

QUADROKOPTER VERSTEHEN, BAUEN UND FLIEGEN

Quadrocopter-Theorie

Martin Reiche, Februar 2018

Quadrokoetter-Theorie – wer kennt diese TLAs?

DJI	
ESC	
FPV	
GPS	
IMU	
LiPo	
mAh	
PWM	
UAV	

Quadrokoetter-Theorie – wer kennt diese TLAs?

DJI	Dà-Jiāng Innovations Science and Technology Co., Ltd - weltweiter Marktführer in Drohnen - Wikipedia
ESC	Electronic Speed Control (Drehzahlregler, Drehstromregler) - Wikipedia
FPV	First Person View - Wikipedia
GPS	Global Positioning System - Wikipedia
IMU	inertial measurement unit (Inertiale Messeinheit) - Wikipedia
LiPo	Lithium-Polymer-Akkumulator - Wikipedia
mAh	Milli-Amperestunde - Wikipedia
PWM	Pulsweitenmodulation (pulse-width modulation) – Wikipedia
UAV	Unmanned aerial vehicle a.k.a Drohne - Wikipedia

Quadrokoetter-Theorie: Was sagt der Name?

- Quadrokoetter / englisch: quadcopter: „Vierflügler“
lat. quadrum „Viereck“ und gr. πτερόν = pteron „Flügel“
siehe auch Helikoetter, Pterosaurier, Diptera
- Tricoetter / gr: τρεῖς = drei
- Hexakoetter / gr: ἕξι = sechs
- Oktoetter / gr. οκτώ = acht
- **Allgemein:** Multikoetter / lat. multus = viel

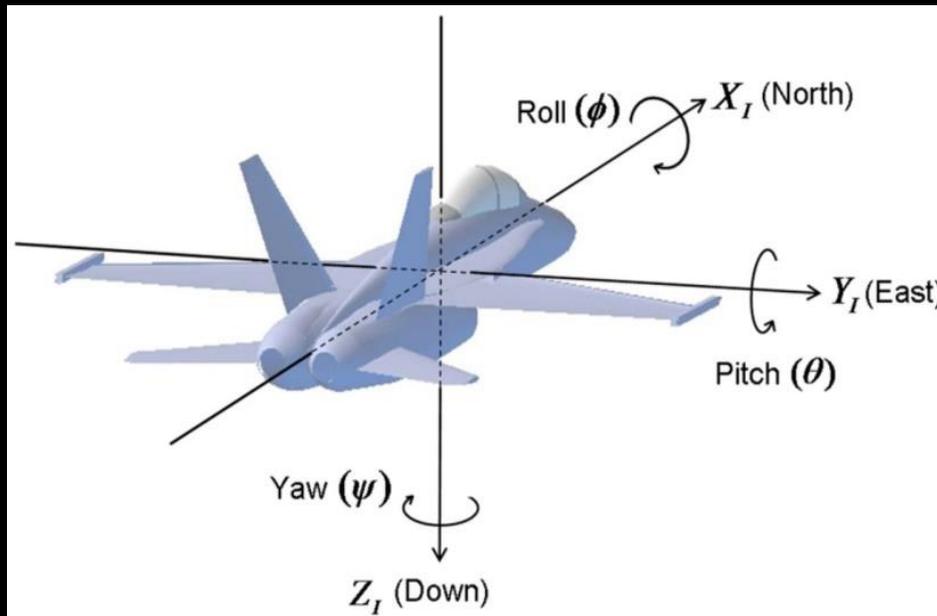
Ein unbemanntes Fahrzeug (auch Drohne) ist im Allgemeinen ein Fahrzeug ohne Personenbesatzung, das entweder eigenständig operiert oder ferngesteuert wird. (Wikipedia)

Quadrokopter-Theorie:

Warum kann ein Quadrokopter überhaupt fliegen?

- Die Luftschrauben oder Propeller drücken die umgebende Luft nach unten, sodass ein Rückstoß erfolgt, welcher das Gewicht kompensiert bzw. überkompensiert.
- Die Propeller müssen also schnell genug drehen, d.h. mehrere tausend mal pro Minute.
- Die Propeller werden von Motoren angetrieben, die von einem Akku gespeist werden.

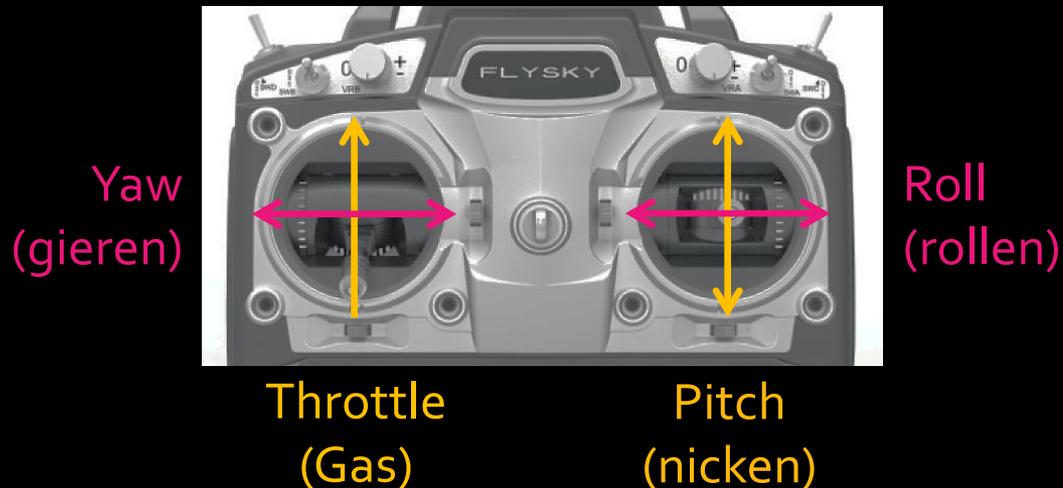
Quadrokoopter-Theorie: Wie kann er manövrieren? (1)



englisch	deutsch
Roll	rollen
Pitch	nicken
Yaw	gieren

Die Translation in alle Raumrichtungen und Rotation um alle drei Raumachsen wird allein durch die richtige Einstellung der vier Drehzahlen bewirkt.

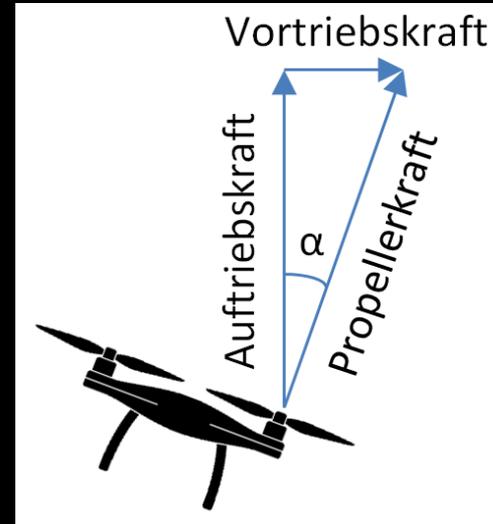
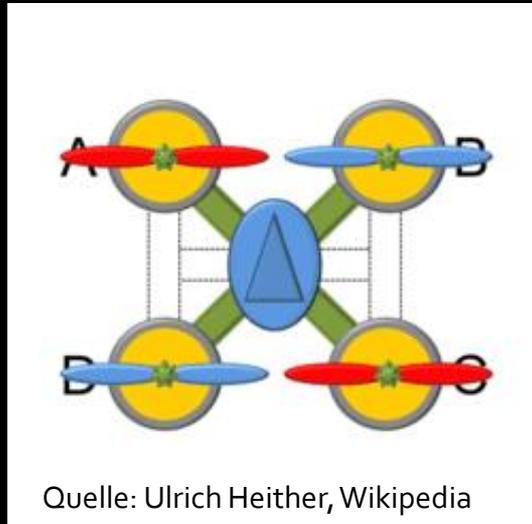
Quadrokopter-Theorie: Wie kann er manövrieren? (2)



Im „mode 2“-Betrieb sind die beiden Steuerknüppel der Fernsteuerung wie folgt zugeordnet:

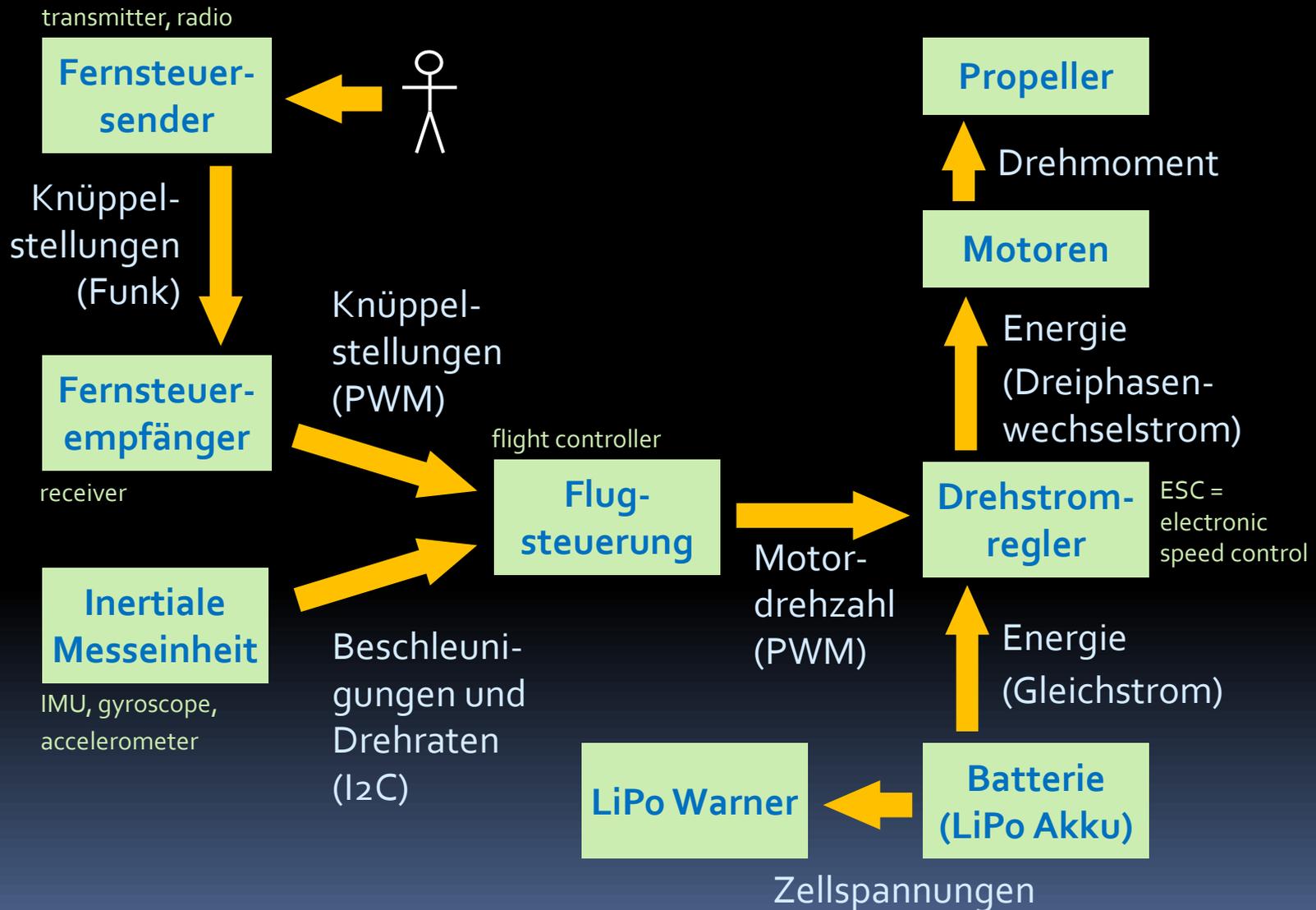
- **Der linke Knüppel**
 - gibt in Vorwärtsrichtung „Gas“.
 - dreht bei seitlicher Bewegung den Quadrokopter um die Hochachse (gieren).
- **Der rechte Knüppel lässt den Quadrokopter**
 - nach vorne bzw. hinten kippen (nicken) und somit vorwärts bzw. rückwärts fliegen.
 - seitlich kippen (rollen) und somit nach links oder rechts fliegen.

Quadrokoetter-Theorie: Wie kann er manövrieren? (3)



- Gleichmäßige Variation der Drehzahlen lässt den QK steigen oder sinken (throttle)
- Einseitige Verlangsamung der Propeller lässt den Quadrokoetter kippen (pitch, roll).
- Durch Kippen entsteht eine horizontale Komponente des Antriebs.
- Durch die Gegenläufigkeit der Propeller werden deren reaktiven Drehmomente kompensiert. (Ein Helikopter braucht dazu einen Heckrotor)
- Diagonale Verlangsamung der Propeller lässt den Quadrokoetter gieren (yaw).

Quadrokopter-Theorie: Systemarchitektur



Quadrocopter-Theorie:

Wofür braucht man eine Flugsteuerung?

- Der Quadrocopter ist von Natur aus instabil (anders als z.B. normale Flugzeuge d.h. Starrflügler).
- Grund: Nicht alle Propeller erzeugen exakt denselben Schub, sodass er kreiselt und seitlich abdriftet.
- Dies kann man elektronisch kompensieren mit einem Dreh- und Lagesensor (IMU) sowie einem Mikroprozessor, der die Drehzahlen stetig nachregelt.
- Außerdem müssen die von der Fernsteuerung empfangenen Knüppel-Positionen in Motorbefehle um- und eingerechnet werden.
- Alle weiteren Funktionen werden ebenfalls vom Mikroprozessor übernommen (z.B. Kalibration, GPS)

Quadrokooper-Theorie: Betrachtungen zur Energie

- Lithium-Polymer-Akkus (LiPo_s) haben eine große Kapazität und können hohe Ströme liefern.
- Vergleich der Energiedichte in kJ/kg :

LiPo	540
NiMH-Akku	280
NiCd-Akku	140
Kohle-Zink-Batterie	230
Diesel / Benzin	42.000

- 2200 mAh = 2,2 Ah werden in etwa 7 Minuten "verbraucht". Somit fließen im Schnitt $2,2 \text{ Ah} * 60 \text{ min/h} / 7 \text{ min} = 19 \text{ A}$ d.h. pro Motor etwa 5 A.
- Bei einer Spannung von 11 Volt bedeutet dies eine Gesamtleistung von $11 \text{ V} * 19 \text{ A} = 209 \text{ W}$ d.h. pro Motor etwa 50 W!