

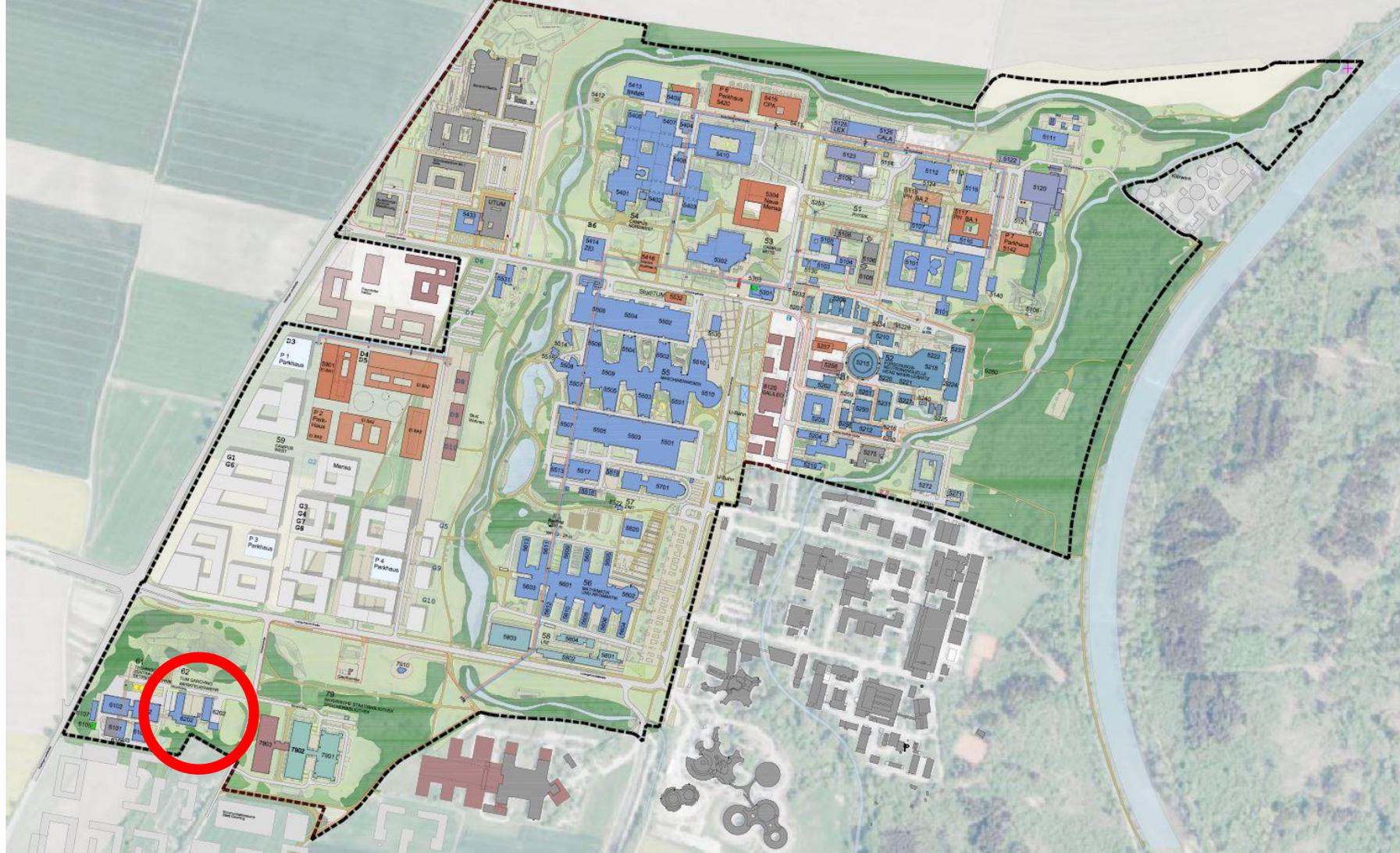
Drohnen für die Feuerwehr – Wunsch und Wirklichkeit

Prof. Dr.-Ing. Florian Holzapfel (FSD)

M. Eng. Claudius Hammann (TUM FW)

München, 11. November 2017

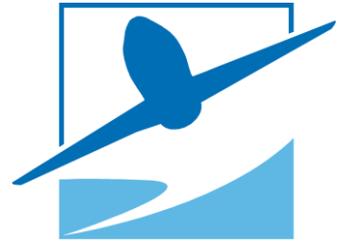
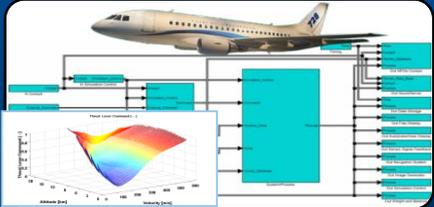




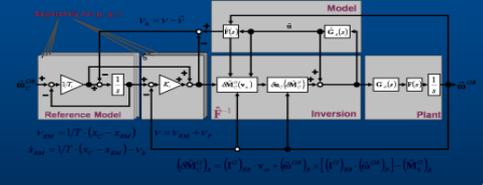


FSD Hauptforschungsgebiete

Modellierung, Simulation & Parameterschätzung



Flugregelung und Flugführung



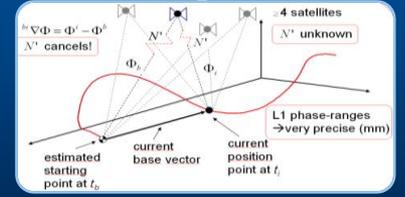
Flugbahnoptimierung



Avionik & sicherheitskritische Systeme



Sensoren, Datenfusion & Navigation

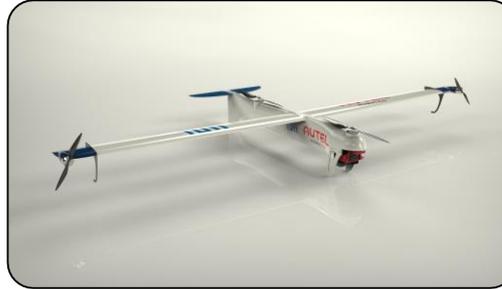


FSD Drohnen – Herausforderungen



Günstige Multicopter

- Rapid Prototyping
- Grundlagenforschung
- Schnelles und einfaches Ausprobieren z.B. nichtlineare, adaptive Regelung



Professionelle Kleindrohnen (v.a. Transitionssysteme)

- Professionelles Systems-Engineering
- Schwerpunkt auf Robustheit, Sicherheit und Verfügbarkeit



Technologien für Drohnen

- Safety als wichtigste Anforderung
- Einhaltung von Luftfahrtvorschriften



FSD Drohnen – Kompetenzen



Drohnen - Wunsch



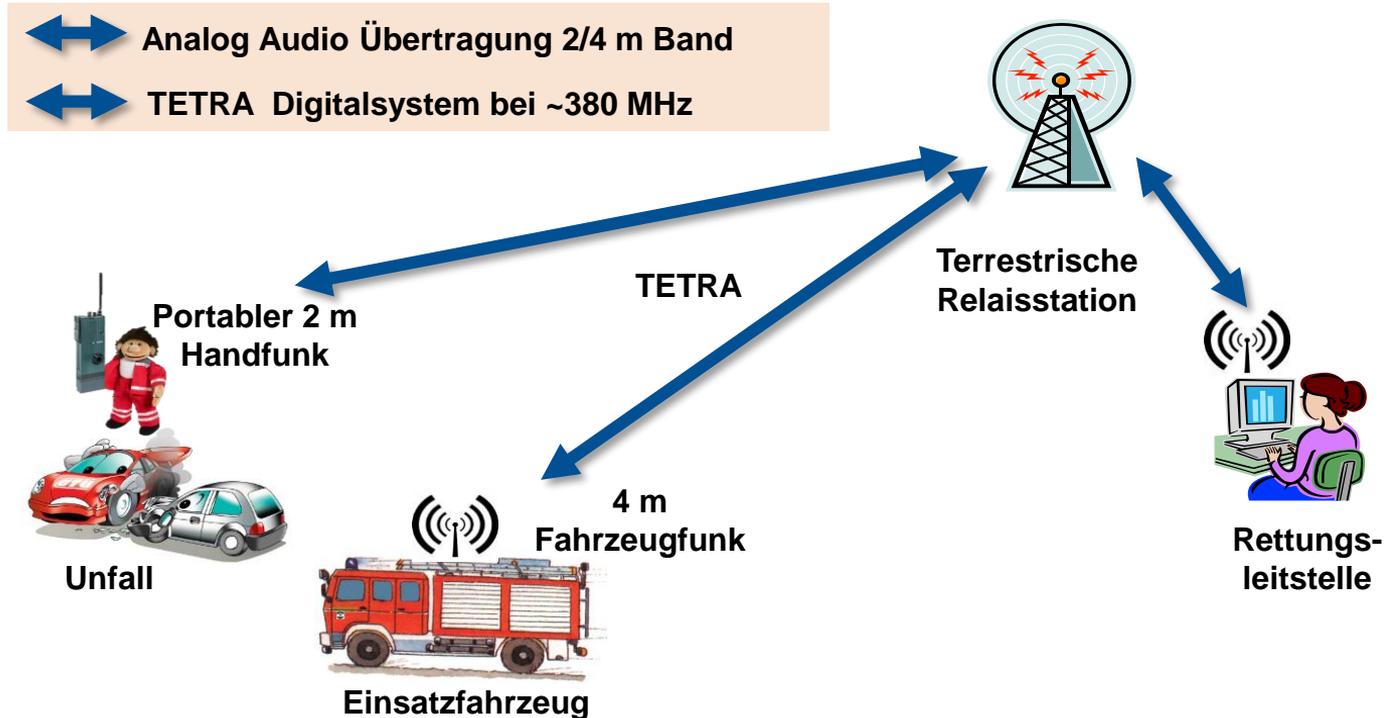
COPKA

Search and Rescue Support

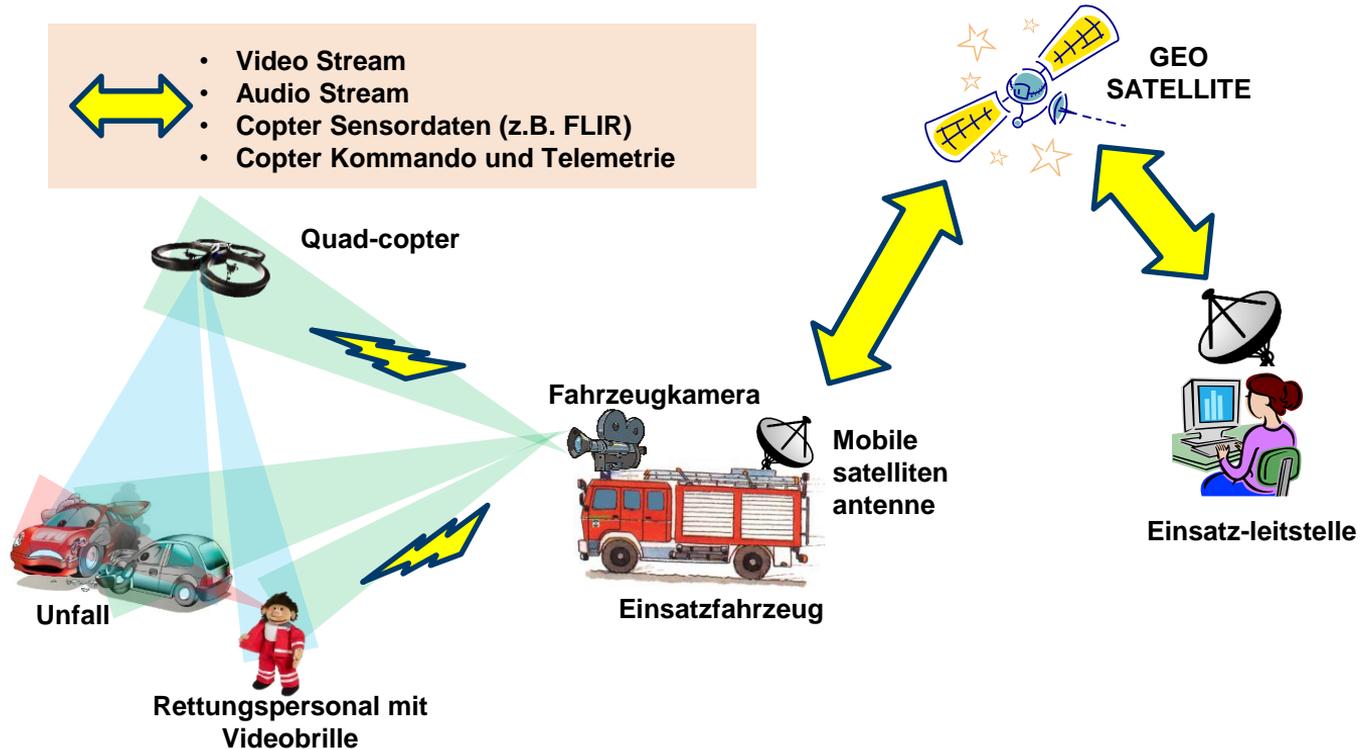


Einsatzführungsunterstützung

Derzeitiges Kommunikationsmodell in GER



Derzeitiges Kommunikationsmodell in GER



Drohnen - Wirklichkeit



COPKA
Search and Rescue Support

+



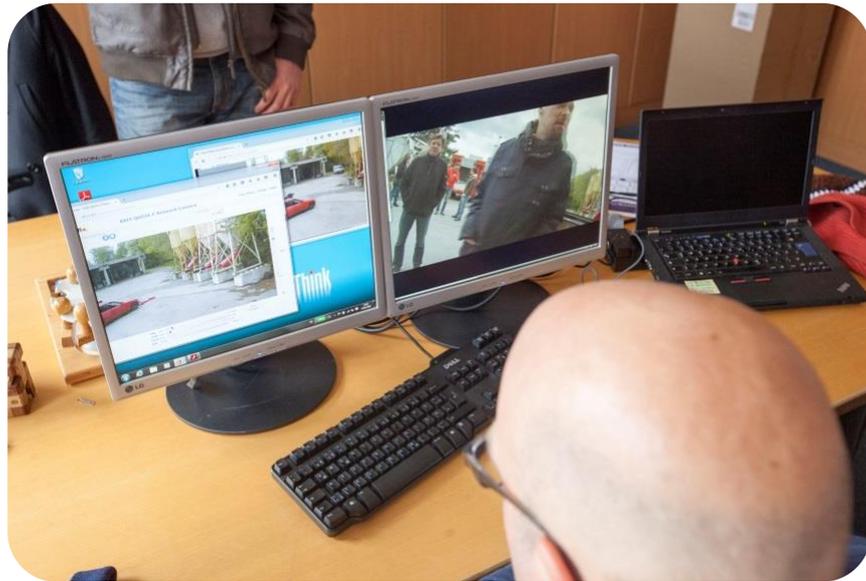

Gefördert durch:



CopKa: FKZ:50YB1523

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Drohnen - Wirklichkeit





Drohnen – Was gibt es eigentlich?

Multicopter



- ✓ Robust, einfach
- ✓ Keine Start-/Landefunktion
Infrastruktur nötig
- ✗ Reichweite
- ✗ Nutzlast
- ✗ Flugdauer
- ✗ Geschwindigkeit

Hubschrauber



- ✓ Nutzlast
- ✓ Keine Start-/Landefunktion
Infrastruktur nötig
- ✗ Komplexität
- ✗ Reichweite
- ✗ Flugdauer

Transitions- flugzeug



- ✓ Keine Start-/Landefunktion
Infrastruktur nötig
- ✓ Reichweite
- ✓ Nutzlast
- ✓ Flugdauer
- ✓ Geschwindigkeit
- ✗ Höhere Komplexität

Flächen- flugzeuge



- ✓ Reichweite
- ✓ Nutzlast
- ✓ Flugdauer
- ✓ Geschwindigkeit
- ✗ Start-/Landefunktion
Infrastruktur nötig

Drohnen – Was treibt sie an?

Elektromotoren



- ✓ Einfach, zuverlässig, sehr kompakt
- ✗ Energiedichte

Verbrenner



- ✓ Energiedichte
- ✗ Komplexität

Turbinen



- ✓ Energiedichte
- ✗ Komplexität
- ✗ Wirtschaftlichkeit

Hybride Konzepte



- Brennstoffzellen
- Verbrenner-Generator-Kombination



Drohnen – Welche ist die Richtige?

... keine Pauschalantwort möglich!

Zusammenstellung des Systems je nach **Anforderungen**

- Anwendungort – Indoor/Outdoor?
- Sicherheit – z.B. Flug über Personen? („No single point of failure“)
- Start & Landung – Welche Infrastruktur ist gegeben?
- Nutzlast – Was soll mitgenommen werden? Größe? Gewicht? Missionszweck?
- Flugdauer – Wie lang soll geflogen werden?
- Reichweite – Wie weit muss die Drohne kommen?
- Bedienerqualifikation – Welche Qualifikation braucht das Personal?
- Umgebungsbedingungen – Wann muss die Drohne noch fliegen?
 - Wind/Böen
 - Niederschlag
 - Höhe & Temperatur
 - Sicht



Drohnen – Ein Blick „unter die Haube“



Sensoren

- Beschleunigungssensoren
- Drehratensensoren
- Airdata Sensoren
- Satellitennavigation
- Laser/Radar/US Höhenmesser
- Niedrige Genauigkeit, geringe Langzeitstabilität, hohes Rauschverhalten
- Kosten/Bauraum/Gewicht müssen niedrig ein



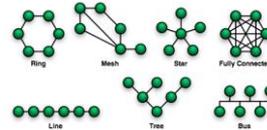
Aktuatoren

- Elektro-mechanisch
- Leicht, Ausfallrate jedoch nicht geprüft/garantiert

Daten/Steuerungslink

- Analoge und digitale Signale
- Was passiert beim Linkloss?

Datenkonzentration

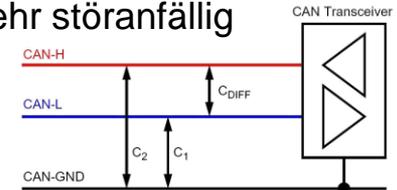


Flight Control Computer

- Single Microcontroller + MEMS Sensors (Low performant, z.B. Pixhawk)
- SBC (Raspberry) + Sensorboard (NAVIO)

Datenbusse

- Digital: I2C, UART, nur teilweise CAN
- Analog: PPM
- Problem: nicht für große Kabellängen (>10 cm)
- Sehr störanfällig

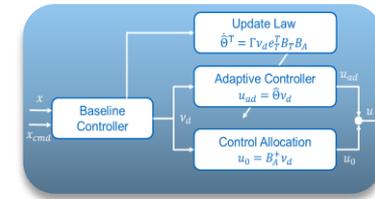




Drohnen – Ein Blick „unter die Haube“

- Basisstabilisierung
- Verbesserung Flugeigenschaften
- Vereinfachte Steuerkontrolle für Piloten
- Autopilot
 - Automatische Position-/Lagekontrolle durch Regelalgorithmen
 - „High-Level“ Steuerkontrolle für Piloten
- Wegpunkt-Flugführung
- Flight Management
 - Automatisierung und Aktivierung der Flugabschnitte (bspw. Start/Landung)
- Mission Management
 - Automatisiert Verkettung von Flugabschnitten (bspw. Start → Wegpunkt-Führung → Landung)
- Systemautomation
 - Übernahme von Pilotenaufgaben (bspw. Fahrwerk, Landeklappen, etc.) nach Flugphasen, externen Triggern, etc.

Funktionen der Avionik

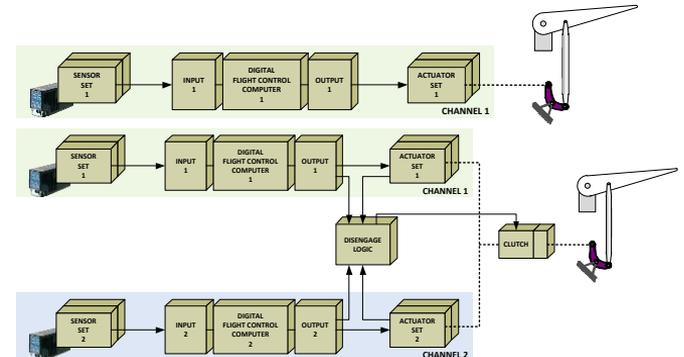
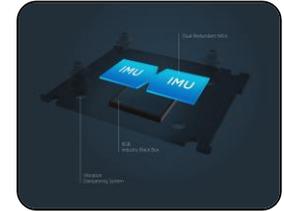




Drohnen – Ein Blick „unter die Haube“

Drohnen-Systemeigenschaften

- No single point of failure
 - Keine einzelne Systemkomponente/Funktion führt zum Absturz
 - Self Monitoring
 - Operabilität von Funktionen/ Systemkomponenten sicherstellen (Heartbeat)
 - Plausibilitätscheck der Sensordaten
 - Redundanz
 - Mehrfachauslegung von Systemkomponenten
 - Diversität
 - Dissimilarität von Systemkomponenten
 - Survivability
- Die meisten Systeme betrachten diese Punkte heute noch nicht





Drohnen – Sicherheitssteigerung durch Flugregler





Die neue „Drohnenverordnung“ in Deutschland

- In Kraft getreten 07.04.2017 (mit allen Zusätzen 01.10.2017)
- Kennzeichnungspflicht (LuftVZO §19): Drohnen mit Gewicht >250 g müssen Namen und Anschrift des Eigentümers mit feuerfester Plakette versehen sein
- Drohnenflug ist erlaubnisfrei, wenn (LuftVO §21a Abs. 1 und 4):
 - Gewicht <5 kg (>2 kg Kenntnissnachweis erforderlich)
 - Bei Raketenantrieb <20 g
 - Bei Verbrennungsmotor Entfernung zu Wohngebieten >1,5 km
 - Entfernung zu Flugplätzen & Flughäfen >1,5 km
 - Flüge am Tag
- Verboten ist (LuftVO §21b):
 - Flug jenseits des Sichtbereichs (BVLOS)
 - Horizontaler und vertikaler Abstand <100 m
 - von Menschenansammlungen, Unglücksorten, etc.
 - Kritischer Infrastruktur (Industrieanlagen, Anlagen der Energieerzeugung, Krankenhäusern etc.)
 - Grundstücken von Verfassungsorganen
 - Bundesfernstraßen, -wasserstraßen und Bahnanlagen
 - Flug über Naturschutzgebieten
 - Flug über Wohngrundstücken, wenn >0,25 kg oder Audio/Videoaufnahmefähig
 - Flug >100m über Grund
 - Flug, wenn Gewicht >25 kg
 - **Behörden sind „zur Erfüllung ihrer Aufgaben“ von (LuftVO§21a Abs. 1 und 4), sowie (LuftVO§21 b) befreit**



Die neue „Drohnenverordnung“ in Deutschland





„Drohnenverordnung“ – Und was gilt für die Behörden?

- **Behörden sind „zur Erfüllung ihrer Aufgaben“ von (LuftVO§21a Abs. 1 und 4), sowie (LuftVO§21 b) befreit**
 - Bis auf die Kennzeichnungspflicht sind die Behörden also von allen Limits befreit
 - ABER: **dienstliche Notwendigkeit und das damit verbundene Risiko sollten abgewogen werden!**
 - Deshalb sollten die entsprechenden Behörden trotzdem vor den Einsatz von Drohnen über ein entsprechende Kenntnisse und Fähigkeiten verfügen:
 - Grundlagen von Luftrecht
 - Erfahrung im Drohnumgang und Flug (technisch und operationell)
 - Genaue Kenntnis des Systems und dessen Eigenschaften
 - Wissen über (Haftpflicht-)Versicherung beim Unfallsfall der Drohne
 - Ggf. Funkkontakt zur Flugsicherung/Polizei
 - Flug nur verantwortungsvoll und „nach bestem Wissen und Gewissen“



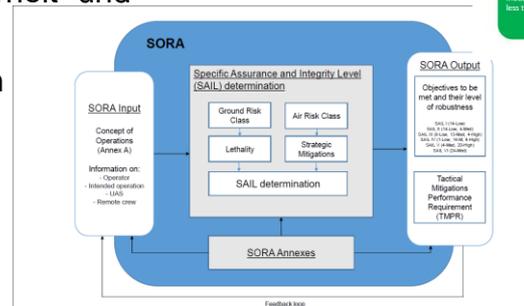
Was sind die künftigen Entwicklungen bei der Zulassung?

- Europäische Kommission „Procedure 2015/0277/COD“: EASA wird künftig (vsl. 2018) Recht auf Regelung von Drohnen (<150 kg) bekommen
- EASAs Konzept: Einteilung von Drohnen in 3 Klassen: Open, Specific, Certified (→Risikobasierter Ansatz)
- EASA verwendet das JARUS SORA Dokument (Specific Operations Risk Assessment; „Missionsspezifische Risikobewertung“) zur Risikoanalyse:
 - Muss für jeden Typ von Mission gemacht werden
 - Klassifiziert die Drohne+Mission in ein SAIL I-VI (Specific Assurance and Integrity Level; “spezifisches Sicherheit- und Integritätslevel“)
 - Je nach SAIL gibt es zusätzliche Anforderungen an
 - Die Drohne
 - Den Operator
 - Die Missionsvoraussetzungen
 - Notfallmaßnahmen



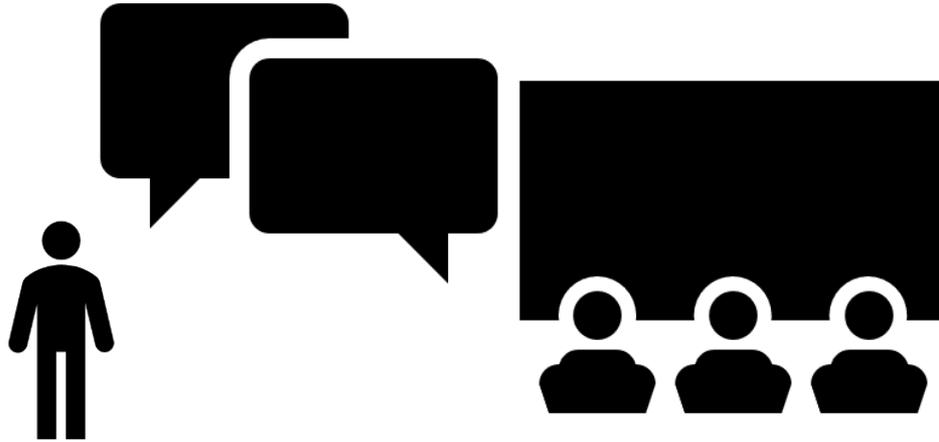
JOINT AUTHORITIES FOR RULEMAKING ON UNMANNED SYSTEMS

<p>OPEN</p> <p>Low risk Without involvement of Aviation Authority</p> <p>Limitations (Visual line of sight, Maximum altitude, distance from airport and sensitive zones) Flight over Populated area is possible No overflying of crowds. Industry standards (Case of toy of less than 500 g)</p>	<p>SPECIFIC</p> <p>Increased risk Safety risk assessment Approved by NAA, possibly supported by Qualified Entities unless approved operator with privilege Operation authorisation with operations manual Concept of accredited body Awareness of drone and competence of staff based on risk assessment</p>	<p>CERTIFIED</p> <p>Comparable to manned aviation Limit between specific and certified is not yet defined Pending criteria are defined, EASA accept application in its present state. TC of A Noise certificate, Approved Organisations, licences (Case of small drones) Command and Control and Detect & Avoid can receive an independent approval</p>
--	---	--



Drohnen – Livevorführung

Drohnen – Fragen



Kontakt

Technische Universität München

Hochschulreferat 6 – Werkfeuerwehr Garching

Claudius Hammann

+49 89 289 12024

claudius.hammann@tum.de

www.feuerwehr.tum.de

www.tum.de

LSE Space GmbH

Jürgen Letschnik

+49 8153 8810 9936

juergen.letschnik@lspacespace.com

Lehrstuhl für Flugsystemdynamik

Florian Holzapfel

+49 89 289 16081

Florian.holzapfel@tum.de

www.fsd.mw.tum.de

www.tum.de

TV1 GmbH

Michael Westphal

+49 89 960 57011

m.westphal@tv1.eu

www.tv1.eu

