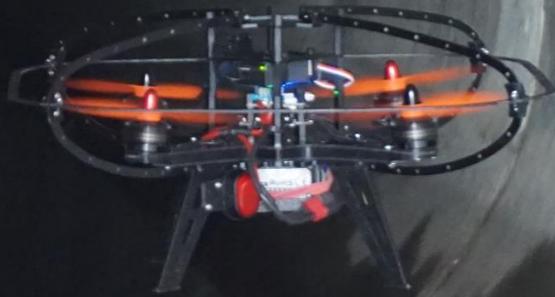




EmQopter

Drone Tech Experts



Flugroboter im Kanal

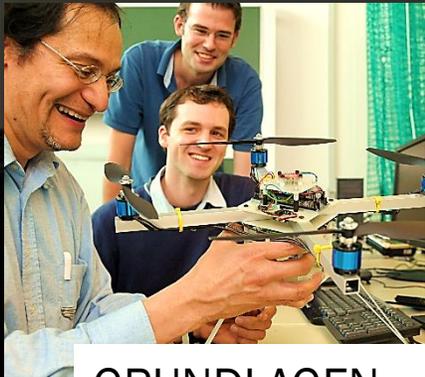
Marvin Bihl

Emqopter GmbH

- Spinn-Off der Universität Würzburg
Lehrstuhl Aerospace Information Technology
- Promotion 2015
Autonome Quadrocopter zur Innenraumerkundung
- Exist-Stipendiaten 2016
- Gründung Emqopter 2016
- Heute: 11 Mitarbeiter



ÜBERBLICK



GRUNDLAGEN



SENSORIK

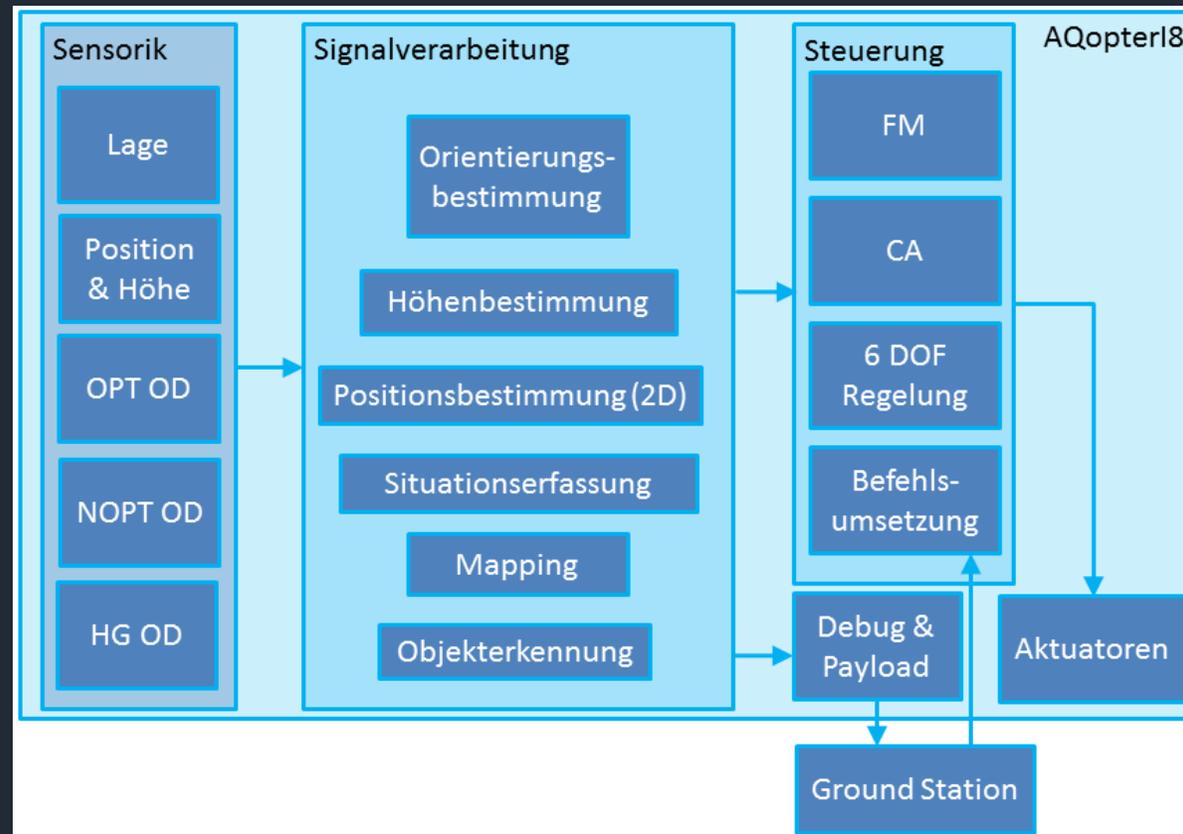


REGELUNG

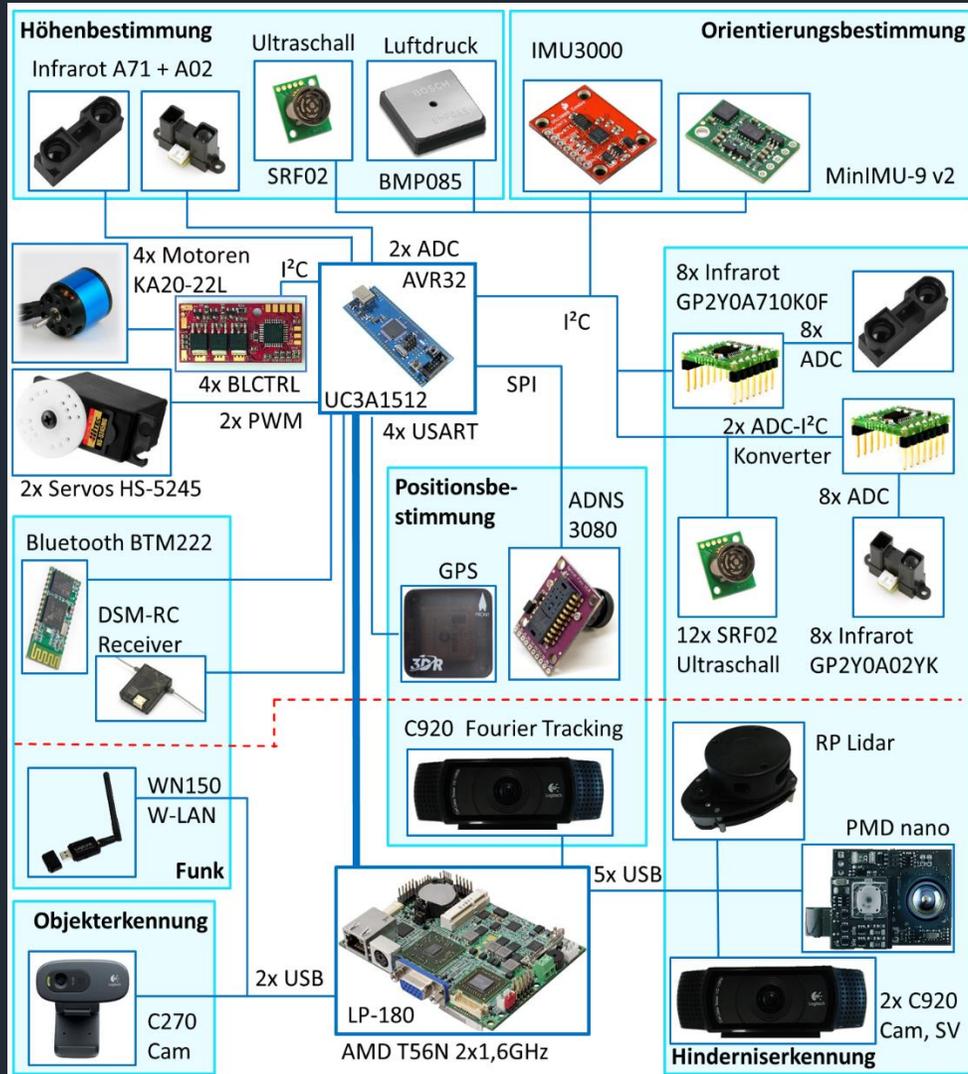


ANWENDUNG

Grundlagen



Grundlagen: Hardware



50% Akku

Grundlagen

Die fünf Sinne nach Aristoteles: Tasten, Hören, Sehen, Riechen und Schmecken



Hans Makart "Die fünf Sinne"

Grundlagen: Sensorik

Sensorik:

- Sensorik ist die Anwendung von technischen Bauteilen (Sensoren) zur Messung.
- Ein Sensor ist ein technisches Bauteil, das physikalische oder chemische Eigenschaften erfasst.
- Die Erfassung bzw. Messung erfolgt mittels physikalischer oder chemischer Effekte und wird dazu in ein elektrisches Signal umgewandelt.
- Beispiele: Temperatursensor, Beschleunigungssensor, Drehratensensor

Einige wesentliche Aspekte:

- Messgröße: Was wird gemessen? z.B. Temperatur
- Messeinheit: In welcher Einheit wird gemessen? z.B. °C
- Skalierungsfaktor: Teil der Kalibrierung. Oftmals existiert ein linearer Skalierungsfaktor zwischen „Rohwert“ und „Endwert“. Dies ist eine lineare / dynamische Abweichung.
- Offset / Bias: Weiterer Teil der Kalibrierung. Neben dem Skalierungsfaktor existiert oftmals eine stationäre Abweichung, d.h. fester Offset / Bias.
- Auflösung: Mit welcher Auflösung wird gemessen, d.h. welche kleinsten Änderungen können dargestellt werden.
- Wiederholrate: Wie oft können Messungen erfolgen? Im Allgemeinen gilt: Je schneller, umso besser

Grundlagen: IMU

Orientierungsdarstellung
IMU (Internal Measurement Unit)
= Gyrometer + Accelerometer

MEMS (Micro-Electro-Mechanical Systems)

Sehr schnell:

- Sensorrate: 1000 mal pro Sekunde
- Regelschleife: 100 – 1000 mal pro Sekunde



Grundlagen: IMU Sensoren

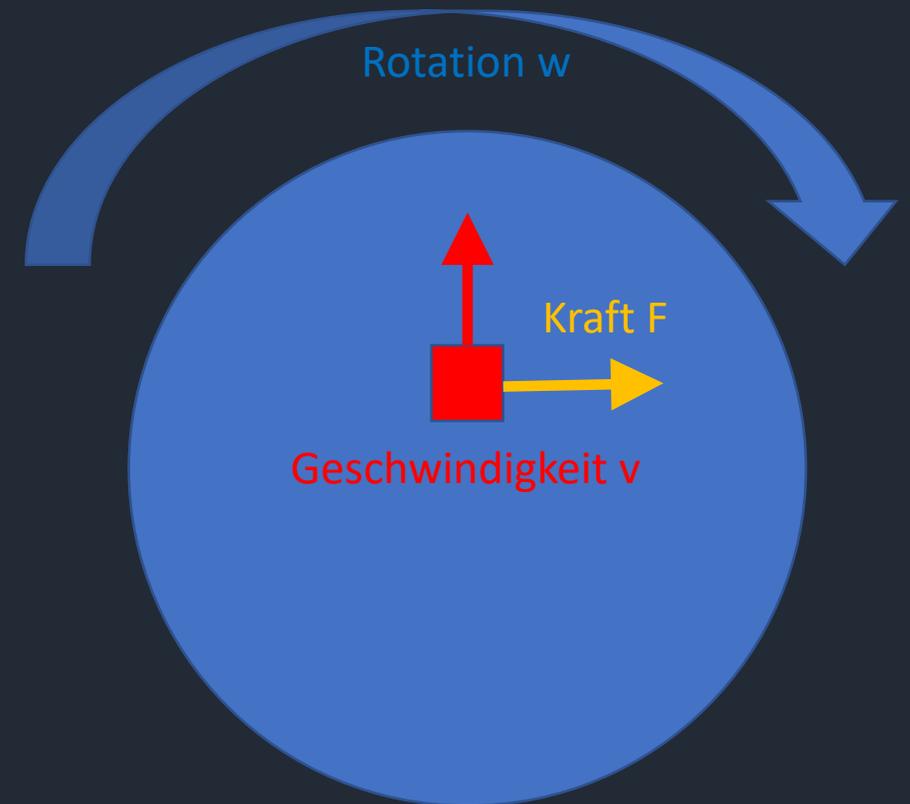
Lagesensoren sind Sensoren, die die Lage im Raum erfassen. Unter Lage wird (hier) die Orientierung und nicht die Position verstanden. Klassische Lagesensoren, die auch in jedem Quadrocopter zum Einsatz kommen, sind:

- Gyroskop / Gyrometer: Ein Drehratensensor und der wichtigste Sensor jedes Quadrocopters. Es existiert kein Quadrocopter, ohne Gyroskop. Das Gyroskop misst Drehbewegungen (Rotationen). Der Lageregler benötigt permanent diese Information, um den Quadrocopter stabil in der Luft zu halten. Bei Ausfall der Lagesensoren / Lageregelung stürzt der Quadrocopter unweigerlich ab. Ohne Gyroskop + Regelung ist ein Flug nicht möglich.
- Accelerometer: Ein Beschleunigungssensor und der zweitwichtigste Sensor jedes Quadrocopters. Der Gyroskop akkumuliert systembedingt, d.h. prinzipiell, immer kleine Fehler, wodurch die berechnete Lage mit der Zeit von der wahren Lage abweicht. Diese Abweichung nennt man Drift. Der Beschleunigungssensor misst Beschleunigungen, darunter auch die Gravitation der Erde. Aus der Gravitation der Erde lässt sich die horizontale Lage bestimmen. Damit lässt sich der Drift kompensieren und die Lage über Lage Zeit korrekt bestimmen.
- Magnetometer: Meist kommen noch Magnetsensoren zum Einsatz, mit denen analog zum Accelerometer der Drift kompensiert werden kann. Denn der Beschleunigungssensor kann Drehungen um die eigene Achse nicht erfassen und daher auch nicht kompensieren, wohl aber das Magnetometer. Es funktioniert vergleichbar einem Kompass.

Grundlagen: Gyrometer

Funktionsprinzip Gyroskop (Gyrometer):

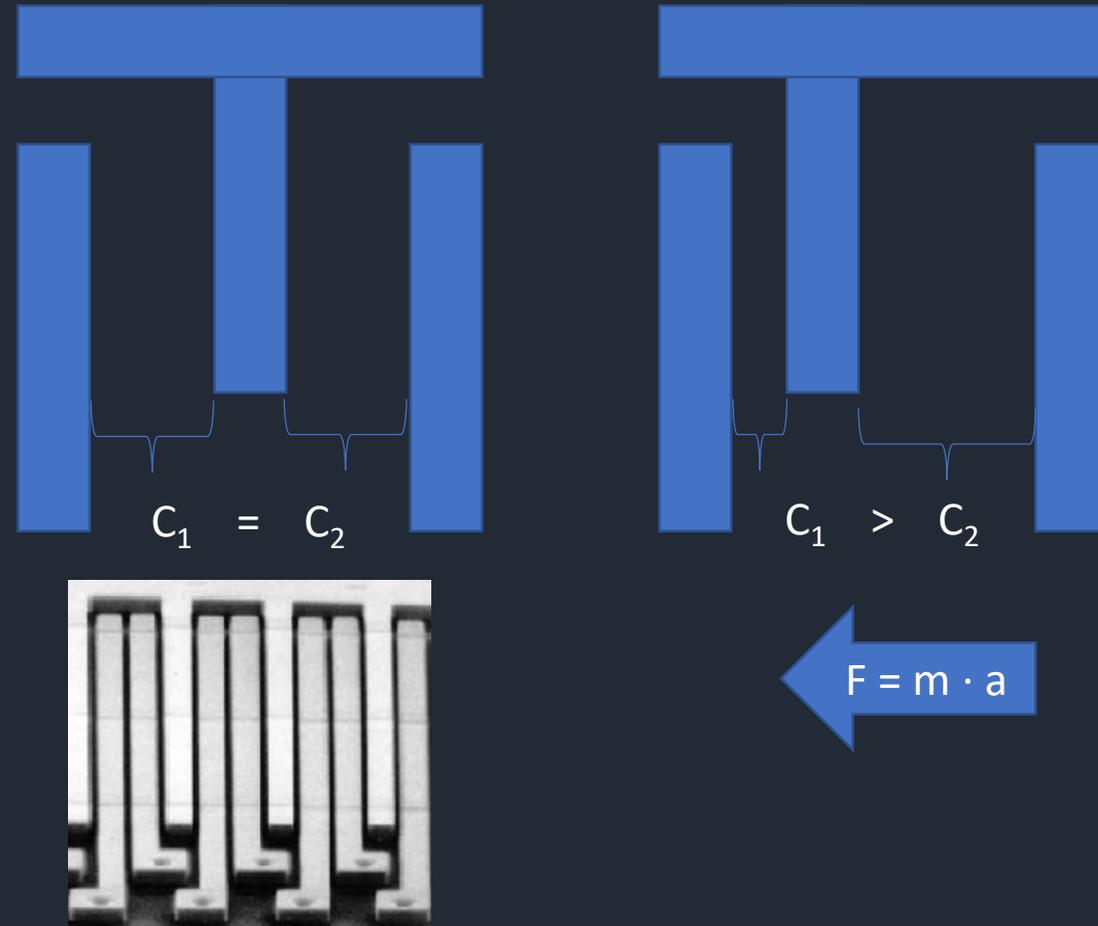
- Messprinzip Corioliskraft (analog zur Lorenzkraft):
 - Bewegte Teilchen (v) (Ursache)
 - gleichzeitige Rotation (w) (Vermittlung)
-> Wirkung: Kraft (F) senkrecht zu Ursache und Vermittlung
 - Kraft steht Senkrecht auf Drehachse und Bewegung
 - Tritt auf in rotierenden Bezugssystemen (w) bei gleichzeitiger Bewegung (v)
 - $F = -2 \cdot m \cdot \omega \cdot v$
- MEMS: Mikro-Elektro-Mechanisch
- Triaxial: $x,y,z = 3$ DOF: Degree of Freedom, Freiheitsgrade („unabhängige Richtungen“)
- Drehratensensor: Misst Drehgeschwindigkeiten
- Messung: Kapazitiv



Grundlagen: Accelerometer

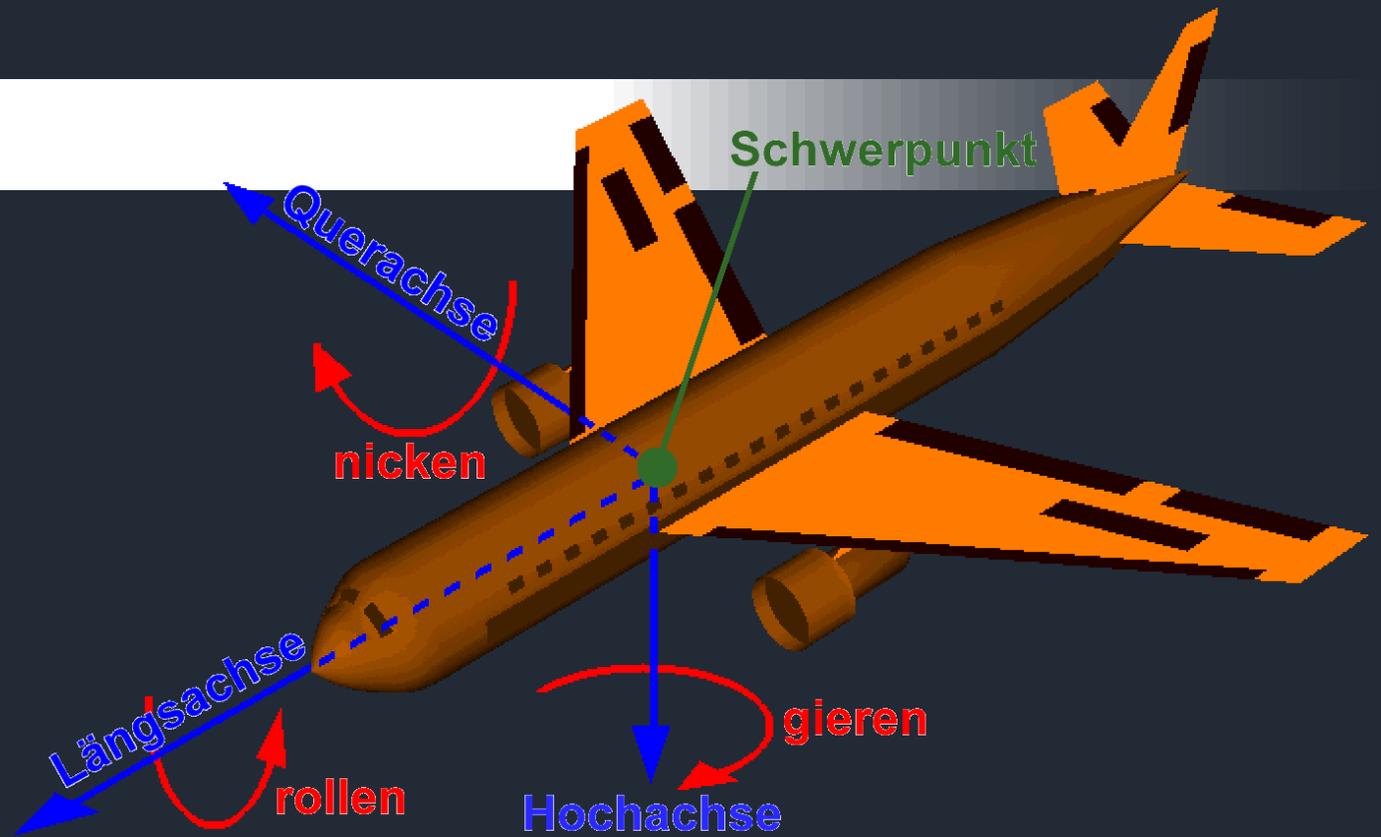
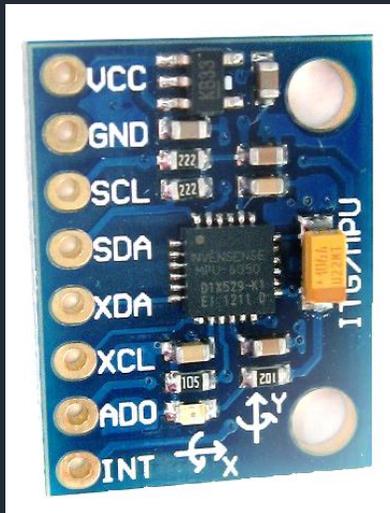
Funktionsprinzip Accelerometer (Acc):

- Messprinzip Feder-Masse Prinzip
 - Zwei Kammreihen
 - Aufgrund von Trägheit ändern sich die Abstände
 - Messung der Abstandsänderung kapazitiv
- MEMS: Mikro-Elektro-Mechanisch
- Triaxial (x,y,z = 3 DOF)
- Beschleunigungssensor: Misst Beschleunigungen (translatorisch)



Grundlagen: RPY

Orientierungsdarstellung
RPY = Roll Pitch Yaw



Lageregelung

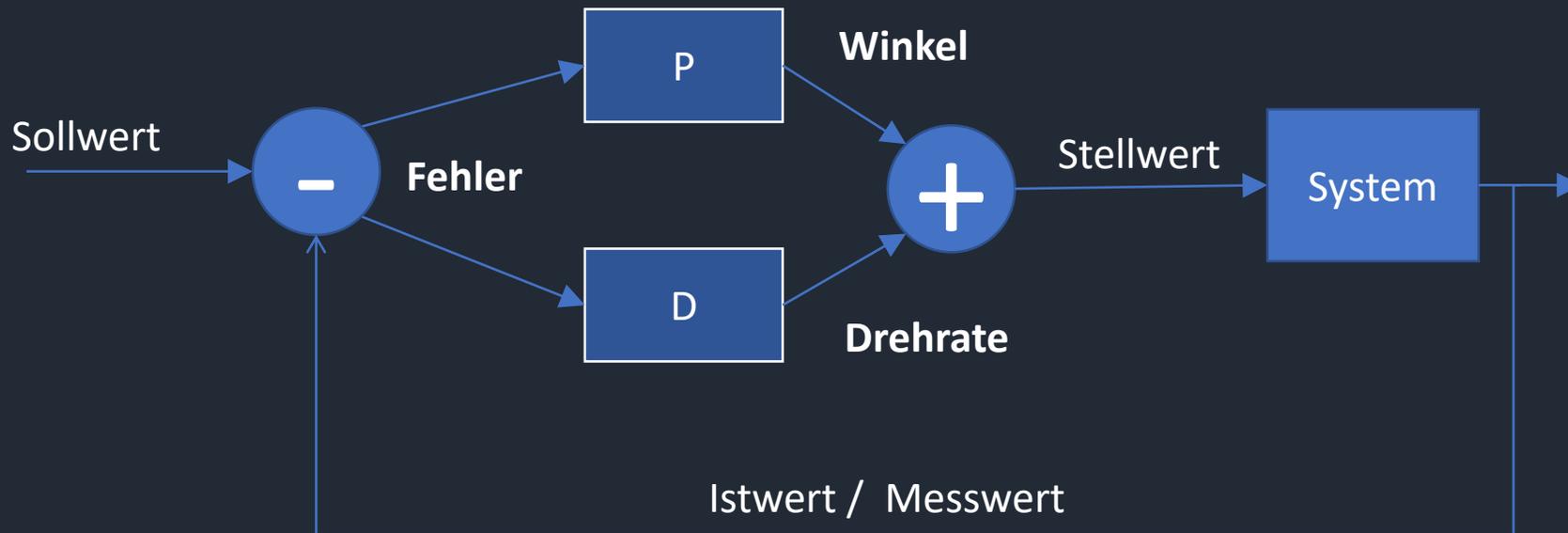
Definition Lageregelung:

Die Lageregelung (engl. Attitude Control) ist das Kernstück des Quadropters. Durch sie wird er in der Luft gehalten. Im Gegensatz zu anderen Fluggeräten (Flugzeug, Hubschrauber) ist der Quadropter ein instabiles System und eine Regelung (Roll, Pitch) somit unverzichtbar:

- > 2 Lageregler übernehmen die Lageregelung in der z- Ebene
- > Entspricht dem Problem der Wippenregelung: 2 Motorenregelung

PD Regler

Mit einem PD-Regler und einem Gyrosensor lässt sich das System regeln. Als Regelgröße dient der Neigungswinkel.



Der Fehler F ist die Abweichung des Istwerts M (Messung) vom Sollwert S (Wunschwert).

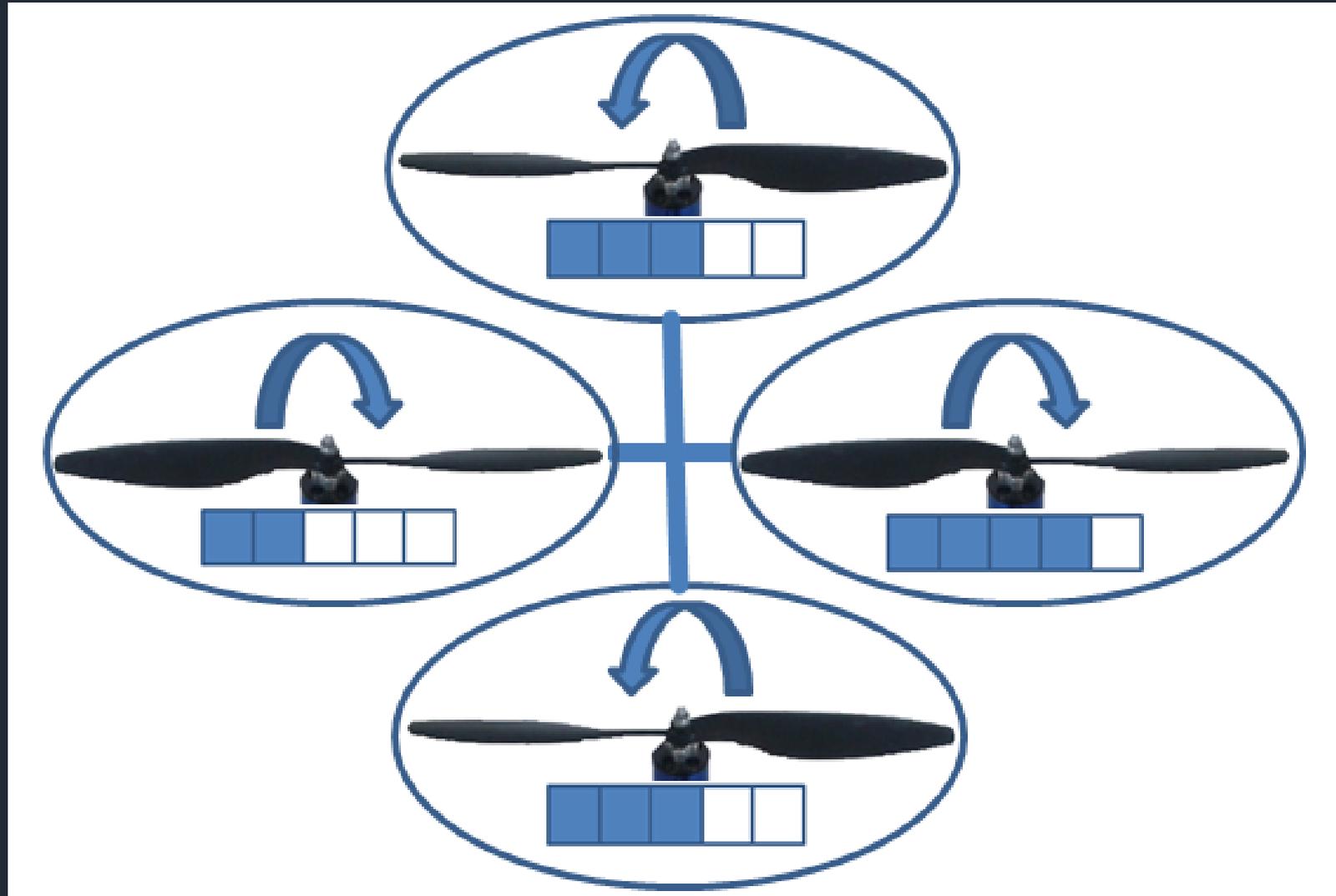
$$F = S - M$$

Für $S = 0$ gilt:

$$F = -M$$

Regelung

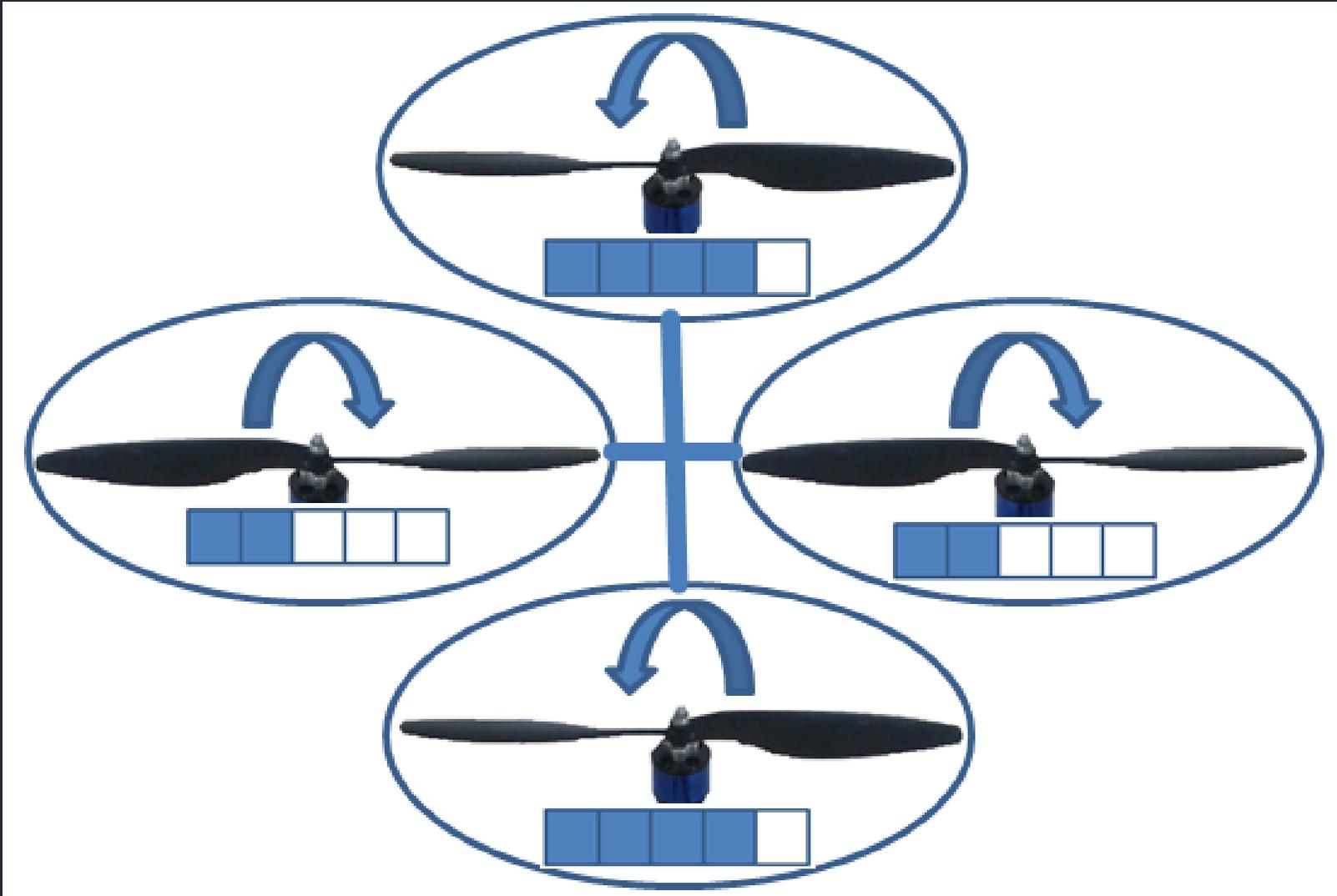
Rollen
Nicken



Lageregelung

Gieren

Drehrichtung



Motorgeschwindigkeit linkslaufende / rechtslaufende unterschiedlich
-> Drehmoment -> Gieren

Anwendung: Die Drohne im Abwasserkanal

- Größe
- Wasser / Feuchtigkeit
- Rohr
- Dunkelheit
- Funk-Abschottung (Beton)



Sensorik zur Umgebungserfassung



- Ultraschall
- Infrarot
- Laser
- 3D Tiefensensor
- Kamera / Stereo Vision



Sensorik zur Umgebungserfassung

CAA	Erkennt kleine Objekte	Kostengünstig	Klein und leicht	Erkennt Glas, misst durch Rauch	Erkennt schallschluckende Oberflächen	Erkennt kontrastarme Oberflächen	Hohe Reichweite	Nahe Messweite	Hohe Wiederholrate
US-3									
IL-8									
IM-8									
L-8									
L-2									
SV									
RS									
PMD									
UI									
LU									
UI mini									

Sensorik zur Umgebungserfassung



- Distanzflüge
z.B. Inspektion von Fassaden, Dächern, Dachkanten, Schornsteinen, Öfen, etc.
- Autonome Tunnelflüge
z.B. Befliegung von Bergwerken
- Kollisionsvermeidung
Schneller, sicherer, einfacher
- Konfigurierbar und programmierbar
Individuell abstimmbare



Collision Avoidance Assistant (CAA)

Intelligente Flugassistenz für Multikopter

 [CAA: Intelligente Flugassistenz für Multikopter](#)

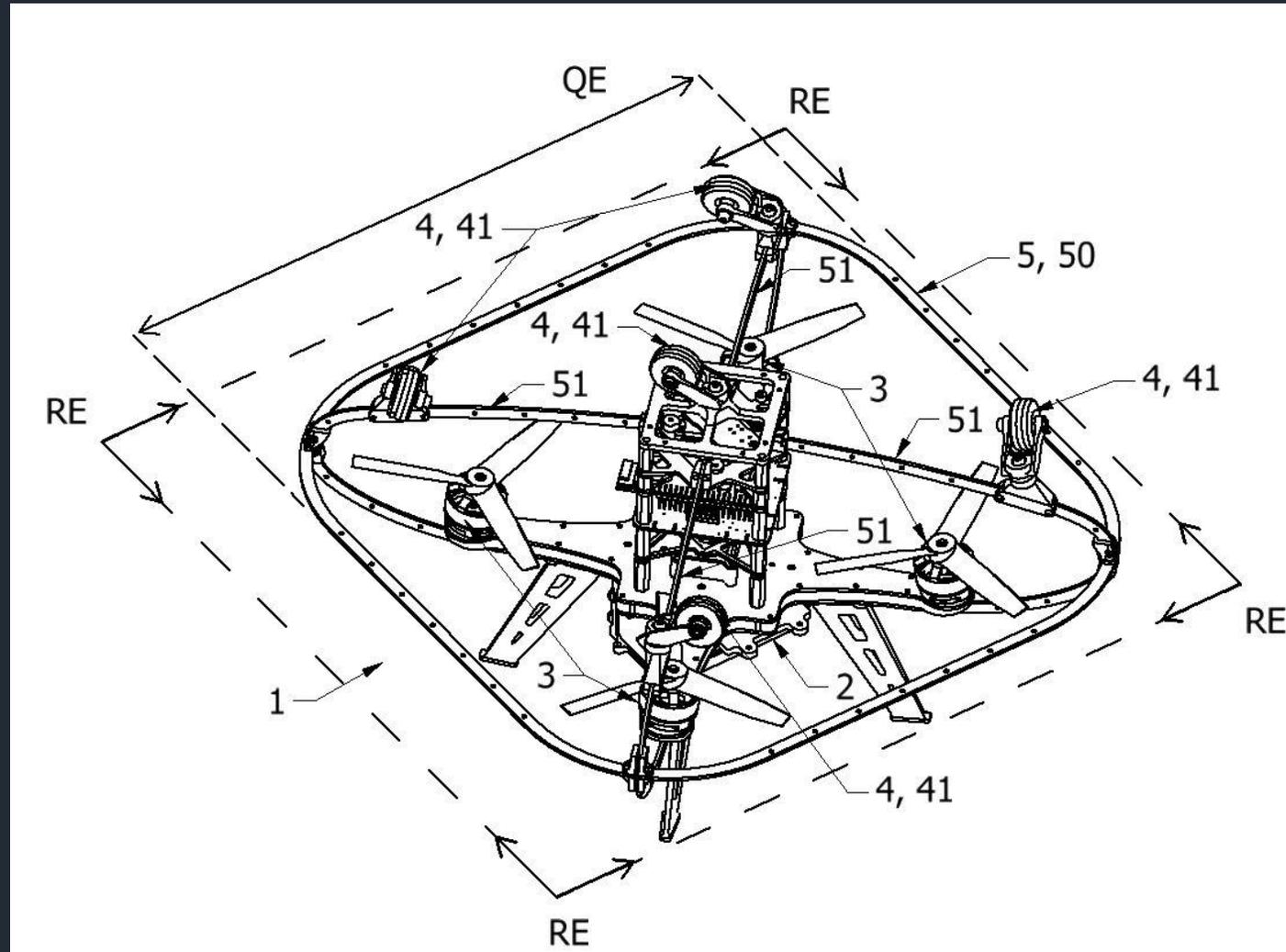
Unitechnics on Tour 2018



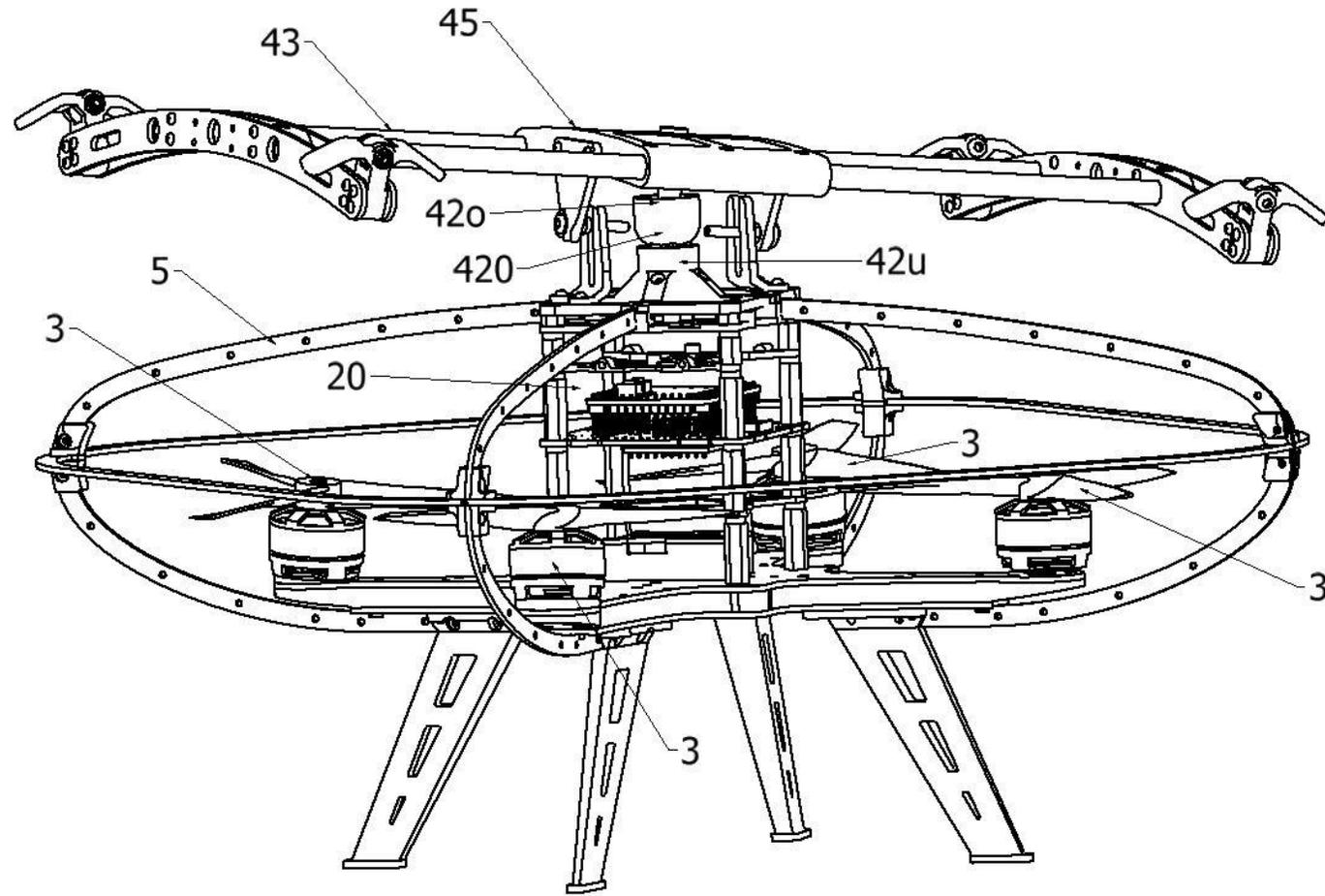
Kanaldrohnenprojekt



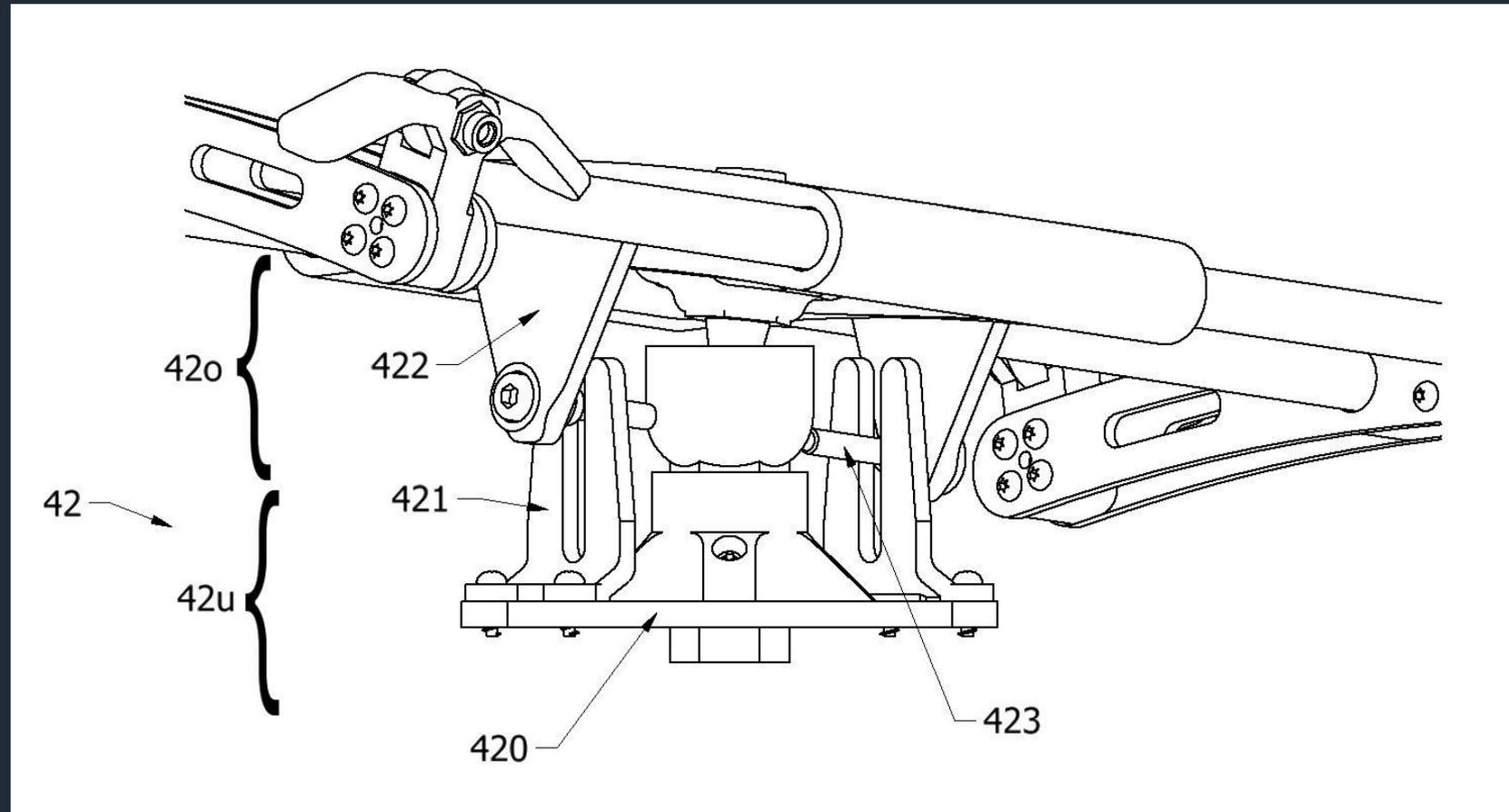
Anwendung



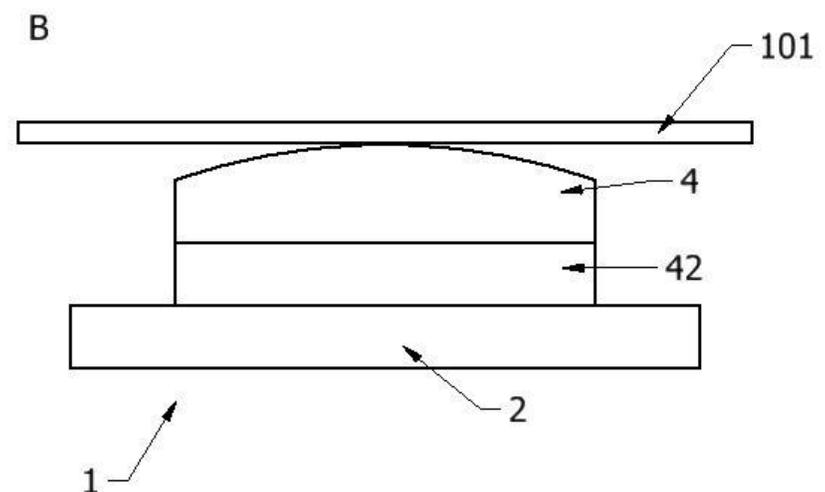
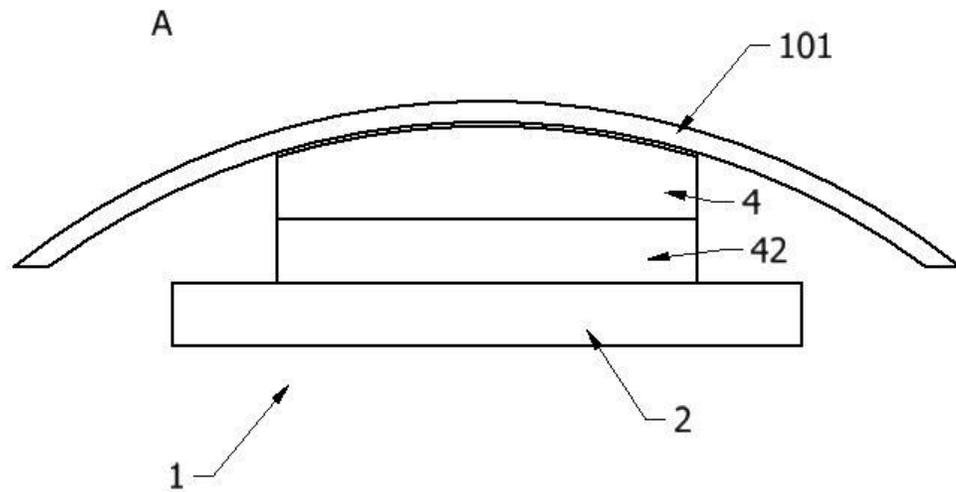
Anwendung



Anwendung

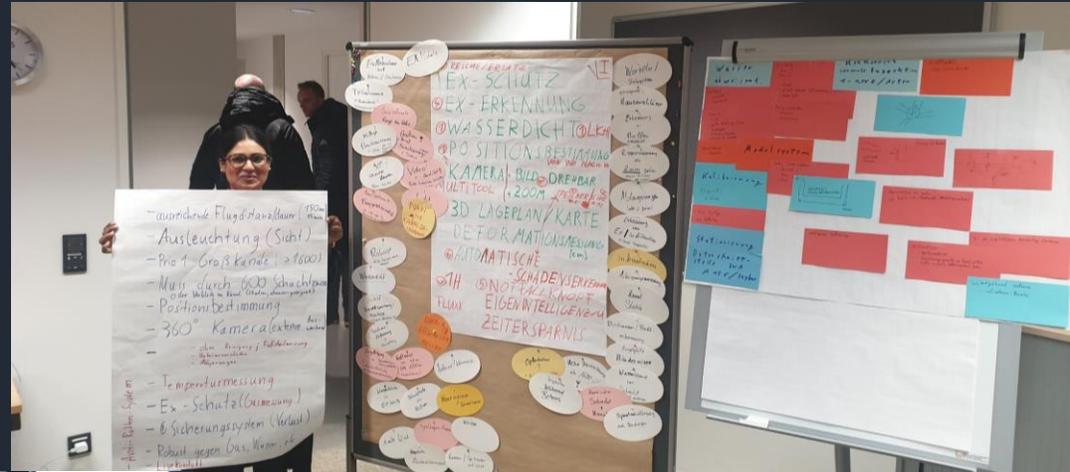


Anwendung





Drone Meet Up - Kanaldrohne





Ein Blick in die Zukunft

Emqopter GmbH
qopter.de
info@emqopter.de

