

PID - Controller



Inhaltsverzeichnis

- [PID - Controller](#)
 - [Inhaltsverzeichnis](#)
 - [Historie](#)
 - [Allgemeines](#)
 - [Soll-Wert](#)
 - [IST-Wert](#)
 - [PID-Loop](#)
 - [PIDError & PIDSum](#)
 - [PID error](#)
 - [PID SUM](#)
 - [P-Term \(Proportionaler Fehler\)](#)
 - [I-Term \(Integraler Fehler\)](#)
 - [D-Term Derivativer-Wert \(Vorhersage\)](#)
 - [Looptime \(d/t\)](#)
- [PID tunen](#)

{{TOC}}

Historie

Version	Datum	Inhalt
0.1	August 2020	initial
0.2	September 2020	Update DTerm

Allgemeines

Ein PID-Controller (PID-Regler) berechnet und reagiert auf den Fehlerwert der zwischen dem SOLL und dem IST-Wert. Jeweils für **P**, **I** und **D** wird dieser Fehler mit einer internen Konstanten (K_p , K_i , K_d) $[^{\wedge}K_{pid}]$ multipliziert. Die Summe aller der Fehler ergibt den Gesamt Fehler frn PIDError

Übrigens, diese Konstanten sind die Werte die man in Betaflight pro Achse erfasst.

!!! note "Hinweis"

`P-Term` & `D-Term` arbeiten gegeneinander. Erhöht sich der `P-Wert` verringert sich der `D-Term`. Verringert sich der `P-Wert` dann erhöht sich der `D-Wert`

Soll-Wert

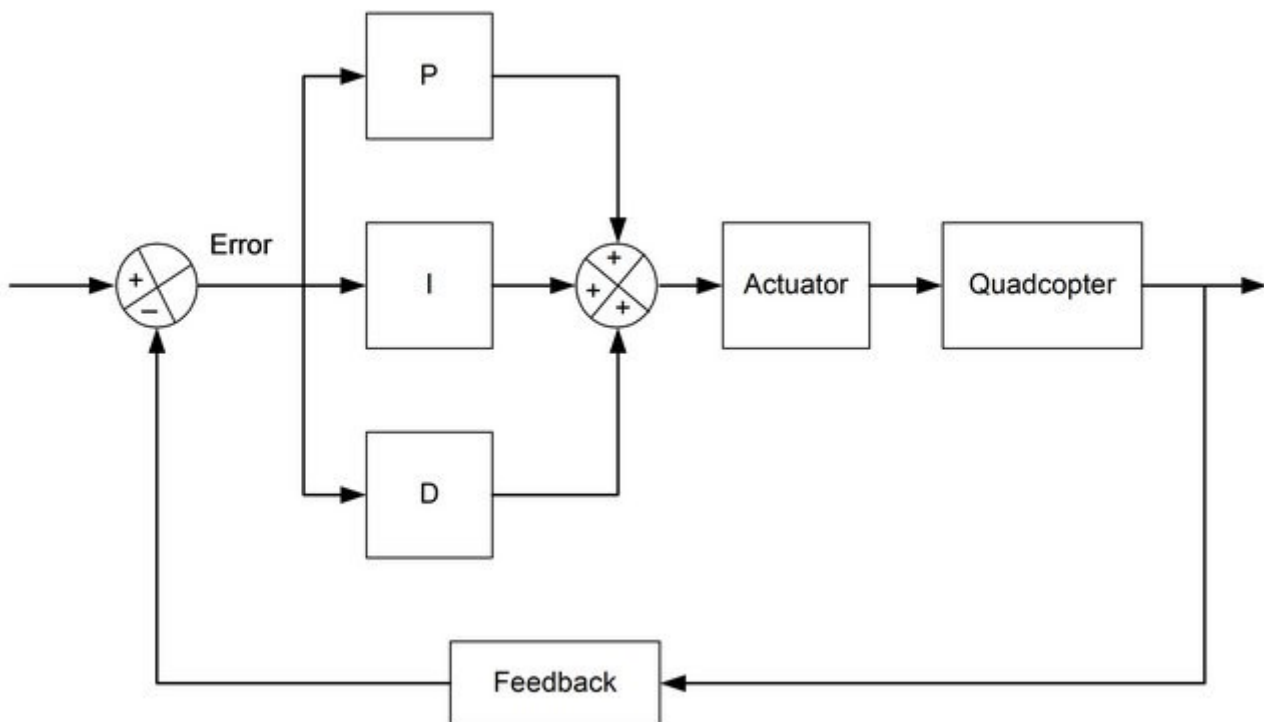
In Bezug auf Copter ist der Sollwert der Wert, der durch die Gimbals vorgegeben wird (RC-Command).
Entspricht also dem Zielwert, den der Copter erreichen soll (z.B. der Copter soll ein Rolle mit 700deg/sec durchführen).

IST-Wert

Der **IST-Wert** wird durch das verbaute Gyro über alle drei Achsen gemessen und repräsentiert den aktuellen Zustand des Copters.

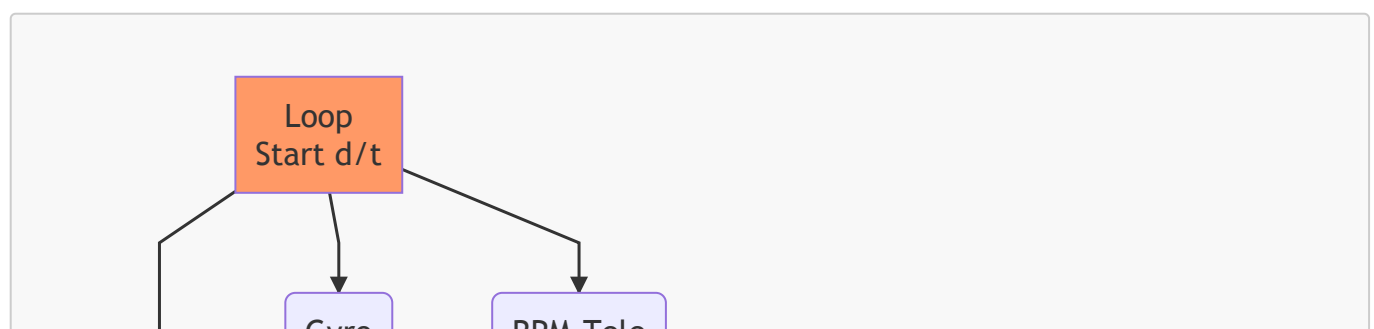
Soll & IST werden in der **PID-Loop** kontinuierlich gelesen und ausgewertet. Signale werden geglättet und gefiltert. Das Endresultat entspricht für die aktuelle Zeiteinheit (d/t) den anliegenden PID-Error[^{Perr}]

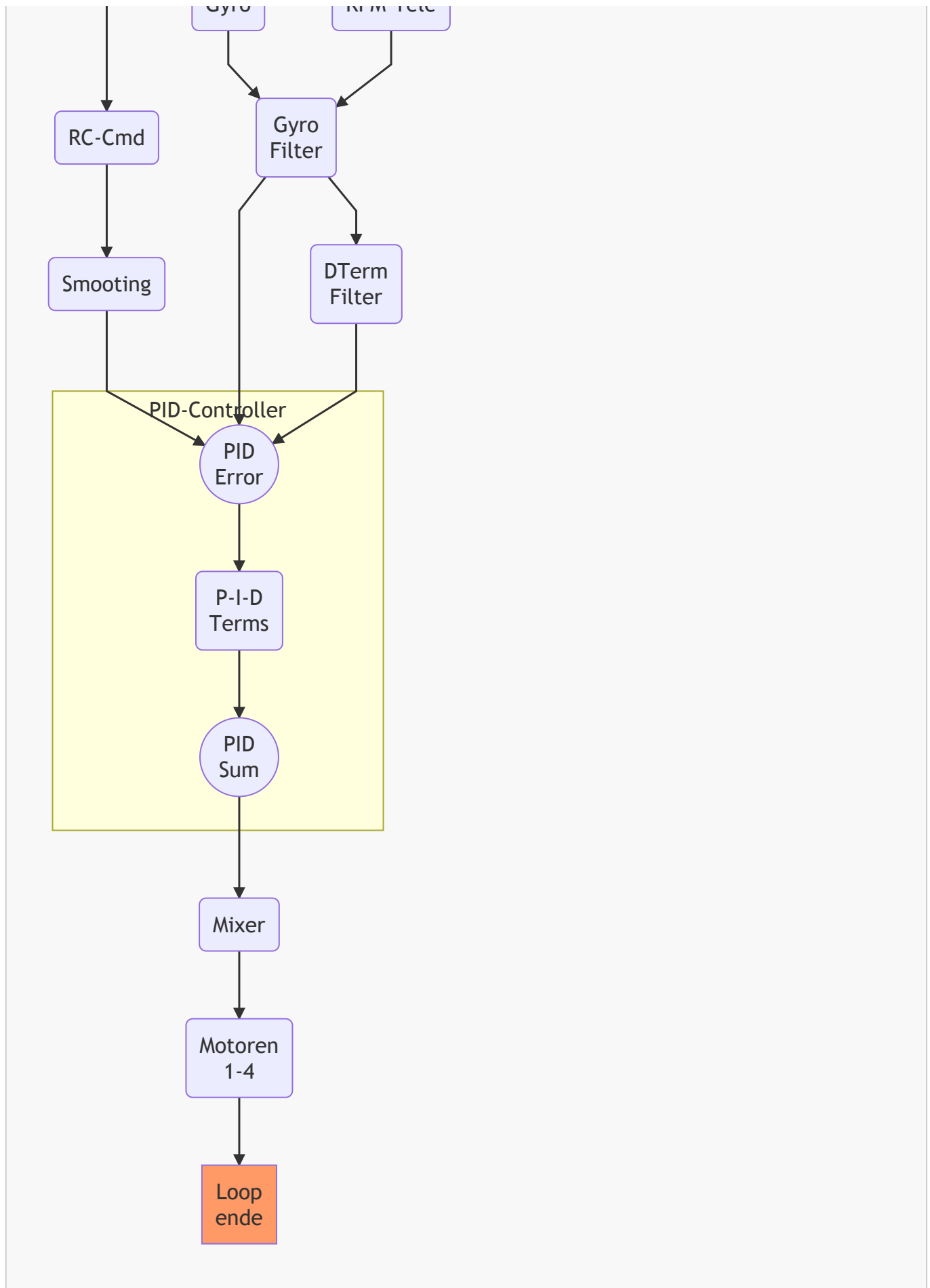
- P **proportionaler Anteil**
- I **integraler Anteil**
- D **derivativer Anteil**



PID-Loop

Die PID-Loop in Betaflight beinhaltet (für **alle** Achsen) folgende Punkte (vereinfachte Darstellung und nicht 100% vollständig). Die PID-Loop beschreibt auch die maximale **Looptime**





PIDError & PIDSum

PID error

Ist eine Aufsummierung aller anliegenden Fehler über all Achsen hinweg. Ein optimal (in der Theorie) getunter Copter liegt das Fehlersignal bei 0 und folgt somit exakt dem angegebenen Setpoint.

Die größten Fehler entstehen in schnellen Manövern bei Rolls & Flips. Propwash zeigt sich ebenfalls im PIDError und treibt diesen nach oben.

$$\text{PIDError} = \text{Setpoint} - \text{Gyro}$$

PID SUM

Ist die Summe aller Anpassungen durch den PID-Controller bevor sie an die Motoren übergeben werden.

P-Term (Proportionaler Fehler)

Der PTerm versucht den proportionalen Fehler möglichst schnell auf 0 zu reduzieren.

Vereinfacht gesagt: Wie hart der FC daran arbeitet den Fehler zu korrigieren. Je höher der PTerm um so schärfer ist die Reaktion.

Ein zu hoher PTerm führt aber zu Oszillation und Überspringen.

Eingabewerte:

- SOLL ist der RC-Command Wert (Stick)
- IST ist der GYRO Wert

Beispiel:

```
Kp = 0.2
Input = 100
GYRO = 60
Perr = Kp * (60-100) => 8
```

I-Term (Integraler Fehler)

Ist eine Aufsummierung aller bis dato aufgetretenen Fehler über die Zeit (d/t).

Mit dem ITerm wird eingestellt wie hart/schnell der FC reagieren soll gegen Umwelteinflüsse (z.B. Wind) um eine definierte Lage/Höhe beizubehalten.

Somit wird ein stetiger Fehler, der anliegt und durch den P-Wert nicht korrigiert werden konnte, durch den I-Wert kompensiert, um den Gesamtfehler möglichst schnell auf 0 zu bringen.

ITerm: Driftet der Copter ohne Steuerbefehl, dann den ITerm erhöhen.

Musst man sehr häufig die Flugbahn korrigieren (besonderen bei höheren Throttle) dann ist der ITerm zu niedrig

Beispiel:

Wenn bei schnellen Throttle-Bewegungen der Copter nicht stabil bleibt, ist häufig der I-Term zu niedrig.

d/t = Zeiteinheit – im Beispiel gehen wir von 1 aus (einfacher zu rechnen)

```
Im Beispiel gehen wir davon aus, dass IerrSum = -1 ist
Ki = 0.02
Input = 100
Gyro = 80
IerrSum = IerrSum + (80-100)
Ierr = Ki * IerrSum * d/t
Ierr = 0,05 * -21 * d/t
Ierr = -1,05
```

D-Term Derivativer-Wert (Vorhersage)

Der D-Term ist im Prinzip der Gegenpart zum P-Term und versucht eine Vorhersage zu treffen, wie der Fehlerwert in der Zukunft ist und versucht diesem entgegen zu wirken.

P & D hängen eng beieinander.

Der D-Term ist ein Dämpfungsglied für ein Überkorrigieren des P-Reglers und versucht „Overshoots“ zu minimieren. Ähnlich einem Schock-Absorber.

!!! note "Vergleich"

Stelle dir die Federung Deines Autos vor. Die Feder ist der P-Term und der Stoßdämpfer ist der D-Term.
Ohne den Stoßdämpfer (oder ein kaputer Stossdämpfer) führt zu einem Aufschwingen Deines Autos. (Oszillation).
Der Stoßdämpfer dämpft dieses Aufschwingen und ist daher der Gegenpart zur Feder
(das ist eine vereinfachte Darstellung, die lediglich ein plastisches Beispiel zeigen soll.
Physikalisch stimmt das nicht mit unserem PID-Controller überein.)

Den D-Term erhöhen kann eine Oszillation mehr glätten. Zu hohe D-Term-Werte führen aber zu heißen Motoren und können bis zur Zerstörung des ESCs oder des Motors führen.

Extensive D-Werte führen auch zu einer Verminderung des Anspruchverhaltens des Copters.

```
Im Beispiel gehen wir davon aus, dass DerrAlt = -4 ist
Kd = 0.1
Input = 100
Gyro = 80
DerrTmp = (80-100) - DerrAlt = -16
```

```
Derr = Kd * (-16) * d/t  
Derr = -1.6
```

Looptime (d/t)

Den Zyklus den der PID-Controller benötigt das Eingangssignal (Eingangswert) und der daraus resultierenden Kalkulation und einen Ausgabewert zu berechnen bezeichnet man als „Loop“.

Die dazu benötigte Zeit wird „Looptime“ genannt Looptime wird in ms (Millisekunden) berechnet bzw. in Hz

```
1sek = 1000ms = 1Hz = 1 Zyklus  
1ms = 0.001sek = 1KHz  
  
4k Looptime = 4000x die Loop durchlaufen pro Sekunde
```

Daher ist es auch wichtig, dass man in BF die Looptime so einstellt das der FC dies auch verarbeiten kann ohne Fehlberechnungen durchzuführen

Beispiel FC F405

4KHz = 4000 Loops pro Sekunde - das schafft der FC problemlos 8KHz = 8000 Loops ist für einige F4 FCs zu viel, wenn zusätzliche Filter eingeschaltet wurden.

Bei F7 FCs ist 8K typisch.

PID tunen

Schaue dir das [bf_tuning.md](#) Dokument an

[^Kpid]: Fehlerkonstanten, werden pro Achse in BF eingestellt.

[^Perr]: PID-Error, Summe aller anliegenden Fehlersignale.

[^DT] : empty