

BF Allgemeine Tuning Tips



Inhaltsverzeichnis

- [BF Allgemeine Tuning Tips](#)
 - [Inhaltsverzeichnis](#)
 - [Allgemeines](#)
 - [Die ersten Schritte](#)
 - [Filter reduzieren](#)
 - [Tuning in a Nutshell](#)
 - [Heiße Motoren](#)
 - [DTerm-Problem](#)
 - [Spectrogramm-Analyse](#)
 - [3D-Analyse](#)
 - [2D-Analyse](#)
 - [Interpretation der Daten](#)
 - [Detailbetrachtungen](#)
 - [Auszug aus dem Tuning-Logbuch](#)
 - [DTerm Spectrogramm](#)
- [PIDs tunen](#)
 - [PTerm optimieren](#)
 - [P-Roll](#)
 - [P-Pitch](#)
 - [P-Yaw](#)
 - [DTerm optimieren](#)
 - [D-Roll & Pitch](#)
 - [D-Yaw](#)
 - [ITerm optimieren](#)
 - [Roll & Pitch](#)
 - [Yaw](#)
 - [TPA - Throttle PID Attenuation](#)
- [Appendix](#)
 - [Bilder in besserer Auflösung](#)

Allgemeines

Um eine möglichst gut abgestimmten Copter zu besitzen sollte nachfolgende Reihenfolge versucht werden einzuhalten.

Für das tunen eines Copters ist eine Blackbox-Auswertung aus meiner Sicht unerlässlich. Ob du dann später mit dem Blackbox-Explorer, PIDToolbox oder Plasmamtree arbeitest ist jedem selbst überlassen.

Ich persönlich nutze ausschließlich **Blackbox-Explorer** und **PIDToolbox**. Nach meinem Kenntnisstand wird an Plasmatee auch nicht mehr relevant gearbeitet

Für PIDToolbox[^ PDT_Wiki_de] habe ich in Absprache mit Brian White das englischsprachige Wiki auf Deutsch übersetzt und die wesentlichen Schritte stehen nun auch für deutschsprachige zur Verfügung.

Die ersten Schritte

1. **Sauber bauen.** Vermeide schlackernde Kabel. Der FC[^FC] sollte vibrationsgedämpft verbaut sein. Prüfe ob den Gyro etwas berührt (**strikt vermeiden**). Sind alle Schrauben fest
2. **Versuche auf die aktuellste BF-Version aufzusetzen.** Mache vor Deinen Änderungen ein Backup der aktuellen FW. Sichere Deine Konfiguration mit **diff all**. Neue BF-Version versprechen Bugfixings und häufig verbesserte Filter/Tuning-Möglichkeiten. Leider ist der Update immer mit Arbeit verbunden.
3. **Sender kalibrieren.** Im Receiver-Tab sollten für alle drei Achsen die Einstellungen zwischen **1000** und **2000** liegen. Hintergrund ist, liegen die aktuellen Werte unter-/oberhalb wird das RC-Signal beschnitten oder gespreizt, beides sorgt dafür, dass die Signalverarbeitung nicht optimal ist.
4. **Prüfe im BF-Configurator die Lage des Copters.** Der grüne Pfeil symbolisiert **Vorne**. Neige den Copter nach unten (PITCH-Forward), der simulierte Copter **muss** sich ebenfalls nach unten neigen. Wiederholen für alle Achsen. Der simulierte Copter **muss exakt** das gleiche tun als der echte Copter.
Funktioniert das nicht - so kann man es prüfen:
 - Die Gyro-Lage in BF-Configurator stimmt nicht mit dem überein, wie Dein Gyro tatsächlich verbaut ist.
 - Gehe schrittweise vor und ändere immer in **90 Grad** Schritten
 - Beginne mit der PITCH-Achse (Querachse) und ändere die Einstellung in 90Grad Schritten solange bis der simulierte Copter das tut, was Dein Copter in der Hand auch tut.
 - Dann die Roll-Achse (Längsachse). Hier genauso vorgehen. Kippst du Copter in Flugrichtung nach links, dann muss der simulierte Copter auch nach links kippen, gleiches gilt für rechts.
 - YAW-Achse (Hochachse): drehe den Copter um Hochachse. Der simulierte Copter muss sich nun auch nach links/rechts beweg

Das ist eine **sehr, sehr wichtige** Funktionsprüfung, ansonsten wird der Copter beim Erststart vermutlich direkt einen Salto schlagen

5. Motordrehrichtung prüfen

- Motor 2+3 müssen CCW[^CWCCW] drehen
- Motor 1+4 müssen CW drehen

!!! note "Hinweis"

Manchmal findet man im Internet Schaubilder mit Motoren-Beschriftungen, die abweichend sind. Meine Empfehlung: **wenn ihr Betaflight nutzt, nutzt auch die Default-Bezeichnungen, die für die Motoren in Betaflight vorgesehen sind**

![] [imgMOTOREN]{: style="height:300px; width:300px"}

6. Prop-Montage, darauf achten, dass die Props in der korrekten weise montiert werden. Grundsätzlich gilt:

Motor 1+3 und Motor 2+4 haben immer die gleichen Props montiert.

![[imgProps]{: style="height:300px; width:300px"}]

Filter reduzieren

Eigentlich votiere ich zu filtern, das heißt aber nicht "einfach alle Filter einschalten" sondern Filter mit bedacht aktivieren und andere Filter deaktivieren. Beginne mit den Default-PID Einstellungen für Deinen Copter.

Das Reduzieren der Filter erhöht(verbessert) deutlich die Performance in Betaflight und die Latenzzeiten verringern sich. Dies resultiert in einem besseren "Stick-Gefühl", irgendwie direkter.

Andererseits geben Filter eine weiches Gefühl, der Copter liegt irgendwie ruhiger, alles ist etwas gedämpfter (gemütlicher 😊)

Betaflight ist aber für 1000ende von Piloten konzipiert und von Race bis Smooth-Cruises für HD-Qualitätsaufnahmen - und somit stehen auch eine Vielzahl an Setups zur Verfügung.

Also für jeden etwas.

Das im Vorwege.

Meine Setups, die ich für meine Copter einstelle, sind eher direkter - als Freestyler mag ich das lieber und ist mir auch wichtig.

Ich lebe mit Propwash (in Grenzen) und kleineren anderen Vibrationen. Filtere mich daher **nicht "zu Tode"** und vielleicht sind meine PID-Werte auch nicht optimal - aber ich fühle mich wohl mit meinen Coptern.

Tuning in a Nutshell

- 1: **fliegen ist es was wir wollen**
- 2: **Konfiguriere dich nicht zu Tode**
- 3: Baue so gut und sauber wie möglich, vermeide lose Schrauben, Kabel oder andere Dinge die rumflattern. All das erzeugt Vibrationen
- 4: Das Setup sollte wenn möglich für Deine Copter gleicher Klasse mehr oder minder "kopierbar" sein. Mir ist bewußt das dies nur bedingt machbar ist.
- 5: Beginne mit den Default-Einstellungen von PIDs und Filter - noch **keine** Anpassungen vornehmen.
- 6: Erstflug mit Blackboxlogging (2K) - und prüfen wie das Setup ist. **Für eine Blackboxauswertung setze den Debug-Mode auf gyro_scaled**
- 7: Erstelle dir ein Tuning-Logbuch indem du pro Flug dir die Einstellungen/Änderungen merkst [^Tuning_Logbuch]
- 8: zum Tunen ist der Blackbox-Explorer, PIDToolbox unerlässlich.
- 9: Bevor du an den PID-Werten arbeitest, optimiere die Filter.
- 10: Nutze DN-Filter[^DNF] mehr als LPF-Filter[^LPF]

- 11: behalte immer die Motor-Temperaturen im Auge, wenn du tunest
- 12: Filter sind ok, dann PID-Tuning durchführen.
- 13: Die Schritte 9-12 iterativ an Deinen Copter adaptieren und Schrittweise verbessern. Einen Schritt nach dem anderen. Nicht 2 Dinge gleichzeitig ändern.
- 98: **Tunen kostet viel Zeit**
- 99: **weniger tunen kann mehr sein**

Mit diesen Punkten baue und fliege ich meine 5"er

Heiße Motoren

Im allgemeinen gilt **kühle/laufwarme Motoren** sind perfekt, **warme Motoren** sind in Ordnung, werden sie heiß, dann muss etwas am Setup geändert werden.

Heiße Motoren sind ein Indiz dafür, das hohe Anteile an Rauschen(Noise)[^NOISE] Signale an die Motoren gesendet werden. Das sollte unter allen Umständen vermieden werden.

Mögliche Ursachen für heiße Motoren:

- alte Motoren
- Lagerschaden
- Filter sind schlecht eingestellt
- DTerm zu hoch
- PID-Abstimmung im allgemeinen schlecht

DTerm-Problem

DTerm-Filterung ist die Empfehlung. Beginne mit der Reduzierung des DTerm-LPF-Filter in 20hz Schritten. Gehe **nicht** unter eine Cutoff-Frequenz von 80Hz.

Bei zwei DTerm-Filter setze den ersten auf eine minimale Grenzfrequenz von 100Hz, den zweiten Filter dann Stufenweise immer um 20Hz ab 100Hz erhöhen.

Immer wieder 20-30sec Fliegen und die Motor-Temperatur prüfen.

Den 1. DTerm-LPF[^LPF2] Filter auf PT1 setzen

Den 2. DTerm-LPF Filter auf BIQUAD setzen

Temperatur prüfen, prüfen prüfen

!!! danger "Beachten"

Ohne Sinn & Verstand am DTerm rumspielen oder an DTerm-LPF Änderungen durchführen, kann zur vollständigen Zerstörung der Motoren führen

Spectrogramm-Analyse

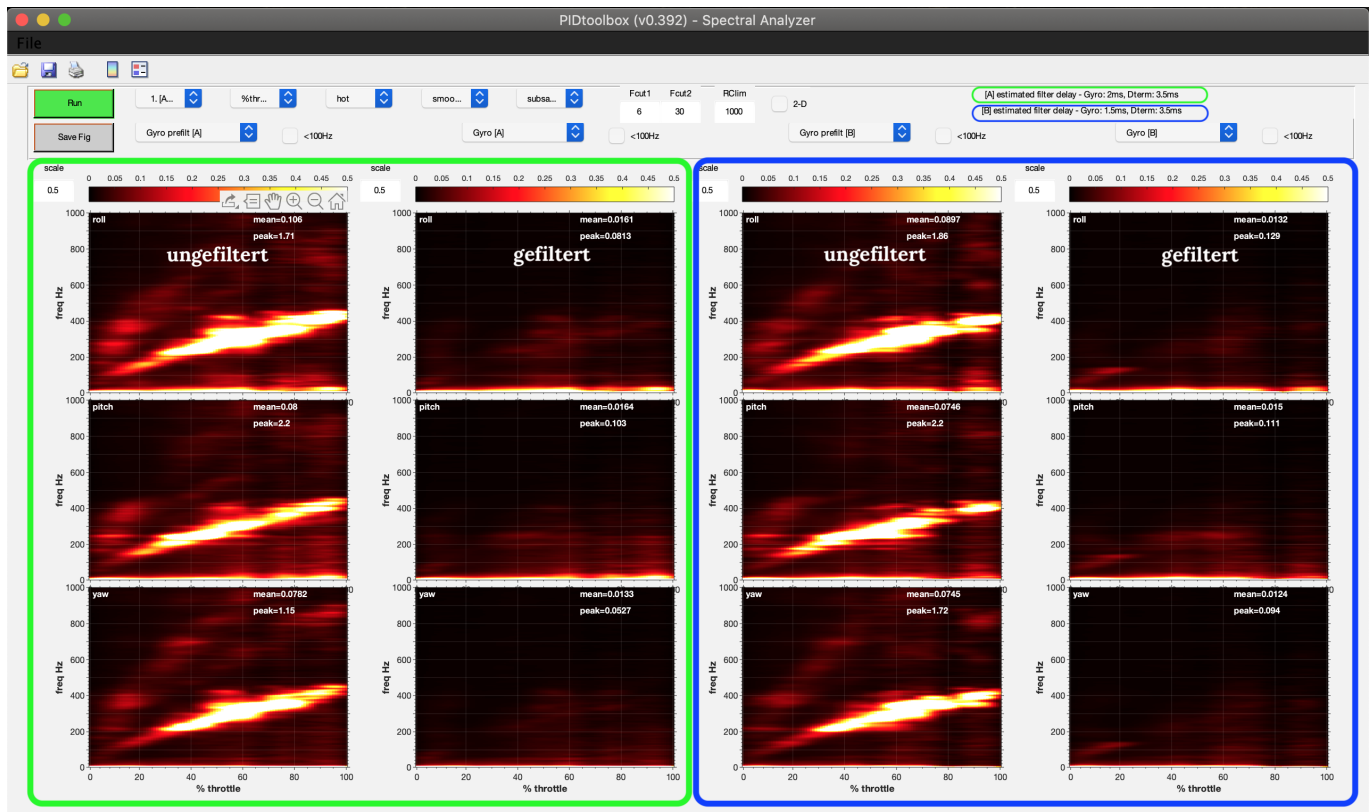
Die Spectrogramm-Analyse [^PDT_Wiki_de] ist sehr hilfreich, denn sie zeigt uns in zwei oder drei Dimensionen.

PIDToolBox zeigt die Daten sowohl als 2D als auch in 3D an

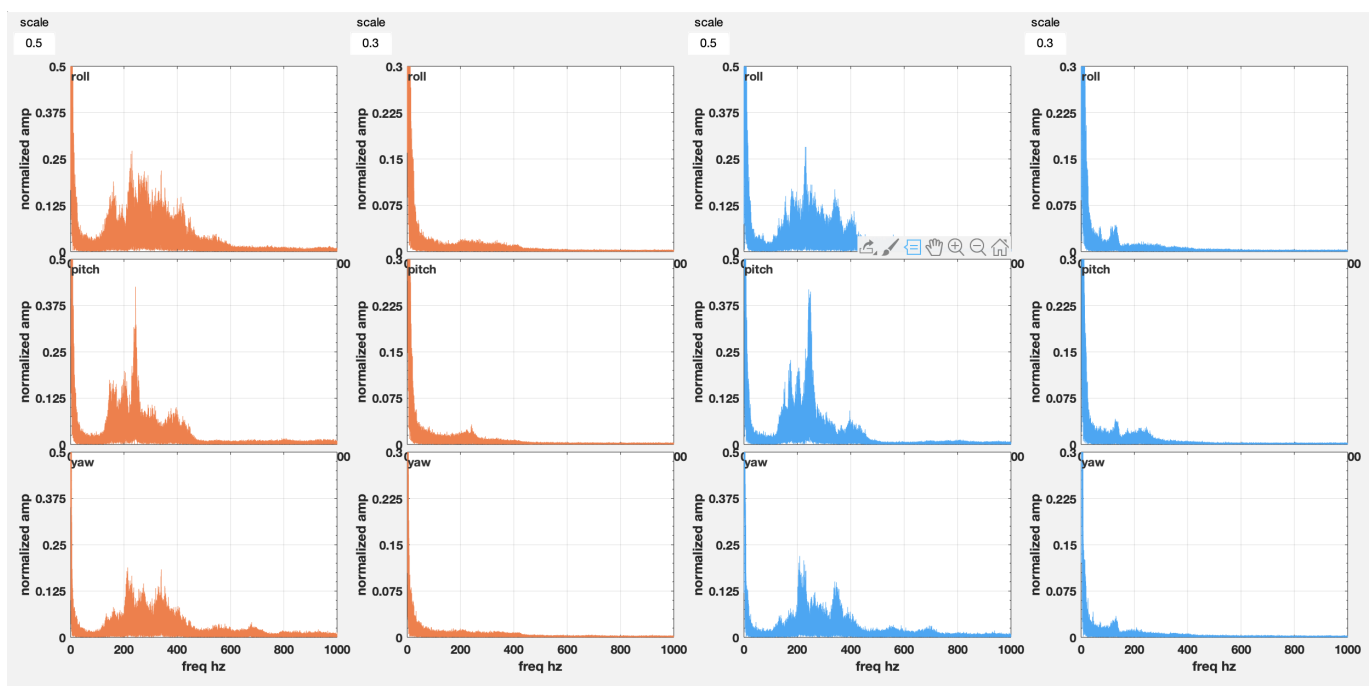
3D-Analyse

- X-Achse : Throttle
- Y-Achse : Frequenz in Hz
- Z-Achse : (Helligkeit) : ist die Höhe der Amplitude eines Ausschlags. Je heller, je intensiver.

Das nachfolgende Spektrogramm zeigt zwei Blackboxauswertungen einer meiner 5" Copter und zeigt nach der Anpassung der Filter leichte Verbesserungen.



2D-Analyse



Die 2D-Darstellung ist sehr hilfreich um einen klaren schnellen Überblick zu erhalten. Kleiner Hinweis, der Spot

bei Gyro-gefiltert bei Log 2 (rechts oben), sieht man als kleinen hellen Spot im gleichen Graphen in der 3D-Darstellung. Ca. 130Hz, bei 20% Throttle

Interpretation der Daten

Wie interpretiert man dieses Diagramm? Zur Unterscheidung der beiden Logdateien sind diese in grün (Log1) und blau (Log2) umrahmt (siehe vorherige 3D-Darstellung)

Die Diagramme liest man von oben nach unten und von links nach rechts

- Spalte 1 + 3 : **ungefilterte Gyro-Daten** (Spalte1 = Log1, Spalte3 = Log2)
- Spalte 2 + 4 : **gefilterte Gyro-Daten** (Spalte2 = Log1, Spalte4 = Log2)
- Zeile : oben : Roll
- Zeile : mitte: Pitch
- Zeile : unten: Yaw

Spalten 1+3 zeigen die ungefilterten Gyro-Werte, die hellen Bereiche zeigen deutliche Vibrationen. Das Gelbe band, welches sich leicht diagonal von unten links nach oben rechts zieht ist das Motor-Band. Je höher der Thrott-Wert, je mehr Vibrationen treten auf. Dies ist in der Regel bei den meisten Coptern in dieser Art sichtbar.

Starke Motorvibrationen können durch Lagerschäden, defekte Props, defekter Motor, Schwingungen in den Armen verursacht werden. Ggf. kann man mit Anti-Vibrations-Matten unter den Motoren experimentieren. Ich habe das noch nicht ausprobiert, werde es aber testen und prüfen ob es Veränderungen gibt.

Detailbetrachtungen

Roll

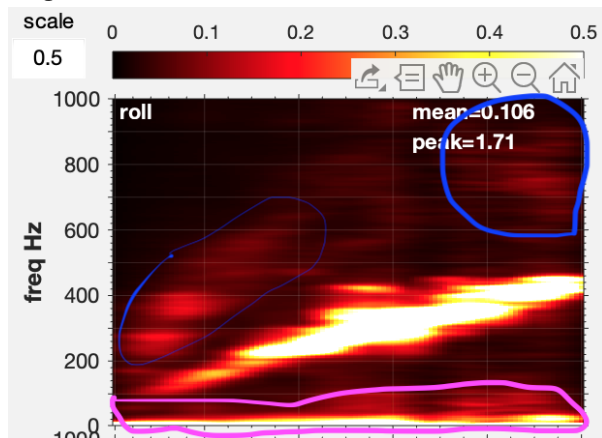
Info

Roll

Info

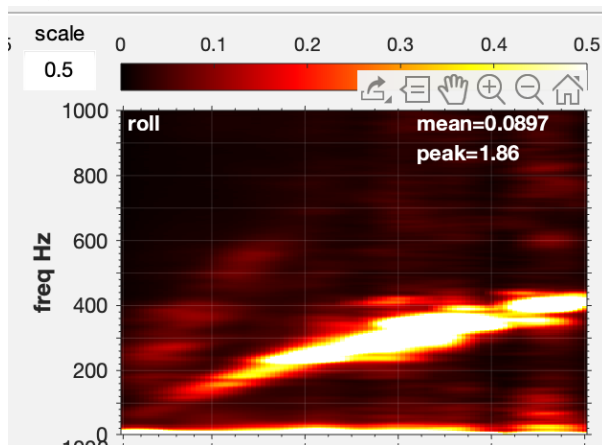
Gyro-Prefilterd

Log 1



{:style="height:196px; width:256px"}

Log 2



{:style="width:256px"}

Die blauen Bereiche zeigen weitere Vibrationen. Die pinkfarbene Bereich zeigt die normalen Flugfrequenzen allerdings sieht man hier schon dass sich im bereich ab 80-100Hz und aufwärts weitere Vibrationen befinden.

Im zweiten Log sieht man das die Vibrationen geringfügig weniger geworden sind. Dies wird auch in den beiden Zahlen oben rechts gezeigt
mean = zeigt den Durchschnitt **peak** = das Maximum

Je kleiner die Zahlen desto "besser". Was man sieht ist **mean** ist geringer geworden, das heißt die Gesamtvibrationen sind weniger, allerdings hat das Maximum zugenommen.

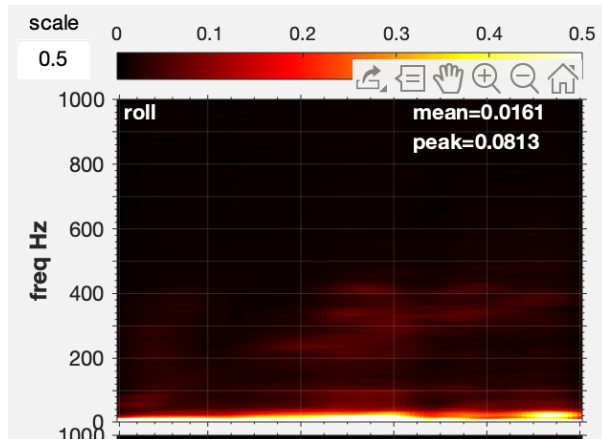
Diese Vibrationen sind aber in den Gyro-Rohwerten zu sehen und noch kein Filter hat diese eliminiert, das nun unterschiedliche Werte auftreten liegt vermutlich an einem unterschiedlichen Flugverhalten und/oder ggf. äußeren Einflüssen (z.B. Wind)

Roll

Info

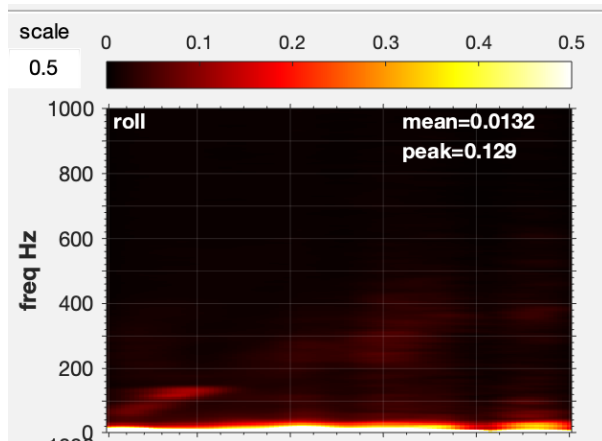
Gyro-Filtered

Log 1



{:style="height:196px; width:256px"}

Log 2



{:style="height:196px; width:256px"}

Hier sieht man nun was die eingestellten Filter erreicht haben, der größte Teil der Störungen sind beseitigt worden, lediglich einen leichten "Flimmer" kann man noch sehen. Interessant ist das zweite Bild des Log2, hier sieht man nochmals eine leichte Verbesserung, der Durchschnitt (**mean**) ist geringer als im Log 1, dies führt auch zu weniger Vibrationen.

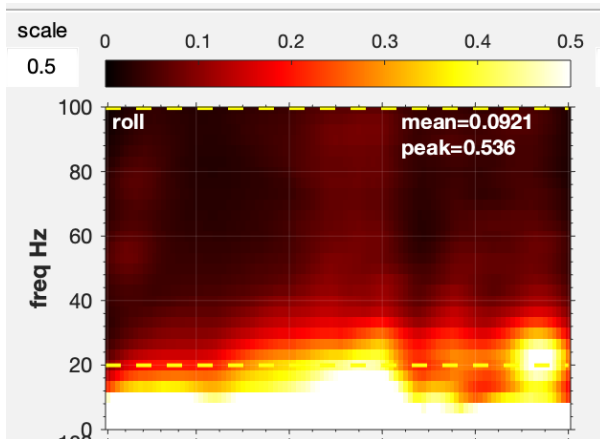
Der **peak** ist allerdings höher als im Log ein, verursacht durch den kleinen hellen Spot bei ca 20% Throttle und bei ca 130hz, kann sein, dass dies eine durch Propwash verursachte Vibrationspitze war.

Roll

Info

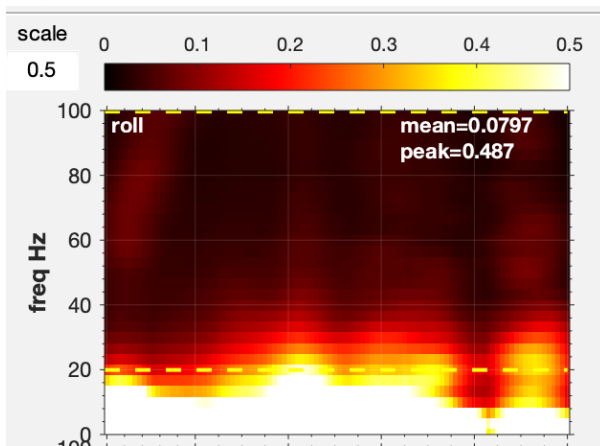
Gyro-Prefilterd <100Hz

Log 1



{:style="height:196px; width:256px"}

Log 2



{:style="height:196px; width:256px"}

Hier sieht man vergrößert den Bereich <100hz - also dort wo Propwash auftritt. Die untere gestrichelte Linie gibt liegt bei 20hz - also alles darunter ist normal im Flugbetrieb, alles darüber bis zur oberen gelben Linie ist der Bereich zw. 20-100hz - Propwash - Frequenzen.

Auch hier sieht man an den Zahlen und an am Graphen selbst, dass sich die Vibrationen verringert haben. Das kann aber auch am Flugstil selbst gelegen haben.

Filter-Delay

[A] estimated filter delay - Gyro: 2ms, Dterm: 3.5ms
[B] estimated filter delay - Gyro: 1.5ms, Dterm: 3.5ms

{:style="height:127px; width:256px"}

Hier zeigt sich, dass die Änderungen an den Filtern sich auch unmittelbar auf die Delays positiv gezeigt hat. Warum der **DTerm-Delay** noch über 3ms ist, muss geprüft werden. Vielleicht ist es aber auch ok so.

Auszug aus dem Tuning-Logbuch

Und bei diesen Files steht folgendes im Tuning-Logbuch: (Logfile 1 = T09 und Logfile 2 = T07)

```
### log_20200719_t07.bb1
- Retest, wegen Vibrationsproblemen, die erst einmal nicht erklärbar sind
- based on t05

CLI get gyro_rpm
+ gyro_rpm_notch_harmonics = 3
+ gyro_rpm_notch_q = 1000
+ gyro_rpm_notch_min = 150
```

```
+ dyn_notch_width_percent = 0
+ dyn_notch_q = 500
+ dyn_notch_min_hz = 150
+ dyn_notch_max_hz = 350
```

Kaum bis keine Vibrationen, Motoren lauwarm

```
### logxxxxxxx_t08.bbl
gyro_rpm_notch_min = 100
dyn_notch_min_hz = 100
```

deutlich mehr Vibrationen beim Abfangen aus schnellen figuren. Motoren wärmer als vorher
Delay bei Gyro auf 2ms angestiegen.

```
### logxxxxxxx_t09.bbl
dyn_notch_max_hz=300
gyro_rpm_notch_min=150
Vibrationen haben wieder nachgelassen aber irgendwie rauer. T07 ist vermutlich das bessere Setup
```

DTerm Spectrogramm

Wie man sieht, wurde lediglich der **dyn_notch_max_hz** Parameter verändert und wirkt sich aber auf den DTerm aus - logisch - mehr Vibrationen höhere DTerm-Aktivität sowohl im ungefilterten als auch im gefilterten Signal

!!! danger "ACHTUNG"

Niemals den DTerm LPF Filter deaktivieren, selbst im absolut sauber gebauten Copter.
Den DTerm LPF auf PT1 setzen

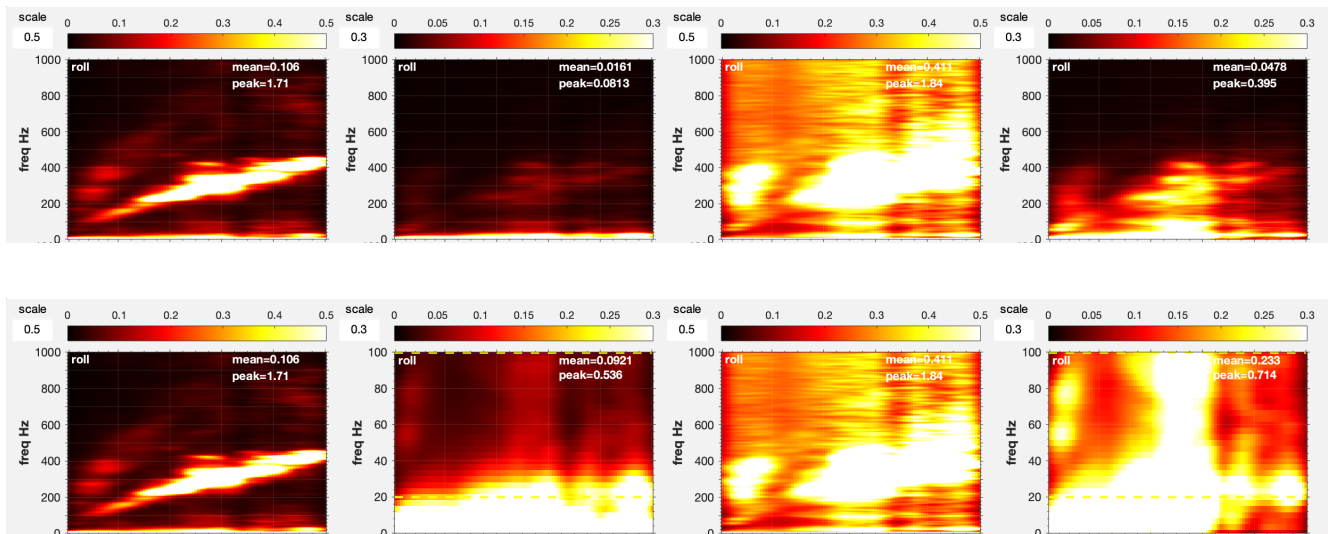
DTerm

Was sieht man?

Spalte 1: Gyro pre-filtert, **Spalte 2:** Gyro gefiltert, **Spalte 3:** DTerm pre-filtert, **Spalte 4:** DTerm gefiltert

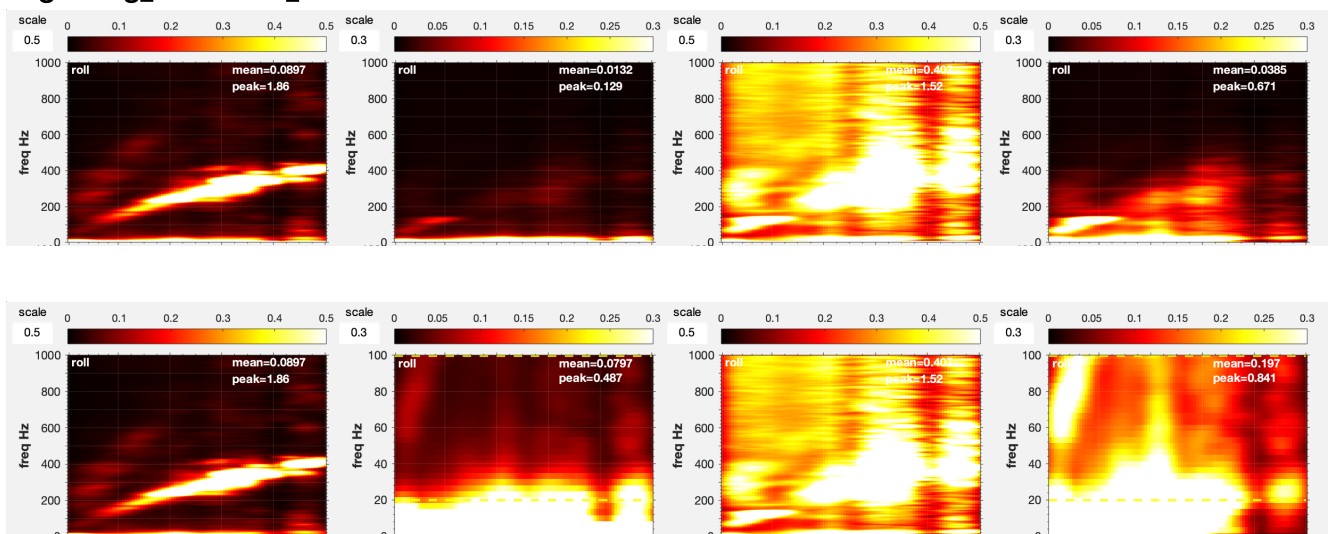
DTerm

Log 1 : logxxxxxxx_t09.bbl



Auswertung aus dem vermeintlich schlechterem Setup, das untere Bild zeigt Gyro-gefiltert und DTerm-gefiltert im Bereich <100hz. Durch das verringern des `dyn_notch_max_hz` auf 300hz führt zu einem größeren Filterbereich, das sich zusätzlich zu einer verschlechtertem Delay

Log 2 : log_20200719_t07.bbl



Deutlich sieht man, das die DTerm Filterung besser ist, das untere Bild zeigt Gyro-gefiltert und DTerm-gefiltert im Bereich <100hz - Deutlich sieht man das die Filterung des DTerms in den unteren Frequenzen. Der `dyn_notch_max_hz` ist auf 350hz. Im Gyro-Signal sieht man die Verbesserung, dies wirkt sich auch auf den DTerm aus.

!!! note "Hinweis"

- * Gyro-Prefilter: ist wichtig um einen Überblick zu erhalten wie stark die Vibrationen am Copter sind und wo sie hauptsächlich auftreten. Je mehr helle Spots um so mehr Vibrationen sind vorhanden
- * Gyro-gefiltert: hier sieht man das Ergebnis der aktuellen Filter und wie gut (oder noch nicht so gut) sie arbeiten
- * DTerm gefiltert: Da es auch noch DTerm-Filter gibt, kann man hier auch nochmals prüfen ob die Filter gut eingestellt sind

So die Filter sind optimiert und nun beginnt das PID tuning.

!!! notes "Tip"

Bevor an den PID gearbeitet wird, sollten die aktuellen PID-Werte immer gesichert werden. Am einfachsten ist es, das aktuelle Profil in ein anderes Profil zu kopieren. Erst dann die Werte anpassen.

PIDs tunen

Nachfolgend eine Tips um für Deinen Copter die PID-Werte zu optimieren

!!! note "Tip 1"

Fange immer mit einer Achse an, wenn die gut funktioniert, dann die nächste Achse.
YAW ist die letzte Achse die du optimieren solltest.
Ich fange immer mit der Roll-Achse an

PTerm optimieren

Beim Optimieren der PID-Werte sollte zuerst die ROLL, dann die PITCH und zum Schluss die YAW Achse optimiert werden. Bezogen auf die Werte, startet man mit dem PTerm, dann dem DTerm und am Ende den ITerm.

Die Anpassungen werden schrittweise durchgeführt und in mehreren Iterationen. Das schafft man nicht in einem Zug.

P-Roll

Ist der PTerm gut eingestellt, dann sollte sich die Steuerung des Copters präzise anfühlen und auf Die Sticks gut reagieren.

Fliege einige scharfe Kurven ohne vom Throttle zu gehen, ist der PTerm zu niedrig, wird der Copter nun beim zurückgehen in den Geradeausflug zu einer Seite ein wenig kippen (fühlt sich wie ein Wackeln an oder ein sehr langsame Oszillation).

Ist der PTerm zu hoch, wird der Copter sehr schnell oszillieren. Fühlt sich Vibrationen an.

Ist der PTerm in Ordnung, sollte man nur minimale Oszillation verspüren.

P-Pitch

P-Yaw

DTerm optimieren

D-Roll & Pitch

D-Yaw

I-Term optimieren

Roll & Pitch

Yaw

TPA - Throttle PID Attenuation

TPA ist ein Dämpfungsglied der PID-Werte bezogen auf den aktuell anliegenden Throttle-Wert

TPA läuft linear mit dem Throttle-Wert und dämpft die PID-Werte um Oszillationen vorzubeugen. Den TPA gab es schon in BF 3.x.

TPA wirkt sich auf den **P-Term** und den **D-Term** aus.

Ab BF 4.0 haben sich die Default-Werte für den TPA geändert

```
set tpa_rate = 75
set tpa_breakpoint = 1500
set tpa_mode = D
```

Parameter	Hintergrund
tpa_rate	Dämpfungswert als Prozent
tpa_breakpoint	Dämpfung wird ab diesem Punkt an linear bis 100% Throttle durchgeführt
tpa_mode	Gibt an ob für den P-Term, den D-Term oder beide P oder D oder PD

Beispiel

Wir gehen von den Default-Werten aus. Die Dämpfung beginnt bei 1500 Throttle (also 50%) und bei 100% Throttle wird die Dämpfung 75% (tpa_rate) betragen. Die Werte von 1500–2000 werden linear auf diese 75% abgebildet

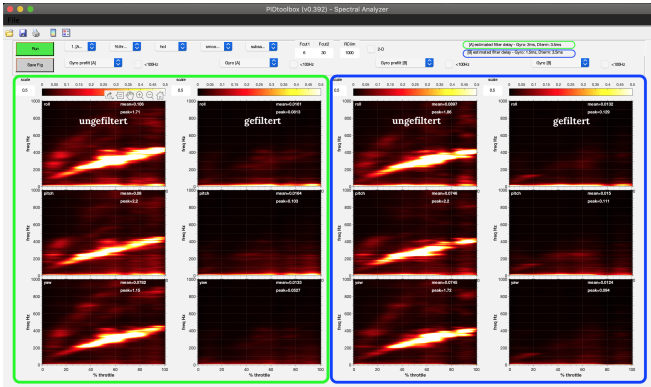
Die Dämpfung bezieht sich auf den jeweiligen P-Term oder D-Term. Nehmen wir an der P-Term beträgt 30, dann würde bei 100% Throttle "nur" 22,5 (75%) verwendet werden

Appendix

Bilder in besserer Auflösung

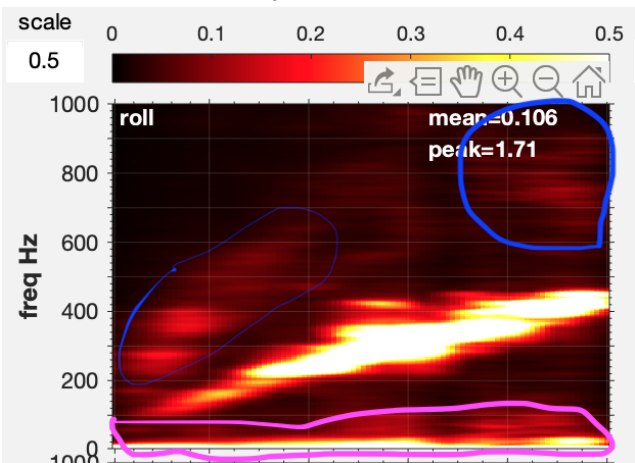
Ein Klick auf das Bild öffnet die Vergrößerung

Übersicht Spektrogramm



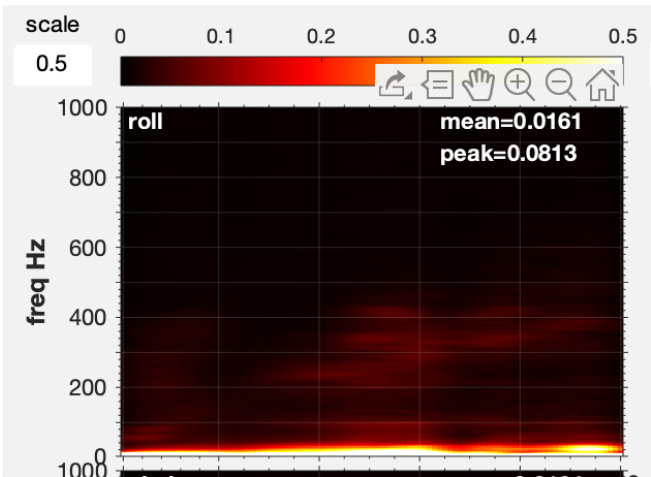
{: style="height:152px; width:256px"}

Gyro Detail



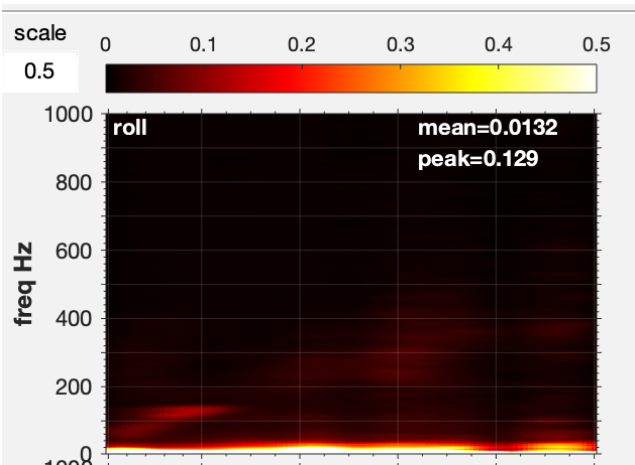
{: style="height:152px; width:256px"}

Gyro gefiltert Log 1



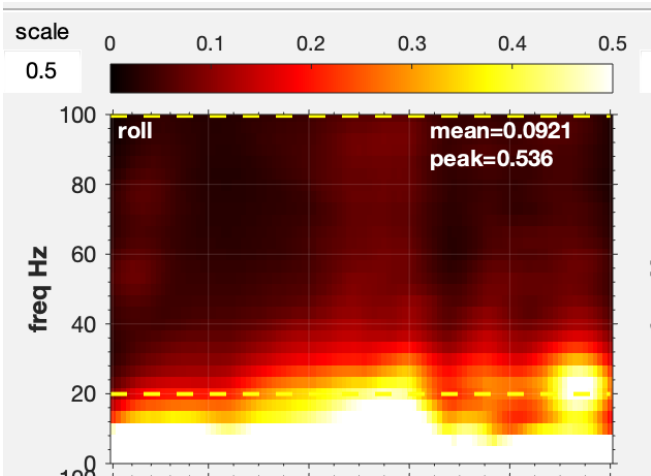
{: style="height:152px; width:256px"}

Gyro gefiltert Log 2



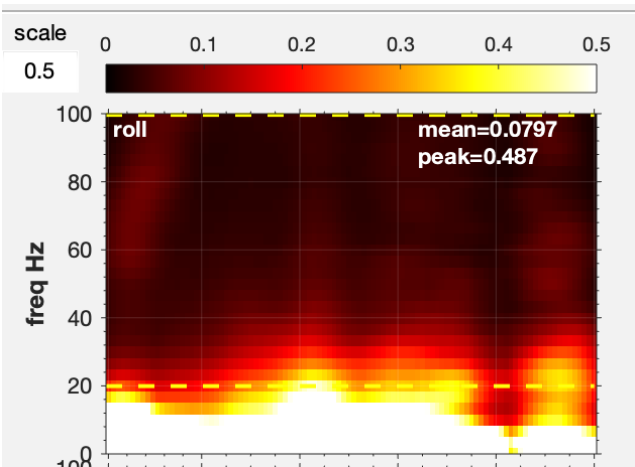
{: style="height:152px; width:256px"}

Gyro gefiltert <100hz Log 1



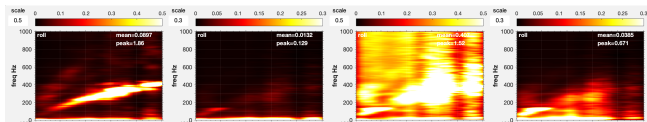
{: style="height:152px; width:256px"}

Gyro gefiltert <100hz Log 2



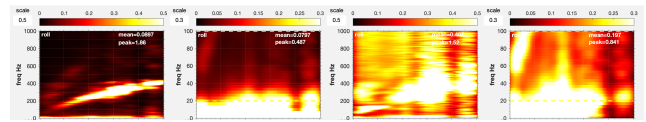
{: style="height:152px; width:256px"}

DTerm Log 1



{: style="height:152px; width:256px"}

DTerm Log 2



{: style="height:152px; width:256px"}



[^CWCCW]: CW = clockwise = rechts, CCW = counter clockwise = links

[^FC]: Flight-Controller

[^DNF]: siehe : bf_filter.md # notch-filter

[^LPF]: siehe : bf_filter.md # lowpass-filter

[^LPF2]: siehe : bf_filter.md # bf-static-lowpassfilter

[^NOISE]: [Noise/Vibrationen](#)

[^PDT_Wiki_de]: [PDT Wiki in Deutsch](#)

[^Tuning_Logbuch]: siehe bf_tuning_logbuch