

# Elektronische Steuerung für F1E

## Teil 1 / Paul Seren

Seit Jahren reizt mich die Idee, anstelle der Kopfsteuerung bei F1E mit Magneten diese durch eine elektronische Variante abzulösen. In den Wintermonaten und über die Feiertage zum Jahreswechsel 2021/22 hinweg habe ich aufgrund des zeitlichen Vorteils des Vorruhestands, dem Ende der Hauptsaison im Gleitschirmfliegen und dem eher schlechten Wetter endlich mal Zeit gefunden, um an meinen ersten Ansätzen zu einer elektronischen F1E-Steuerung anzuknüpfen. Diese liegen schon 10 Jahre zurück - seitdem hat sich ja einiges weiterentwickelt: Insbesondere bei den Kosten für leistungsfähige Mikroprozessoren und Richtungssensoren.

Lange Rede, kurzer Sinn: Das größte Problem war und ist, dass reine Magnetfeldsensoren prinzipiell nur bei horizontaler Ausrichtung brauchbare Richtungswerte liefern. Neigungen um die Längs-/Querachse führen zu deutlichen Abweichungen. Dies ist vergleichbar mit der Situation, wenn der Magnet nicht ausgewuchtet gelagert ist und dann die Schwerkraft beim Rollen oder Nicken störend auf die Richtungsgenauigkeit einwirkt.

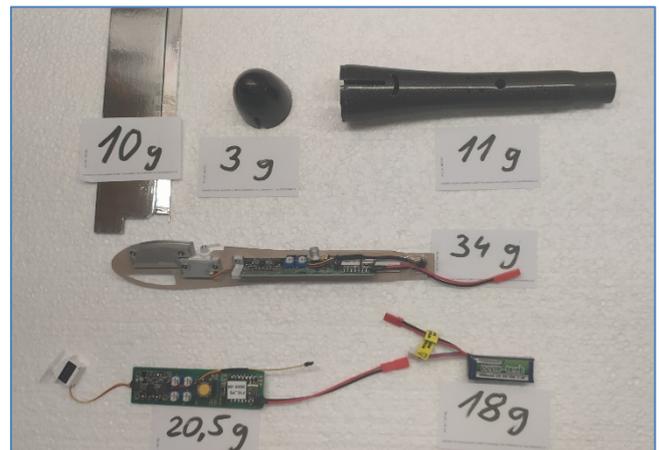
Verursacht wird dieser Abweichungsfehler durch die Magnetfeldlinien der Erde, welche nicht parallel, sondern in einem Bogen und damit geneigt um die Erde verlaufen (Inklination). Damit die Daten eines „Magnetometers“ korrekt ausgewertet werden können, muss man daher die „Lage im Raum“ des Magnetometers kennen. Mittlerweile gibt es eine Reihe von Sensoren, welche diese Orientierung im Raum sehr gut über weitere zusätzliche Messdaten (Erddanziehungskraft und Beschleunigung) auswerten und sogar die notwendigen trigonometrischen Rechnungen und Kalibrierungen in einer eigenen Rechner-Einheit durchführen. Das Ergebnis ist ein lageunabhängiger Richtungswert, welcher gut für die Abweichungsmessung und Richtungs-Korrektur mit einem Servo genutzt werden kann.

Nun gibt es käuflich erwerbliche sehr gut funktionierende elektronische Steuerungen in der F1E-Szene. Nach einiger Recherche habe ich mich jedoch entschlossen, für Daniela und mich eine eigene Steuerung aufzubauen. Mich hat dabei insbesondere auch diese Art des „Modellbaus“ gereizt, nicht nur Modelle, sondern auch die Elektronik selbst zu entwickeln. Mehr zum Weg und den eingesetzten Entwicklungswerkzeugen im 2. Teil des Artikels in einer der nächsten THERMIKSENSEN.

## Meine Spezifikationen für die neue Steuerung

- Das Magnetfeld und damit der Kurs sollen mit einem elektronischen Sensor erfasst werden.

- Die Auswertung der Kursabweichung soll von einem Mikroprozessor (auf Basis der Arduino-Bausteine) verarbeitet werden.
- Der gesamte Steuerkopf soll gegen die herkömmliche Magnetlenkung ohne große Umbauarbeiten austauschbar sein.
- Die Lenkung soll autark ohne direkte Abhängigkeit von einer elektronischen Zeitschaltuhr funktionieren.
- Die Lenkung soll trotzdem für eine Schnittstelle zu einem (beliebigen) elektronischen Zeitschalter vorbereitet sein.
- Die Bedienung der Steuerung soll auf wesentliche Funktionen reduziert werden, welche die Flugrichtung, sowie die Trimmung für den Geradeausflug festlegen. Es soll sich ähnlich bedienen lassen wie die gewohnte Steuerung (Wunsch von Daniela)!
- Das Design soll das Potenzial haben, zu einer Leichtbau-Lenkeinheit weiterentwickelt zu werden.



**Abb. 1 : Gewichtsbestandteile der Einzelkomponenten des Prototyps. Abmessung des Elektronik-Platine 93 x 24 mm, 20,5 g inklusive 2 g Servo.**

## Aufbau des Prototyps

**Servo** (siehe die **Abb. 2** auf der nächsten Seite)

Hier wird das Ruder-Servo angeschlossen.

### Trimmung „T“

Wenn der Taster „Neue Richtung“ (bzw. über den externen Anschluss) betätigt und gehalten wird, kann man mit diesem Potentiometer die Mittelstellung des Servos/Ruders für den Geradeausflug einstellen.

### PID Proportional „P“

Hier kann die Größe des Ausschlags bei Richtungsabweichungen eingestellt werden.

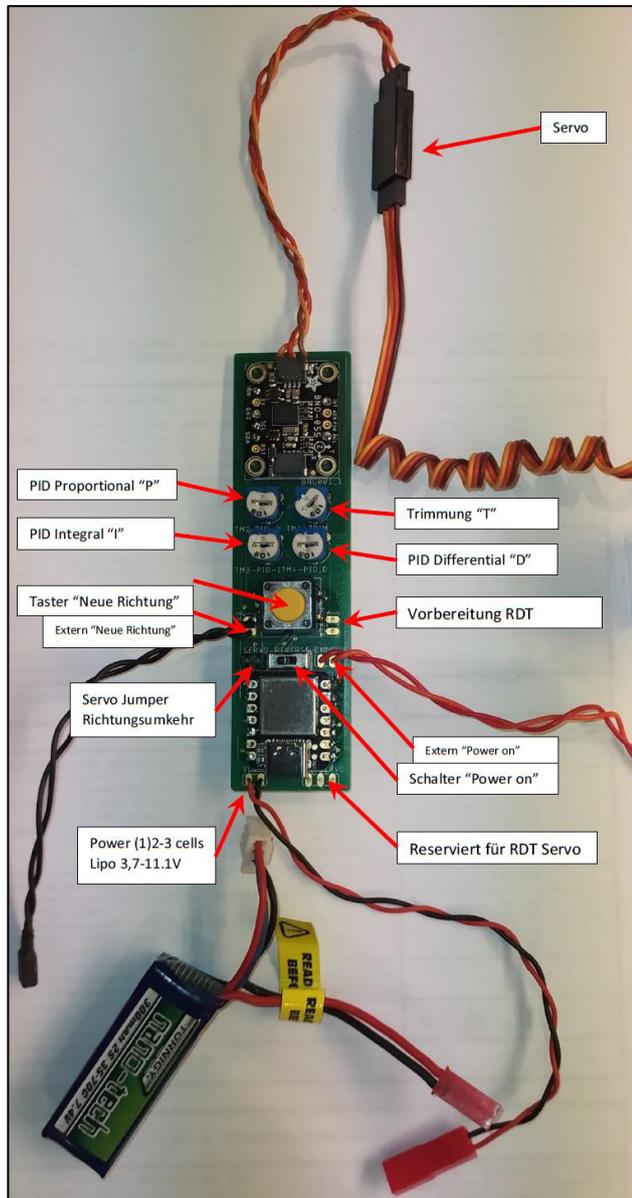
### PID Integral „I“

Hiermit kann die Dämpfung beeinflusst werden, damit zum Beispiel ein Überschwingen des Modells vermieden wird. Der Integral-Regler schaut „in die Vergangenheit“, und merkt sich, wie die jeweilige Veränderung der Richtung korrigiert wurde. Im Grunde kann hier ähnlich wie

mit der Wirbelstrombremse/Aluring um den Magneten die Ausschlag-Dämpfung angepasst werden.

### PID Differential "D"

Mit diesem Regelungsanteil wird "in die Zukunft" geschaut. Hiermit kann man die Empfindlichkeit einstellen, mit dem die Steuerung auf eine Richtungsänderung reagieren soll.



**Abb. 2: Anschlussübersicht und Funktionselemente**

### Reserviert für RDT-Anschluss

Vorgesehen für die zukünftige Weiterentwicklung der Steuerung zur Kommunikation mit einem Zeitschalter (Timer) oder einer Funkbremse (RDT). In Version V0.9 noch nicht aktiviert.

### Reserviert für DT Servo

Vorgesehen für den Anschluss eines Servos zur Auslösung der Thermikbremse. Vorgesehen für die zukünftige Weiterentwicklung der Steuerung zur Kommunikation mit einem Zeitschalter (Timer) oder einer Funkbremse (RDT). In Version V0.9 noch nicht aktiviert.

**Schalter "Power on" / Ext. "Power on"**  
+ Aus/Ein-Schalter

### Taster "Neue Richtung"

Der wichtigste Taster auf der Steuerung: Wenn der Taster (oder der externe Anschluss hierzu) gedrückt/geschlossen wird, übernimmt die Steuerung die aktuell gemessene Richtung als neue Richtung und stellt hierzu das Ruder-Servo in die eingestellte Mittelposition. Jeder Tastendruck auf diesen Taster übernimmt die aktuelle Ausrichtung des Steuerungseinheit als Vorgabe für die neue gewünschte Richtung.

### Servo Jumper Richtungsumkehr

Die grundsätzliche Einstellung für das Ruder-Servo ist so gewählt, dass ein Servo die bisherige Kopfsteuerung mit einem Magneten ersetzen kann.

Will man jedoch die Steuerung in einem Seitenruder am Heck des Modells einsetzen, muss die Servorichtung umgedreht werden. Hierzu werden die beiden Anschlüsse mit einem Jumper überbrückt.

### Power (1) 2-3 cells / Lipo 3,7-11,1V

Auf der Elektronik ist ein Spannungsregler eingebaut, welcher unterschiedliche Eingangsspannungen ( $V_{in}$ ) von 3,7 - 11,1 V ermöglicht. Die Empfehlung ist ein 2-zelliger Lipo-Akku (2S / 7,4 V) mit ca. 350 mAh Kapazität.

## Einsatz der elektronischen F1E-Steuerung

Der Einsatz der Steuerung ist sehr einfach:

1. Einschalten,
2. kurz liegen lassen,
3. eine „8“ zeichnen,
4. die Richtung festlegen,
5. starten

- 1: erklärt sich vom selbst
- 2: ist notwendig, damit der Sensor die Lageinformationen kalibriert
- 3: sieht komisch aus, aber der Sensor ermittelt dadurch das aktuell am Standort existierende Magnetfeld
- 4: selbstsprechend – das entspricht exakt der bisherigen Ausrichtung des Modells
- 5: auch selbstsprechend ...

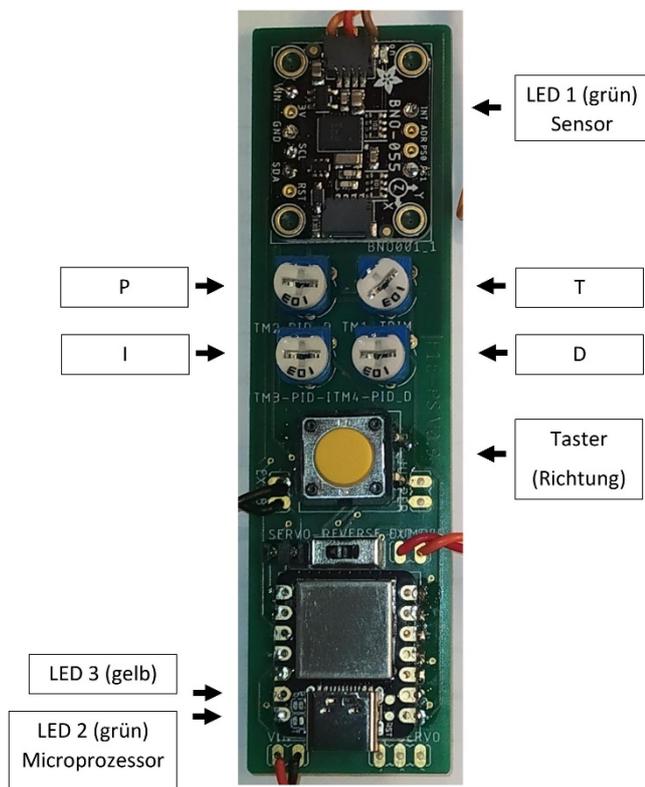
Es gibt noch ein paar Einstellmöglichkeiten, hier kurz vorgestellt:

### Neustart:

- Stromquelle anschließen (Lipo 2S/7,4 V empfohlen). Auf die POLARITÄT achten, ansonsten wird die Steuerung zerstört!
- Schalter "Power on" (oder extern) einschalten
  - LED 1 und 2 leuchten grün, Mikroprozessor und Sensor sind betriebsbereit
  - Nach kurzer Zeit blinkt zusätzlich die LED 3 (gelb)
- Die blinkende gelbe LED 3 und die Ruderstellung (Vollausschlag) signalisieren, dass nun die Kalibrierung notwendig ist.

### Kalibrierung (nach jedem Neustart):

- 1. Nimm die Steuerung (bzw. den Rumpf) und schreibe eine imaginäre „8“. Diese Aktion kalibriert den Magnetsensor!



**Abb. 3: Platine**

- 2. Lege deine Steuerung (bzw. den Rumpf) möglichst flach auf den Boden. Berühre das Modell für 1-2 sec nicht mehr. In dieser Ruhestellung wird der Sensor für die Erdanziehungskraft und damit der „Lage im Raum“ kalibriert.

**Hinweis:** Die Reihenfolge von beiden Kalibrierungen kann getauscht werden.

Sobald die Kalibrierung abgeschlossen ist

- leuchtet die LED 3 dauerhaft gelb
- geht das Ruder-Servo in die eingetrimmte Neutralstellung
- die Elektronik nun bereit für den nächsten Flug

### Fliegen

Nach erfolgreicher Kalibrierung:

- Betätige den Richtungs-Taster:
  - Das Ruder-Servo geht in die eingetrimmte Neutralstellung.
  - Die Ausrichtung des Modells ist beim Loslassen des Tasters die neue Flugrichtung.
- Starte das Modell!

### Trimmung

- Nach erfolgreicher Kalibrierung:
  - Betätige den Richtungs-Taster und halte ihn gedrückt:
  - Das Ruder-Servo geht in die bisher eingetrimmte Neutralstellung
  - Passe die Mittelstellung durch Drehen des **Trimms-Potentiometers „T“** bei gleichzeitig gedrücktem Richtungstaster an.

### Anpassung des Servo Ruder-Ausschlags:

- Nach erfolgreicher Kalibrierung:

- Stelle mit dem **P Potentiometer** den Ruderausschlag ein
  - drehen im Uhrzeigersinn: Mehr Ausschlag
  - drehen gegen den Uhrzeigersinn: Weniger Ausschlag

### Anpassung der Dämpfung:

- Nach erfolgreicher Kalibrierung:
- Stelle mit dem **I Potentiometer** die Dämpfung ein
  - drehen im Uhrzeigersinn: Mehr Überschwingen
  - drehen gegen den Uhrzeigersinn: Weniger Überschwingen

### Anpassung der Empfindlichkeit:

- Nach erfolgreicher Kalibrierung:
- Stelle mit dem **D Potentiometer** die Empfindlichkeit ein
  - drehen im Uhrzeigersinn: schnelles Reagieren
  - drehen gegen den Uhrzeigersinn: langsames Reagieren

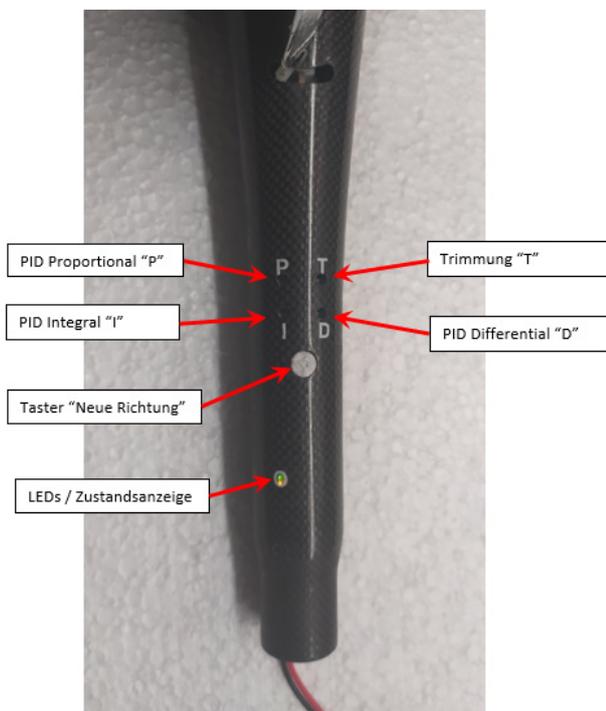
## Ablauf für den Einsatz am F1E-Modell

- Spannungsquelle anschließen/einschalten
  - → LED 1 und 2 leuchten grün
  - → Das Servo zuckt kurz nach rechts, dann auf Maximal-Ausschlag nach links
  - → LED 3 blinkt gelb
- Rumpf/Rumpfkopf 2 sec flach auf den Boden legen, nichts bewegen
- Rumpf/Rumpfkopf in die Hand nehmen und damit eine „8“ in die Landschaft malen
  - → LED 3 hört auf zu blinken
  - → LED 3 leuchtet dann dauerhaft gelb
  - → Das Servo geht auf Mittelstellung
  - → Das Modell ist einsatzbereit
- Modell in gewünschte Flugrichtung ausrichten, Richtungs-Taster drücken und lösen.
  - Neue Richtung ist nun einprogrammiert.
  - Dieser Schritt ist beliebig oft wiederholbar und entspricht dem bisherigen Einstellen des Ruderblattes.
- Starten!

## Fazit und Ausblick

Auf dem Weg zu der neuen Steuerung gab es viel Neues zu entdecken. Eine Entdeckung war das generelle Thema der Mikroprozessoren und deren vielfältige Möglichkeiten. Ein (neues) Hobby neben dem eigentlichen Hobby!

Ebenso erstaunlich sind Eigenschaften, an die ich gar nicht gedacht habe. Interessant ist insbesondere das Ignorieren von störenden Magnetfeldern durch die Elektronik: Man kann mehrere solcher Steuerungen nebeneinanderlegen – sie beeinflussen sich überhaupt nicht. Zwar registriert der Sensor die Veränderung des Mag



**Abb. 4: Steuerung mit Bedien-Aussparungen, eingebaut im F1E-Kopf.**

netfeldes. Da aber keine Bewegung, bzw. keine Beschleunigung stattfindet, berechnen die Algorithmen auch keine Abweichung von der eingestellten Richtung. Bemerkenswert ist das Einsparpotential am Gesamt-Gewicht. Obwohl noch nicht alles optimiert ist, komme ich mit dem kompletten Kopf angenähert auf halbes Gewicht der bisherigen Steuerungen (**siehe Abb. 5**).

Die Recherche war sehr zeitintensiv, daher habe ich mich entschieden, alle Details wie die Kodierung und den Schaltplan über das Github-Repository

(<https://github.com/Flugpaul/F1E>)

öffentlich zu machen. Falls jemand Interesse hat, sich selbst mit der Mikroprozessor-Programmierung zu beschäftigen, findet er hier alle notwendigen Informationen. Die Inhalte werden laufend von mir aktualisiert. Siehe hierzu auch den 2. Teil des Artikels in einer der nächsten THERMIKSENSENEN.

Prinzipiell wäre ich auch in der Lage, ein paar Einheiten zu bauen. Bei Interesse bitte einfach bei mir nachfragen (Paul@Seren.de). Einige Testeinheiten habe ich schon an interessierte F1E-Piloten weitergegeben. Ich bin selbst sehr auf deren und meine Ergebnisse in diesem Jahr gespannt.

Die weiteren geplanten Schritte an dieser Steuerung sind:

- Reduzierung des Gewichtes: Hier ist noch einiges an Potential vorhanden!
- Anpassung an Kreisflugfunktionalitäten in Synchronisation mit einem externen Zeitschalter
- Einbau Display (schon im Test erfolgreich)
- Nutzung der Rechen-/Speicherkapazität des Mikroprozessors für einen internen Zeitschalter (Platine ist schon dafür vorbereitet)
- Erweiterung um eine Programmierbox für komplexere Einstellungen / Abspeichern von Settings.
- Test mit großen Modellen und Tests mit besonders kleinen leichten Modellen.
- Kombination der Kopf- und Hecksteuerung
- ... Eure Ideen!



**Abb. 5: Gewichtsvergleich zu bisherigen Magnet-Steuerungen (Pauls Steuerung rechts oben).**

**Hinweis:**

Eine kurze Video-Einführung zur Verwendung dieser Steuerung befindet sich hier:

<https://vimeo.com/663940238>