Vom Reiz der Sinne: Wahrnehmung und Gehirn

„Wie fühlt sich ein fliegendes Auto an?“

Von der technologischen Vision zur benutzerfreundlichen Steuerung

Prof. Dr. Heinrich H. Bülthoff

Max-Planck-Institut für biologische Kybernetik

Abteilung: Wahrnehmung, Kognition und Handlung

Der Traum vom fliegenden Auto ist nicht neu

Verschiedene fliegende Autos wurden schon konzipiert. Aber bisher waren es nur Prototypen und vom Massenmarkt noch weit entfernt.

ConVairAir, 1940s

Taylor Aerocar, 1950s

American Historical Society, 1945

Neuere Entwicklungen (2000 – 2006)

- Die Technologie für den Individualverkehr in der Luft existiert schon.
- Nachteile der meisten Konzepte:
  - nicht für jedermann (Pilotenschein erforderlich)
  - Kompromisslösungen zwischen Auto und Flugzeug
  - benötigt Infrastruktur (Flugplatz und Straße)

PAL-V International B.V., The Netherlands

Transition, Terrafugia, USA

Studie der EU: Individualverkehr in der Zukunft

European Commission, Out of the box – Ideas about the future of air transport, 2007

Herausforderungen für Personal Aviation

"Ein PAV zu entwickeln ist nur ein Bruchteil der bevorstehenden Herausforderungen… Die anderen Herausforderungen bestehen nach wie vor…" [EC, 2007]

- Wie viele PAVs tolerieren wir?
- Wer darf/kann fliegen?
- Wie steht's mit der Sicherheit und dem Lärm,… ?
- Wie werden PAVs in das existierende Transportsystem integriert?

European Commission, Out of the box – Ideas about the future of air transport, 2007

Heutige Transportsysteme

Fernverkehr

+ hohe Geschwindigkeit (Flugzeug/Bahn)

– festgelegte Flughäfen / Bahnhöfe

– teure Infrastruktur

Nahverkehr

+ Reisen von „Tür-zu-Tür“ (Autos)

– verhältnismäßig langsam (Stau)

– teure Infrastruktur (Straßen, Brücken,…)

Neuwieser, Flickr

Siemens.com

Ian Britton

Derzeitiger Straßenverkehr hat große Probleme

Überlastung, Staus, Landnutzungskonflikte, Instanthaltung

Motivation für Personal Aviation

100 Milliarden Euro pro Jahr

gehen in der EU in Folge der Überlastung des Straßenverkehrs verloren

"Green Paper – Towards a new culture of urban mobility," Sept. 2007, Commission of the European Countries, Brussels.

Motivation für Personal Aviation

In den USA wird in Verkehrstaus **20x mehr Sprit verschwendet** als alle US-amerikanischen Kleinflugzeuge zusammen pro Jahr verbrauchen

"2009 Urban Mobility Report," The Texas A&M University System, 2009

Motivation für Personal Aviation

In europäischen Großstätten verbringen Autofahrer

über 50 Stunden pro Jahr im Stau

“Roadmap to a Single European Transport Area,” 2011

Zukünftige Transportsysteme: EU-Projekt myCopter

- Dauer: Jan 2011 – Dez 2014
- Projektkosten: € 4,287,529
- Projektfinanzierung EU: € 3,424,534

SEVENTH FRAMEWORK PROGRAMME

Max-Planck-Institut für biologische Kybernetik

UNIVERSITY OF LIVERPOOL

ÉCOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE DE LAUSANNE

ETH Eidgenössische Technische Hochschule Zürich Swiss Federal Institute of Technology Zurich

KIT Karlsruhe Institute of Technology

DLR

Worin liegen die Herausforderungen bei Fluggeräten für jedermann?

Technologien für persönliche Fluggeräte (PAVs)

mycopter

Automatisierung (sichtbasiert)

- Navigation und Flugführung
- Erkennung von Landeflächen
- Kollisionsvermeidung

Das Fliegen von PAVs

- Fliegen so einfach wie Autofahren
- Geteilte Kontrolle zwischen Mensch und Autopilot

Mensch-Maschine-Interaktion & Training

- Steuerelemente und Instrumente
- Multisensorische Schnittstellen

Erforschung des soziotechnologischen Umfelds

- Akzeptanz: Lärm, Sicherheit, Verbrauch
- Integration in vorhandene Transportsysteme

Neuartige Automatisierungsansätze

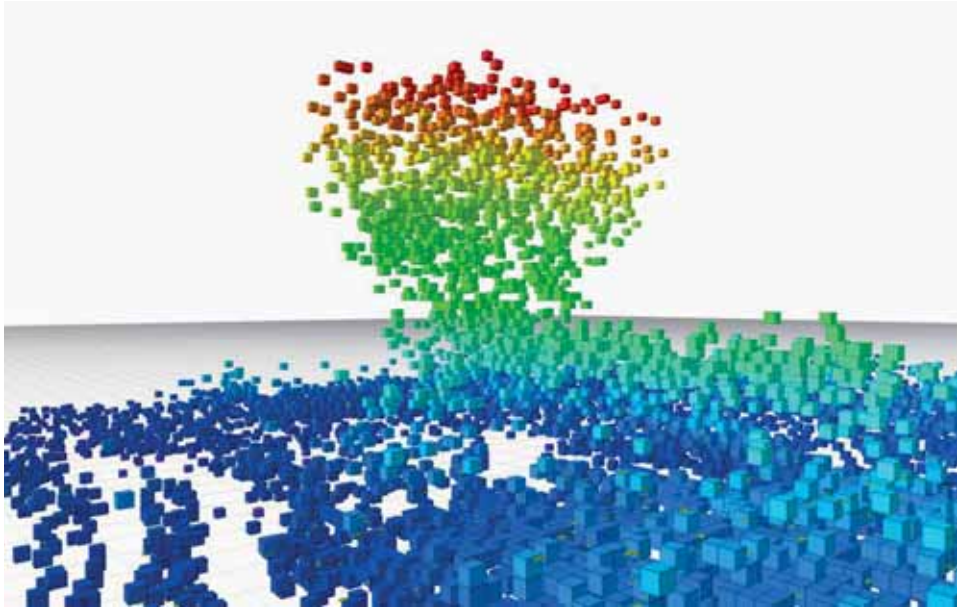
Ziel: Entwicklung robuster Algorithmen
für eine sichtbasierte Kontrolle und Navigation

Herausforderungen:

- wie Sichtflug-Piloten oder besser
- Erkennen von Hindernissen und Verkehr
- Finden und Ansteuern von Landeflächen
- Wetterbedingungen bzw. Jahreszeiten

Planung von Luftstraßen mittels visueller Information

kamerabasierte Navigation und Kontrolle

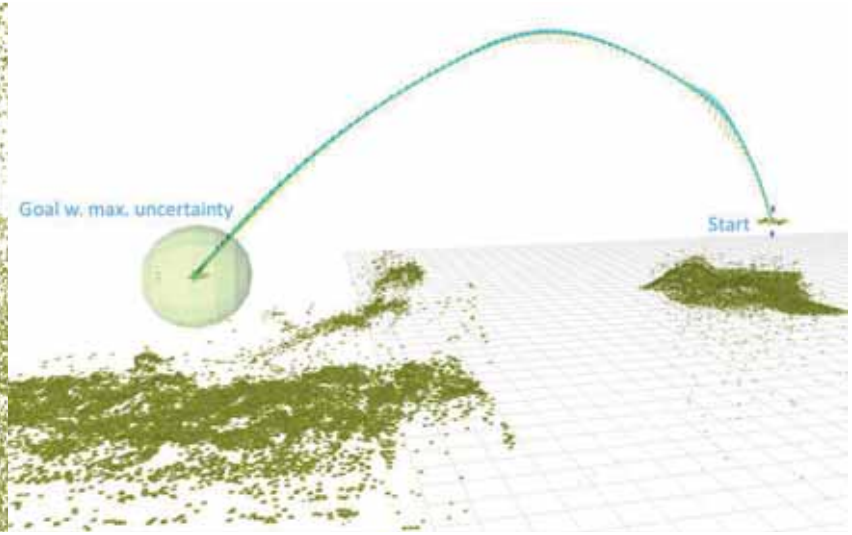


ETH
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

Visuelle Flugwegplanung und Kontrolle

sichtbasierte Navigation in niedriger Höhe in sich verändernden Umgebungen

- Erstellung einer Karte des unbekannten Terrains
- Vermeidung von Gebieten ohne Landmarken (Wasser)



ETH
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

Sichtbasierte Landeplatzbestimmung

ohne Bodenkontrolle

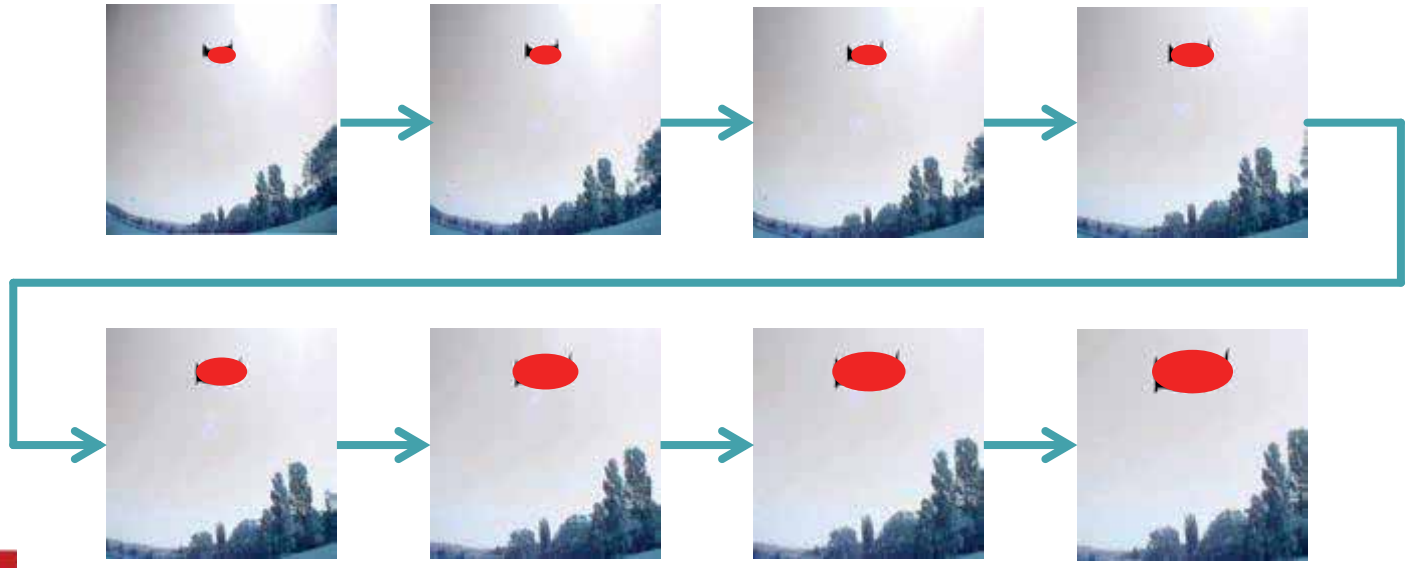
- Die richtige Landeplatzbestimmung ist wesentlich für den sicheren Betrieb eines PAVs.
- Oberflächenrekonstruktion an Bord, 3D-Informationen aus monokularen Kamerabildern

Single- and multi-frame detection of shape regularity
S: Single-frame segmentation
SL: Single-frame detection
MP: Full approach
MPC: Full approach + colour selection

ÉCOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE DE LAUSANNE

Detektion von PAVs auf Kollisionskurs

- Detektion von PAVs, die auf Kollisionskurs sind
- Abschätzung der Entfernung zum Objekt und der Zeit bis zum Zusammenstoß



ÉCOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE DE LAUSANNE

Dezentralisierte Luftverkehrskontrolle

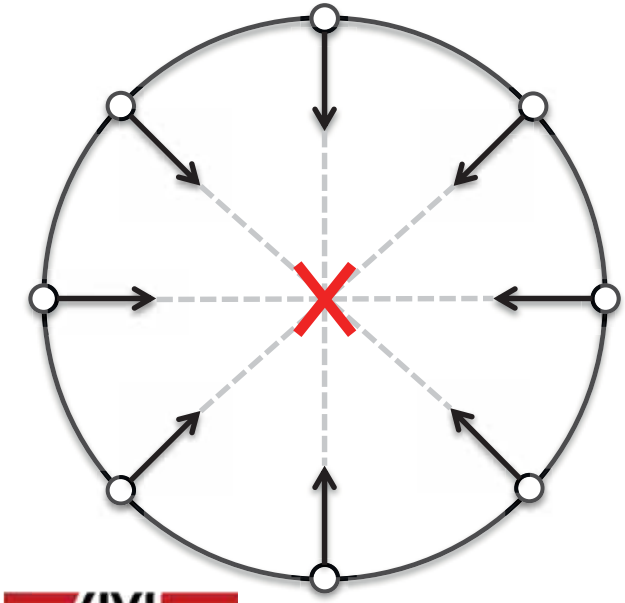
Formationsflug entlang von Flugstraßen

- globale Verkehrssteuerung erfordert Schwarmverhalten
- Entwicklung und Test von “Schwarm-Algorithmen” mit UAVs

ÉCOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE DE LAUSANNE

Strategien zur Kollisionsvermeidung

Simulation: 50 PAVs fliegen in der gleichen Höhe von einem Punkt des Kreises zu einem Punkt auf der gegenüberliegenden Seite.



PhD Thesis of Nicolas Dousse 2017

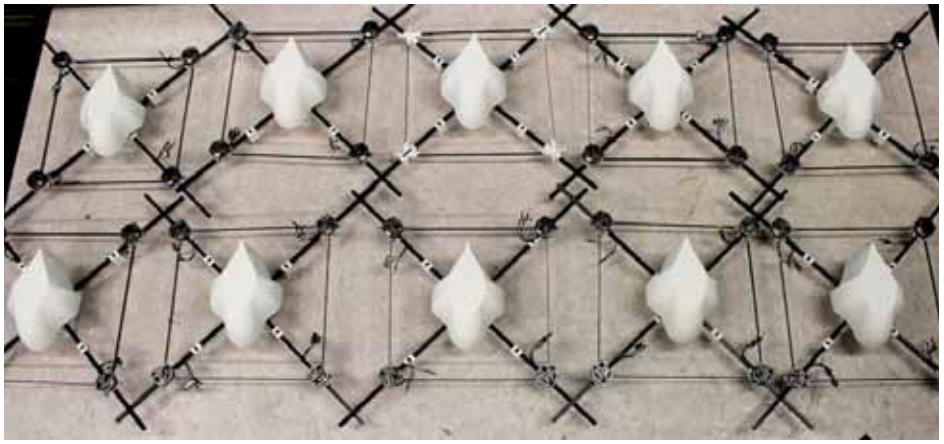
ÉCOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE DE LAUSANNE

Strategien zur Kollisionsvermeidung

inspiriert durch das Verhalten von Menschenmassen

- verteilt, gemeinschaftlich, reaktiv, einzelne Ziele
- Test mit einem Schwarm von UAVs

Guy et al., Eurographics Symposium on Computer animation, 2010



ÉCOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE DE LAUSANNE

Steuerung von PAVs

Ziel: Unterstützung des Piloten durch Automation

Herausforderungen:

- Einen Helikopter zu fliegen ist schwierig und erfordert viel Training.
- Welche Fähigkeiten sollten zukünftige PAV-Piloten haben?
- Wie viel Training braucht man?

UNIVERSITY OF LIVERPOOL

Neue Steuerungskonzepte

Entwicklung und Bewertung neuer Konzepte für PAV-Kontrolle

normale Helikopterkontrolle

⋮

direkte Neigungssteuerung

⋮

Translationskontrolle
vorwärts/laterale Geschwindigkeit
automatische Kurvenkoordination
climb rate, flight path angle

⋮

Fliegen wie Fahren (Lenkrad)
Parken mit Richtungsknöpfen

UNIVERSITY OF LIVERPOOL

Mensch-Maschine-Schnittstellen

Ziel: Entwicklung von Mensch-Maschine-Schnittstellen, die Fliegen so einfach wie Autofahren machen

Herausforderungen:

- Flugkontrollgeräte und Anzeigen intuitiver gestalten
- multisensorische Ein- und Ausgabe
- Einsatz von Autopiloten in Abhängigkeit der Arbeitsbelastung des Piloten (physiologische Überwachung)

Tests von neuen Schnittstellen

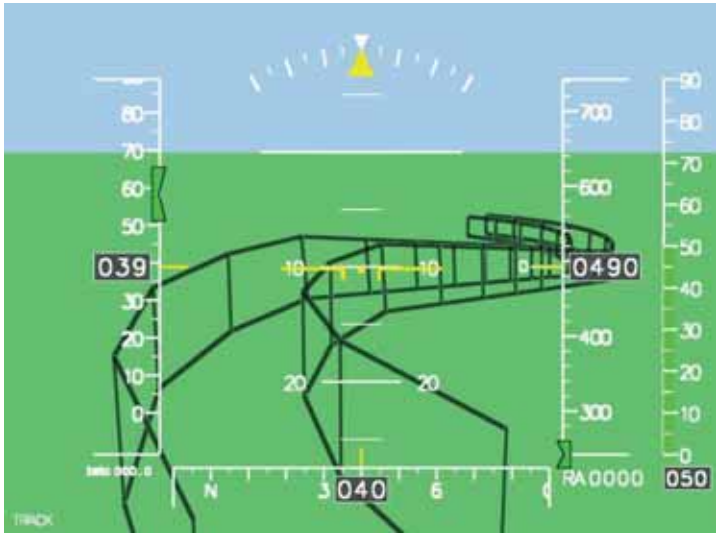
Fliegen so einfach wie Fahren

- Unser multisensorischer Ansatz liefert zusätzliche Informationen durch schnelle und leichtverständliche Hinweise
  - Augen
  - Gehör
  - Tastsinn
  - Gleichgewichtssinn

- Testen von Schnittstellen in Simulatoren
  - MPI: CyberMotion-Simulator
  - DLR: Flying Helicopter Simulator

Intuitive Displays und Eingabegeräte

- Highway-in-the-Sky-Display
- aktiver Sidestick, um die Straße zu “spüren”

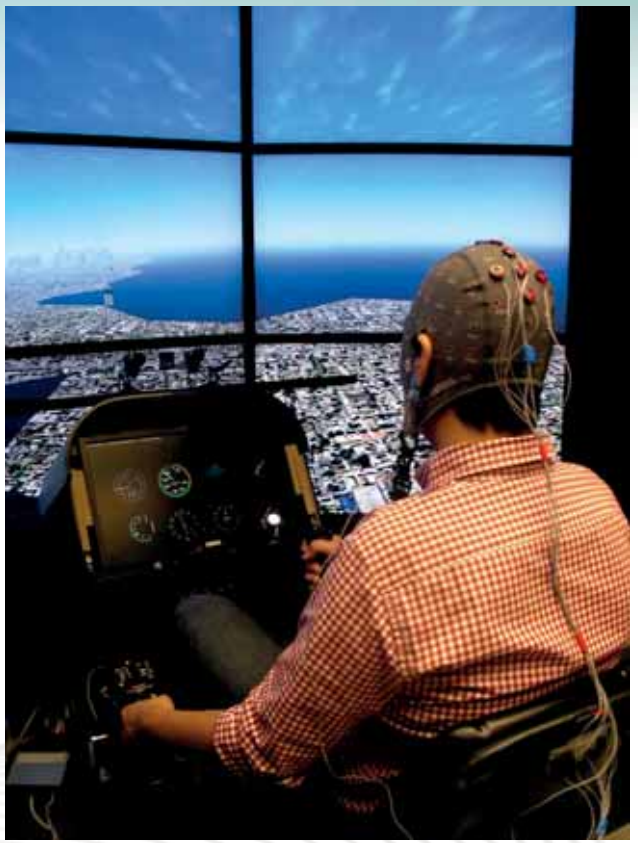


Was passiert im Gehirn beim Fliegen?

Objektive Messungen mittels EEG, um die Auslastung des Piloten zu ermitteln

Neuartige mentale Messungen der Pilotenbelastung

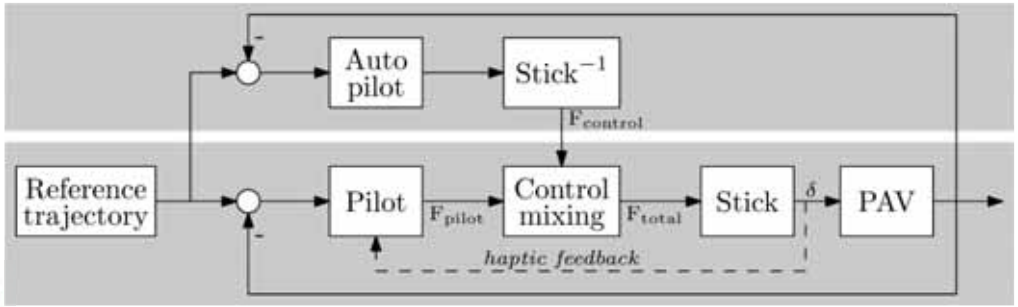
- Traditionell anhand von Fragebögen (z. B. NASA-TLX)
- Alternative: psychophysiologische Messungen, EEG, Herzraten Variabilität, Hautleitfähigkeit



Multisensorische Mensch-Maschine-Schnittstelle

geteilte Kontrolle

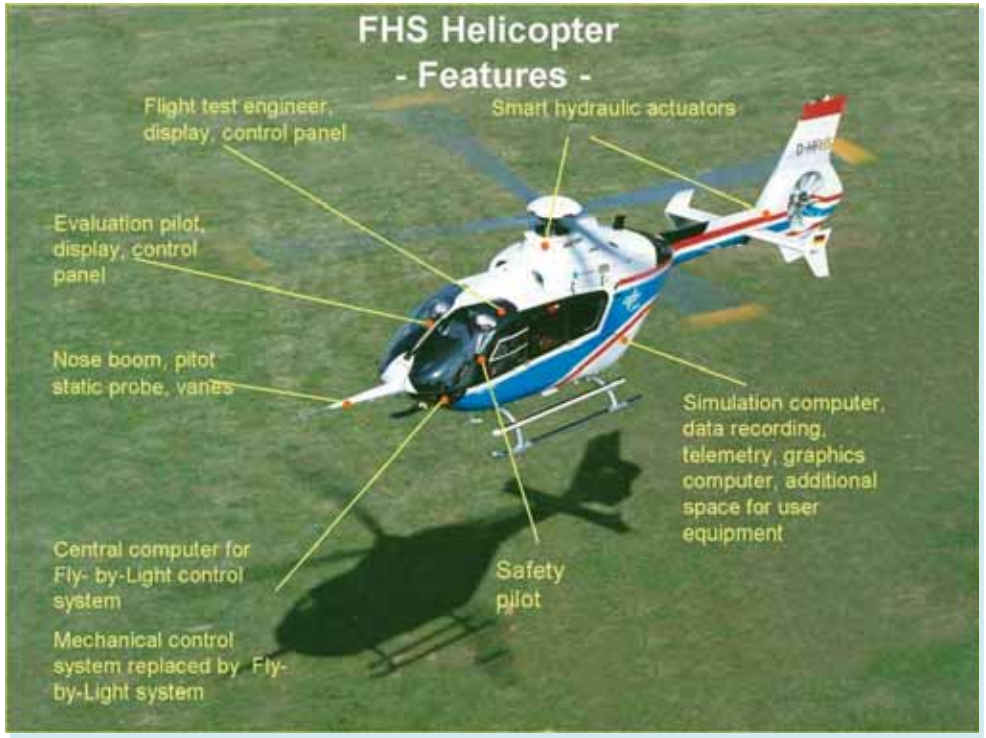
- Kombination der Vorteile aus manueller sowie automatischer Kontrolle.
- Der Pilot bleibt in Kontrolle und kann das automatische Kontrollsystem überschreiben.



Haptische Führungshilfe

Experimentelle Validierung

Die neuen Technologien müssen im Flug getestet werden



Fliegender Helikopter-Simulator

- Fly-by-wire / fly-by-light Experimental Helikopter
- Ausgestattet mit vielen Sensoren, konfigurierbarer Steuerung und Instrumenten
- Validierung der HMI*-Konzepte und der Automatisierung

*HMI – Human-Machine Interface/ Mensch-Maschine-Schnittstelle

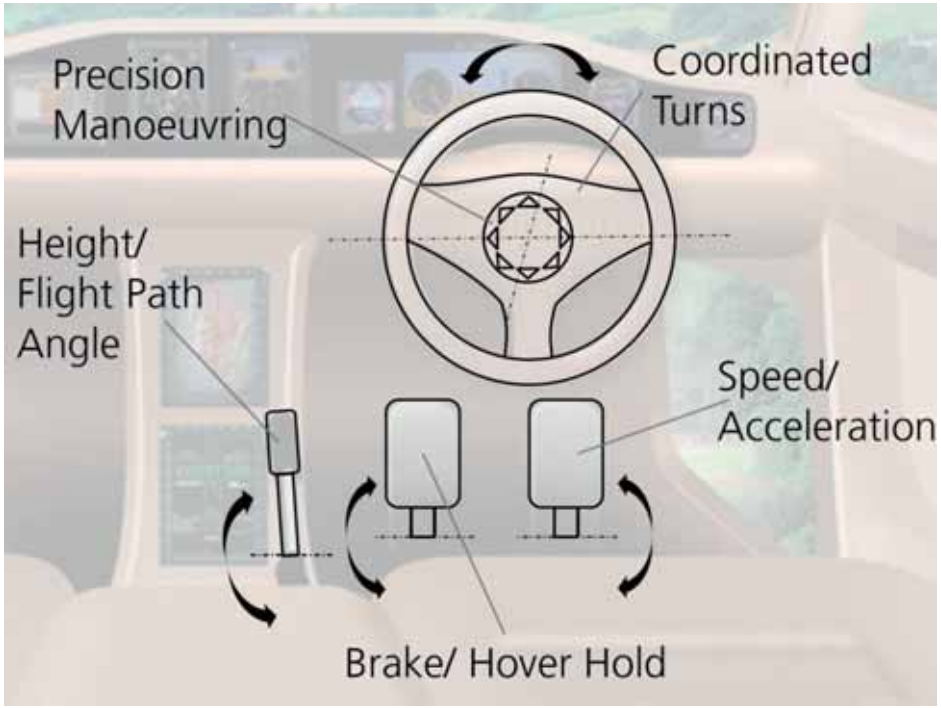
DLR

Experimentelle Validierung

Die neuen Technologien müssen im Flug getestet werden

Fliegen so einfach wie Fahren

Austausch von Helikopter-Steuerelementen mit einem Lenkrad und Pedalen



Fliegen so einfach wie Fahren

Neuartige Steuergeräte für sicheren und effizienten PAV-Betrieb

- DLR Fliegender Helikopter-Simulator (FHS) mit Lenkrad
- Vorführung am Projekttag 20. November 2014 in Braunschweig

Soziales und ökonomisches Umfeld

Die größte Herausforderung ist die Akzeptanz in der Gesellschaft

- Sicherheitsbedenken
- Rechtsfragen
- Ökologische Aspekte
- Lärm

Out of the Box, EC (2007)

Erwartungen, Anforderungen und Bedenken

- subjektive Beurteilung von gesellschaftsverändernden Technologien
- Risikobeurteilung
- Entwicklung neuer Regularien für PAVs

Was hält die Bevölkerung von PAVs

Interviews mit Fokusgruppen in 3 europäischen Ländern, um die Vorstellungen und Erwartungen potenzieller Nutzer zu bestimmen.

- Diskussion über Mobilitätsverhalten und Erwartungen an PAVs
- Demonstration eines PAV-Fluges in einem Simulator
- Diskussion über spezifische PAV-Aspekte wie Design, Operation, Autonomie, Benutzerfreundlichkeit usw.

Erwartungen und Anforderungen der potenziellen Nutzer

SICHERHEIT
- Im Fluggerät
- Auf dem Boden

UMWELTASPEKTE
- Lärm
- Optische Verschandelung des Luftraums / der Umgebung

EIGENTUMSFRAGE
- Besitzen oder Teilen

INFRASTRUKTUR
- Landung
- Instandhaltung

RECHTSFRAGEN
- Unfälle
- Kommunikation
- Privatsphäre

AUTOMATISIERUNGSGRAD
- Vollautomatisch oder manuell
- Nutzen für Freizeit
- Notfallsituationen

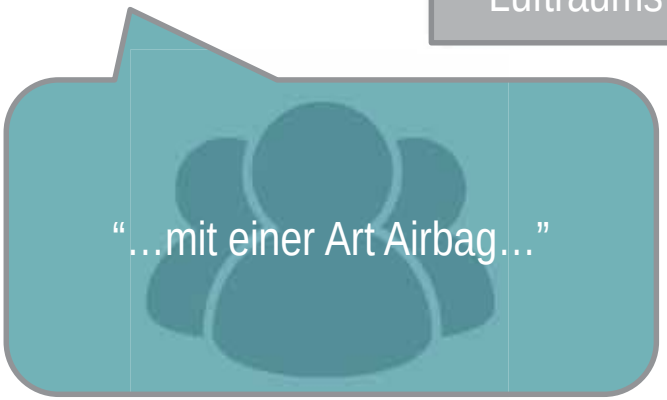
WEITERE
- Nutzung für Tourismus
- Waldüberwachung
- Evakuierung im Notfall

Erwartungen und Anforderungen der potenziellen Nutzer

SICHERHEIT
- Im Fluggerät
- Auf dem Boden

UMWELTASPEKTE
- Lärm
- Optische Verschandelung des Luftraums / der Umgebung

EIGENTUMSFRAGE
- Besitzen oder Teilen



INFRASTRUKTUR
- Landung
- Instandhaltung

RECHTSFRAGEN
- Unfälle
- Kommunikation
- Privatsphäre

AUTOMATISIERUNGSGRAD
- Vollautomatisch oder manuell
- Nutzen für Freizeit
- Notfallsituationen

WEITERE
- Nutzung für Tourismus
- Waldüberwachung
- Evakuierung im Notfall

Erwartungen und Anforderungen der potenziellen Nutzer

SICHERHEIT
- Im Fluggerät
- Auf dem Boden

UMWELTASPEKTE
- Lärm
- Optische Verschandelung des Luftraums / der Umgebung

EIGENTUMSFRAGE
- Besitzen oder Teilen

"…Tausende davon, die umherschwirren… den Himmel verdunkeln, lärmen und die Umgebung mit Abgasen verpesten

INFRASTRUKTUR
- Landung
- Instandhaltung

RECHTSFRAGEN
- Unfälle
- Kommunikation
- Privatsphäre

AUTOMATISIERUNGSGRAD
- Vollautomatisch oder manuell
- Nutzen für Freizeit
- Notfallsituationen

WEITERE
- Nutzung für Tourismus
- Waldüberwachung
- Evakuierung im Notfall

Erwartungen und Anforderungen der potenziellen Nutzer

SICHERHEIT
- Im Fluggerät
- Auf dem Boden

UMWELTASPEKTE
- Lärm
- Optische Verschandelung des Luftraums / der Umgebung

EIGENTUMSFRAGE
- Besitzen oder Teilen

"…nur auf bestimmten Routen,
…über Autobahnen…
über dem Schienennetz…"

INFRASTRUKTUR
- Landung
- Instandhaltung

RECHTSFRAGEN
- Unfälle
- Kommunikation
- Privatsphäre

AUTOMATISIERUNGSGRAD
- Vollautomatisch oder manuell
- Nutzen für Freizeit
- Notfallsituationen

WEITERE
- Nutzung für Tourismus
- Waldüberwachung
- Evakuierung im Notfall

Erwartungen und Anforderungen der potenziellen Nutzer

SICHERHEIT
- Im Fluggerät
- Auf dem Boden

UMWELTASPEKTE
- Lärm
- Optische Verschandelung des Luftraums / der Umgebung

EIGENTUMSFRAGE
- Besitzen oder Teilen

"…
„…man müsste sich Gedanken über neue Infrastrukturen in den Städten machen…"

INFRASTRUKTUR
- Landung
- Instandhaltung

RECHTSFRAGEN
- Unfälle
- Kommunikation
- Privatsphäre

AUTOMATISIERUNGSGRAD
- Vollautomatisch oder manuell
- Nutzen für Freizeit
- Notfallsituationen

WEITERE
- Nutzung für Tourismus
- Waldüberwachung
- Evakuierung im Notfall

Erwartungen und Anforderungen der potenziellen Nutzer

SICHERHEIT
- Im Fluggerät
- Auf dem Boden

UMWELTASPEKTE
- Lärm
- Optische Verschandelung des Luftraums / der Umgebung

EIGENTUMSFRAGE
- Besitzen oder Teilen

"…Ich würde vollautomatisch bevorzugen… da ich niemand anderem vertraue…Ich vertraue der Technologie…"

INFRASTRUKTUR
- Landung
- Instandhaltung

RECHTSFRAGEN
- Unfälle
- Kommunikation
- Privatsphäre

AUTOMATISIERUNGSGRAD
- Vollautomatisch oder manuell
- Nutzen für Freizeit
- Notfallsituationen

WEITERE
- Nutzung für Tourismus
- Waldüberwachung
- Evakuierung im Notfall

Erwartungen und Anforderungen der potenziellen Nutzer

SICHERHEIT
- Im Fluggerät
- Auf dem Boden

UMWELTASPEKTE
- Lärm
- Optische Verschandelung des Luftraums / der Umgebung

EIGENTUMSFRAGE
- Besitzen oder Teilen

"…wenn alles automatisiert ist… ein Unfall passiert…, wessen Schuld ist es…"

INFRASTRUKTUR
- Landung
- Instandhaltung

RECHTSFRAGEN
- Unfälle
- Kommunikation
- Privatsphäre

AUTOMATISIERUNGSGRAD
- Vollautomatisch oder manuell
- Nutzen für Freizeit
- Notfallsituationen

WEITERE
- Nutzung für Tourismus
- Waldüberwachung
- Evakuierung im Notfall

Erwartungen und Anforderungen der potenziellen Nutzer

SICHERHEIT
- Im Fluggerät
- Auf dem Boden

UMWELTASPEKTE
- Lärm
- Optische Verschandelung des Luftraums / der Umgebung

EIGENTUMSFRAGE
- Besitzen oder Teilen

"…es mit anderen zu teilen wird kostengünstiger sein, als sein eigenes zu besitzen…"

INFRASTRUKTUR
- Landung
- Instandhaltung

RECHTSFRAGEN
- Unfälle
- Kommunikation
- Privatsphäre

AUTOMATISIERUNGSGRAD
- Vollautomatisch oder manuell
- Nutzen für Freizeit
- Notfallsituationen

WEITERE
- Nutzung für Tourismus
- Waldüberwachung
- Evakuierung im Notfall

PAVs: Wie geht’s weiter?

NASA study: Flying air taxis could be as cheap as an Uber ride, and faster

BY ALAN BOYLE on September 24, 2015 at 12:35 pm

PAV Entwicklung in Deutschland: Volocopter GmbH

Oct 2011

Maiden flight of the VC1

Nov 2013

Maiden flight of the VC200

Mar 2016

Premiere manned flight based on *permit-to-fly*

The Volocopter is the only certified man-carrying multicopter in the world!

Volocopter: Autonome Air Taxi (AAT)
Erste unbemannte Testflüge Dubai (Juli 2017)

https://www.youtube.com/watch?v=KwDmAkMBy98

Infrastruktur: Wie parkt man ein PAV ?

https://www.youtube.com/watch?time_continue=145&v=jO24YaCYu80

Lilium GmbH (2015, Germany)

"… Lifting off from an airfield in Germany, Lilium Aviation's Jet Vertical Take-Off and Landing (VTOL), zero-emission, electric Eagle prototype has completed its maiden flight. …"

NewAtlas.com | Lilium plans five-seater air taxi after successful unmanned flight | David Szondy | April 21st, 2017

"… US$90 million in new funding from Chinese holding company and internet giant Tencen…"

Tom Wilczek | Lilium locks in $90 million in funding for five-seater flying taxi | Nick Lavars | September 6th, 2017

Lilium: First flight test (April 2017)

The Lilium Jet – The world's first all-electric VTOL jet

https://www.youtube.com/watch?v=ohig71bwRUE

Neue Projekte: Airbus Vahana

"… Airbus Group is harnessing its experience to make the dream of all commuters and travelers come true one day: to fly over traffic jams at the push of a button…"

www.airbusgroup.com

"…it's not crazy to imagine that one day our big cities will have flying cars making their way along roads in the sky…"

Tom Enders | CEO Airbus Group

Neue Projekte: Airbus - Italdesign

https://www.youtube.com/watch?v=L0hXsIrvdmw

"... The Pop.Up consists of three modules: A carbon-fibre capsule that would carry passengers or goods, a battery vehicle running on the ground and an aerial module electrically propelled by eight rotors..."

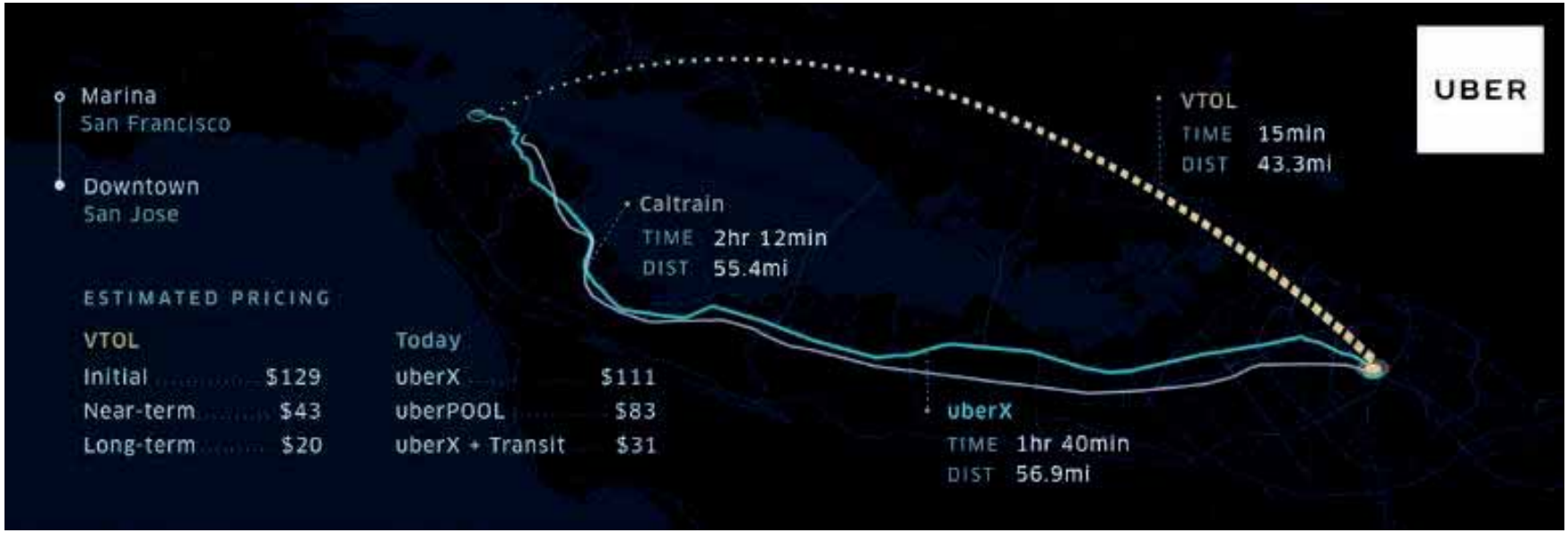
"… It essentially looks like a futuristic electric vehicle on the ground and like a drone-car in the air …"

hindustantimes | Geneva Motor Show: Airbus Pop.Up aka Vahana - the first flying electric-car concept | Gulshankumar Wankar| March 09, 2017

Neue Projekte: Uber Elevate

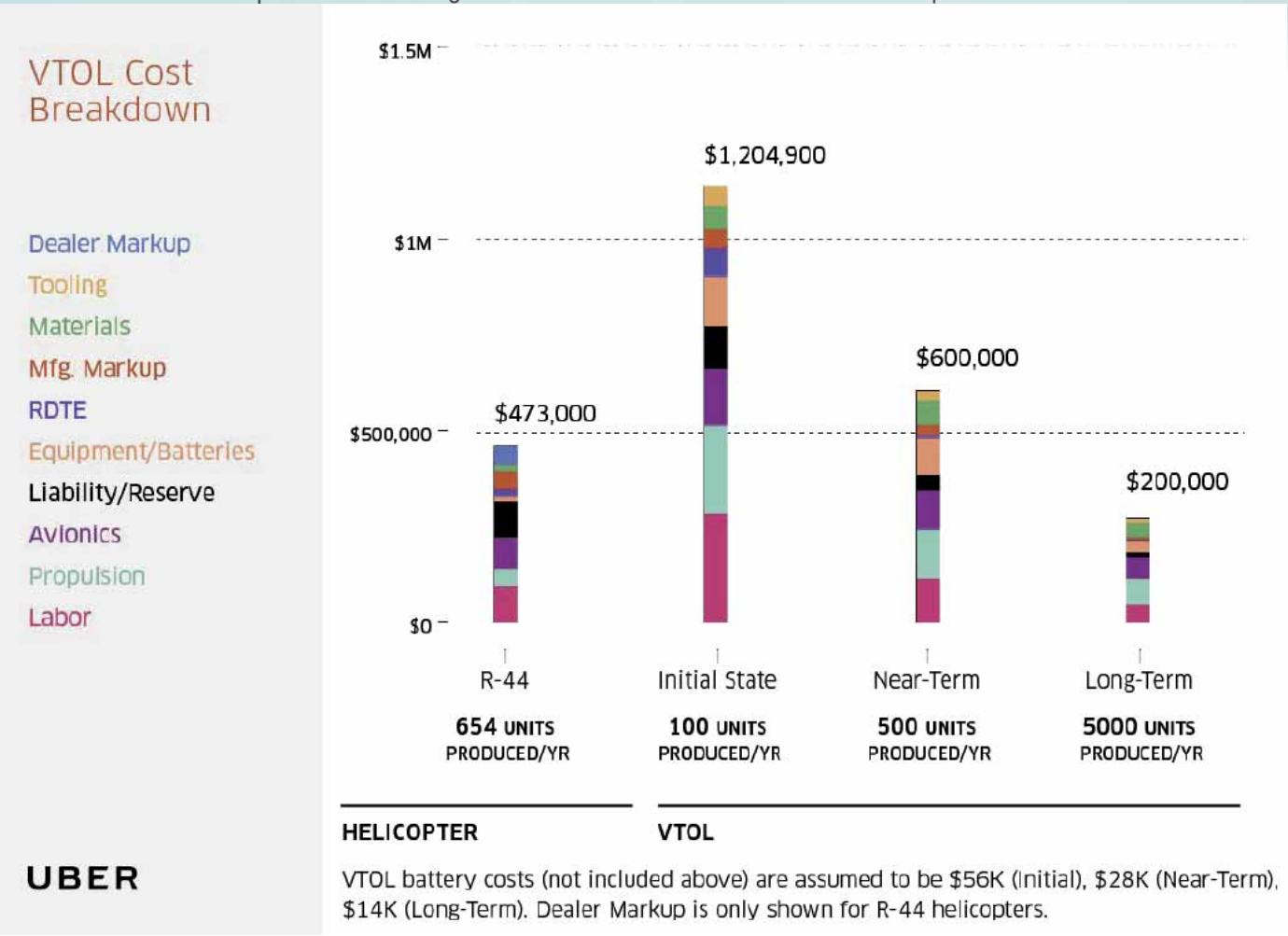
"…urban air transportation will use three-dimensional airspace to alleviate transportation congestion on the ground…"

Uber Elevate | "Fast-Forwarding to a Future of On-Demand Urban Air Transportation"



Uber: Cost Breakdown

Source: Uber Elevate | “Fast-Forwarding to a Future of On-Demand Urban Air Transportation”



eVTOL Firmen (weltweit)

Winged

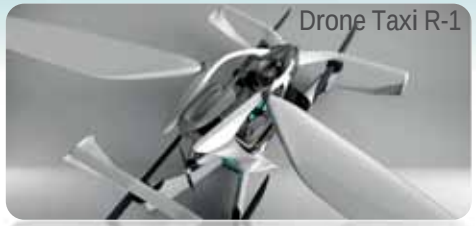
1. A³ Vahana
2. AirspaceX MOBi
3. Aurora Flight Sciences eVTOL
4. Aurora Flight Sciences LightningStrike
5. Bell Helicopter (unnamed)
6. Carter Aviation/ Mooney CarterCopter
7. DeLorean Aerospace DR-7
8. Flexcraft
9. Hoversurf Drone Taxi R-1
10. JAXA Hornisse
11. Joby Aviation S4
12. Lilium Jet
13. Pipistrel (unnamed)
14. Terrafugia TF-X
15. XTI Aircraft Trifan 600
16. Zee Aero Z-P1

Wingless

1. Airbus Helicopters CityAirbus
2. Bartini flying car (unnamed)
3. Cartivator SkyDrive
4. EHang 184
5. Jetpack Aviation (unnamed)
6. Kitty Hawk Flyer
7. Neva Aerospace AirQuadOne
8. Volocopter VC200 / 2X
9. Workhorse SureFly

Hover Bikes

Scorpion


Drone Taxi R-1

Malloy Hoverbike

Flik
e

Kalashnikov Concern

Neva AirQuadOne
AIRQUAD

Kitty Hawk Flyer

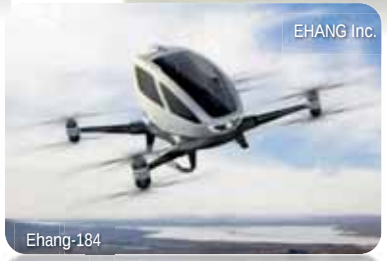
Dubai police to fly multirotor hoverbikes

Project Formula: From Hoverbike to Air-Taxi

Russian hoverbike creators **plan 5-seater VTOL air taxi** with fold-away wings and **52** tiny turbine Venturi propulsion units for a combination of VTOL convenience, and winged efficiency.
Compact form factor to fit in a single car space.

(Credit: Hoversurf)

PAVs werden kommen



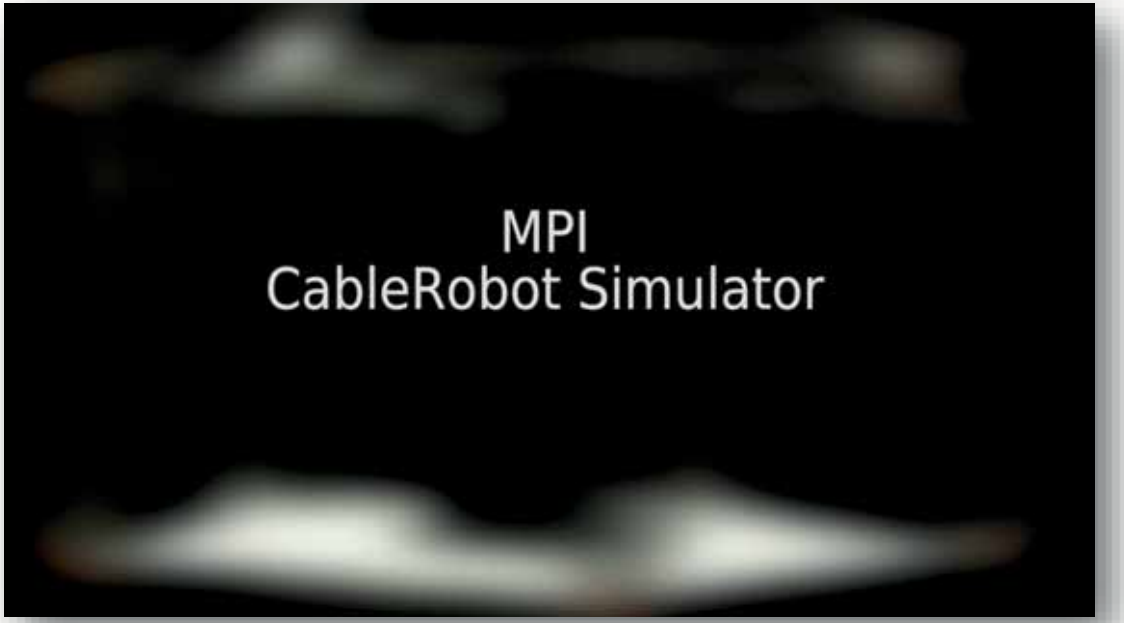
Personal Aerial Vehicles (PAVs)
Lösung der Verkehrsprobleme?

- Autonomes Fahren zeigt die Richtung
  - Technologie
  - Regulierungen
  - Rechtliche Fragen
- Aber selbstfahrende Autos allein werden die Verkehrsprobleme nicht lösen

- Die dritte Dimension bietet neue Möglichkeiten!

„Wie fühlt sich ein fliegendes Auto an?“

- Das ist schwer mit Worten zu vermitteln
- Um das selber zu fühlen müssen Sie nach Tübingen kommen und mit dem Simulator fliegen



Danke für Ihre Aufmerksamkeit

Stefano Geluardi
Mario Olivari
Frank Drop
Carlo Gerboni
Giulia D'Intino
Davide Fabbroni
Francesco Bufalo
Paolo Pretto
Joost Venrooij
Suzanne Nooij
Mikhail Katliar
Ksander de Winkel
Alessandro Nesti
Diane Cleij
Johannes Lächele
Maria Liebsch
Harald Teufel
Michael Kerger
Rainer Boss

and thanks to the Max Planck
Motion Perception and Simulation Group

Web: www.kyb.tuebingen.mpg.de
Email: heinrich.buelthoff@tuebingen.mpg.de