gier	P-Anteil des Flugreglers für Gier im aktiven Set
I Gier	I-Anteil des Flugreglers für Gier im aktiven Set
D Gier	D-Anteil des Flugreglers für Gier im aktiven Set
P Stick	Prop.-Faktor für Nick/Roll-Befehle im aktiven Set
D Stick	Direkt-Faktor für Nick/Roll-Befehle im aktiven Set
E Stick	Expo-Faktor für Nick/Roll-Befehle im aktiven Set
P Stick Gier	Prop.-Faktor für Gier Befehle im aktiven Set
D Stick Gier	Direkt-Faktor für Nick/Roll-Befehle im aktiven Set
P ACC	Prop.-Faktor für den ACC-Absolutwinkel Regler

ACC Stick	Multiplikator für Nick/Roll wenn im ACC-Modus geflogen wird (im aktiven Set)
ACC Modus	Aktiviert oder deaktiviert den ACC Sensor im aktiven Set
P Hoehe	Prop.-Faktor für Höhenregler im aktiven Set
I Hoehe	Integral-Faktor für Höhenregler im aktiven Set
D Hoehe	Differential-Faktor für Höhenregler im aktiven Set
<-- Zurück	Zurück ins Hauptmenü

Sicherheit

Akkuwarnung (mV)	Spannung ab der die akustische Akkuwarnung anschlägt
Notgas	Gaswert, der bei Empfangsausfall eingestellt wird
Dauer Notgas (s)	Dauer (Sekunden) für die das Notgas max. gehalten wird
Not-Aus mit EXT _x	EXT-Kanal, der als Not-Ausschalter dient
<-- Zurück	Zurück ins Hauptmenü

Motore

Standgas	Gaswert wenn Gasknüppel in Nullstellung
Ansprechfaktor	Ansprechverhalten der Motoren
<-- Zurück	Zurück ins Hauptmenü

Gyro

Filterfrequenz	Filterfrequenz für die Gyrosignale
<-- Zurück	Zurück ins Hauptmenü

Mischer

Akt. Mischer	Nummer des aktuell aktiven Mixers
<-- Zurück	Zurück ins Hauptmenü

Fernsteuerung Setup

Wiederholt das Anlernen der Fernsteuerung

Celaeno

ACC Kalibrieren	Kalibriert die horizontale Neutrallage des ACC
ACC Switch EXT	EXT-Kanal zum einschalten des ACC-Modus
Baro Switch EXT	EXT-Kanal zum einschalten der Höhenregelung

Trim Roll	Feintrimmung des ACC für die Rollachse
Trim Nick	Feintrimmung des ACC für die Nickachse
<-- Zurück	Zurück ins Hauptmenü

Die Einstellungen in den einzelnen Menüs haben folgende Bedeutung:

Parameter:

Die in diesem Menü enthaltenen Einstellungen definieren die Parametersets 1-6. Das heißt, man kann 6 verschiedene Sets definieren, in denen diese Einstellungen verschieden sind, und damit den Copter sehr variabel einstellen.

Akt. Setting:

Das aktuell eingestellte Parameterset. Dies kann man auch über Knüppelkombinationen (wie in Abschnitt 8.4 beschrieben) auswählen.

P,I,D Nick/Roll:

Diese Einstellungen kontrollieren das Verhalten des Flug-Lagereglers um den Copter stabil in der Luft zu halten.

P (Proportionalanteil) ... Lässt bei Erhöhung den Copter möglichst schnell auf äußere Störeinflüsse (Wind, Flugdynamik, etc..) gegenzusteuern, zu hohe Werte führen aber zum Zittern und Überschwingen bis zum Flip

I (Integralanteil) ... Sorgt dafür, dass der Copter versucht den momentanen Absolut-Lagewinkel stetig beizubehalten, zu hohe Werte führen ebenfalls zum Überschwingen bis zum Flip

D (Differentialanteil) ... Wirkt dämpfend auf Überschwingen und Zittern, zu hohe Werte führen aber zu Vibrationen und unangenehmen Schaukeln des Copters

P,I,D Gier:

Diese Einstellungen kontrollieren das Verhalten des Flug-Lagereglers um die Gier-Achse des Copters stabil zu halten.

P Stick:

P Stick verändert intern einen Wert, mit dem der Knüppelausschlag für Nick/Roll multipliziert wird. Bei 1 ist das intern z.B. (1/16) bei 2 ist das (2/16) usw... bei 50 wäre das dann (50/16). Also je höher, desto höhere Drehgeschwindigkeiten um die jeweilige Achse werden vom Copter verlangt.

D Stick:

D-Stick steht für "Stick-Direct". Die Einstellung dient dazu, die Agilität um die Neutrallage zu beeinflussen. Mit P-Stick alleine hat der Copter immer eine kleine Verzögerung bis er reagiert, weil alles erst durch den PID-Regler geschleust wird und der darauf programmiert ist, relativ weich zu reagieren (um nicht zu zittern). Die Steuerung wäre also träge und gummig.

D-Stick arbeitet deshalb am PID-Regler vorbei und sendet den Knüppelausschlag direkt an die Motoren. Würdest man z.B. den Roll-Knüppel nach links drücken, dann bekäme der rechte Motor durch den D-Stick sofort etwas mehr Strom und der linke weniger. Das geht sofort und an der normalen Regelung vorbei, deshalb wird darauf auch sofort reagiert. Der Copter wird also in die "richtige" Richtung "vorbeschleunigt", bis der Hauptregler endlich greift. Man sollte das also nicht zu hoch stellen, weil der PID-Regler das als Störung betrachtet (so wie eine Windböe)

E Stick:

Mit "E Stick" kann man die Ausschläge für Nick/Roll exponentiell machen. Damit reagiert der Copter um die Neutralstellung gemütlich und dreht in den Endausschlägen der Knüppel sehr schnell.

Diese spezielle Expo-Funktion wirkt nicht wie bei den Sendern nur "abschwächend", sondern ist tatsächlich eine Exponentialfunktion; das heißt, der in den Endausschlägen erreichte Wert wird erhöht.

Erklärung: Auf der horizontalen Achse im Diagramm unten sieht man die Eingaben von der Fernsteuerung (0-127) und auf der vertikalen Achse die daraus resultierenden Dreh-Befehle, die der Copter dadurch erhält.

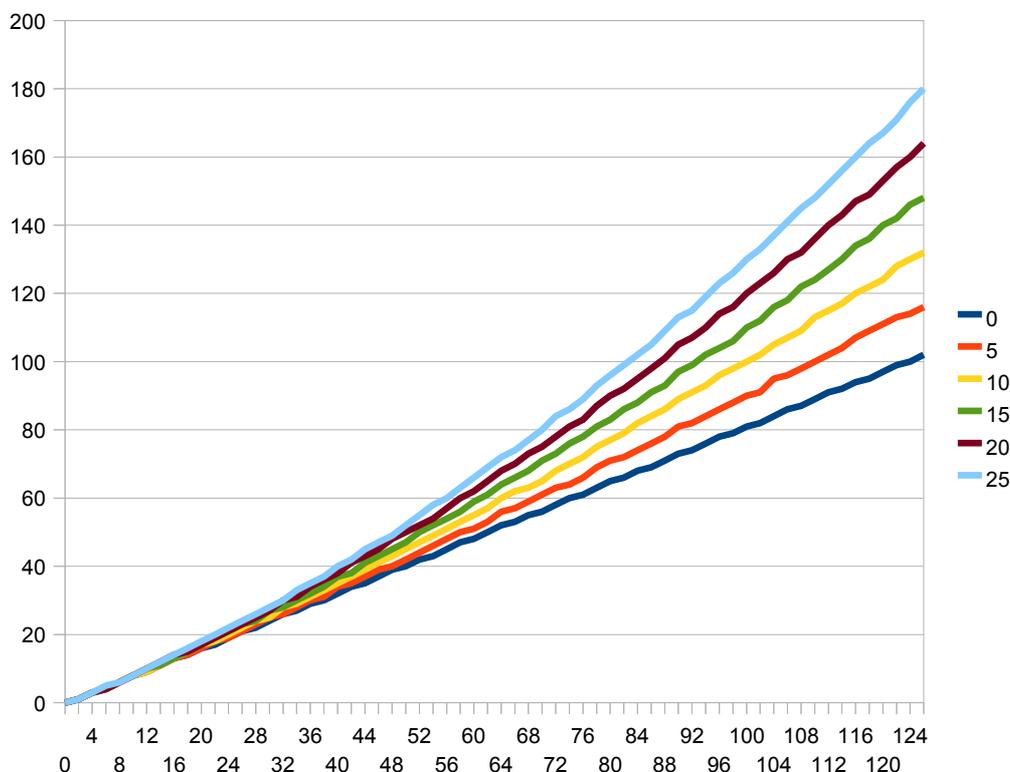


Abbildung 42: E Stick - Exponentialfunktion

Die untere, dunkelblaue Linie ist das, was man mit E-Stick 0 hat (eine gerade Linie) und mittels P-

Stick in der Steigung verstellen kann. Man kann so also z.B. bei "P-Stick" = 15 maximal Ausschläge von 100 erreichen, was genau dem Stickwert entspricht, den die Fernsteuerung aussendet. (Das Diagramm zeigt alle Kurven mit einem Wert von "P-Stick = 15")

Durch die Expo-Funktion Celaenos aber, werden am Ende der Kurve tatsächlich höhere Werte erreicht (im Gegensatz zum Sender-Expo!). Man sieht in dem Diagramm, dass man so bei E-Stick 25 und vollem Knüppel-Ausschlag (127) Werte um 180 oder noch mehr erreichen kann.

P Stick Gier, D Stick Gier:

Regulieren die Reaktion auf die Knüppel um die Hochachse. Diese Einstellungen entsprechen vom Prinzip her P Stick und D Stick.

P ACC:

Dieser Wert konfiguriert die Härte der Absolutwinkelregelung im ACC-Modus (mit der der Copter versucht in die Neutrallage zurückzukehren). Wenn der Copter im ACC Modus beim Zurückkehren in die Neutrallage aufschauelt, dann mit diesem Wert zurückgehen. Wenn kein Beschleunigungssensor installiert ist, hat dieser Wert keine Wirkung.

ACC Stick:

Stellt die Nick-/Roll-Knüppelwirkung im ACC-Modus ein. ACC Stick stellt das Verhältnis der Wirkung zum HH-Modus (also zu P Stick, D Stick, E Stick) ein. Je höher, desto aggressiver wirken die Knüppel. Dieser Wert dient dazu, das Verhältnis der Knüppelausschläge zwischen Headinghold-Modus und ACC-Modus möglichst harmonisch einzustellen. Wenn kein Beschleunigungssensor installiert ist, hat dieser Wert keine Wirkung.

ACC Modus:

Gibt an, ob der Beschleunigungssensor für das aktuelle Parameterset aktiv ist (1) oder nicht (0). Wenn kein Beschleunigungssensor installiert ist, hat dieser Wert keine Wirkung.

Ist dieser Wert auf 1 und kein Schalter im Menü „Celaeno“ für den ACC Modus definiert (siehe weiter unten), dann fliegt der Copter mit diesem Parameterset immer im ACC Modus. Ist der Wert auf 1 und es ist ein Schalter für den ACC Modus definiert, dann ist mit diesem Parameterset je nach Schalterstellung entweder der Headinghold-Modus oder der ACC-Modus aktiv. Ist der Wert 0, dann ist immer der Headinghold-Modus aktiv.

P,I,D Höhe:

Diese Einstellungen kontrollieren das Verhalten des Höhenreglers (nur aktiv bei installiertem Luftdrucksensor und Beschleunigungssensor) um den Copter auf der Sollhöhe zu halten.

P (Proportionalanteil) ... Lässt bei Erhöhung den Copter möglichst schnell auf äußere Störeinflüsse gegenzusteuern, zu hohe Werte führen aber zu unruhigen auf- und ab Bewegungen

I (Integralanteil) ... Sorgt dafür, dass der Copter versucht, die Sollhöhe möglichst stabil zu halten

D (Differentialanteil) ... Wirkt dämpfend auf kurzfristige Höhenänderungen, zu hohe Werte führen aber zu „Hüpfbewegungen“

Sicherheit:

Akkuwarnung (mV):

Definiert die minimale Akkuspannung, bei der akustischer Alarm ausgelöst wird. Wenn die Akkuspannung im Flug dauerhaft (für > 10 Sekunden) unter diesen Wert sinkt, dann ertönt ein Alarmton über den Summer, der bis zum Abstecken des Akkus aktiv bleibt.

Dieser Wert muß für die eigenen Akkus angepasst werden, insbesondere für LiFe oder 4-Zellige Akkus. Der eingestellte Standardwert von 10.0V ist für 3-Zellige LiPo Akkus geeignet und relativ konservativ gewählt.

Notgas, Dauer Notgas (s):

Diese Einstellungen kontrollieren das Failsafe-Verhalten des Copters (also das Verhalten, wenn keine Fernsteuerungs-Signale mehr empfangen werden).

Diese Einstellungen machen nur Sinn, wenn man einen Empfänger verwendet, der selbst kein eingebautes Failsafe-Handling besitzt. Viele moderne 2.4 Ghz-Empfänger und auch Summsignal-Erzeuger besitzen ein eigenes Handling im Falle des Empfangsausfalls.

Verwendet man jedoch einen einfachen Empfänger, der bei Empfangsverlust ungültige Signale an Celaeno weiter gibt, sollte man diese Einstellungen verändern.

Erkennt Celaeno einen Empfangsausfall, dann werden Nick/Roll und Gier auf neutral gestellt und die Motoren erhalten einen Gaswert, der unter „Notgas“ eingestellt wird. Die Maximaldauer dieses Zustandes wird unter „Dauer Notgas“ (in Sekunden) eingestellt: Dauert der Empfangsausfall länger als die eingestellte Zeit, schaltet Celaeno die Motoren ab.

Not-Aus mit EXTx:

"Motor aus" kann zusätzlich auf einen frei wählbaren Schalter oder Drehregler gelegt werden. Hat man z.B. beim Anlernen der Fernsteuerung einen Schalter als EXT1 definiert, dann stellt man im Menü "Sicherheit" für den Not-Aus "EXT1" ein. Wird der Schalter auf die "Ein" Position gesetzt, dann wird die Not-Aus Funktion aktiv. Will man das umgekehrt, dann lernt man beim FS-Setup den Schalter anders herum ein. Folgendes ist zu beachten:

- Motore an/aus über Gas-Null/Gier-Rechts funktioniert immer, egal ob der Motor-Ausschalter im Menü definiert ist oder nicht
- Standardmäßig ist kein Schalter als Not-Aus definiert
- Wird der Schalter bei laufenden Motoren aktiviert, schaltet Celaeno sofort (!) die Motoren aus
- Versucht man bei aktiviertem Not-Aus Schalter die Motoren zu starten, funktioniert das nicht und Celaeno piept nur

Motore:

Standgas:

Hiermit kann das Standgas eingestellt werden. Dazu den Menüpunkt auswählen und den Anweisung-

gen im LCD Terminal folgen.

Generell gilt: Das Standgas sollte nicht zu niedrig gewählt werden, sonst wird der Copter bei schnellen Sinkflügen und Abfangmanövern extrem instabil.

Gute Werte sind um 100 für Standardregler und 70-80 für I²C-Regler

Ansprechfaktor:

Mit diesem Parameter kann man das Ansprechverhalten der Motoren steuern. Je höher der Wert, desto abrupter reagieren die Motore aber umso höher ist die Zitterneigung des Copters.

Der eingestellte Standardwert sollte für alle Motore passen. Bei ausgesprochen ruppigen Motoren kann der Wert in 5er-Schritten gesenkt werden, um ein ruhigeres Flugverhalten zu erreichen. Bei trägen Motoren kann der Wert erhöht werden. Außerdem kann der Wert an seine Limits gebracht werden, um bei gut fliegenden Coptern das letzte herauszukitzeln.

Der Wert gibt an, um wieviele Schritte pro Millisekunde sich die Motorendrehzahl maximal ändern darf.

Gyro:

Filterfrequenz:

Steuert die Filterung von Motorvibrationen aus den Gyrosignalen. Vibriert der Copter stark, dann geben die Gyros störende Impulse ab. Je niedriger der Wert "Filterfrequenz", desto mehr wird gefiltert aber desto mehr werden auch die Gyrosignale verwaschen (reagieren langsamer). Bei vibrationsarmen Motoren/Propellern kann der Wert erhöht werden um die Lageregelung "knackiger" zu machen.

Mischer:

Akt. Mischer:

Hier wird der verwendete Motormischer ausgewählt. Ein Mischer ist eine im Copter gespeicherte Tabelle, die beschreibt, wie die Befehle des Lagereglers für Nick/Roll und Gier sowie die Stellung des Gasknüppels auf die einzelnen Motoren aufgeteilt werden muß, damit der Copter fliegt.

Außerdem definiert der Mischer, in welchem Winkel zur Vorderseite des Copters das Celaeno Board gedreht montiert wurde.

Standardmäßig hat Celaeno Mischertabellen für einen Quadrocopter in „+“ Formation und in „X“ Formation gespeichert. Der „+“ Mischer wurde in dieser Anleitung bereits weiter oben beschrieben und der „X“-Mischer funktioniert ähnlich, jedoch ist „Vorne“ (also die Vorderseite des Copters) um 45° nach rechts gedreht.

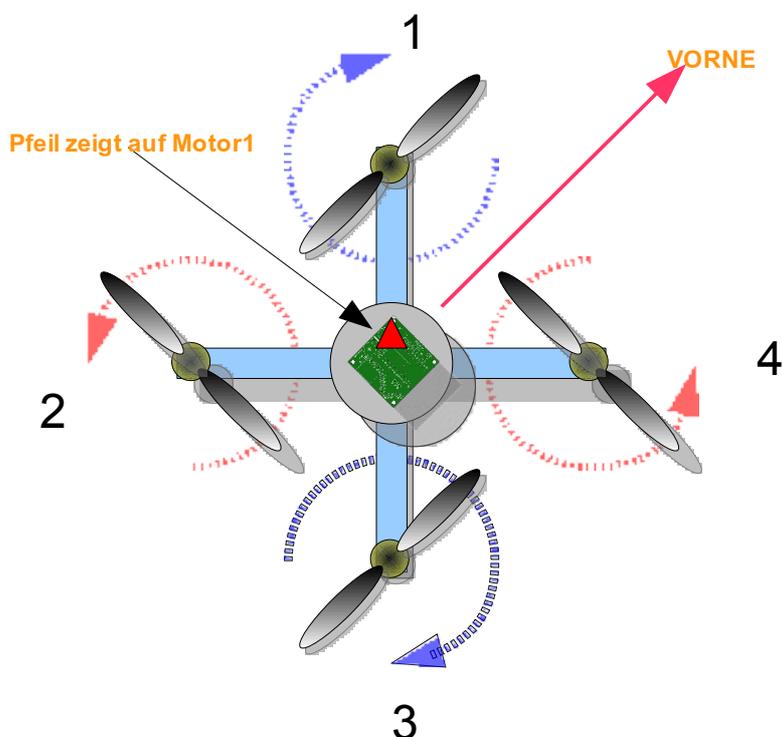


Abbildung 43: Mischer - X Formation

Die Mischertabellen sind per PCC Manager Software austauschbar, um zum Beispiel Sonderformen wie Y6, Hexa- oder Octocopter zu unterstützen. Diese Mischertabellen können als Dateien von der plejad.net Homepage heruntergeladen werden und so werden verschiedenste Motoranordnungen unterstützt, ohne die Celaeno Firmware verändern oder neu aufspielen zu müssen.

Celaeno:

ACC Kalibrieren:

Kalibriert die horizontale Neutrallage für den Beschleunigungssensor in die der Copter versucht beim loslassen der Knüppel zurückzudrehen. Ist kein Beschleunigungssensor vorhanden, bewirkt dieser Menübefehl nichts. Eine Anleitung, wie dieser Befehl benützt wird, findet man weiter unten im Kapitel 8.7)

ACC Switch EXT:

Definiert einen Schalter für die Umschaltung zwischen Headinghold- und ACC-Modus. Steht dieser Wert auf 0, dann ist kein Schalter mit der Umschaltfunktion belegt. Steht der Wert auf „EXT...“, dann wechselt der eingestellte Schalter den Modus, wenn in dem momentan aktiven Parameterset der Wert „ACC Modus“ auf „1“ gesetzt ist.

Hat man z.B. beim Anlernen der Fernsteuerung einen Schalter als EXT2 definiert, dann stellt man im Menü "Celaeno" für den ACC Switch "EXT2" ein und im aktuellen Parameterset (1-6) den Wert „ACC Modus“ auf „1“. Wird der Schalter auf die "Ein" Position gesetzt, dann wechselt der Copter in den ACC Modus. Wird der Schalter auf „Aus“ gesetzt, ist wieder der Headinghold-Modus aktiv.

Wenn der gewählte Schalter ein 3-Stufen-Schalter ist, dann kann für „Baro Switch EXT“ (siehe unten) der selbe Schalter gewählt werden. Dann entspricht Schalterstellung „Aus“ dem Headinghold-Modus, „Raste 1“ dem ACC-Modus und „Raste 2“ dem ACC-Modus mit aktiver Höhenregelung.

Baro Switch EXT:

Definiert einen Schalter für die Aktivierung der Höhenregelung. Der Schalter hat nur eine Wirkung, wenn ein Luftdrucksensor und ein Beschleunigungssensor installiert wurde.

Wird der Schalter umgelegt, setzt er die aktuelle Flughöhe als „Sollhöhe“ gesetzt, die der Copter halten soll. Dies funktioniert aber nur

Der Höhenregler fungiert als "Gas-Abschwächer". Der Copter kann maximal soviel Gas geben, wie der Gasknüppel vorgibt. Überschreitet er die "Sollhöhe", fängt er an Gas wegzunehmen und man kann mit dem Gasknüppel nicht mehr höher steigen. Gas wegnehmen geht immer wie gewohnt, man kann also ganz normal landen.

Hat man z.B. beim Anlernen der Fernsteuerung einen Schalter als EXT3 definiert, dann stellt man im Menü "Celaeno" für den Baro Switch "EXT3" ein. Wird der Schalter auf die "Ein" Position gesetzt, dann ist die Höhenregelung aktiv.

Wenn der gewählte Schalter ein 3-Stufen-Schalter ist, dann kann für „ACC Switch EXT“ (siehe oben) der selbe Schalter gewählt werden. Dann entspricht Schalterstellung „Aus“ dem Headinghold-Modus, „Raste 1“ dem ACC-Modus und „Raste 2“ dem ACC-Modus mit aktiver Höhenregelung.

Trim Roll/Nick:

Diese beiden Werte ermöglichen eine Feintrimmung der Neutrallage (in $1/16^\circ$) der Nick-/Rollachsen. Benötigt wird das, nachdem der ACC Sensor kalibriert wurde, der Copter aber immer noch leicht in eine Richtung zieht.

Positive Werte trimmen nach vorne/rechts, negative nach hinten/links.



Werden Einstellungen über das LCD-Terminal verändert, so werden diese erst dauerhaft gespeichert, nachdem die Motoren gestartet werden. Hat man unabsichtlich Einstellungen verändert, kann so durch Abstecken des Akkus wieder der vorige Zustand hergestellt werden.

8.7 Einstellungen und Flugbetrieb mit dem Beschleunigungssensor

Ist die Celaeno Platine mit einem Beschleunigungssensor ausgerüstet worden, dann gibt es einige zusätzliche wissenswerte Dinge, die beachtet werden sollten:

ACC Kalibrieren:

Damit der Beschleunigungssensor später die genaue Abweichung des Copters von der Neutrallage messen kann, muss diese nach dem Einbau kalibriert werden. Diese Kalibrierung muss nur ein mal gemacht werden und wird dann im EEPROM-Speicher der Celaeno-Platine dauerhaft abgelegt.

So wird's gemacht:

1. Man sucht sich eine möglichst ebene Stelle auf dem Fußboden (Wasserwaage benutzen!)
2. Nun wird der Copter an den Auslegern mit 4 gleich großen Gläsern an den Auslegern „aufgebockt“, so dass er genau waagrecht steht.
3. Das LCD-Display anstecken (oder Soft LCD verwenden), die Fernsteuerung einschalten und den Copter an den Akku anstecken
4. Den Copter nicht bewegen (es sollten während des Kalibrierens keine Erschütterungen oder Vibrationen auftreten)
5. Im LCD Display im Menü „Celaeno“ den Menüpunkt „ACC Kalibrieren“ wählen und warten, bis der Bestätigungspiep erfolgt ist.
6. Die Neutrallage wird im EEPROM automatisch gespeichert. Die Motoren brauchen nicht gestartet werden.
7. Den Copter mit dem PCC Manager verbinden und im Dashboard prüfen, ob die Lagewinkel richtig angezeigt werden.

ACC aktivieren:

Nach dem Einbau des Beschleunigungssensors ist dieser standardmäßig noch nicht aktiviert, d.h. der Copter stabilisiert sich nicht automatisch in der horizontalen Neutrallage.

Jedes der 6 Parametersets kann für den ACC Modus eingerichtet werden. Dabei beeinflussen 2 Dinge, ob der Beschleunigungssensor aktiv ist oder nicht:

1. Der Wert „**ACC Modus**“ (Menü „Parameter“) für das aktuelle Parameterset
2. Ein eventuell eingestellter Schalter „**ACC Switch EXT**“ im Menü „Celaeno“

Dabei gibt es folgende Kombinationen:

1. ACC Modus ist 0 => Copter fliegt immer im Heading-Hold Modus (Standardeinstellung)
2. ACC Modus ist 1, ACC Switch EXT ist 0 => Copter fliegt immer im ACC Modus
3. ACC Modus ist 1, ACC Switch EXT ist ungleich 0 => Modus abhängig von der Schalterstellung

Ist ein Schalter unter „ACC Switch EXT“ definiert, kann damit jederzeit (auch im Flug) der Modus gewechselt werden. Hat der Copter z.B. im Headinghold Modus eine Schräglage oder befindet sich in einer unkontrollierten Fluglage (z.B. aufgrund eines Pilotenfehlers), so stellt er sich beim Betätigen des „ACC Switch“ automatisch wieder in die horizontale Neutrallage.

Anzeige der Lagewinkel im PCC Manager:

Im PCC Manager werden im „Dashboard“ die absoluten Lagewinkel des Copters angezeigt.

Dies funktioniert bis zu einem Lagewinkel von ca. 90° auf Nick und Roll wie erwartet. Bei größeren Lagewinkeln springt jedoch die Anzeige für „Roll“ auf 95 und „Nick“ auf 0. Dies ist eine spezielle Behandlung für Fluglagen bei denen der Copter „kopfüber“ steht:

Das führt dazu, dass der Copter sich immer zuerst um die Rollachse wieder unter 90° zurückdreht und dann erst die Nickachse ausgleicht. Für den Piloten heisst das einfach, dass die Nase in Flugrichtung bleibt. Man stelle sich als Beispiel die Umschaltung im Flug von Headinghold in den ACC Modus vor, wenn der Copter am Kopf steht Würde der Copter über beide Achsen in die Neutrallage zurückdrehen, wäre das für den Piloten sehr schwer nachvollziehbar und könnte zu einem ungewollten "Nasenschweben" führen, insbesondere wenn man sich schon in einer Notsituation befindet und den Umschalter deswegen betätigt. Mit diesem einfachen Kniff dreht der Copter über Roll auf unter 90° und lässt (weil der Nickwinkel künstlich auf 0 gehalten wird) seine Nase dort wo sie gerade ist. Erst wenn der Rollwinkel unter 90° ist, dann wird auch Nick wieder "normal" gesteuert. Das ganze spielt sich in weniger als einer Sekunde ab.

Fliegen im ACC Modus:

Im ACC Modus kehrt der Copter beim Loslassen der Nick-/Roll-Knüppel auf der Fernsteuerung automatisch in die horizontale Neutrallage zurück.

Wie exakt dies funktioniert, hängt davon ab, wie gut der Beschleunigungssensor kalibriert wurde und auch, ob der Rahmen gerade/verzugsfrei ist. Auch Vibrationen spielen eine große Rolle und sollten so weit es geht minimiert werden. Beeinflussen Vibrationen den Beschleunigungssensor, dann misst dieser fehlerhafte Winkel und der Copter hängt beim loslassen der Steuerknüppel „schief“ in der Luft.

Auch Wind spielt eine Rolle. Der ACC Modus sorgt nicht dafür, dass der Copter seine Position halten kann - er wird durch Wind, sowie rechnerische und mechanische Ungenauigkeiten immer leicht in irgendeine Richtung treiben.

Trimmung mit Beschleunigungssensor:



Niemals mit den Trimmgebern auf der Fernsteuerung arbeiten!

Zieht der Copter beim Start im ACC konstant in eine Richtung, dann sollte dies am besten durch eine neue (bessere) Kalibrierung des Beschleunigungssensors behoben werden. Nur wenn dies nichts hilft, sollte man die Einstellungen „Trim Nick/Roll“ im Menü „Celaeno“ im LCD Terminal verwenden.

Die Trimmgeber auf der Fernsteuerung sollten nicht benützt werden, da dies bei der Umschaltung vom ACC Modus zum Headinghold-Modus zu ungewollten Drehungen oder sogar Überschlägen des Copters führen könnte.

Aktiver Nick-/Roll- Neigungsausgleich für Kameras:

Bei installiertem Beschleunigungssensor liegen an den beiden Servoausgängen standardmäßig die Signale für automatischen Nick-/Roll-Ausgleich an. Damit kann z.B. eine Kamerahalterung mit 2 Servos beim Kippen des Copters um die Nick-/Rollachse automatisch gegensteuern, sodass die Kamera immer gleich ausgerichtet ist.

Die Standardeinstellungen für die Größe und Richtung der Servoausschläge müssen an die jeweilige Kamerahalterung angepasst werden. Dies wird im PCC-Manager in der Karteikarte „Extras“ durchgeführt:

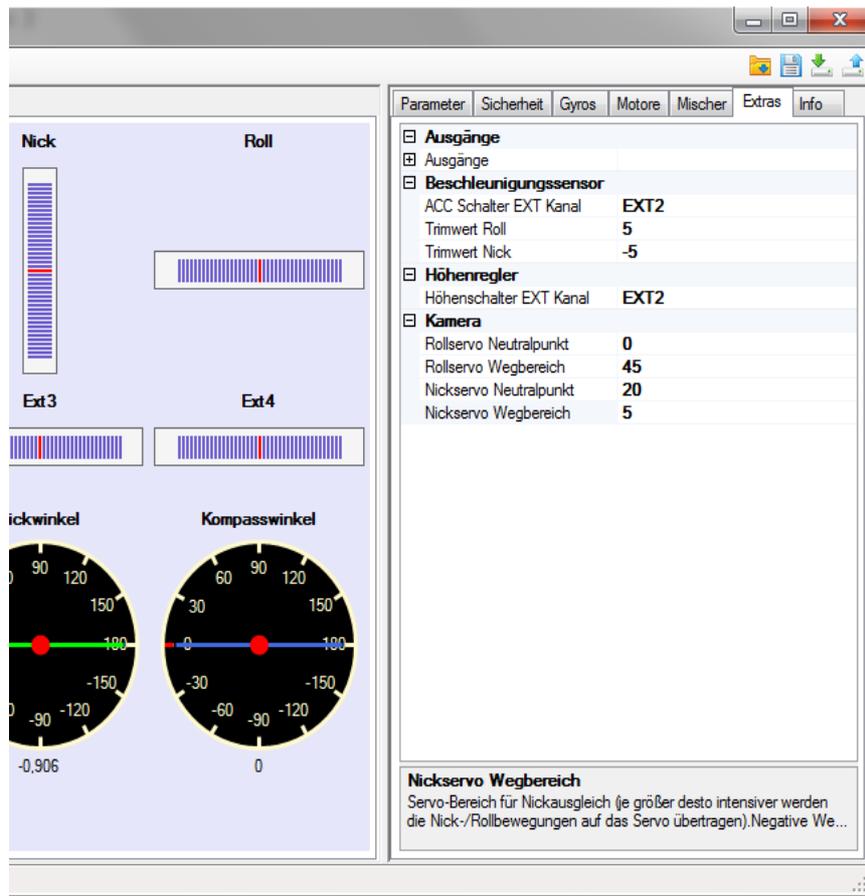


Abbildung 44: Konfiguration Nick-/Rollausgleich

In der Kategorie „Kamera“ kann man für das Nick- und Rollservo folgende Einstellungen vornehmen:

- **Wegbereich:** -127 bis 127. Je größer der Wert ist, desto weiter schlägt das Servo aus. Läuft das Servo in die falsche Richtung, dann muss das Vorzeichen des Wertes umgekehrt werden (also z.B. -45 statt 45).
- **Neutralposition:** -127 bis 127: Verschiebt die Neutralposition des Servos

Zusätzlich zur Einstellung des Wegbereiches und der Neutralposition können auch noch **Steuerbefehle von der Fernsteuerung zugemischt werden**, um z.B. die **Kamera schwenken zu können**. Standardmäßig werden diese Fernsteuerkanäle zum aktiven Nick-/Roll-Ausgleich dazugemischt. Möchte man nur die Fernsteuerbefehle zur Steuerung der Servos verwenden, dann setzt man den „Wegbereich“ (siehe oben) für die Nick-/Roll-Kompensation auf 0.

Die Zuordnung von Fernsteuerungskanälen erfolgt ebenfalls in der Karteikarte „Extras“ des PCC-Managers:

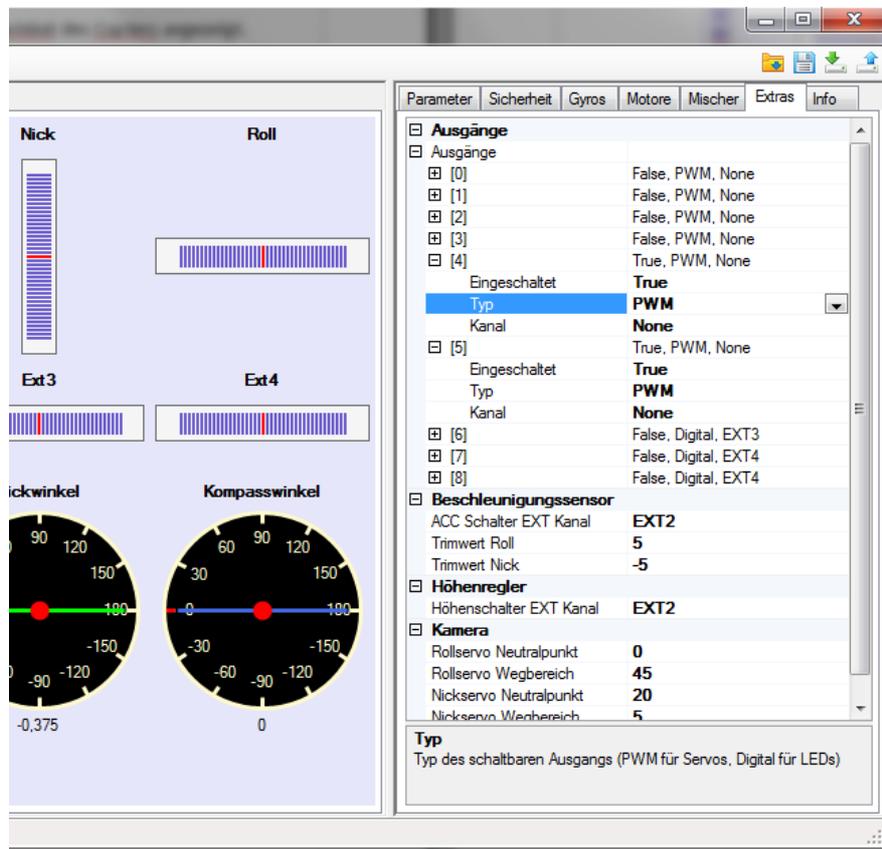


Abbildung 45: Konfiguration der Servoausgänge

Die Ausgänge 4 und 5 sind die beiden Servoausgänge. Hier gibt es folgende Einstellmöglichkeiten:

Eingeschaltet: True = Der Ausgang ist aktiv, False = Der Ausgang liefert kein Servosignal

Typ: PWM = Servosignal, Digital = Schaltsignal, PWM_YAW = Tricopter Giersignal

Kanal: Zugeordneter EXT-Kanal

Hat man z.B. einen Drehregler der Fernsteuerung auf EXT4 eingelernt, dann kann man hier für den gewünschten Servoausgang den EXT-Kanal einstellen. Dieses Signal wird dann dem generierten Servosignal zugemischt.

8.8 Feintuning des Flugreglers

Viele Copter fliegen mit den Standardeinstellungen Celaenos sehr brauchbar. Möchte man jedoch das letzte herausholen, oder hat eine exotische Rahmen-/Motor-/Regler-Kombination, so muss man sich an das Feintuning des Flugreglers machen.

Dazu kann man an 3 Dingen schrauben (in dieser Reihenfolge):

- 1.) Den P/I/D Werte des Flug-Lagereglers (ganz wichtig)
- 2.) Dem Motor-Ansprechfaktor (weniger wichtig)
- 3.) Der Gyro-Filterfrequenz (weniger wichtig)

Die PID - Werte stellt man ein über das LCD-Terminal im Menü "Parameter". Dort gibt es:

P/I/D Nick/Roll für die Nick- und Roll Achsen

P/I/D Gier für die Gier-Achse

Was bedeuten die Werte? (stark vereinfacht)

P (Proportionalanteil) ... Lässt bei Erhöhung den Copter möglichst schnell auf äußere Störeinflüsse (Wind, Flugdynamik, etc..) gegenzusteuern, zu hohe Werte führen aber zum Zittern und Überschwingen bis zum Flip

I (Integralanteil) ... Sorgt dafür, dass der Copter versucht den momentanen Absolut-Lagewinkel stetig beizubehalten, zu hohe Werte führen ebenfalls zum Überschwingen bis zum Flip

D (Differentialanteil) ... Wirkt dämpfend auf Überschwingen und Zittern, zu hohe Werte führen aber zu Vibrationen und unangenehmen Schaukeln des Copters

Gyro-Filterfrequenz: ... Steuert die Filterung von Motorvibrationen aus den Gyrosignalen. Vibriert der Copter stark, dann geben die Gyros störende Impulse ab. Je niedriger der Wert "Filterfrequenz", desto mehr wird gefiltert aber desto mehr werden auch die Gyrosignale verwaschen (reagieren langsamer). Bei vibrationsarmen Motoren/Propellern kann der Wert erhöht werden um die Lageregelung "knackiger" zu machen.

P/I/D einstellen:

Man geht von den Standardwerten der Firmware aus.

Wir beginnen dann, Nick/Roll zu tunen:

- 1.) Schaukelt der Copter langsam wie ein Schiff am Wasser, dann wird P erhöht und/oder D erniedrigt (solange simultan in 1er-Schritten, nicht mehr!!) bis der Copter entweder ruhig schwebt oder im Schwebflug bei leichten Steuerbefehlen zu vibrieren anfängt.

Vibriert oder zittert der Copter schon vor dieser Einstellung, dann weiter zum nächsten Schritt....

- 2.) Man erhöht D (in Einerschritten !!) solange bis das Vibrieren/Zittern reduziert wird. Hier muss man ein wenig probieren, was das gewünschte Ergebnis bringt. Oft bringt die Erhöhung von D alleine etwas, manchmal muss man dann P/I wieder ein wenig reduzieren.

Normalerweise sollte der I-Wert nicht verstellt werden müssen.

Dann geht es weiter mit der Gierachse:

- 3.) Langsame Rundflüge machen und schauen, was der Copter macht. Ist die Gierachse nicht stabil genug (pendelt hin- und her), dann wird P/I solange simultan um 1 (!! nicht mehr) erhöht, bis die Gierachse ruhig steht oder bei schnellerem Rundflug der Copter zu vibrieren beginnt.

Vibriert der Copter schon, dann weiter zum nächsten Schritt....

- 3.) Man erhöht D (in Einerschritten !!) solange bis das Vibrieren/Zittern reduziert wird. Hier muss man ein wenig probieren, was das gewünschte Ergebnis bringt. Oft bringt die Erhöhung von D alleine etwas, manchmal muss man dann P/I wieder ein wenig reduzieren.

Filterfrequenz einstellen:

Passen die P/I/D Werte halbwegs, sollte man zwischendurch mal die Filterfrequenz auf ein verträgliches Maximum bringen. Die Filterfrequenz wird mit dem Display eingestellt und ermittelt. Einstellen kann man sie im Menü "Gyros" unter "Filterfrequenz".

So wird's gemacht:

- 1.) LCD Terminal an den Copter anschließen und Motoren (am Boden) im Standgas laufen lassen -> Das Display zeigt jetzt verschiedene Messwerte an.
- 2.) Die "Gyro" Werte prüfen: Sind diese Werte zumeist zwischen -10 und +10, dann kann die Filterfrequenz erhöht werden (immer um 10 Schritte). Sind sie konstant darüber, muss die Frequenz in 5er-Schritten erniedrigt werden (dann gibt es zu viele Vibrationen)

Sinnvolle Werte liegen bei 100-200, wobei für ruhig laufende Copter 200 oder mehr eingestellt werden kann.

Nun kann man noch einmal die P/I/D Werte feintunen.

Faustregeln aus der Praxis:

- **Langsames Schaukeln** = Regelung ist zu weich (P zu niedrig, D eventuell zu hoch), Gyrofilterfrequenz zu niedrig,

Motor-Ansprechfaktor zu niedrig

- **Schnelles Vibrieren/Zittern** = Regelung ist zu hart (P zu hoch, D eventuell zu niedrig), Gyrofilterfrequenz zu hoch,

Motor-Ansprechfaktor zu hoch

- **MEMS Gyros sind vibrationsempfindlich! Also:**

- Propeller wuchten,
- Schwingungsdämpfer verwenden,
- Möglichst ruhig und vibrationsarm laufende Motoren verwenden!

Man kann damit rechnen, dass der Einstellprozess 8-10 Akkuladungen lange dauert. Nicht vorher aufgeben!

9 Anhang

9.1 *Garantieausschlusserklärung*

Da bei der Entwicklung und beim Aufbau von elektronischen Schaltungen Fehler leider nie ganz ausgeschlossen werden können, weise ich hiermit darauf hin, dass ich keinerlei Garantie für Schäden, die durch den Nachbau und den Gebrauch der Plejad Copter Control und / oder der Dokumentation entstehen, übernehme. Ich übernehme auch keinerlei Garantie für die Richtigkeit dieser Anleitung. Weiterhin übernehme ich keine Garantie für Folgeschäden, wie entgangene Gewinne, Vermögensverluste oder anderer mittelbarer und unmittelbarer Schäden, die durch den Gebrauch oder die Nichtverwendbarkeit der Plejad Copter Control und / oder der Dokumentation entstehen. Dies gilt auch dann, wenn ich über die Möglichkeit solcher Schäden unterrichtet war oder bin.

Copyright:

Die Celaeno Multicopter-Steuerung ist ausschließlich für den nicht - kommerziellen Einsatz bestimmt. Der kommerzielle Nachbau und / oder die kommerzielle Verwertung der hier bereitgestellten Informationen sind untersagt.

(c) 2009 - 2011 Dipl.-Ing. Andreas Schlemmer

Alle Rechte vorbehalten.

Kontakt:

<http://www.plejad.net>