



## Das Betaflight 4.x - Glossar



# Das Betaflight 4.x - Glossar

Dieses Dokument ist gleichzeitig mit meinem PID-Tuning & Filter Dokument entstanden und enthält häufig genutzte Fachbegriffe aus dem FPV Fliegen in Bezug auf Betaflight und ist eine Zusammenstellung von Fachwissen und Hintergrundinformationen.

Viel Spass beim Fliegen und beim Lesen

LunaX



# Inhaltsverzeichnis

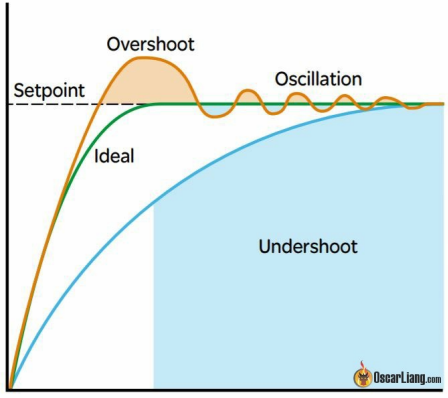
Das Betaflight 4.x - Glossar	2
Inhaltsverzeichnis	3
Dokumenten-Historie	4
PID - Controller / Settings	5
MISC	12
Filter	15
Rates	23
CLI (Command Line Interface)	23
vTX - Video Transmitter	25
FPV-Camera	29

# Dokumenten-Historie

Version	Datum	Changes
0.6	23.09.19	<ul style="list-style-type: none"><li>• PropWash : zusätzliche Informationen für BF 4.1</li><li>• Neue Tabelle vTX</li><li>• Neue Tabelle FPV Camera</li></ul>
0.7	14.06.20	<ul style="list-style-type: none"><li>• Inhaltsverzeichnis angelegt</li><li>• Typo, ergänzende Informationen bei einigen Beispielen</li><li>• PID-Mathematik</li><li>• VSEN/VBAT+ hinzugefügt</li></ul>
0.8	20.08.20	Filter - Tips

# PID - Controller / Settings

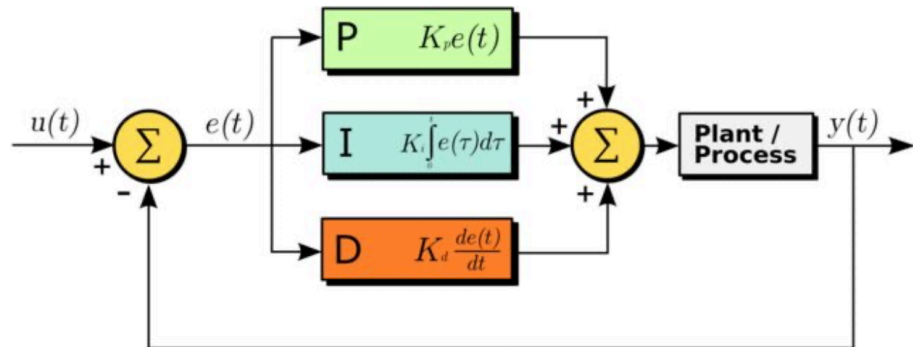
Info	Info
	<p>Der Soll-Wert ist im Kontext von Quad-Coptern das Stick-Kommando (Stick-Wert) und entspricht wieviel Grad der Copter um die jeweilige Achse drehen soll (Turn-Rate).</p> <p><b>Beispiel:</b> MAX degree sind 700 Grad/Sek bei 100% Ausschlag Bewegt man nun den Gimbal auf 75% (wir gehen jetzt von einer linearen Bewegung aus), dann ist der Soll-Wert bei 75% von maximal 700Grad = 525Grad/sek.</p> <p>Sprich der Copter dreht mit 525grad/sek bei 75% Ausschlag des Gimbals</p>
<b>IST-Wert</b>	<p>Der Ist-Wert ist der vom GYRO zurückgegeben Wert bezogen auf die aktuelle Position des Quad-Copters</p> <p><b>Beispiel: (Bei Vollausschlag Gimbal = 700deg/sek)</b> Gimbal ist auf Vollausschlag und der Copter sollte nun mit 700deg/sek drehen soll und der Gyro 580grad/sek zurück gibt, dann ist der Copter um 120Grad/sek zu langsam in seiner Drehung !</p> <p><b>Nicht damit verwechseln es "fehlen" ihm noch 120Grad bis 700Grad</b></p> <p>Der PID-Controller prüft nun wie hoch der Fehler ist zwischen seinem SOLL-Wert den er erreichen will im Vergleich zu seinem IST-Wert den er vom GYRO geliefert bekommt.</p> <p>Diese Erkennen und reagieren auf den Fehlerwert ist die Aufgabe des PID-Controllers.</p>
<b>Error-Wert</b>	<p>Error- oder Fehler-Wert</p> <p>Der Fehlerwert ist die Differenz zwischen dem Sollwert und dem IST- Wert</p> <p><b>Beispiel:</b> SOLL: 700deg/sek drehen (RC-Stick Command) IST: 580deg/sek drehen (vom Gyro) ERROR = 700 - 580 = 120</p> <p>Dieser Fehlerwert wird pro Achse berechnet. nun wird auf diesen aktuellen Fehler über den PID-Controller eine Berechnung durchgeführt was der FC unternehmen muss um diesen Fehler möglichst schnell zu eliminieren.</p> <p>P = proportionaler Faktor auf den aktuellen Fehlerwert I = summierter Fehler über die Zeit D = derivativer Fehleranteil (Vorausschauender) Fehleranteil</p>

Info	Info
<p><b>Oszillation</b></p>	<p>Eine Oszillation ist eine Schwingung. In Bezug auf den PID-Controller ist es ein Über- und Unterschwingen zur Ideallinie.</p>  <p>(Im Bild: SetPoint = SOLL-Wert  Orangene-Linie ein Versuch sich möglichst schnell an den Soll-Wert heranzutasten. Man überschießt den Soll-Wert korrigiert und fällt unter den Soll-Wert, korrigiert dann wieder überschießt man usw. bis man irgendwann den Sollwert Erreicht.  Ideal ist es, wenn man (grüne Linie) möglichst schnell ohne Oszillation den Sollwert erreicht  Schafft es der PID-Controller überhaupt nicht den Soll-Wert zu erreichen dann bewegt man sich im blauen Bereich.</p>
<p><b>PID</b></p>	<p>P - proportionaler Anteil  I - integraler Anteil  D - derivativer Anteil</p> <p>Berechnung des Fehlerwertes zwischen dem <b>SOLL</b> und <b>IST</b>-Wert  Der jeweilige Fehlerwert wird mit einer Konstanten (Perr, Ierr, Derr) multipliziert.  Die Summe aller der Fehler ergibt den Gesamt Fehler PIDSum</p> <p>Die PID-Werte die in Betaflight erfasst werden, sind die Konstanten (Perr, Ierr, Derr), die als Multiplikatoren für die Berechnung der einzelnen Fehler genutzt werden.</p> <p>(Info: <u>Regelungstechnik</u>)</p>

## Info

### PID (Fortsetzung)

## Info



### Etwas Mathematik:

$t$  = Zeit

$u(t)$  = Eingangswert zum Zeitpunkt  $t$

$e(t)$  = Fehler zum Zeitpunkt  $t$

$de(t) = e(t) - \text{FehlerAlt}$

$K_p$  = Konstante für den P-Anteil (das was man in Betaflight erfasst)

$K_i$  = Konstante für den I-Anteil

$K_d$  = Konstante für den D-Anteil

$Ta/dt$  = Abtastzeit

### **P-Fehleranteil berechnen:**

$$p = K_p * e(t)$$

#### **Beispiel:**

$$K_p = 0.09$$

$$e(t) = 120$$

$$p = 0.09 * 120$$

$$p = 10.8$$

Der FC einen eine Garo-Differenz von 120 festgestellt und addiert nun auf diese 120 zusätzlich noch 10.8 hinzu - steuert also mit 130.8 gegen diesen Fehler.

### **I-Fehleranteil berechnen :**

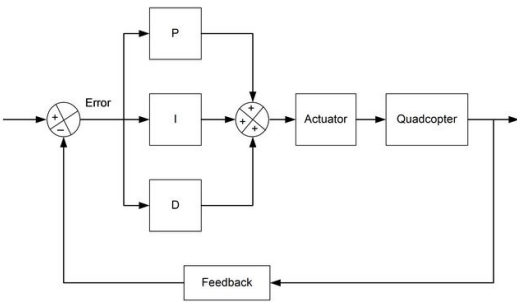
$$esum(t) = esum(t) + e(t)$$

$$i = K_i * esum(t) * Ta$$

### **D-Fehleranteil berechnen :**

$$d = K_d * \frac{(e(t) - e(alt))}{Ta}$$

$$e(alt) = e(t)$$

Info	Info
<p><b>P- proportionaler Fehleranteil</b></p>	<p>Der P-Regler versucht den proportionalen Fehler möglichst schnell auf 0 zu reduzieren.</p> <p>Vereinfacht gesagt: Wie hart der FC daran arbeitet den Fehler zu korrigieren. Je höher der P-Wert um so schärfer ist die Reaktion. Zu hoher P-Wert führt aber zu Oszillation</p> <p><b>Eingabewerte:</b>  <b>SOLL</b> ist der RC-Command Wert (Stick)  <b>IST</b> ist der GYRO Wert</p> <p>BTW: für alle Achsen gilt das, somit gibt es für jede Achse einen eigenen PID-</p> 
<p><b>I-integraler Fehleranteil</b></p>	<p><b>Integraler-Wert</b>  Ist eine Aufsummierung aller bis dato aufgetretenen Fehler über die Zeit.</p> <p>Mit dem I-Wert wird eingestellt wie hart/schnell der FC reagieren soll gegen Umwelteinflüsse (z.B. Wind) um eine definierte Lage/Höhe beizubehalten.</p> <p>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.</p> <p>I-Values: Driftet der Copter ohne Steuerbefehl, dann den I-Wert erhöhen.</p> <p>Musst man sehr häufig die Flugbahn korrigieren (besonderen bei höheren Throttle) dann ist der I-Value zu niedrig</p> <p><b>Beispiel:</b>  Bei schnellen Throttle-Bewegungen und der Copter nicht stabil bleibt, ist häufig der I-Value zu niedrig.</p>



Info	Info
<b>D-derivativer Fehleranteil</b>	<p><b>Derivative-Wert (Vorhersage) und ist ein Dämpfungsglied</b>  Der D-Wert im Prinzip der Gegenpart zum P-Wert und versucht eine Vorhersage zu treffen, wie der Fehlerwert in der Zukunft ist und versucht diesem entgegen zu wirken (dämpfen).</p> <p><b>Zu hohe D-Wert können überhitzte Motoren verursachen, das bis zu einem Totalschaden führen kann.</b></p> <p>P &amp; D hängen eng beieinander.</p> <p>Der D-Wert ist ein Dämpfungsglied für ein überkorrigieren des P- Reglers und versucht „Overshoots“ zu minimieren. Ähnlich einem Schock-Absorber.</p> <p>Den D-Wert erhöhen kann eine Oszillation mehr glätten. <b>Zu hohe D-Wert führen</b> aber <b>zu heißen Motoren</b> und können bis zur <b>Zerstörung</b> des ESCs oder des Motors führen.</p> <p>Extensive D-Werte führen auch zu einer Verminderung des Anspruchverhaltens des Copters.</p>
<b>Looptime</b>	<p>Den Zyklus den der PID-Controller benötigt das Eingangssignal (Eingangswert) und der daraus resultierenden Kalkulation und einen Ausgabewert zu berechnen bezeichnet man als „Loop“.</p> <p>Die dazu benötigte Zeit wird „Looptime“ genannt Looptime wird in ms (Millisekunden) berechnet bzw. in Hz</p> <p>1sek = 1000ms = 1Hz = 1 Zyklus  1ms = 0.001sek = 1KHz</p> <p>Daher ist es auch wichtig, dass man in BF die Looptime so einstellt das der FC dies auch verarbeiten kann ohne Fehlberechnungen durchzuführen</p> <p><b>Beispiel FC F405</b>  4KHz = 4000 Loops pro Sekunde - das schafft der FC problemlos 8KHz = 8000 Loops ist für einige F4 FCs Zuviel, wenn dann auch noch zusätzliche Filter eingeschaltet wurden Bei F7 FCs ist 8K typisch</p>

Info	Info
<b>Anti-Gravity</b>	<p>kein eigentlich PID-Wert beeinflusst aber den PID-Controller</p> <p>Anti-Gravity ist eine Einstellung in Betaflight um den PID-Controller auf aktiv zu halten bei sehr niedrigen Throttle-Einstellungen bzw. bei 0% Throttle.</p> <p><b>Effekt:</b> wenn man den Copter z.B. im Split-S auf 0% in der Abwärtsbewegung auf 0%-Throttle setzt, wird der PID-Controller trotzdem versuchen den Copter stabil zu halten.</p> <p><b>Prüfung ob Anti-Gravity korrekt funktioniert</b></p> <p>Geradeausflug - dann Punch - neigt sich der Copter nach hinten - den Anti-Gravity Wert etwas erhöhen.</p> <p>Bei einem Punch sollte der Copter anschließend in der gleichen Fluglage befinden wie vor dem Punch</p>

## Info

**Feedforward**  
(früher Setpoint Weight)  
F-Gain

## Info

### PID Tuning

Profile: Profile 1 Rateprofile: Rateprofile 1 Copy profile values Copy rateprofile values

PID Settings Filter Settings

	Proportional	Integral	Derivative	Feedforward	RC Rate	Super Rate	Max Vel [deg/s]	RC Expo
Basic/Acro								
ROLL	46	45	25	60	1.00	0.70	667	0.00
PITCH	50	50	27	60		0.70	667	
YAW	65	45	0	60		1.00	0.70	
Angle/Horizon								
Strength					Transition			
Angle	50				75			
Horizon	50				75			
Angle Limit					55			

Feedforward wurde früher als „**Setpoint Weight and Transition**“ bezeichnet

D-Anteil des PID-Controllers und Feedforward hängen eng zusammen. Ab BF 3.5 wurde Feedforward eingeführt und auch als F- Gain bezeichnet.

Mit Feedforward kann nun jede Achse nochmals separat feinabgestuft werden.

**Feedforward wird nicht** in die aktuelle PID-Kalkulation eingerechnet sondern ist eine nachfolgende Komponente außerhalb der PID-Loop. Der Nutzen ist ein bessere „Stick-Gefühl“. Es beeinflusst nicht das eigentliche PID-Tuning.

Feedforward gilt für alle drei Achsen !

### Tuning

#### Schärferes / direktes Verhalten:

- F-Gain/Feedforward für die Achse erhöhen

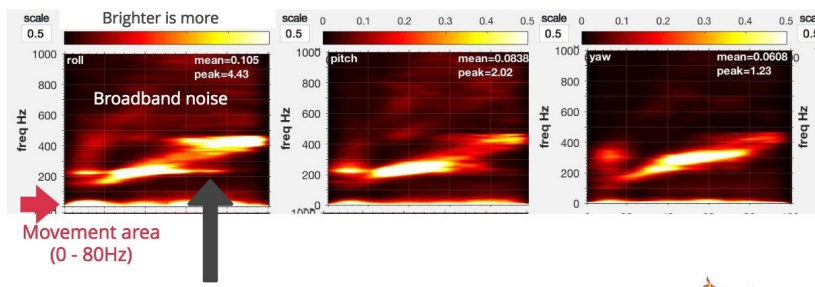

#### Smoother/Sanfter/etwas verwascheneres Verhalten:

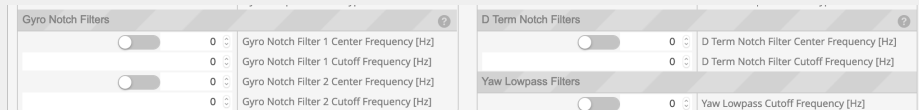
- F-Gain/Feedforward für die Achse verringern

**ACHTUNG** erhöhtes D-Gain kann eine Motorüberhitzung verursachen.

Bei **Oszillation** in der **YAW-Achse** erhöhe F-Gain und I-Gain und verringere etwas den P-Gain

# MISC

Topic	Info
<b>Noise / Rauschen</b>	<p>Ist eine Bezeichnung für Rauschen. Also Messwerte die irreguläre sind und die Performance des Copters negativ beeinflussen.</p> <p>Noise (Rauschen) kann ausgelöst werden durch:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• äußere Einflüsse (z.B. Wind, ...)</li> <li>• Vibrationen am Chassis (z.B. lose schrauben, dünne schwingende Arme, ...)</li> <li>• Vibrationen durch Motoren(z.B. Lagerschäden, Unwucht, ...)</li> <li>• Vibrationen durch Props (z.B. Unwucht, Prop-Wash, ...)</li> <li>• Kombinationen aus allem •.</li> </ul> <p>Noise wird durch den Gyro und anschließend durch den PID- Controller verarbeitet und kann zu Fehlerhaften Verhalten führen.</p> <p>Eingesetzte Filter (LPF, NOTCH, ...) versuchen dieses Rauschen zu eliminieren.</p> <p style="text-align: center;"><b>Gyro noise on 3 axes</b></p>  <p style="text-align: center;">Motor noise band - increased frequency with increased throttle position </p>

Topic	Info
Propwash	<p>bezeichnet Vibrationen des Quadcopters bei bestimmten Drehzahlen, hervorgerufen durch Luftverwirbelungen der eigenen Props.</p> <p>Propwash führt zu einem unruhigen Flugverhalten (Wobbeln).</p> <p>Vermeidung von Propwash: siehe Filter &amp; PIDs</p> <p>Propwash kann fast nicht zu 100% eliminiert werden</p> <p>Wenn Propwash festgestellt wird, nachfolgende einige Tips zur Reduzierung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lowpass-Filter auf PT1 umstellen</li> <li>• gilt für BF &lt; 4.1 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Notch-Filter 1 auf 0 stellen (mit 0 wird der Filter deaktiviert)</li> <li>• Notch-Filter 2 auf 0 stellen</li> <li>• Dterm Notch Frequency auf 0 stellen</li> <li>• Dterm-Notch Lowpass Filter <b>NICHT</b> deaktivieren</li> </ul> </li> </ul> <p><b>BF4.1 Empfehlung:</b> Die LowPass Filter etwas höher einstellen. Sprich die obere Grenzfrequenz nach oben verschieben.</p> <p><b>Achtung OHNE eingeschalteten RPM-Filter sollten die LowPass-Filter nur sehr vorsichtig nach oben korrigiert werden</b></p> <p><b>BF &lt; 4.1</b></p> <div data-bbox="497 1223 1420 1332" data-label="Image">  </div> <p><b>BF &gt;= 4.1</b> &lt;todo screenshot&gt;</p> <p><b>Achtung</b> die obigen Tuning Vorschläge mit Bedacht durchführen. Jeden einzelnen Punkt einzeln ausprobieren (fliegen). Immer die Motortemperatur nach einem Flug prüfen. Sobald zu heiß wieder die letzte Änderung zurück nehmen</p>

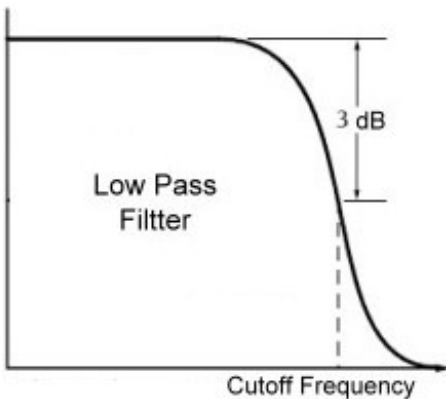
Topic	Info
BF Configuration	<p><b>ARMING</b></p> <p>Wenn 180 deg eingestellt wird, dann kann man armen auch wenn der Copter auf dem Kopf liegt. Hilfreich, wenn er im Baum hängen geblieben ist oder für den Turtle-Mode</p> <div> <div>Arming</div> <div> <div>180</div> <div>Maximum ARM Angle [degrees]</div> </div> </div> <p><b>DSHOT - Motor Beeps</b></p> <p>wenn beide Schalter auf ON stehen und man DSHOT Protokoll verwendet, kann man die Motoren als Beeper nutzen</p> <div> <div>Dshot Beacon Configuration</div> <div> <div>1 Beacon Tone</div> <div> <div>RX_LOST</div> <div>Beeps when TX is turned off or signal lost (repeat until TX is okay)</div> </div> <div> <div>RX_SET</div> <div>Beeps when aux channel is set for beep</div> </div> </div> </div> <p><b>Minimal-Konfiguration</b></p> <div> <div> <div>AIRMODE</div> <div>Permanently enable Airmode</div> </div> <div> <div>OSD</div> <div>On Screen Display</div> </div> <div> <div>ESC_SENSOR</div> <div>Use KISS/BLHeli_32 ESC telemetry as sensor</div> </div> <div> <div>ANTI_GRAVITY</div> <div>Temporary boost I-Term on high throttle changes</div> </div> <div> <div>DYNAMIC_FILTER</div> <div>Dynamic gyro notch filtering</div> </div> </div>
Blackbox	<p>Blackbox wird genutzt um Flugdaten aufzuzeichnen. Entweder in einem Onboard-Flashspeicher oder auf einer SD-Karte. Einige FC besitzen einen SD-Karten slot.</p> <div> <div>Blackbox</div> <div> <div>Blackbox configuration</div> <div> <div>SD Card</div> <div>Blackbox logging device</div> </div> <div> <div>2 kHz</div> <div>Blackbox logging rate</div> </div> <div>Save and reboot</div> </div> </div> <p>Auswählen ob SD-Karte oder Onboard Flash Logging reate auf 2khz stellen (2000 Messungen pro Sekunde)</p>

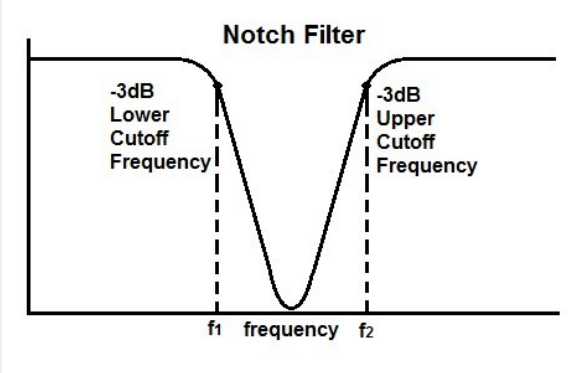
# Filter

Topic	Info
<b>Filter</b>	<p>Filtern ist der eigentliche Prozess um Rauschen aus dem Gyro-Signal herauszunehmen und nur die Nutzdaten zu verwenden.</p> <p>Quadcopter Nutzdaten liegen zwischen 0-30Hz, Propwash bei rund 80Hz</p> <p>Dementsprechend sind gültige Frequenzen die zu verwertbaren Gyro-Werten zählen zwischen 0-80Hz.</p> <p>Alles darüber sollte möglichst gefiltert werden.</p> <p>Zur Analyse nutze ich PIDToolbox - deutlich umfangreicher und aus meiner Sicht besser als Plasmamtree (ich habe aber auch mit Plasmamtree begonnen, arbeite jetzt aber nur noch mit dem BB-Explorer und PIDToolbox)</p> <p><b>Als Tip für das Tunen Eures Copters - eine kleine Reihenfolge wie ich sie versuche zu befolgen</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Versuche zu sauber zu bauen wie möglich. Prüfe ob wirklich alle Schrauben fest sind. Keine Kabel sollten auf dem Gyro-Chip liegen.</li><li>2. Nutze die aktuellste BF-Version (z.B BF 4.2)</li><li>3. Du solltest auf jeden Fall RPM-Filtering nutzen</li><li>4. Erstflug mit DEFAULT Werten von BF - Blackbox Jogging aktivieren</li><li>5. Auswertung der Logdaten und zwar auf Vibrationen (Noise).</li><li>6. Als ersten die Filter optimieren !</li><li>7. weitere Testflüge und weiter versuchen die Filter zu optimieren</li><li>8. Gyro-/DTerm Delay sollten in Summe im Idealfall &lt;5ms sein (Prüfen mit PIDToolbox)</li><li>9. Hast du hier Dein Bestes erreicht - dann an den PID-Werten schrauben</li></ol> <p>Fairerweise sind aber 6-9 ein Prozess der Hand-in-Hand geht. Ja wenn ich der Meinung bin, das mit den Filtern ist ok, dann gehe ich auch an FF und PIDs ran um dann ggf. nochmals was an den Filtern zu verbessern.</p>

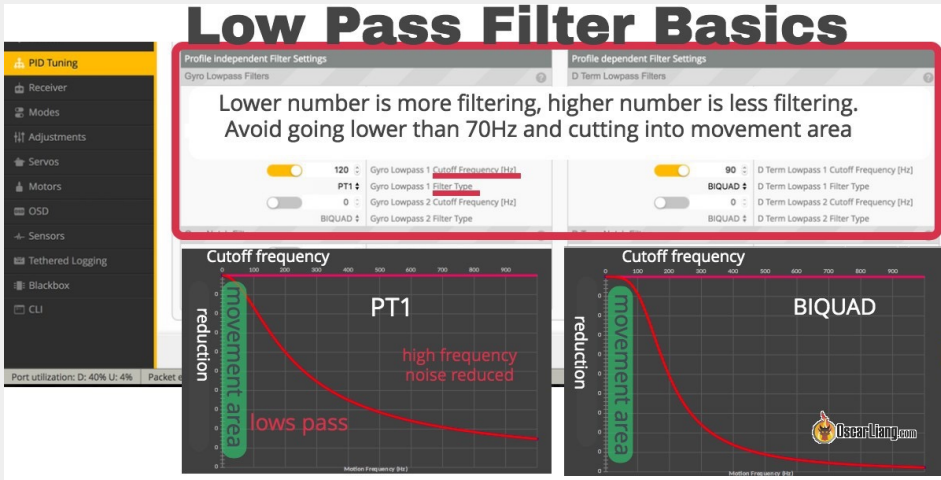
Topic	Info
<b>TPA</b> <b>tpa_breakpoint</b>	<p><b>Throttle PID Attenuation (Throttle-PID-Dämpfung)</b></p> <p>Throttle PID Dämpfung ab einem definierten Punkt  Dient dazu die PID-Werte zu dämpfen, wenn Throttle über einen Schwellwert geht. Der Copter läßt sich hierdurch bei hohen Throttlewerten besser regulieren (Vermeidung von Oszilation bei hohem Throttle)</p> <p>Wert in % vom Throttle-Wert</p> <p><b>Beispiel:</b>  TPI (gui) = 0.5 = tpa_breakpoint = 1500 (Mittel-Position)  Alle Throttle-Werte &gt;1500 wird jetzt gedämpft  Bei ca. 3/4 Throttle (1750) die Dämpfung ist ca. 25%, bei 100% Throttle (2000), Dämpfung 50%</p> <p><b>Anwendung:</b>  Nehmen wir an, wir haben bei 75% Throttle Oszillation, dann den TPA auf 0.75 setzen. Jetzt langsam den TPA erhöhen bis die Oszillation weg ist. Damit haben wir dann Dämpfung des PID Reglers später . Folglich beginnt die Dämpfung etwas früher als das Oszillieren beginnt.</p>



Topic	Info
<b>Lowpass-Filter (LPF)</b>	<p>Niedrige Frequenzen werden durch den Filter durchgelassen, hohe Frequenzen werden gedämpft.</p> <p>Hohe Frequenzen sind in der Regel im System nur Rauschen und werden für die Flugdaten nicht benötigt</p> <p>Mit dem LOWPASS-Filter wird eine Grenzfrequenz angelegt und der FC reduziert die Signale die oberhalb dieser Grenzfrequenz liegen.</p> <p>Die Dämpfungskurve ist eine Steigung. d.h. je höher die Signalfrequenz desto stärker die Dämpfung</p>  <p>Für den Einsatzbereich des Quadcopters ist der Frequenzbereich von 0-80Hz relevant, alles darüber sollte möglichst effizient weg gefiltert werden.</p> <p>Ein fundamentaler Aspekt ist, je niedriger der Schwellwert für den Lowpass Filter ist - umso mehr muss gefiltert werden. Das wirkt sich auf dem Gesamtperformance aus. Daher gibt es mehrere andere Filter die andere Algorithmen verwenden und das System effizienter gestalten.</p>

Topic	Info
<b>Notch-Filter (Notch=Kerbe)</b>	<p>Notch-Filter eignen sich hervorragend zur Unterdrückung von Rauschen in einem sehr spezifischen Frequenzband.</p> <p>Notch-Filter sind in der Regel effektiver zur Reduzierung von Motorrauschen als LPF- Filter aber ggf. müssen manuelle Abstimmungen durchgeführt werden um die Bandbreite und die Mittenfrequenz zu bestimmen (Notch=Kerbe)</p> <p>Weiterhin können Notch-Filter zur Reduzierung von Propwash genutzt werden.</p> <div data-bbox="483 633 1066 1003">  </div> <p>Es gibt zwei Notch-Filter für den GYRO. Einer oder beide können bei Bedarf abgestellt werden.</p> <p>Default-Values sind auf 200Hz-400Hz. Diese Grenzfrequenzen arbeiten sehr gut und funktionieren bei den meisten Coptern.</p> <p>Für eine Feinabstimmung ist es notwendig eine Blackbox- Auswertung durchzuführen (oder Plasma-Tree)</p> <p><b>Beispiel:</b> Es wird festgestellt das wir ein Vibrationsspitze bei ca 260Hz feststellen (z.B. hervorgerufen durch Propwash), dann kann der Notch-Filter Cut-off bei ca. 200Hz beginnen und bei 300Hz enden</p>

Topic	Info
<b>Dynamic-Filter</b>	<p>Diese Filter können in Betaflight aktiviert werden.</p> <p>Dynamic Filter reduzieren ebenfalls Rauschen, wenn die entsprechenden Parameter richtig eingestellt sind. Schwingungen, Motorgeräusche, ... können durch die Dynamic-Filter reduziert werden.</p> <p>Ein Dynamic-Filter ist ein Algorithmus, der die Frequenz des Rauschens erkennen kann und er kann den Notch-Filter verwenden, um ihn automatisch zu reduzieren.</p> <p><b>Nachteil</b> von Dynamic-Filters ist die Erhöhung der CPU-Last.</p> <p>Für F3- FC muss die Looptime von 8khz auf 4khz reduziert werden um die Dynamic-Filter auszuführen. F3-FC werden aber ab BF 4 nicht weiter unterstützt.</p>

Topic	Info
Gyro-LPF	<p>LOWPASS-Filter.</p> <p>Es gibt drei Optionen <b>PT1</b>, <b>BIQUAD</b> und <b>FIR</b>  Letztendlich sind es drei unterschiedliche LOWPASS-filter</p> <p><b>PT1</b>  Ein sehr schneller Filter, deckt aber ein breiteres Frequenzspektrum ab und lässt dadurch mehr Rauschen durch. Wenn möglich diesen Filter aktivieren</p> <p><b>BIQUAD</b>  Besser Rauschunterdrückung, daher aber höhere Latenz-Zeit.</p> <p>Ist in BF der Standard-Default Filter.</p> <p>Sollten die Motoren heiß werden, ist BIQUAD die richtige Auswahl.  Sonst auf PT1 wechseln</p> <p><b>FIR</b>  ein eher unpopulärer Filter</p>  <p>Der obige Graph für PT1 und BIQUAD zeigt deutlich, dass der PT1 mehr höhere Frequenzen durchläßt als der BIQUAD. Daher hat der BIQUAD auch eine höhere Latenz-Zeit.</p>
Gyro-LPF Stage 2	<p>Kombination aus BIQUAD RC + FIR2, ersetzt in älteren BF Versionen den Kalman-Filter. Er hat bessere Latenzzeiten als PT1. Wenn man diesen Filter nutzt, kann man Gyro-LPF (Stage 1) auf maximale performance Verstärkungsetzen</p>

Topic	Info
<b>RPM-Filter (ab BF 4.x)</b>	<p><b>V0.5:</b> klare Empfehlung direkt auf BF 4.1 aufzusetzen. Die Installation des RPM Filters ist in 4.1 einfacher.</p> <p>Ab BF 4 können die ESC über das DSHOT Protokoll auch die RPM der Motoren zurück liefern. Dies wird für den neuen RPM-Filter genutzt. Letztendlich empfängt der FC Telemetrie-Daten des ESCs und kann diese verarbeiten</p> <p>Der RPM-Filter ist per default derzeit nicht aktiviert und muss explizit eingerichtet werden</p> <p><b>Funktionsweise:</b></p> <p>Der RPM-Filter ist eine Filter-Bank von 36 Notch-Filtern die GYRO- Daten filtern und den Dterm. Dies wird genutzt um Motorschwingungen / Motorrauschen herauszufiltern.</p> <p>Der Vorteil dieser hochfrequenten Telemetrie-Datenfilterung wird genutzt um ein noch ruhigeres fliegen zu ermöglichen.</p> <p>In der Default-Einstellung werden 12 Notch-Filter aktiviert, jeweils 3 auf Neigung (Pitch), Drehung (Roll), Gieren (Yaw).</p> <p><b>Bei einigen FC funktioniert der RPM-Filter erst ab BF 4.1</b> (z.B. auf den CLRACING F4 (Joshua Bardwell FC) habe ich mit 4.0.6 den RPM Filter nicht korrekt zum Laufen gebracht</p> <p><b><u>ACHTUNG:</u></b></p> <p><b>Die ESCs müssen auf 32.6.4 bzw. ab BF 4.1 auf 32.6.6 geflashed werden</b></p> <p><b>Weiterhin SEHR WICHTIG. Beim Ausprobieren auf der Werkbank unbedingt die Drops abmontieren, bei einer Fehlkonfiguration können Motoren plötzlich vereinzelt anfangen mit hoher Drehzahl drehen</b></p>
<b>ACHTUNG</b>	<p>Falsche Filtereinstellungen können zu <b>einer völligen Zerstörung des/der ESCs und/oder Motoren führen.</b></p> <p>Schrittweise vorgehen und nach jeder Änderung einen Testflug von 30-60sek durchführen und nach der Landung sofort die Motor- Temperatur prüfen. Die Motoren dürfen nicht heiß sein !!!!!</p> <p>Wenn die Temperatur zu hoch ist, den letzten Schritt reduzieren bzw. korrigieren</p>

Topic	Info
<b>I-Term Relax</b>	<p>I-Term Rotation wendet einen Hochpassfilter auf den I-Controller an um bei schnellen Stickbewegungen (RC-Commando) das aufaddieren der I-Fehlers zu dämpfen.</p> <p>Dieser Schalter ist für Quad sinnvoll die einen gut abgestimmten P &amp; D Wert besitzen um „bounces“ (Nicken) fast vollständig zu vermeiden</p> <p>Über den Schalter Axel können die Achsen ausgewählt werden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• RP (roll &amp; pitch)</li> <li>• RPY (alle drei Achsen)</li> <li>• RP increment only : Anwendung nur bei aufaddieren</li> <li>• RPY increment only : Anwendung nur bei aufaddieren</li> </ul> <p>Type: Gyro oder Setpoint</p>
<b>VBAT-Pid Compensation</b>	<p>Erhöht die PID-Werte, wenn die Akkuleistung sinkt. Dies ermöglicht eine besser und gleichbleibende Flugeigenschaft über die komplette Akkuleistung</p>
<b>Smart-Feedforward</b>	<p>Reduziert den F-Term. Wenn der P-Wert und der F-Wert gleichzeitig angewendet werden, wird durch diesen Schalter nur der größte dieser Beiden verwendet. Dies vermeidet ein Überspringen/Unterspringen</p>

# Rates

Topic	Info
<b>RC-Rate</b>	<p>Multiplikator des Stick-Wertes und berechnet mit wieviel Grad sich der Copter um die jeweilige Achse drehen soll.</p> <p>RC-RATE beschreibt, wie <b>sensitiv</b> Stick-Bewegungen der jeweiligen Stickposition ist.</p> <p>Gilt für alle drei Achsen unabhängig. RC-Rate ist ein linearer Multiplikator</p>
<b>SuperRate</b>	<p>Führt die RC-Rate in eine Exponentalkurve. Damit werden Stickbewegung um die Mittelposition gedämpft und in den Endpositionen verstärkt.</p> <p>Aus einer linearen Bewegung wird eine Kurve</p>

# CLI (Command Line Interface)

Topic	Info
	<p>Command Line Interface</p> <p>Über diese Eingabemöglichkeit können sämtliche Konfigurationen auch ohne die Oberfläche durchgeführt werden.</p> <p>Letztendlich kann man alle Konfigurationen der aktuellen FW hierüber ändern - unabhängig ob man dies auch über die Oberfläche man kann.</p> <p>Die CLI dient kann auch für ein schnelles Grundkonfigurieren des Copters genutzt werden bzw um ein Backup durchzuführen.</p> <p>Tip: Wenn der Copter gut eingestellt ist, dann über einen Befehl ein Backup durchführen. Bei bedarf kann man dann dieses Backup wieder zurück spielen und der Copter ist wieder auf dem gewünschten Stand</p>
<b>help</b>	zeigt alle möglichen Befehle
<b>save</b>	speichert aktuelle Veränderungen und führt ein Reboot des FC durch. Save muss immer aufgerufen werden um eine Änderung dauerhaft zu speichern.

Topic	Info
<b>version</b>	zeigt die aktuelle Version der FW an und welcher FC (Hardware) vorhanden ist. Das ist wichtig, wenn man ein FW-Update durchführen möchte. Die falsche FW auf seine HW aufzuspielen kann zu einem völligen Fehlvorsagen des FC führen.
<b>status</b>	Zeigt bestimmte FW Laufvariablen an - Interessant für Analyse-Zwecke
<b>dshot_telemetry_info</b>	dieser Befehle (Ab BF 4.1) ist nützlich um zu prüfen ob der RPM-Filter funktioniert. Bei BF < 4.1 wird mit „status“ geprüft ob der RPM-Filter läuft
<b>diff all</b>	<p>zeigt <b>lediglich alle Veränderungen</b> im Vergleiche zur Werkseinstellung. Dieser Befehl ist wichtig um ein Backup des Copters durchzuführen.</p> <p>Die Daten können über den Button „save to file“ in eine Text-Datei gespeichert werden.</p> <p>Die Daten in dieser Textdatei kann man per Copy &amp; Paste in die CLI Kommandozeile eintragen und dann mit &lt;ENTER&gt; bestätigen. Danach ist der Copter wieder auf dem letzten Stand :-)</p>



## vTX - Video Transmitter

Topic	Info
<b>SmartAudio vs. Tramp</b>	<p>Beides sind Übertragungsprotokolle zwischen dem vTX Transmitter und dem Flightcontroller.</p> <p>Der Vorteil dieser Protokolle ist, dass man über OSD oder Taranis LUA-Scripten die Einstellungen des vTX Transmitters durchführen kann. (=&gt; Ändern von Band, Channel, Power, ...)</p> <p>SmartAudio oder Tramp muss über einen UART-Pin am FC aktiviert werden. Bitte in der Doku für den jeweiligen FC prüfen, welcher UART (ggf. Auch Softserial) man verwenden kann/muss.</p> <p><b>ACHTUNG: nicht jeder vTX-Transmitter unterstützt auch VTX-Control (also SmartAudio oder Tramp)</b></p> <p><b>SmartAudio</b> Wurde vom TBS-Team in 2015 entwickelt und ist heute in den meisten vTX Transmittern als Standard-Protokoll implementiert.</p> <p>Betaflight kann über seine VTX-Parameter den vTX-Transmitter steuern. Ab BF 4.0 wird hierzu eine eigene vTX-Table angelegt (muss durch den User erstellt werden).</p> <p>SmartAudio kann auch über den Taranis-Sender über spezielle LUA-Scripte gesteuert werden. Dann besteht die Möglichkeit, dass man direkt vom Sender aus das Band, Channel oder Power ändern kann.</p> <p><b>Tramp</b> Entwickelt von Immersion RC. Typischer Transmitter ist der Tramp HV</p> <p>Beide Protokolle sind bidirectional - der FC kann somit Informationen an den VTX senden aber auch Informationen empfangen</p>
<b>IRC Tramp</b>	

## Topic

### BF 4.1 vTX table

## Info

**VTX Table**

Number of bands: 5 Number of channels by band: 8

Name	Letter	Factory	1	2	3	4	5	6	7	8	
BOSCAM_A	A	<input checked="" type="checkbox"/>	0	5845	5825	5805	5785	5765	5745	0	Band 1
BOSCAM_B	B	<input checked="" type="checkbox"/>	0	5752	5771	5790	5809	5828	5847	0	Band 2
BOSCAM_E	E	<input checked="" type="checkbox"/>	0	0	0	0	0	0	0	0	Band 3
LUNAX	M	<input type="checkbox"/>	5658	5769	5917	5865	5845	5725	5705	5945	Band 4
RACEBAND	R	<input checked="" type="checkbox"/>	0	0	0	5769	5806	5843	0	0	Band 5

Number of power levels: 4

1	2	3	4	
7	16	25	40	Value
25	200	600	800	Label

**ACHTUNG:** die im Beispiel verwendete CUSTOM-Zeile funktioniert NICHT bei SmartAudio vTX Transmittern sondern ausschließlich bei IRC-Tramp Transmittern.

### Korrekte vTX Values

**SmartAudio 1.0** (wenn nichts bekannt ist, dann diese Werte verwenden)

Beispiel für 4 Powerlevels

VTXTABLE powerlevels 4^

VTXTABLE powersvalues 7 16 25 40

VTXTABLE powerlabels 25 200 500 800

**SmartAudio 2.0** (nur wenn explizit der vTX das auch kann)

VTXTABLE powerlevels 4

VTXTABLE powersvalues 0 1 2 3

VTXTABLE powerlabels 25 200 500 800

**SmartAudio 2.1** (nur wenn explizit der vTX das auch kann)

Hier muss man im Manual des entsprechenden vTX Transmitters schauen .

Powervvalues werden hier in dBm angegeben

VTXTABLE powerlevels 3

VTXTABLE powersvalues 14 20 26

VTXTABLE powerlabels 25 100 400

Info: 14dBm entsprechen hier 25mW, 20dBm = 100mW

### Tramp Unify Pro32 Nano 5G8

VTXTABLE powerlevels 4

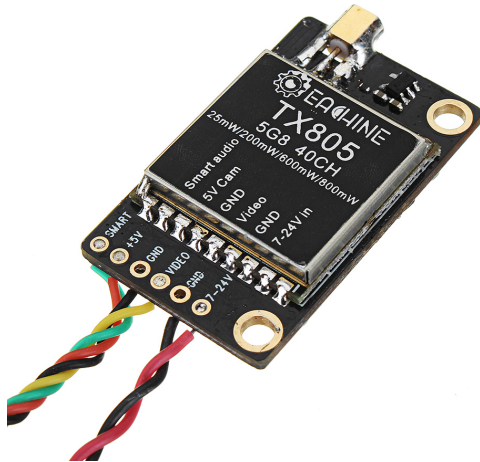
VTXTABLE powersvalues 25 200 500 800

VTXTABLE powerlabels 25 200 500 800

(Schön einfach :-))

Für alles andere:

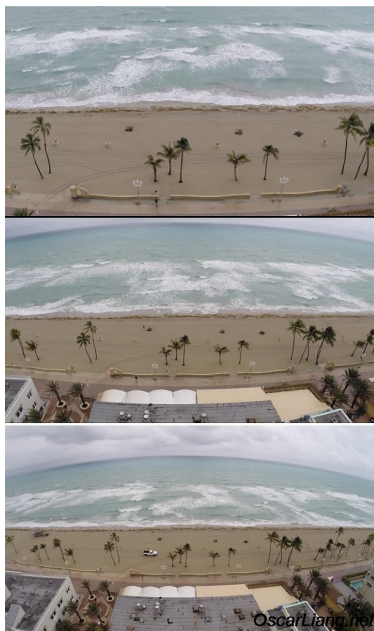
Topic	Info
Betaflight-Configuration	<p><b>PORTS-Tab</b></p> <p>Hier muss für SmartAudio oder IRC Tramp die UART eingestellt werden.</p> <p>Im Beispiel: UART 4 für SmartAudio</p>

Topic	Info
<b>VTX-Transmitter HW and FC anschließen</b>	<p>Ein Kabel muss vom vTX-Transmitter zum FC verlötet werden.</p> <p>Am vTX gibt es ein Pin „SmartAudio“ oder ähnlich benannt. Diesen identifizierend und mit einem Kabel an einen UART des FCs verbinden</p>  <p>SMART mit z.B. mit UART4 am FC verbinden. UARTS haben immer zwei Pins TX&lt;nummer&gt; &amp; RX&lt;nummer&gt;. Der vTX wird mit TX&lt;nummer&gt; verbunden.</p> <p><b>NICHT</b> einen RX-Pin verwenden</p> <p><b>Tip:</b> verwendet ein grünes Kabel (bitte weder schwarz noch rot noch gelb verwenden).</p> <p>Hintergrund (typische Standards)  ROT : Spannungsführung (5V, 9V, ...)  SCHWARZ : Masse oder GND  GELB: VIDEO-Signal</p> <p>UARTs haben immer zwei PINs  TX : Transmit - also zum SENDEN von Daten  RX : Receive - zum EMPFANGEN von Daten.</p> <p>Bei SmartAudio möchte der FC Daten an den vTX SENDEN. Daher TX verwenden.</p> <p>Die Zahl hinter TX/RX gibt an welcher UART es ist z.B. 4 =&gt; TX4</p>

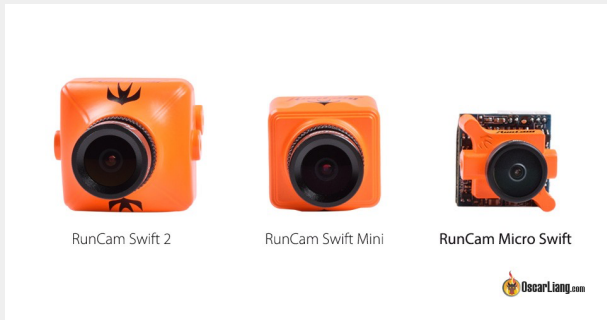
Topic	Info
<b>MilliWatt (mW) vs. dB</b>	<p>Üblicherweise werden von Herstellern die Leistung der vTX-Transmitter aber in mW angegeben. Dies führt aber häufig zu dem Irrglauben, dass die Reichweite zwischen 25mW und 100mW die vierfache Reichweite ist - das stimmt leider nicht.</p> <p>Um die Reichweite des vTX Receivers zu verdoppeln, benötigt man die vierfache Leistung in mW. Die Meßgröße bei Antennen wird üblicherweise in dB gemessen (logarithmische Einheit). Hier ist Die Berechnung deutlich einfacher.</p> <p>25mW entsprechend 14dB eine Verdopplung der Reichweite entspricht 6dB - daraus folgt</p> <p>14dB = 25mW  20dB = 100mW  26dB = 400mW  32dB = 800mW</p>

## FPV-Camera

Topic	Info
<b>Allgemeines</b>	
<b>Image-Sensor</b>	<p>Der Image-Sensor ist das Bauteil, welches das eigentliche Bild aufnimmt. Heute werden zwei arten von Image-Sensoren eingesetzt</p> <p>CCD &amp; CMOS</p> <p>CCD sind die älteren. Beide haben ihr Vor- und Nachteile.</p> <p>Typische Image-Sensor großen sind 1/3“, 1/2.8“, 1/8“.</p> <p>Je größer der Sensor desto mehr Licht kann er aufnehmen, desto heller ist das Bild.</p> <p>Je größer der Sensor desto größer FOV</p>

Topic	Info
<b>Lux</b>	<p>Maßeinheit für die Beleuchtungsstärke auf einer beleuchteten Fläche - in unserem Falle auf dem Image-Sensor</p> <p>Je kleiner der LUX Wert für einen Image-Sensor ist - umso besser ist er bei wenig Licht (zB. bewölkt, schlechte Sichtverhältnisse, Dunkelheit)</p> <p>Also 0,01 Lux und 0,001 Lux bedeutet, dass der 0,001 Sensor ein besseres Bild wieder gibt als der 0,01 Sensor.</p> <p>Ein besseres Bild heißt aber NICHT das das Bild unbedingt schärfer ist - sondern einfach nur das der Sensor mit geringen Lichtverhältnissen noch ein brauchbares Bild liefern kann</p>
<b>FOV (120-170 °)</b>	<p>Field of view. Hiermit wird der Winkel beschrieben zwischen dem linken Rand und dem rechten sichtbaren Rand</p> <p>Je kleiner der Image-Sensor desto kleiner FOV Je kleiner die Focus-length desto größer FOV</p> <p>1.8mm Focus-Length = FOV 160-170 (Weitwinkel mit Krümmungen (Fischauge)) 2.1mm = FOV 150-160 2.3mm = FOV 140-150 2.5mm = FOV 130-140</p>
<b>Focus Length (1.8, 2.1, 2.5mm)</b>	<p>Ist der Fokussier-Abstand zwischen der Linse und dem Image-Sensor</p> <p>Beispiel: Oben (2.5mm), Mitte (2.1mm) Unten (1.8mm)</p> 

Topic	Info
<b>Aspect-Ratio 16:9 vs 4:3</b>	<p>ist im Prinzip die darstellbare Bildgröße. Viele Kameras können heute sowohl 16:9 als auch 4:3.</p> <p>16:9 macht nur dann Sinn, wenn die Brille das auch darstellen kann (z.B. die Eachine EV200D) und man muss dieses breite Bild mögen. Viele fliegen lieber 4:3</p> <p>16:9 auf einer 4:3 Brille bedeutet, dass einfach der linke/rechte Rand abgeschnitten wird. Also darauf achten das Kamera und Brille gleich eingestellt sind.</p> <p>16:9 ist ein breites Bild (ähnelt heutigen Fernseher/Monitore) 4:3 eher quadratisch. Der Aspect-Ratio beeinflusst auch FOV</p>
<b>TVL (TV-Lines)</b>	<p>Auflösung der Kamera kommt aus der analogen Welt und beschreibt wieviele Zeilen ein Bild hat. (im Gegensatz zu Pixel in der Digitalen Welt)</p> <p>600TVL heißt: 600 Lines, 300 schwarze, 300 weiße alternierende Zeilen 1200 = 600schwarz/600 weiß</p> <p>1200TVL bedeutet aber nicht das zwangsläufig das Bild eine bessere Qualität hat. Ein 1200TVL Kamera hat zwar mehr Zeilen aufnehmen, aber das Bild ist ggf. etwas unschärfer als bei einem 600TVL Device.</p> <p>Hintergrund ist hier die analoge Übertragungstechnik. Nicht jede 1200TVL Kamera bringt ein super-duper-Sahne Bild, aber einige 600TVL Kameras haben ein Top-Bild</p>
<b>Latency</b>	<p>Latenzzeit - zwischen Lichteinfall auf den Image-Sensor und Verarbeitung des Signals. Je kleiner die Latenzzeit, desto schneller kann das Bild versendet werden.</p> <p>Gute Kameras haben Latenzzeiten von <math>\leq 6\text{ms}</math> (ist bei Racern wichtig)</p> <p><b><u>Kleines Beispiel:</u></b> nehmen wir an der Quad fliegt mit 100km/h und die Kamera hat eine Latenzzeit von 50ms (0.05s), dass fliegt der Quad 1.4m bevor das Bild überhaupt verarbeitet werden konnte !</p> <p>Völlig unbrauchbar für Race-Piloten</p>

Topic	Info
<b>WDR</b> <b>Wide Dynamic Range</b>	<p>Ist ein Algorithmus, der eine verbesserte Bildqualität bei ungünstigen Lichtverhältnissen gewährleisten soll.</p>
<b>Kamera Größen</b>	<div data-bbox="477 490 1086 808">  </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Standard, aka "full size" (28mm)</li> <li>• Mini (21mm)</li> <li>• Micro (19mm)</li> <li>• Nano (alles was kleiner als Micro ist (kein Standard))</li> </ul>
<b>NTSC vs PAL</b>	<p>Video-Encoding format</p> <p>NTSC hauptsächlich in den Staaten  PAL Europa, Teile von Asien/Afrika, Australien,...</p> <p><b>Auflösung:</b>  PAL: 720x526 25fps  NTSC: 720x480 30fps</p> <p><b>Empfehlung:</b>  Wer eine besser Bildqualität bevorzugt sollte in BF auf PAL stellen  Wer besser Response benötigt der sollte NTSC auswählen</p>



Topic	Info
<b>OSD-Pin</b>	<p>Der OSD-Pin ist dazu da um die internen Einstellungen der Kamera zu ändern. In der Regel, werden einer Kamera solch kleine Platinen mit Schaltern bei gelegt. Mit dieser Platine kann man nun per OSD die Funktionen der Kamera verändern.</p> <p>Diese Platine wird über OSD &amp; GND (normalerweise, die beiden rechten Pins, bei 5 oder 6 poligen Stecker) angeschlossen.</p> <p><b>Bemerkung 1:</b> Manche Kameras haben dort TX/RX stehen, das ist sehr vorteilhaft, denn dann kann man das direkt mit dem FC verbinden und somit über den Sender seine Kamera einstellen.</p> <p><b>Bemerkung 2:</b> Sich mit den Kameraeinstellungen zu beschäftigen kann sehr sinnvoll sein, da zwischenzeitlich die Kamera-FW ausgezeichnete Möglichkeiten haben um das Optimum aus der Kamera herauszuholen.</p> <p>Ein paar Beispiel (nicht bei jeder Kamera!)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schäfeinstellung</li> <li>• Kontrast &amp; Farbe</li> <li>• Manche Kameras haben „Profile“ z.B. Sonnig, Bedeckt, Indoor, ...</li> <li>• ....</li> </ul>
<b>VSEN-Pin / VBAT+</b>	<p>Steht für Voltage-Sensor. Kann genutzt werden um die VBAT Lipo Spannung zu überwachen.</p> <p>Kann aber viel eleganter über den FC in Betaflight gemacht werden. Man benötigt demnach diesen Pin nicht zwingend. Ich nutzen diesen Pin bei meinen Coptern nicht.</p>