

ETH *Shaping the future*

Drohnen

Die neue Gefahr aus der Luft

Prof. Dr. Roland Siegwart
www.asl.ethz.ch

spik 
SWISS POLICE ICT

Festhalle Bern, 17.03.2026

Drohnen - vom Quadcopter zum kontinuierlichen Flug

- 2004 - OS4 (ASL EPFL)
 - 70 cm, 650 g
 - pioneering quadrotors



| the VTOL UAV (hybrid)



<https://www.youtube.com/watch?v=QADvPDWtgFU>



| 81 hours non-stop in summer 2015
 | 5.64 m, 6.2 kg

https://www.youtube.com/watch?v=8m4_NpTQn0E

https://www.youtube.com/watch?v=wyS6W1t_ryQ



Drohnen – *höchst dynamisch*

2009

- Höchst dynamische und akrobatische Flüge!
 - Drohnen-Regelung in höchster Präzision
 - *Prof. Raff D'Andrea – ETH*



2021

- Autonomes Drone Racing
 - Lernen Schnelle zu fliegen als der Mensch
 - *Prof. Davide Scaramuzza, Uni Zurich*



Nächste Drohnengeneration - omnidirektional und interaktiv

- Ziel:
 - Orientierung und Flugrichtung frei wählbar
 - Kraftgeregelte Interaktion mit der Umgebung



https://www.youtube.com/watch?v=9FJn_t-YCwM



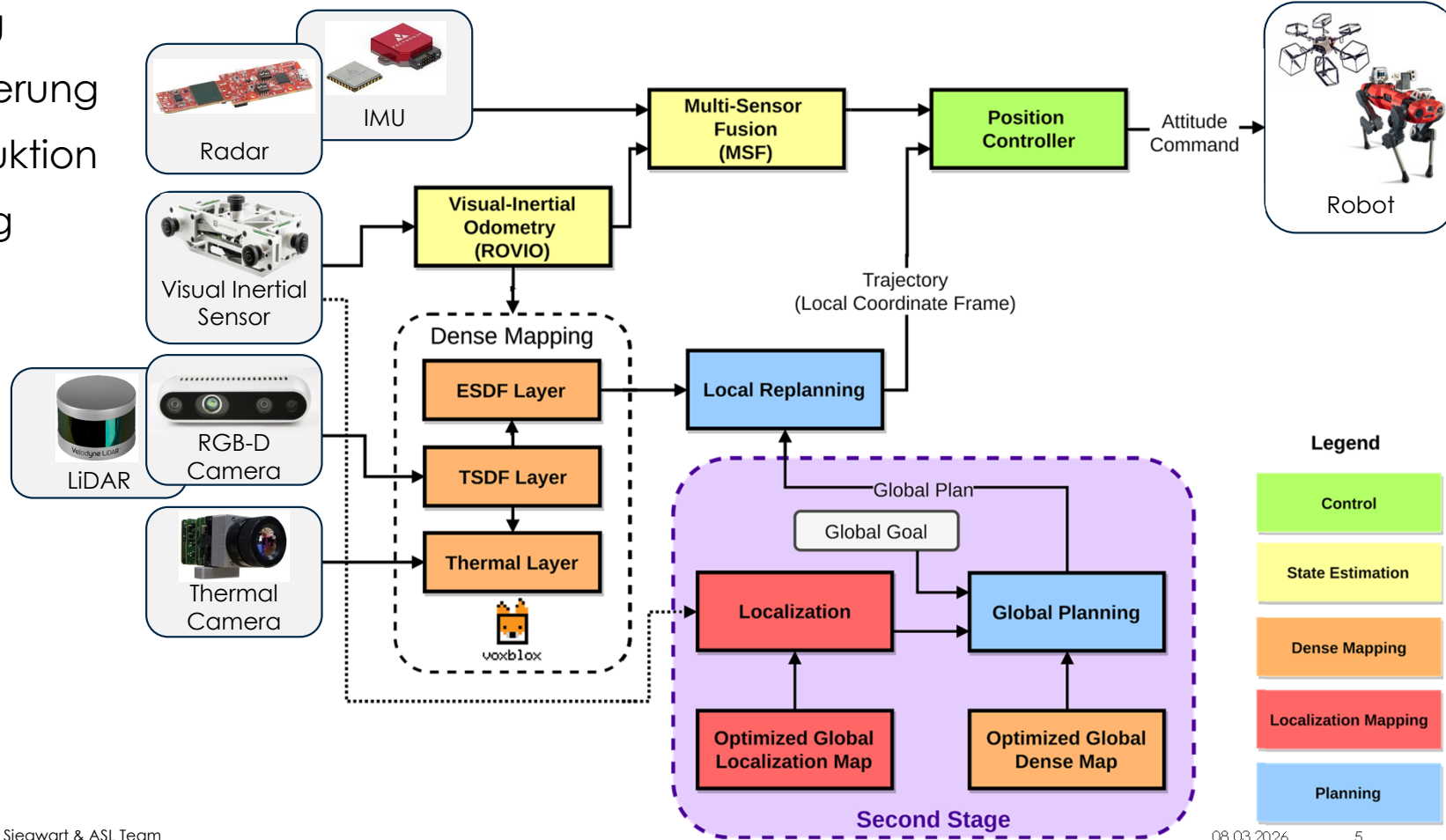
Push-and-Slide Along a Flat Surface (Section V-C)

- Reject disturbances from friction forces
- Accurately and repeatably draw a pattern (3 trials)

Autonome Navigation

Wahrnehmung, Kartographierung und Wegplanung

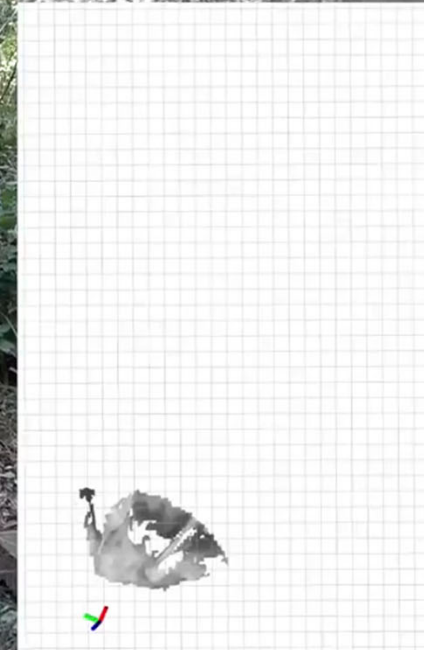
- Lokalisierung
- Kartographierung
- 3D Rekonstruktion
- Wegplanung
- Bewegungssteuerung



Navigation

Autonome Navigation

| *Fliegen in komplexen und unbekannten Umgebungen*



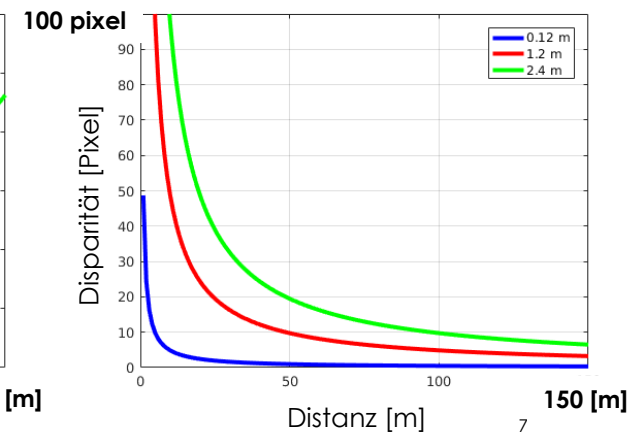
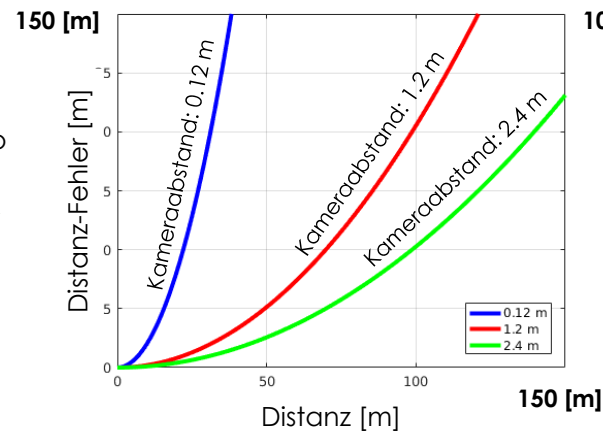
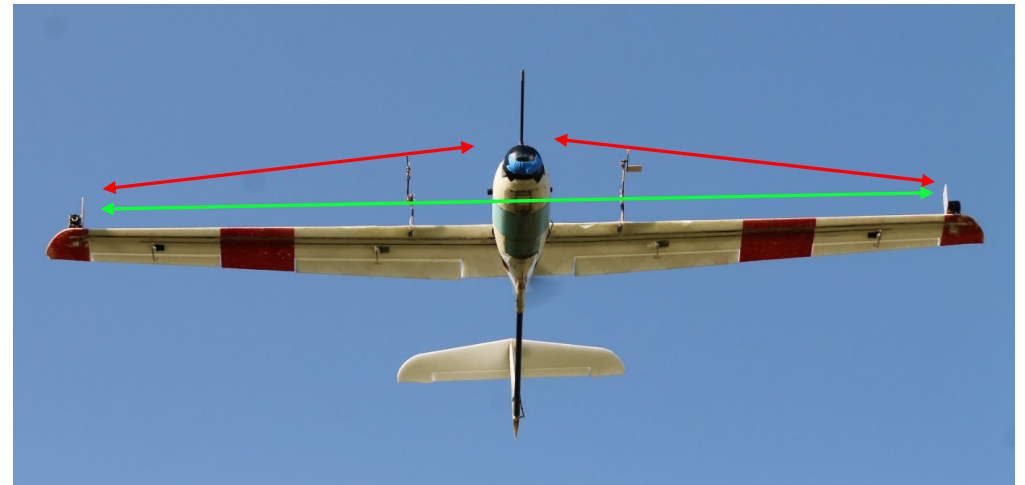
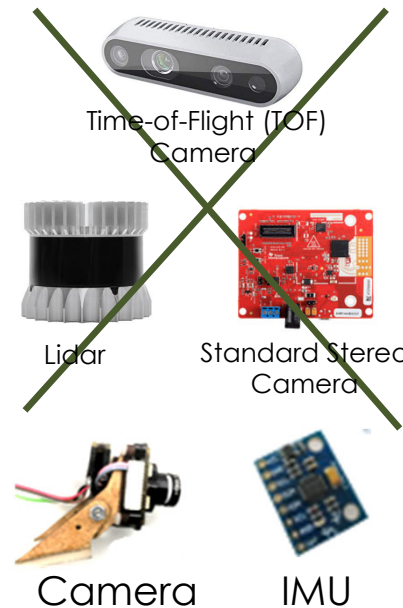
<https://www.youtube.com/watch?v=rAJwD2kr7c0>

3D Kartographie

| 3D-Rekonstruktion mit Kamera und IMU (Inertial Measurement Unit)

3D Umgebungswahrnehmung auf Drohnen

- Sehr beschränkte Nutzlast
- Kameraabstand auf kleinen Dohnen beschränkt:
 - Messbereich eingeschränkt
 - Auflösung limitiert



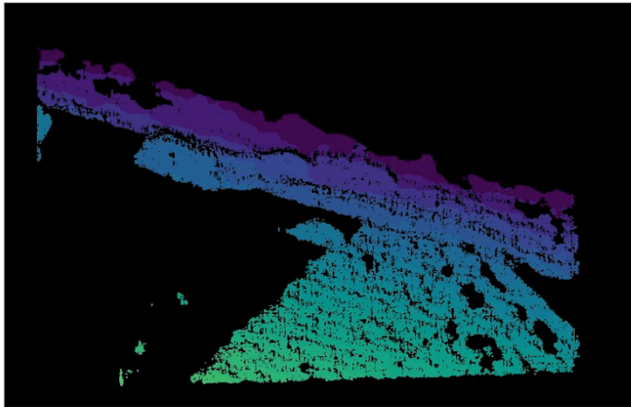
3D Kartographie

| 3D-Rekonstruktion mit Kamera und IMU (Inertial Measurement Unit)

Left



Depth map



Right



Colmap (top down view)



Detektion von Landminen

| omni-direktionale Drohne mit Metalldetektor

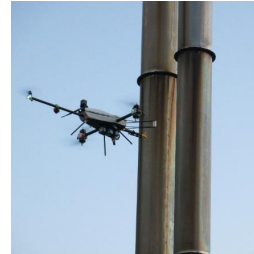
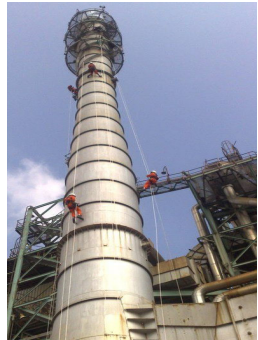


wingtra - schnelle und präzise 3D-Kartographierung



This data has been captured with the
WingtraOne GEN II drone

VOLIRO - Kontaktmessungen und Intervention in der Höhe



Drohnen - Vom wertvollen Mess- und Inspektionssystem zu höchst effektiven Waffe

- Kleine und günstige, dank Konsum-Produkt Technologie
- Einfach in der Produktion
- Drohnen haben sich im Ukraine-Krieg rasant zur höchst effektiven Waffe entwickelt, die kaum zu stoppen ist.



Drohnen – Höchst effektive Waffensysteme, kaum zu stoppen

- Sie können in grossen Mengen eingesetzt werden, sind günstig und für aktuellen Radarsystemen sehr schwer erkennbar.
- Einfache Fernsteuerung oder GPS-Navigation



Drohnen – kaum zu stoppen

- **Netze**
 - Sehr aufwändig
- **Jamming** (GPS und/oder Signal der Fernsteuerung)
 - Stört auch andere Systeme
- **Lösung**
 - Fernsteuerung via Lichtleiter

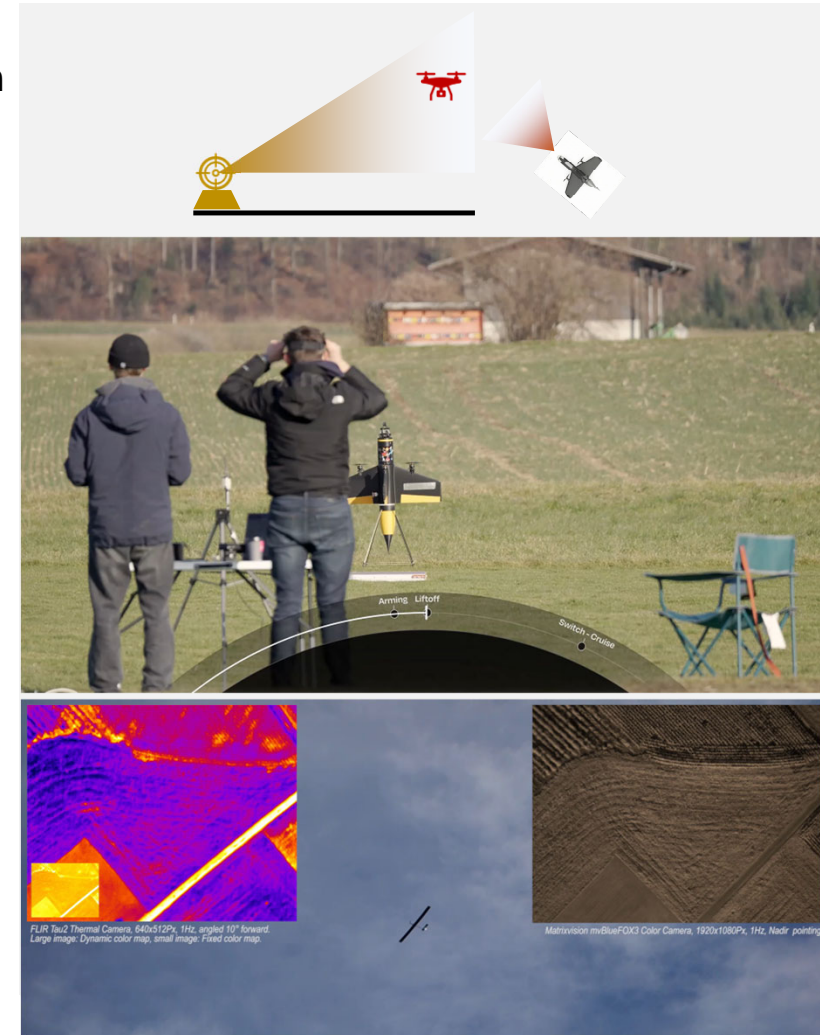


Drohnen – Abwehr komplex und heute noch nicht gelöst

- Mit aktuellen Radarsystemen schwer zu erkennen
- Im Flug sehr dynamisch wegen ihrer kleinen Masse
- Grosse Anzahl überfordert Abwehrsysteme
- Kosten pro Schuss heutiger Abwehrsysteme übersteigt die Kosten der Drohnen um ein vielfaches
- Ziviles Umfeld: Abschiessen mit unkontrolliertem Absturz ist keine Option!

Drohnen – nötige Technologie, um sie zu stoppen

- Zuverlässige **Detektion** und **Verfolgung** mit Sensorsystemen
 - vom Boden für schnelle Erfassung und Abschuss
 - Auf Verfolgungsdrohnen zum einzufangen oder um durch Kollision zu stoppen
 - Kombination von **Kamera, Wärmebild und Radar**
- Schnelle und sehr **agile Verfolgungsdrohnen**
 - Die Struktur ist ein Hauptbegrenzungsfaktor,
 - **Belastung** $\propto m^{1/3}$
 - Trägheitsmoment limitiert die Beschleunigung/Agilität
 - **Beschleunigung** $\propto m^{1/3}$
- Präzise **Flugnavigation ohne GPS** oder **Fernsteuerung**
 - Nicht störbar (Jamming)
 - **Navigation** basierend auf **Karten** und **on-board Sensoren**



Drone startups ETH & EPFL



sensefly.com/
aerial imaging drones for professional applications



veritystudios.com/
The magic of flying robots



aerotain.com/
blimp aerial entertainment



fotokite.com/
aerial filming made simple



flyability.com/
collision-tolerant flying robot



wingtra.com/
aerial imaging drones for professional applications



auterion.com/
software for drones



flybotix.com/
professional inspection drones



www.voliro.com
hand in the sky



<http://tinamu-labs.com>
Precise drone flight everywhere



<https://dronistics.epfl.ch/>
human-friendly drone delivery system



<https://suind.com>
AI-based safety-critical drone software

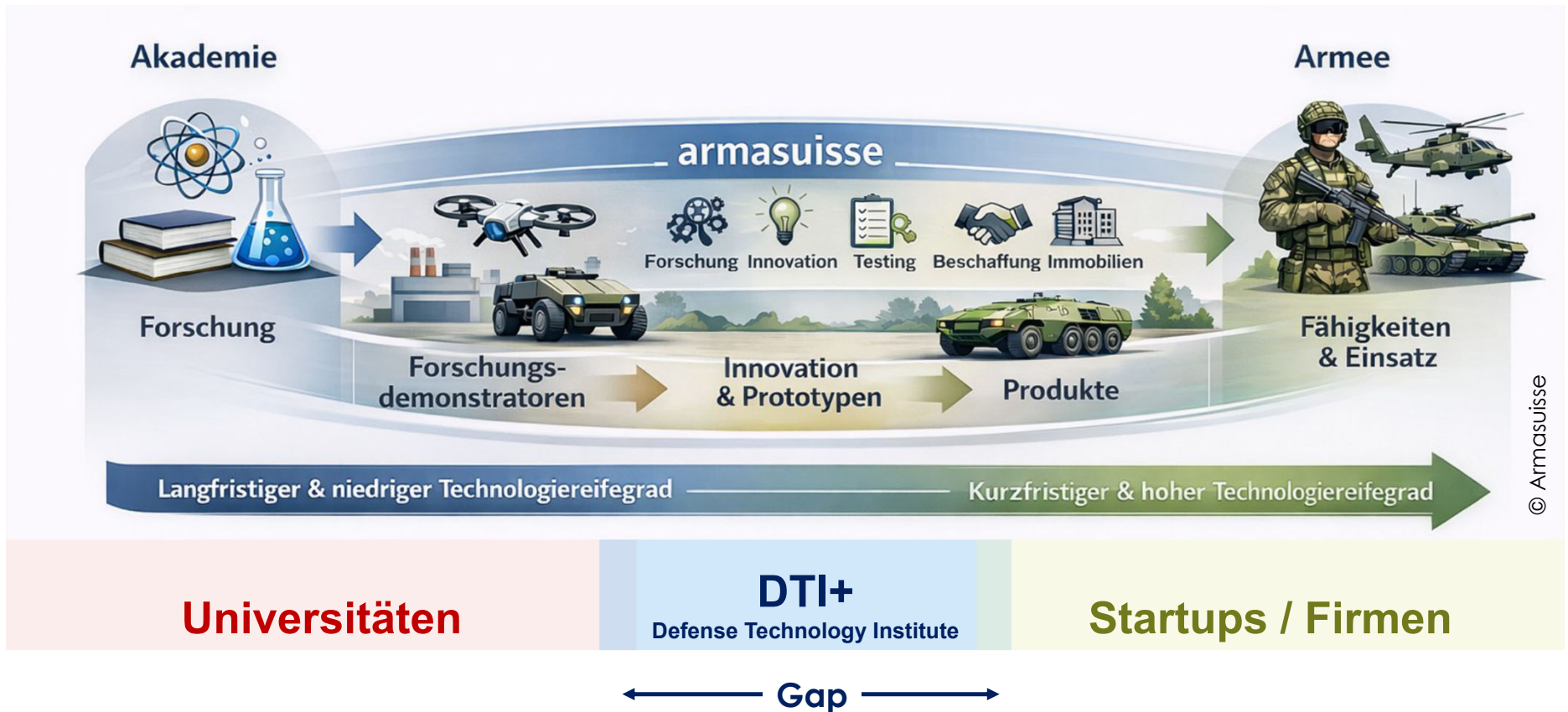


ETH zürich

Roland Siegwart & ASL Team



Zusammenarbeit für eine effektive Landesverteidigung



Take Home Message

- In den letzten zwei Dekaden haben sich Drohnen aus den Forschungslabors in schnell wachsende Märkte entwickelt
- Dank grosser Pionierleistungen hat sich die Schweiz zum **HOME OF DRONES** entwickelt
- Drohnen-Technologie ist immer noch in einer schnellen Entwicklung
 - On-board 3D Umgebungs-Rekonstruktion für autonomes Fliegen in komplexen Umgebungen
 - On-board «detect-and-avoid» bzw. «detect-and-track»
 - Interaktion im Flug mit der Umgebung
 - Nahtlose Integration von Drohnen im öffentlichen Luftraum

