

Sicherheit autonomer Fahrzeuge am Boden und in der Luft

Dr.-Ing. Christian Langenbach

Deutsches Zentrum für Luft- & Raumfahrt e.V. (DLR), Köln
christian.langenbach@dlr.de

Workshop SafeWare Engineering 2018
09.-10. Juli 2018, KIT, Karlsruhe



Wissen für Morgen



Verkehrssicherheit

Automatisierung ... hilft kaum

13.06.2018 | Entwicklung | Ausgabe 3/2018

Vernetzte Automobile Die Cloud fährt mit

#FLUGTAXI: WARUM WIR ERST AUTONOM FLIEGEN, BEVOR WIR AUTONOM FAHREN

12.06.2018 | Car-to-X | Nachricht | Onlineartikel

13.06.2018 | Sensorik | Im Fokus | Onlineartikel

+al und Vodafone kooperieren bei ... +7ung

...erkennung fi:

...triebshof

...tonome Fahren

...en mit autonom

...oit sicherer

AUTONOME LUFT-TAXIS

Wenn der Heli selbst bis ins D...

VON CHRISTOPH HEIN, SINGAPUR - AKTUALISIERT



Daru

Autonom fahrende Busse in der Hamburger HafenCity: DLR forscht zur Entwicklung und Akzeptanz vom autonomen Nahverkehr im

Projekt HEAT

Von Gert ... 1. Juni 2018

Springer

26.06.2018 | Mobilität

Ingolstadt

Airbus-C

16.01.2017

**Wettlauf um fliegende Autos
Lilium Aviation baut elektrisches Lufttaxi**

...chricht | On
...m Testf

#LUFTFAHR

Artikel von: futurezone 08.08.2017, 17:00 Uhr

...eing will Flugzeuge ohne Pilot

...eing entwickelt Algorithmen, die Ver
Tests beginnen noch in diesem Som

...atisiertes Fahren | Nachricht | Onlinearti

13.06.2018 | Sensorik | Im Fokus | Onlineartikel

Umfeldererkennung für das autonome Fahren

Selbstheilende Software

Hackern



Akzeptanz autonomer Verkehrsmittel (Umfrage 2015 der Bitkom Research)

-Können Sie sich vorstellen, eines der folgenden Verkehrsmittel zu nutzen, wenn es selbstfahrend ist?-



51%
Straßen-/U-Bahn



50%
Zug



34%
Auto



30%
Bus



25%
Schiff



13%
Flugzeug



Welche Fahrzeuge am Boden und in der Luft werden betrachtet?

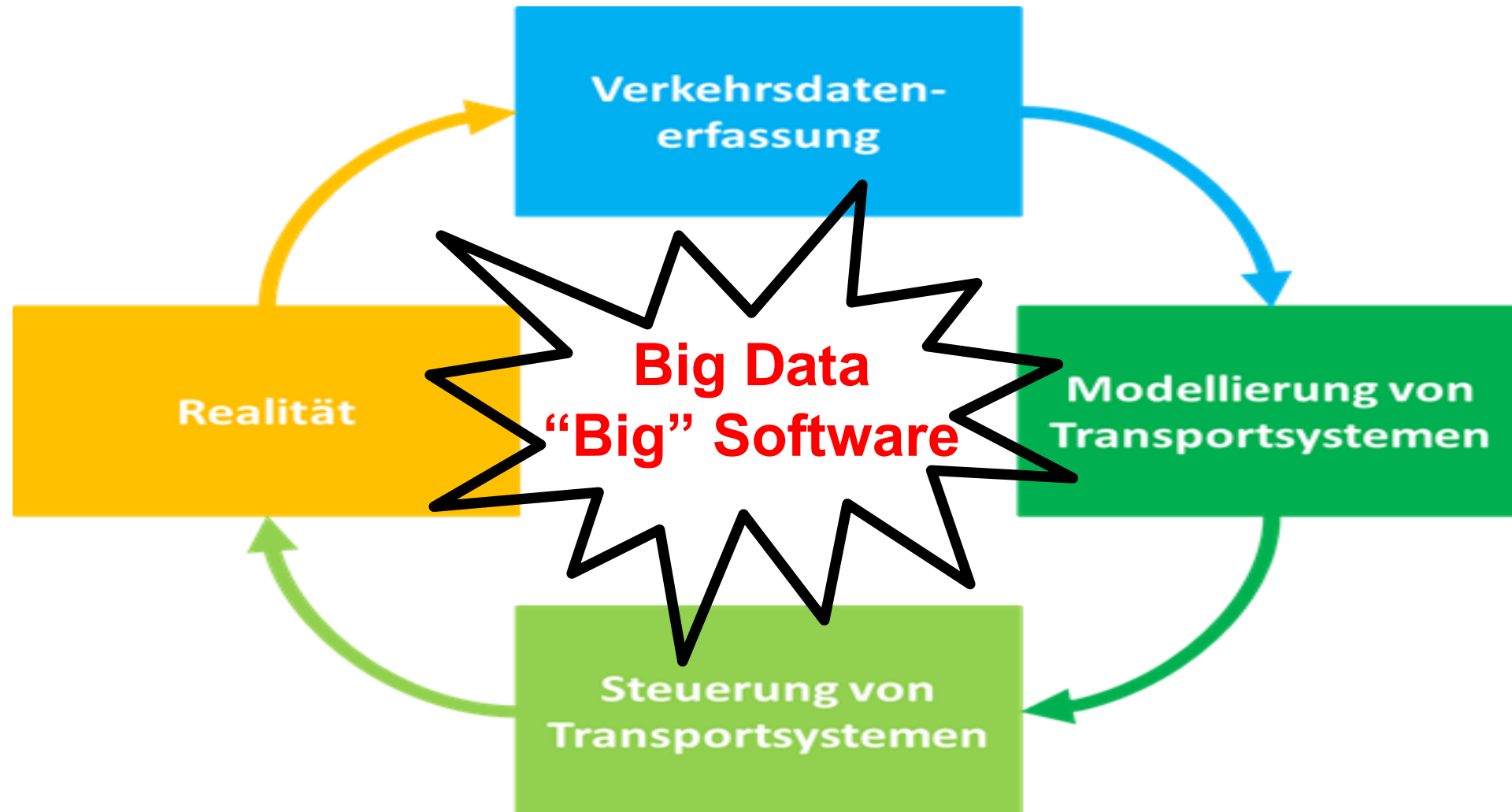


“While manufacturers and the media talk enthusiastically about mass uptake of autonomous vehicles, the reality is that there are a number of significant technological, legislative and public confidence barriers!”

Henderson, road expert at PA Consulting Group



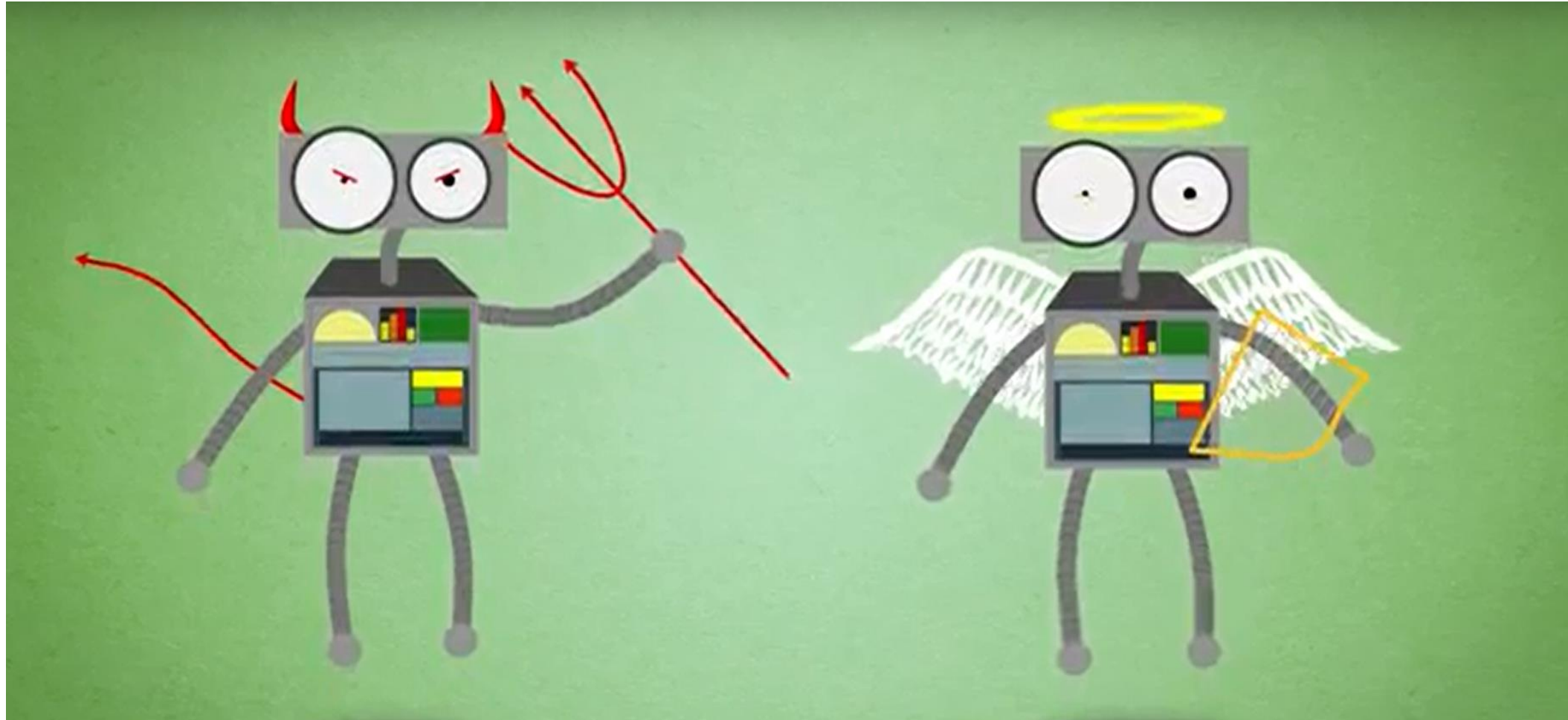
Mobilität der Zukunft – Intermodale Autonomie!



Quelle: DLR



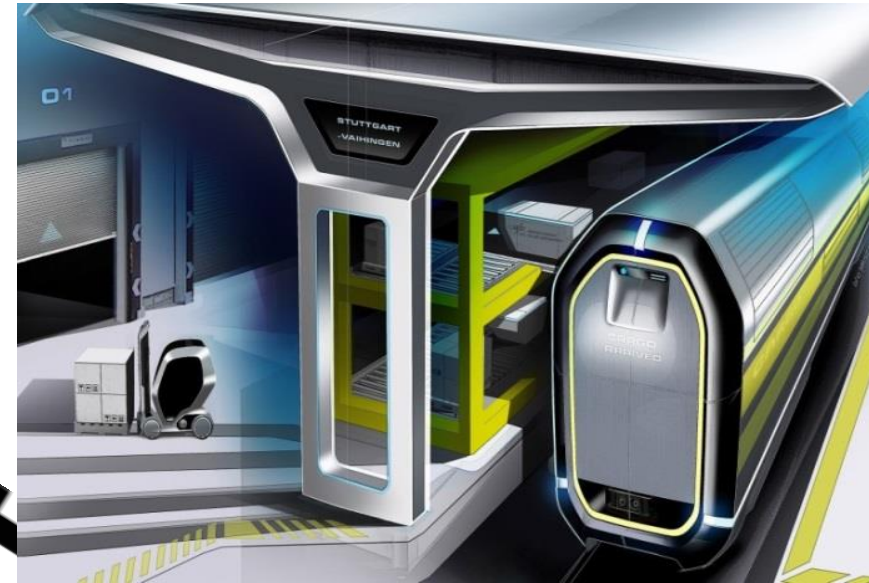
Das Autonomie Dilemma – Teufelchen oder Engelchen



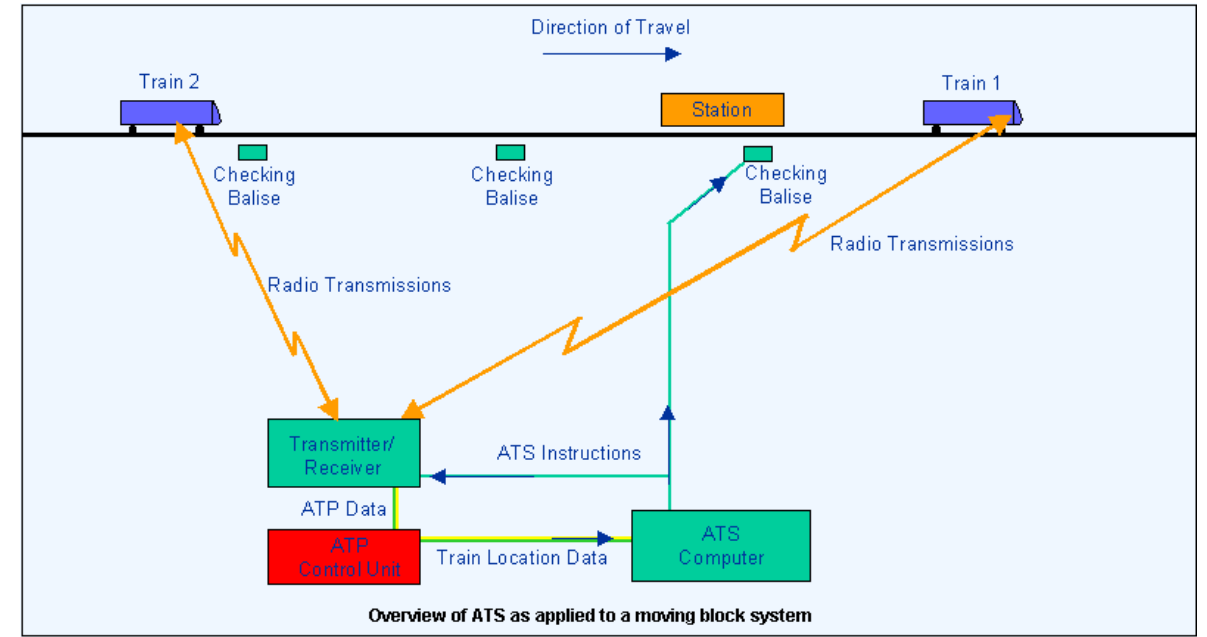
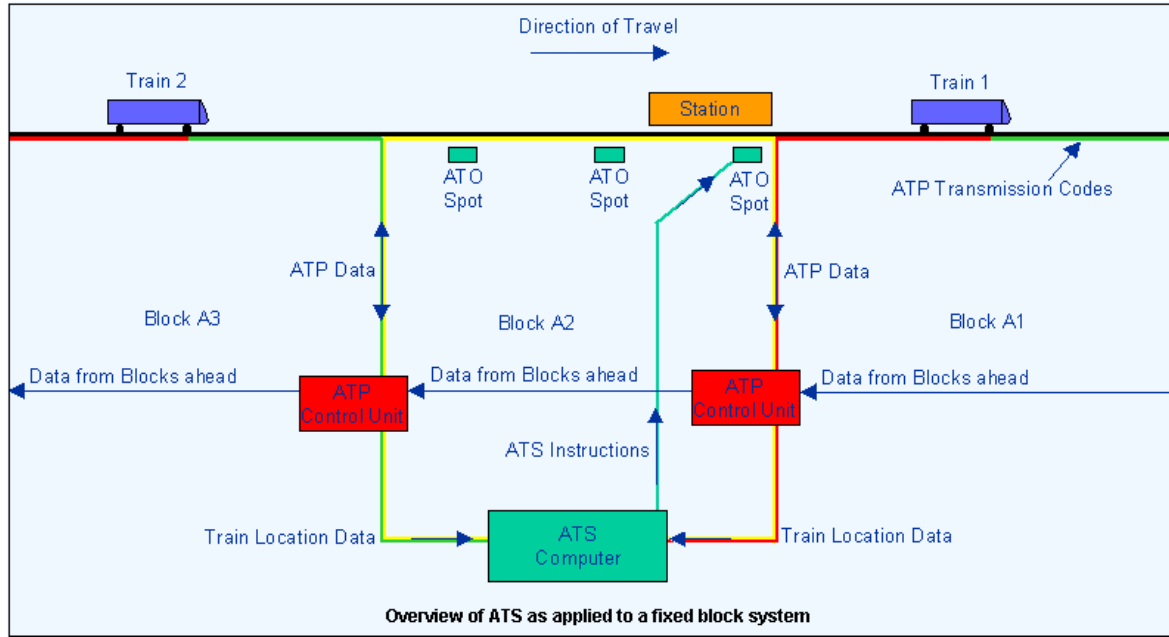
Quelle: Science AAAS



Autonomes Fahren auf der Schiene – Die Systeme



Autonomes Fahren auf der Schiene – Die Herausforderungen

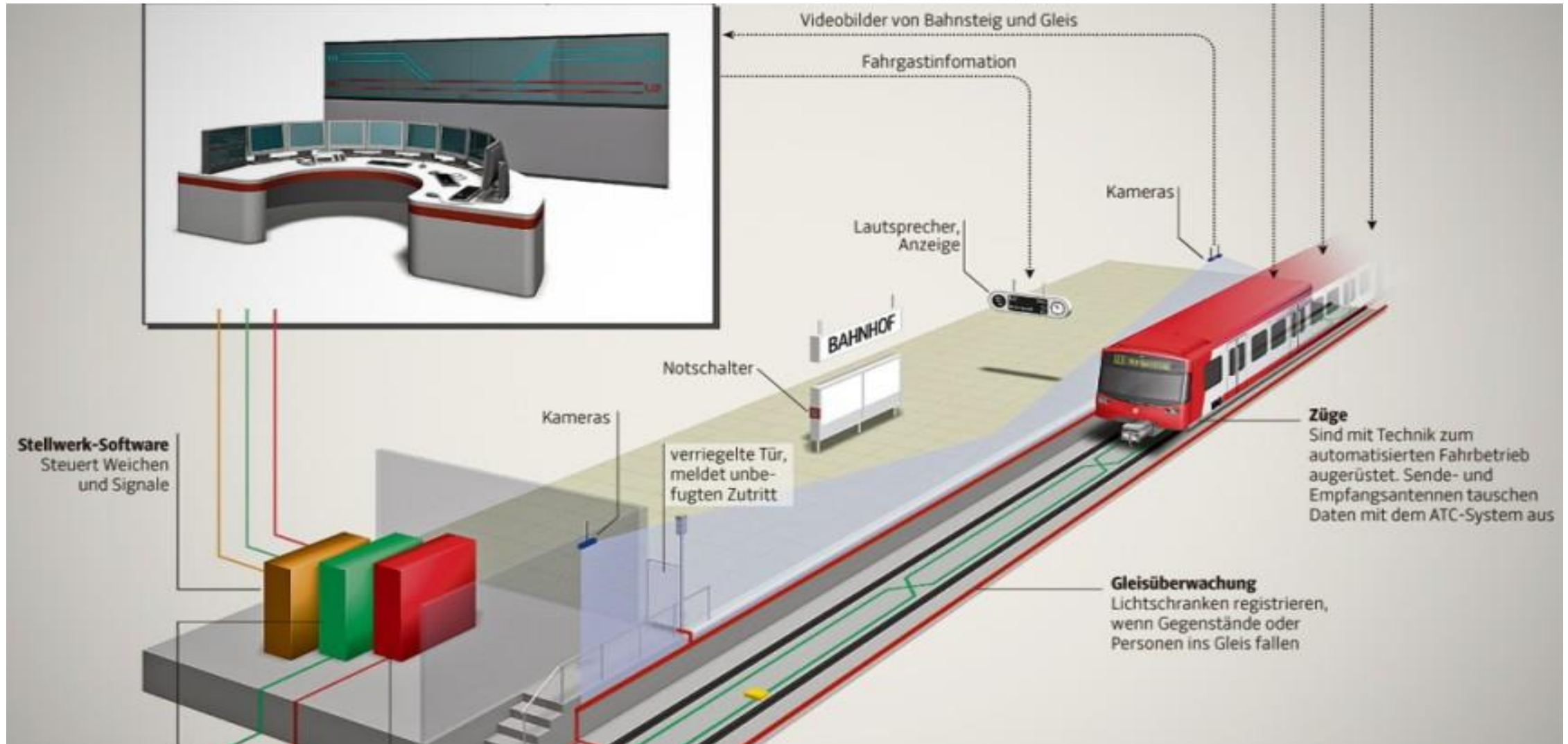


- Basisarchitektur automatisierter Bahnbetrieb:
 - Automatic Train Control (ATC) mit festen Blockabschnitten und drei Hauptkomponenten:
 - ATP (Automatic Train Protection),
 - ATO (Automatic Train Operation) und
 - ATS (Automatic Train Supervision).

- Basisarchitektur automatisierter Bahnbetrieb:
 - Automatic Train Control (ATC) im wandernden Raumabstand und drei Hauptkomponenten:
 - ATP (Automatic Train Protection),
 - ATO (Automatic Train Operation) und
 - ATS (Automatic Train Supervision).



Autonomes Fahren auf der Schiene – Elemente des Systems



Quelle: U-Bahn Nürnberg



Autonomes Fahren auf der Schiene – Stufen der Fahrautomatisierung

Autom. Grad	Betrieb	Anfahrt	Halt	Türen schließen	Störfall
1	manuell	Fahrer	Fahrer	Fahrer	Fahrer
2	teilautomatisch	automatisch	automatisch	Fahrer	Fahrer
3	vollautomatisch	automatisch	automatisch	Zugbegleiter überwacht	Zugbegleiter überwacht
4	selbstfahrend	automatisch	automatisch	automatisch	automatisch

Quelle: UITP



Autonomes Fahren auf der Schiene – Was sind die Hürden?

- **Technologie**

- Ausrüstung der Strecke und Aufbau autonomer Infrastruktur dauert mehrere Jahrzehnte;
- Komplexität sehr hoch, da viele unterschiedliche Baureihen mit unterschiedlichen technischen Spezifikationen (z.B. Türpositionen) auf Schienennetz unterwegs;
- Kosten im hohen zweistelligen Milliardenbetrag.

- **Regulierung und Gesetze**

- Zulassungsverfahren durch „Neuartigkeit“ möglicherweise ebenfalls schwierig.

- **Sicherheit**

- Nachrüstung Altfahrzeuge durch Zwang zu einer Neuzulassung nahezu unmöglich;
- Automatisierter Betrieb erscheint nur mit Neufahrzeugen realistisch;
- Verschärfte Sicherheitsvorgaben für Tunnel vollautomatischer (Metro-)Systeme alle 400 Meter ein Notausgang;
- Viele Einflussgrößen von außen: Bahnsteige, Bahnübergänge, Rangierer, Bauarbeiten, illegales Überqueren von Gleisanlagen, usw.

- **Umweltverträglichkeit**

- Energieeffizient;
- Systemwartung (Verringerte Abnutzung).



Autonomes Fahren auf der Schiene – Was sind die Hürden?

- **Infrastruktur**

- Streckennetz groß und komplex;
- Eisenbahnverkehre sind oftmals nicht an einzelne Strecken gebunden;
- Züge verkehren nicht nur auf einzelnen Abschnitten;
- Europaweiter Einsatz im Güterverkehr.

- **Öffentliches Vertrauen**

- Störfallverhalten fahrerlose Bahn genauso wie Lokführer: Anhalten! Ist Stillstand wirklich der sicherste Zustand im Bahnbetrieb?;
- Auf Schienennetz Vielzahl unterschiedlicher Eisenbahnverkehrsunternehmen mit unterschiedlicher Finanzkraft unterwegs;
- Züge – insbesondere im Nahverkehr – gehören zu Teilen nicht Eisenbahnverkehrsunternehmen, sondern Leasingunternehmen.

- **Ein klarer Weg nach vorn!**

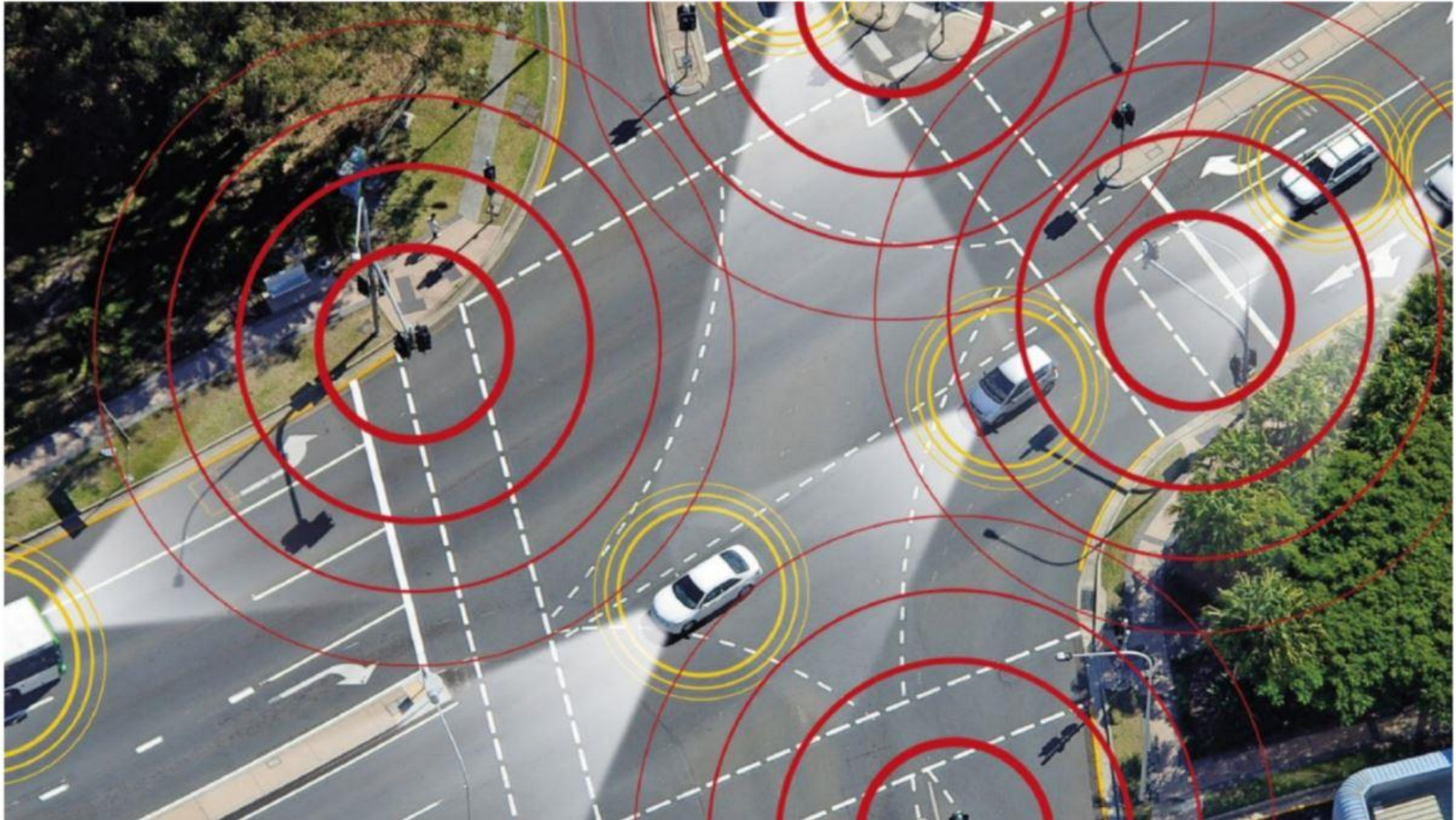
- Einzäunen gesamten deutschen/europäischen Streckennetzes unrealistisch und Unterhalt unbezahlbar;
- Vergleichsweise viele Baustellen bei stattfindendem Zugverkehr;
- schnelle Umsetzung bei derzeitiger Finanzlage erscheint unwahrscheinlich.



Autonomes Fahren - Die Systeme

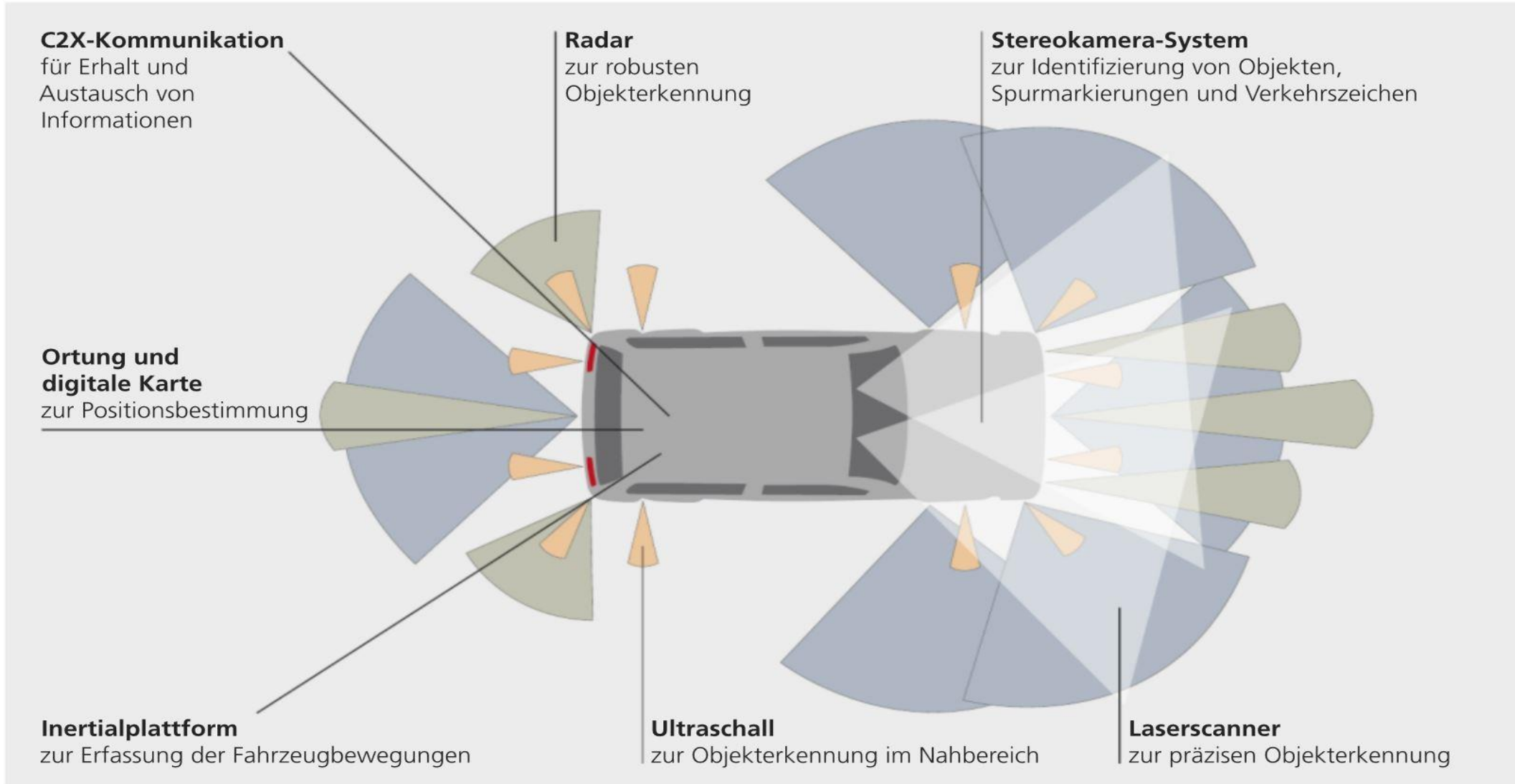


Autonomes Fahren – Herausforderungen



Quelle: DLR

Autonomes Fahren – Elemente im Fahrzeug



Quelle: DLR



Autonomes Fahren – Stufen der Fahrautomatisierung (Teil 1)



0

keine Automatisierung



1

Assistent



2

teilautomatisiert



3

hochautomatisiert



4

vollautomatisiert



5

fahrerlos

dauerhafte gesamte
Fahrzeugführung

dauerhafte Quer- oder
Längsführung

Eine jeweils andere Fahraufgabe wird in gewissen Grenzen vom System ausgeführt.

dauerhafte Systemüberwachung und dauerhafte Bereitschaft zur Übernahme

Das System übernimmt Quer- und Längsführung für einen gewissen Zeitraum in spezifischen Fahrsituationen.

keine dauerhafte Systemüberwachung erforderlich, bei Bedarf Übernahme mit ausreichender Zeitreserve

Technik übernimmt Quer- und Längsführung für einen gewissen Zeitraum in spezifischen Fahrsituationen, verlängerter Übergabezeitraum.

keine dauerhafte Systemüberwachung mehr erforderlich

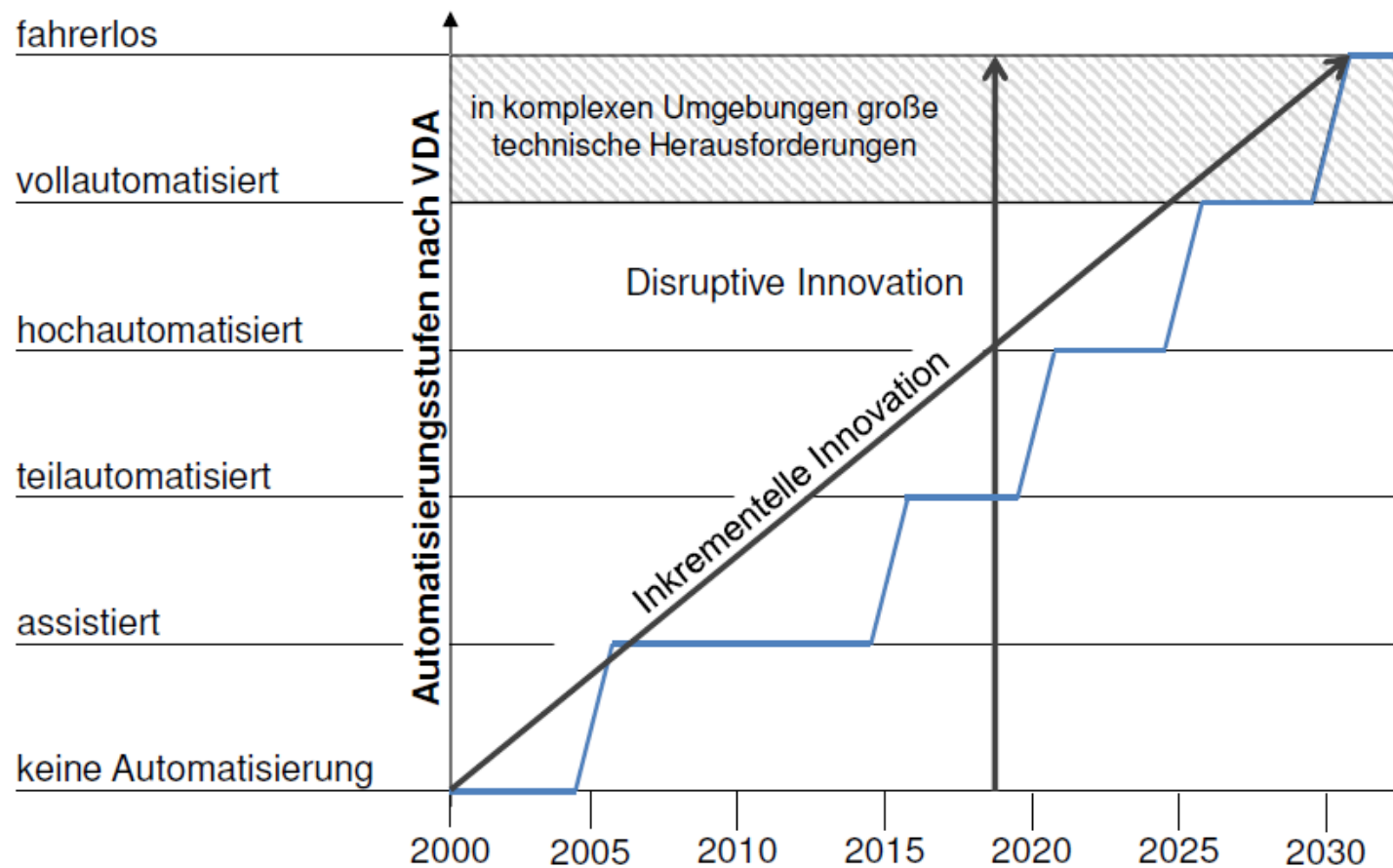
Technik übernimmt Quer- und Längsführung für einen gewissen Zeitraum in spezifischen Fahrsituationen, Rückführung in risikominimalen Zustand durch System.

Das System übernimmt Quer- und Längsführung vollständig. Das System ist in allen Situationen in der Lage, das Fahrzeug sicher zu steuern. Das Fahrzeug kommt ganz ohne Fahrer aus.

Quelle: DLR



Autonomes Fahren – Stufen der Fahrautomatisierung (Teil 2)



Jede Fahrsituation*

Fahren in der Stadt*
Valet Parking (fahrerlos)

Fahren auf der Autobahn*
Staufolgefahren /
Fahren im Stau*

Stauassistent
Parkmanöverassistent
Schlüsselparken

Adaptive Cruise Control
Spurhalteassistent
Parklenkassistent

Spurverlasswarner
Totwinkelüberwachung

* Rechtliche Rahmengesetzgebung vorausgesetzt

Quelle: Foljanty, L.; Duong, T. C.: Autonomes Fahren – Game Changer für die Zukunft der Mobilität.
In: Internationales Verkehrswesen 68 (2016) 1, S. 62 - 64

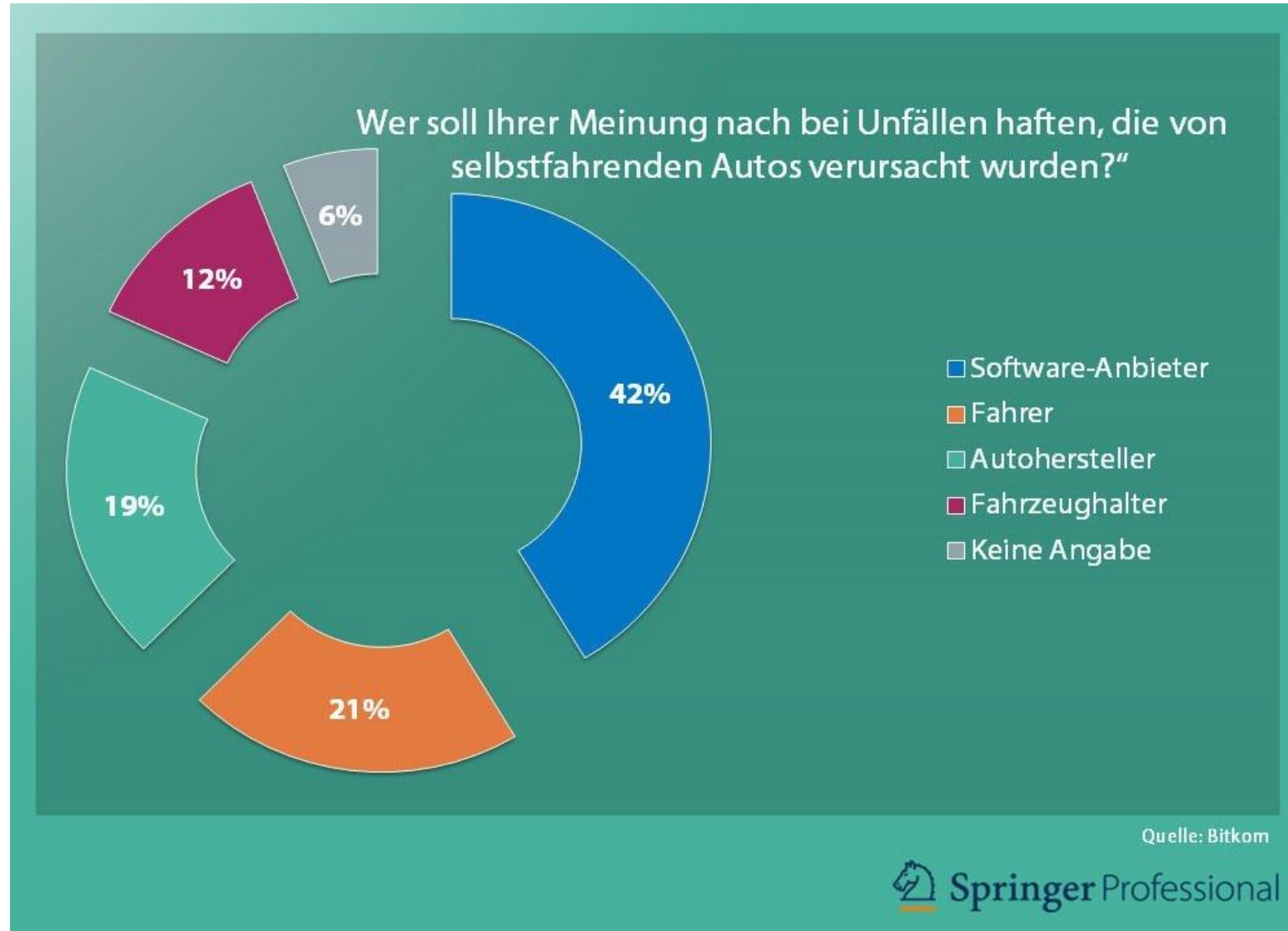
Autonomes Fahren - Wer haftet für mein autonomes Auto? (30.11.2017 Springer Online)

- Umfrage:

- Auftraggeber: Bitkom
- Befragte: Vorstandsmitgliedern und Geschäftsführern von 177 Unternehmen der Automobilindustrie \geq 20 Mitarbeitern.

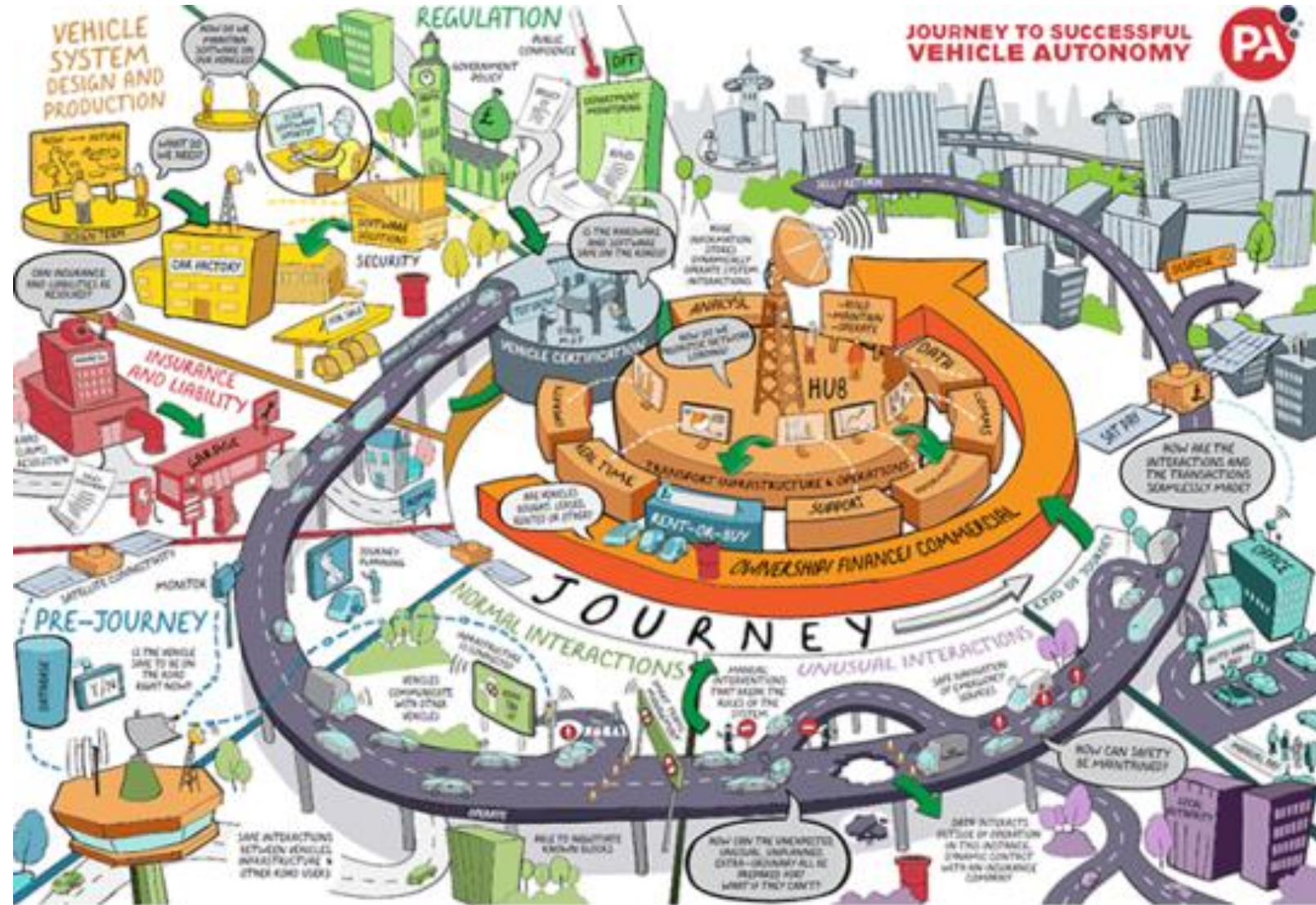
- Hauptergebnis:

- Verantwortung liegt in erster Linie die Systementwickler der künstlichen Intelligenz in der Verantwortung.



Autonomes Fahren – Was sind die Hürden?

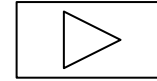
- Technologie
- Regulierung und Gesetze
- Sicherheit
- Umweltverträglich
- Infrastruktur
- Öffentliches Vertrauen
- Ein klarer Weg nach vorn!



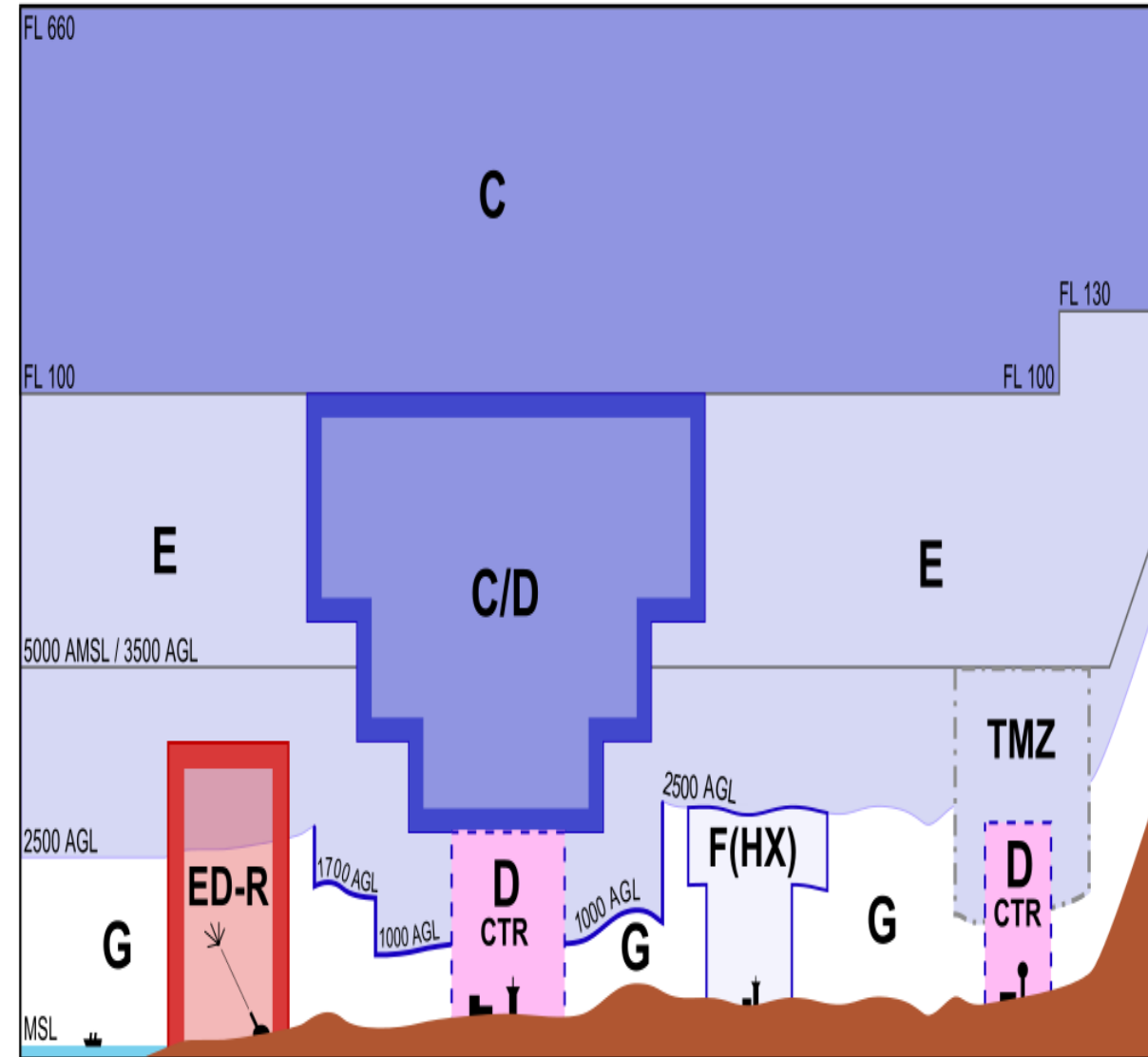
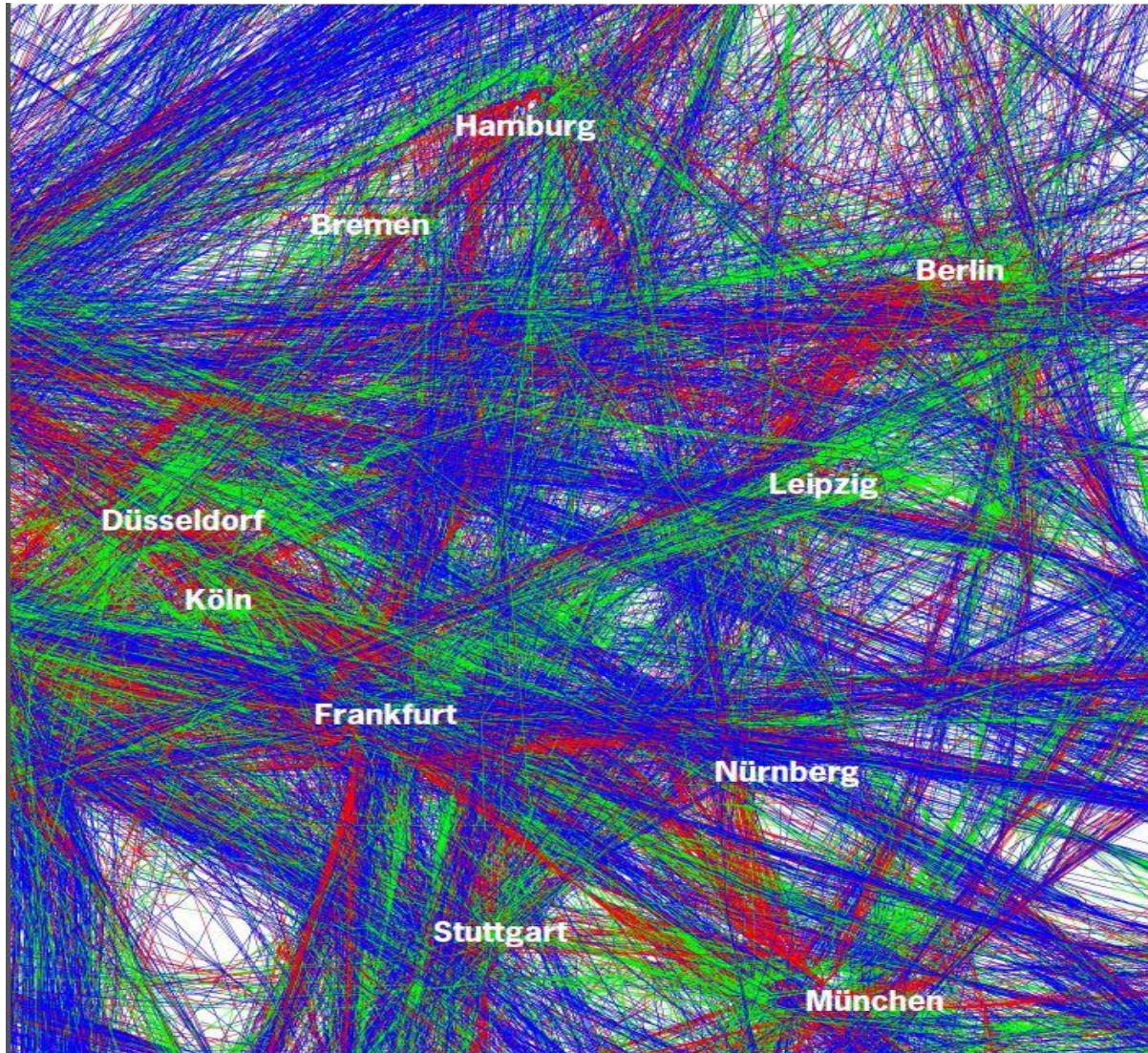
Quelle: PA Consulting Group

Autonomes Fliegen – Die Systeme

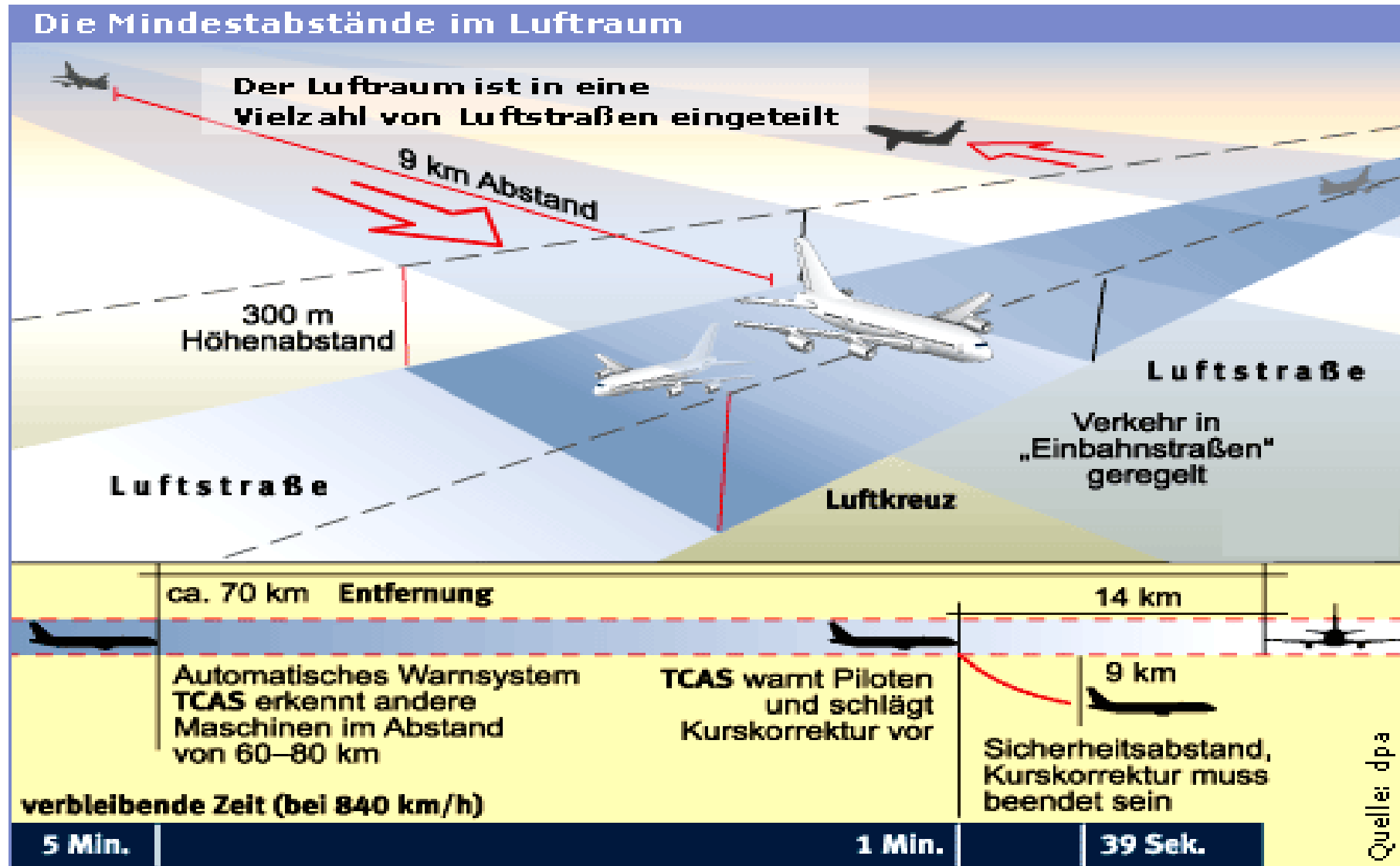




Autonomes Fliegen – Der Luftraum



Autonomes Fliegen – Geordneter Luftraum (Staffelung)



Autonomes Fliegen - Euro Hawk (unbemannte Aufklärungsdrohne)

Flugleistung

Höchstgeschwindigkeit	630 km/h
Dienstgipfelhöhe	19.812 m
Reichweite	25.000 km
Flugdauer	24 bis 42 h

Massen

Leermasse	4.173 kg
maximale Startmasse	11.600kg
Treibstoffmasse	6.575 kg

Abmessungen

Spannweite	35,42 m
Länge	13,40 m
Höhe	4,63 m
Flügelfläche	50,17 m ²



Quelle: Euro Hawk GmbH

Autonomes Fliegen - Airbus A350-900

Abmessungen

Länge: 66,89 m

Spannweite: 64,75 m

Höhe: 17,05 m

Flügelfläche: 354 m²

Kabinenbreite: 5,61 m

Kapazität

325 – 440 Passagiere

Massen und Flugleistungen

maximale Startmasse: 275 000 kg

Kraftstoffkapazität: 138 000 l

Reichweite: 14 350 km

Reisegeschwindigkeit: Mach 0.85

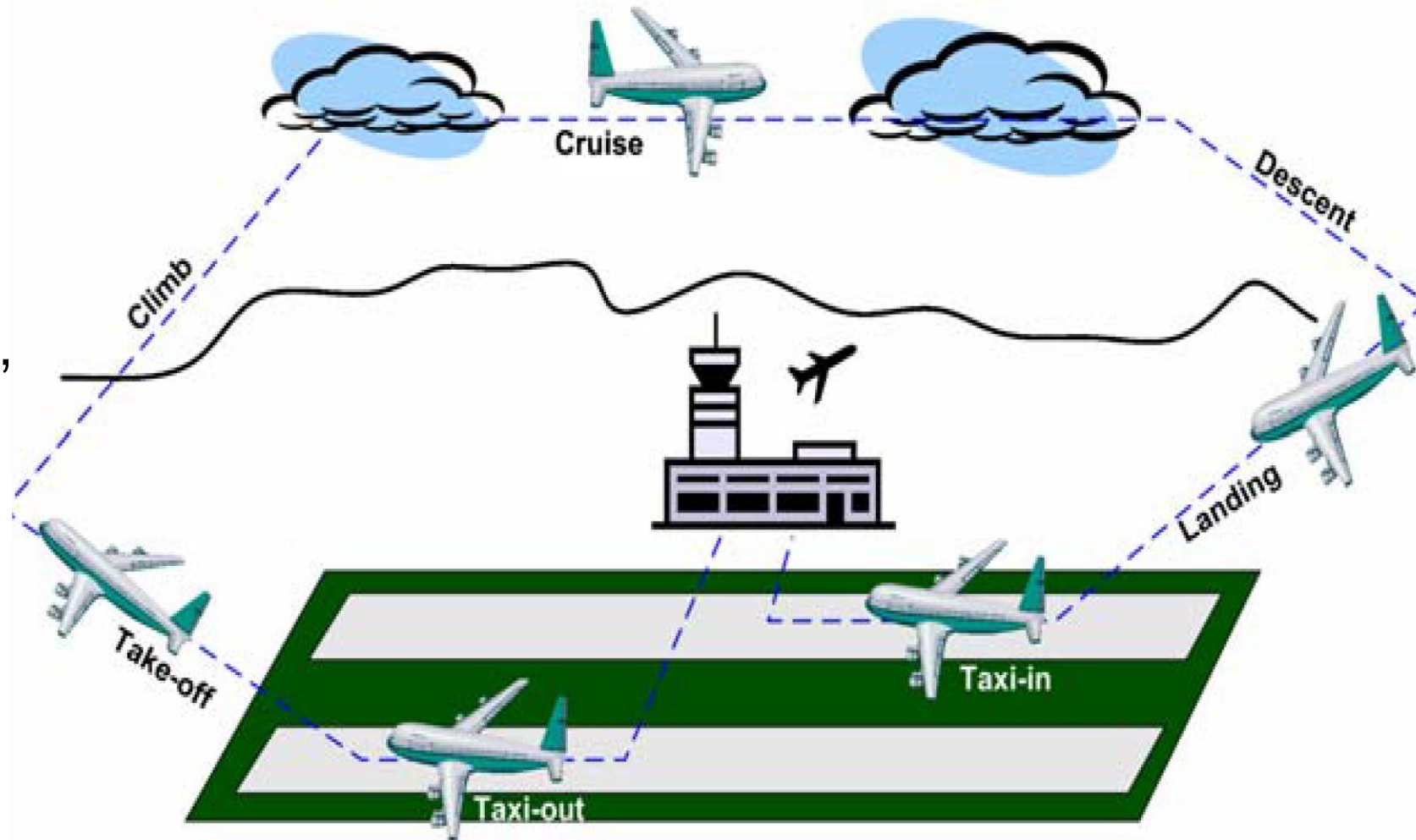
Höchstgeschwindigkeit: Mach 0.89



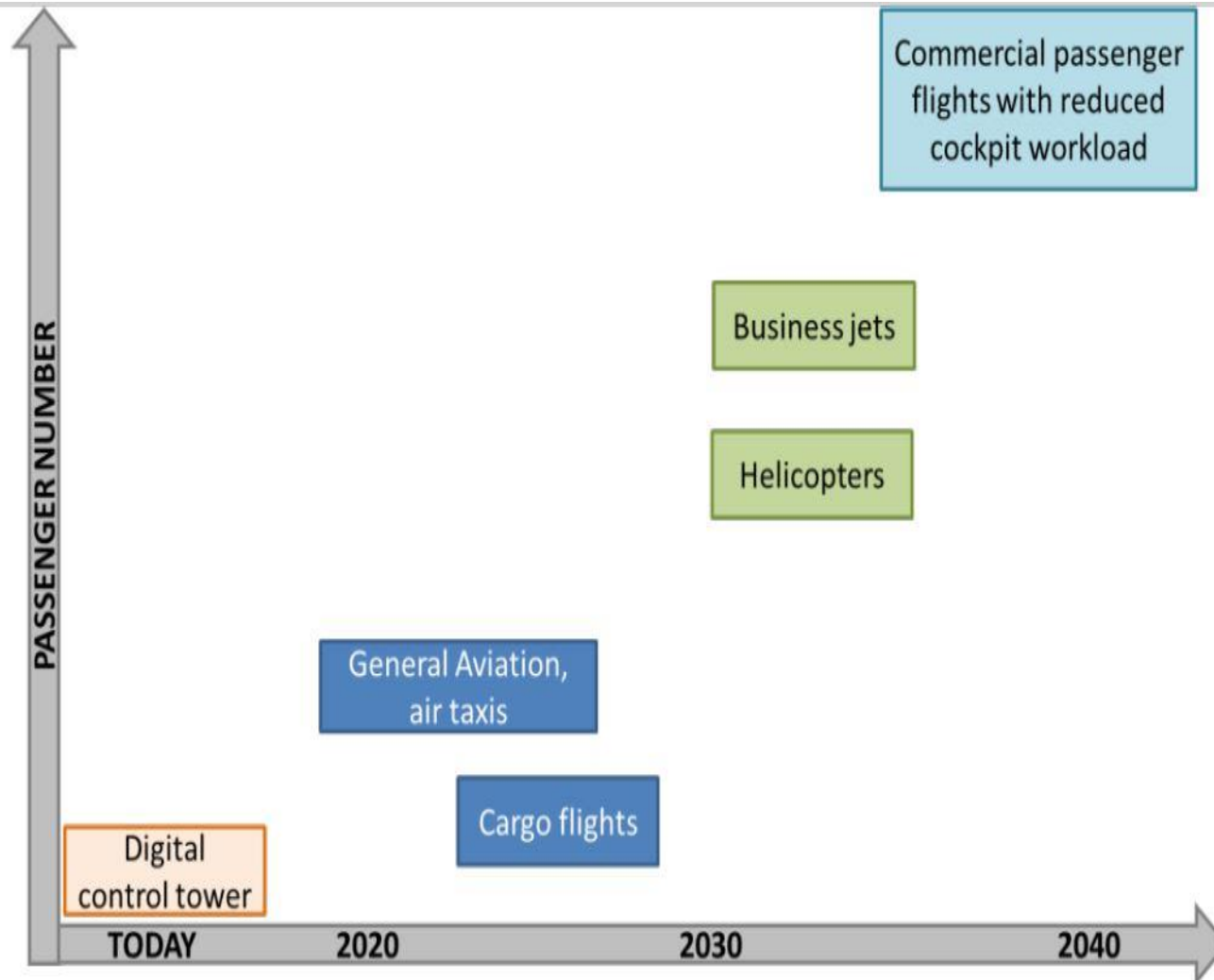
Quelle: Airbus

Autonomes Fliegen – Was ist heute bereits möglich?

- Start vollautomatisch (Pilot richtige Position auf Startbahn)
- Autopilot in der Luft (Pilot gibt Kurs vor, halten Kontakt zur Flugsicherung, kontrollieren Instrumente und geben Befehl für richtigen Kurs)
- Landung vollautomatisch (Pilot schaltet Landesysteme ein und Eingabe von Befehlen)



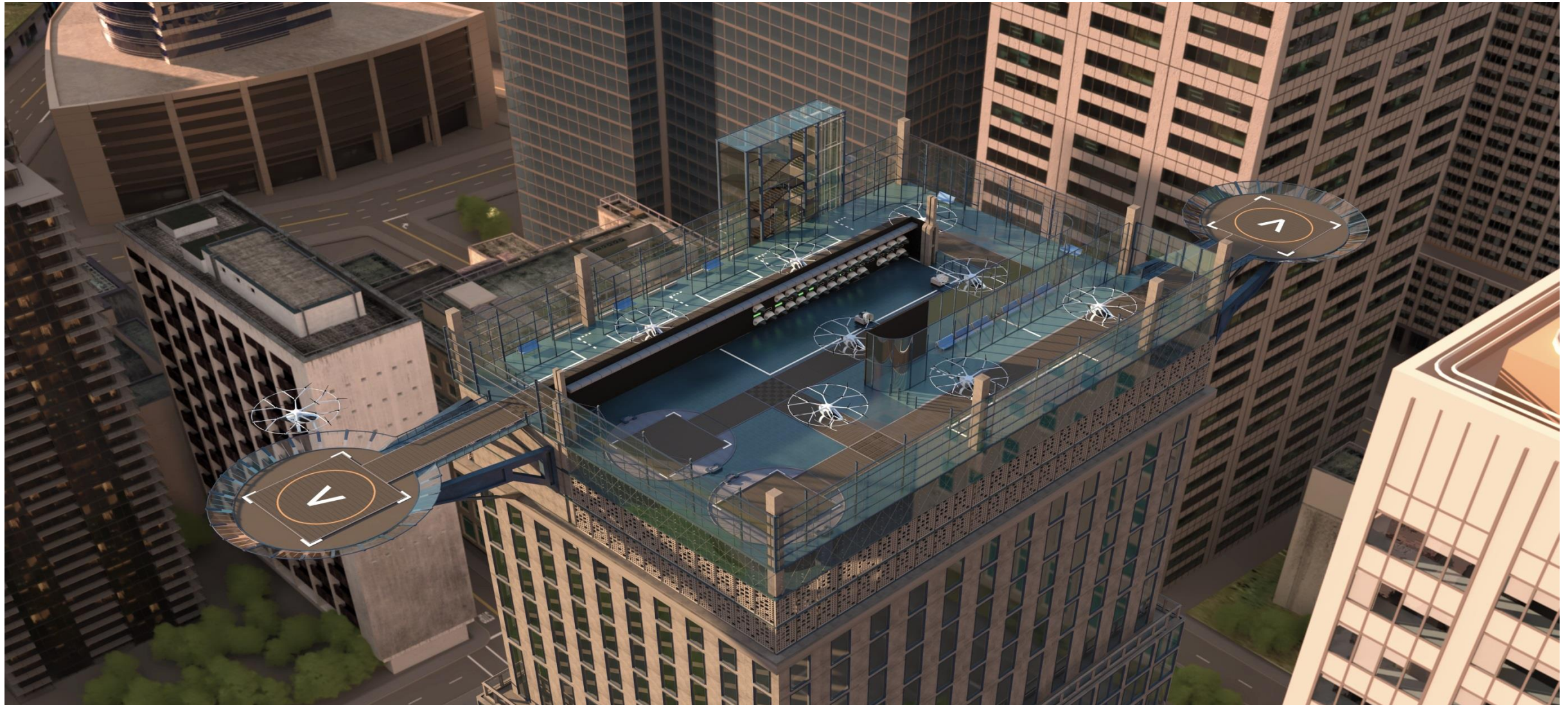
Autonomes Fliegen – Stufen der Cockpitautomatisierung

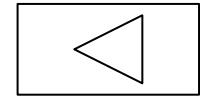


Autonomes Fliegen – Systeme für Flugtaxis

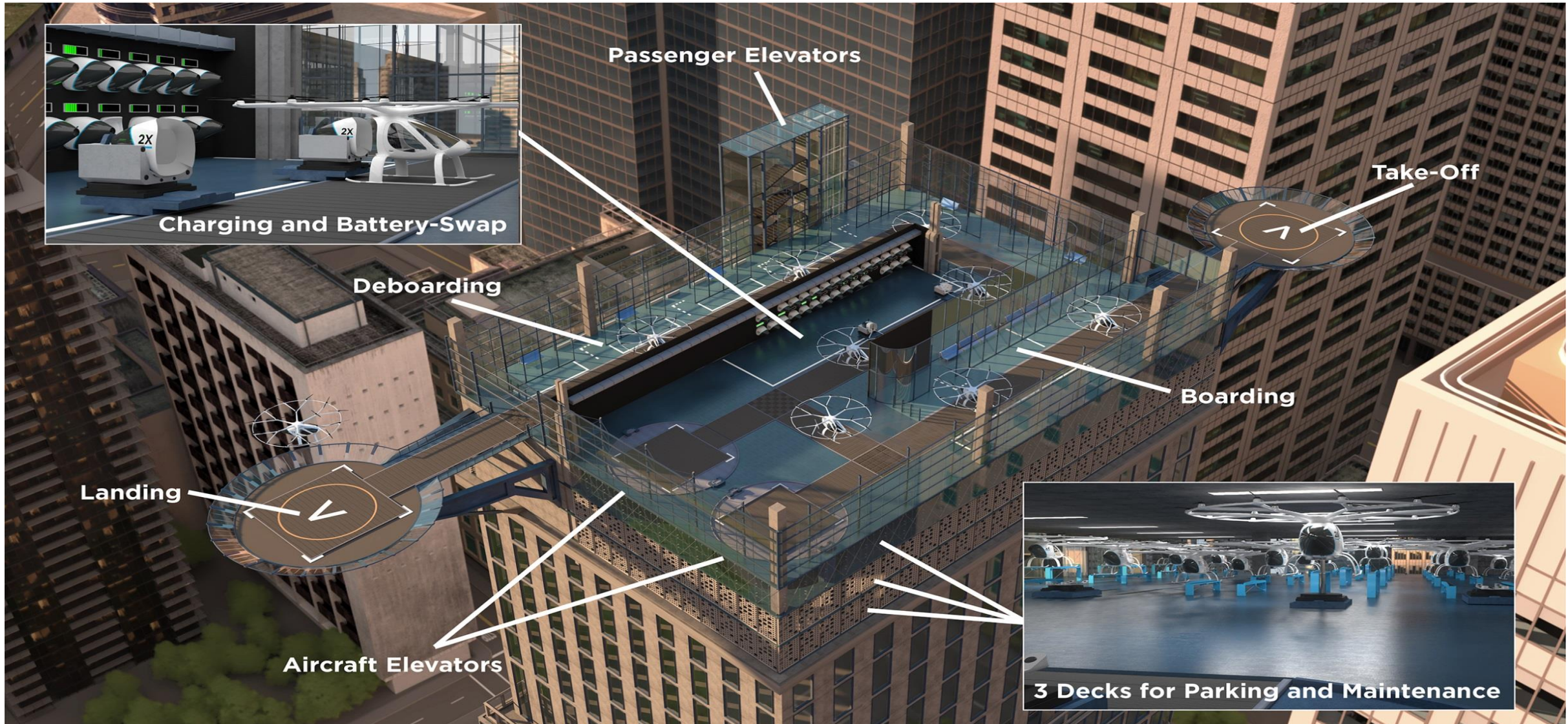


Autonomes Fliegen – Infrastruktur für Flugtaxis



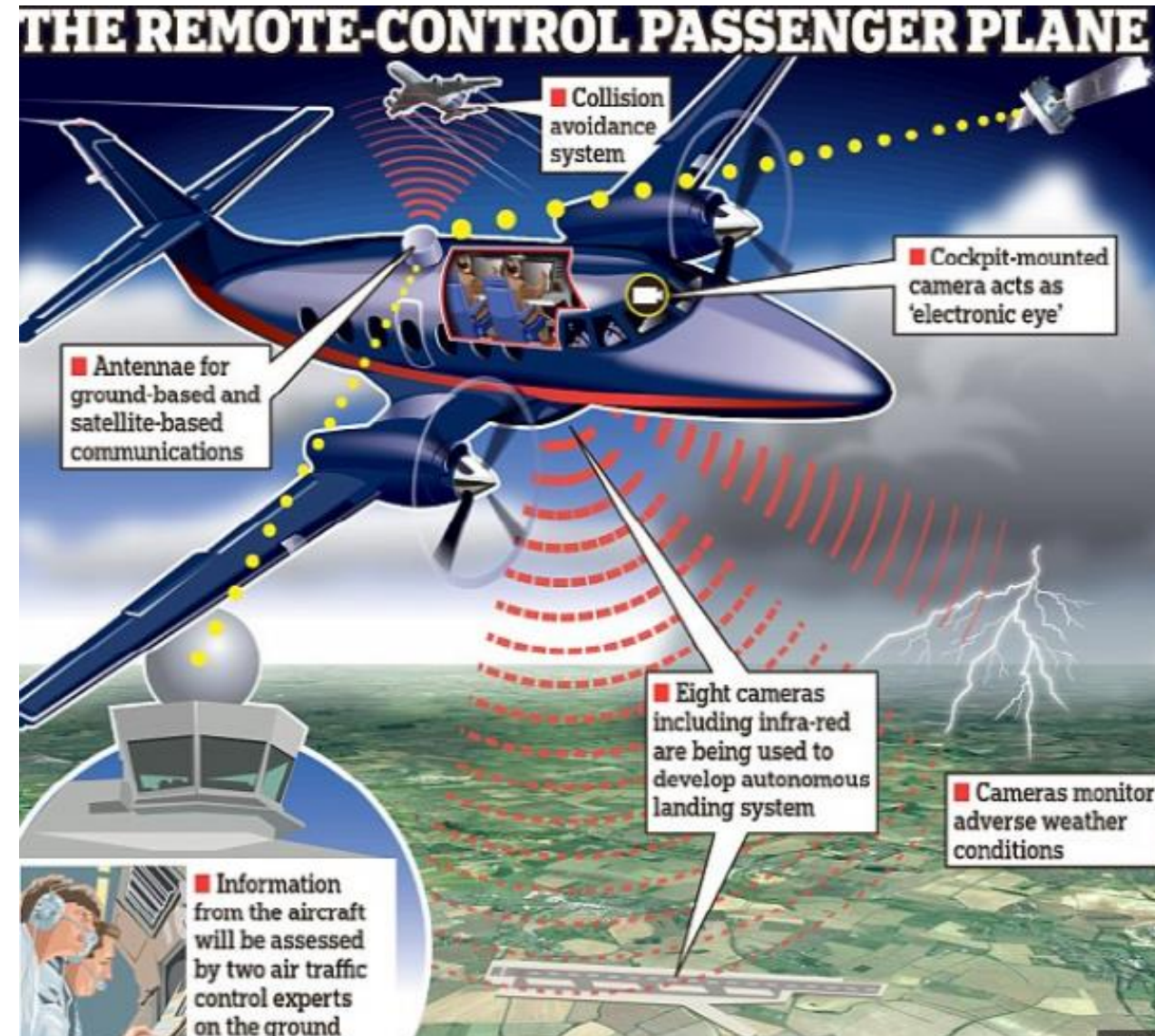


Autonomes Fliegen – Infrastruktur für Flugtaxis



Autonomes Fliegen – Was sind die Hürden?

- **Technologie**
(zusätzliche Sensoren, bsp. bessere Ortung anderer Flugzeuge; Lärmpegel; mehr Backup-Komponenten; Batterietechnik)
- **Zulassungsvorgaben** (Wetter; Luftraum)
- **Juristische Absicherung**
(Übergangszeit noch Piloten am Boden)
- **Hohe Sicherheitsanforderungen**
- **Kommunikation**
(Heutige Bandbreiten der Datenübertragung)
- **Ökonomischer Aufwand**
- **Infrastruktur**
- **Öffentliches Vertrauen**
(Hackerangriffe und Fehlentscheide)



Quelle: BAESystems

Resümee (1/2)

- Automatisierungskonzepte der Verkehrsmittel lassen sich kaum miteinander vergleichen:
 - Im direkten Vergleich ist ein automatisierter Betrieb in U-Bahn / Metrosystemen aufgrund der speziellen Systembeschaffenheit einfacher als bei der Nah- und Fernbahnen;
 - Autonome Steuerung von Autos steht mit Einschränkungen (z. B. befahrene Straße, max. Geschwindigkeitsbereich) kurz vor Durchbruch;
 - Computer in Flugzeugen nehmen Piloten schon seit geraumer Zeit immer größeren Teil ihrer Arbeit ab;
 - Während System im Auto vergleichsweise spartanisch ausgestattet ist, ist Autopilot im Flieger sehr komplex.
- Einführung der autonomen Systeme wird Schritt für Schritt erfolgen;
- Weniger Unfälle durch zunehmende Automatisierung, aber nicht völlig auszuschließen – weder in der Luft, noch auf der Straße;
- Probleme:
 - Systeme können auch gehackt werden;
 - Vielzahl von Informationsquellen an großen Knotenpunkten richtig einzuordnen und darauf zu reagieren;
 - Nebel, Regen oder Schnee könnten dazu führen, dass Sensoren und Kameras die Umgebung nicht ausreichend erkennen;
 - Studie der US-Luftfahrtbehörde FAA verlernen die Piloten langsam, ihre Flugzeuge manuell zu steuern;
 - Öfters falsche Reaktion(en) in Notsituationen;
 - Erleben wir ähnliches beim autonomen Fahren?



Resümee (2/2)

- Randaspekte:
 - Ersatzzeiträume bestimmt die Geschwindigkeit der Einführung autonomer Systeme, denn die durchschnittliche Lebensdauer der Systeme beträgt:
 - 8,0 Jahre Lkw (Quelle KBA 01.01.2018);
 - 8,6 Jahre Bus (Quelle KBA 01.01.2018);
 - 9,4 Jahre Auto (Quelle KBA 01.01.2018);
 - 20 Jahre Flugzeug (Quelle Wikipedia aufgerufen 01.07.2018);
 - 29,8 Jahre Zugmaschinen (Quelle KBA 01.01.2018);
 - 30 Jahre Zug (Quelle: DB 10.2017).
 - Intermodaler Verkehr organisieren, da verschieden bestückte Systeme auf den verschiedenen Fahrwegen auf dem Boden und in der Luft unterwegs sind.
 - Ob und wie kann ein existentes System regulatorisch und infrastrukturell angepasst werden oder muss es von Grund auf neu aufgesetzt / gebaut werden?
 - Sind die bestehenden – zumeist noch nationalen - Standards und Regularien europaweit zu harmonisieren und in welcher Geschwindigkeit?
 - Sind die Volkswirtschaften Europas für die absehbaren und notwendigen großen wirtschaftlichen Investitionen bereit?
- Sicherheitskritische Systeme absolut verlässlich in harter Echtzeit steuern!



Ausblick

Ist es daher ratsam, dass der Mensch als letzte Instanz die Steuerung übernehmen kann

oder

ist es für unsere Sicherheit nicht besser, wenn die Computer die Kontrolle ganz übernehmen?



Wir fordern
eine **Vision Zero**
auch für den
Datenverkehr.

**Dr. Elmar
Degenhart**
Vorstandsvorsitzender der
Continental AG

 Springer Professional



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Dr.-Ing. Christian Langenbach

Deutsches Zentrum für Luft- & Raumfahrt e.V. (DLR)

Linder Höhe, 51147 Köln

+49-2203-601-2704

christian.langenbach@dlr.de



Wissen für Morgen



Erklärung

Die in diesem Papier geäußerten Meinungen sind ausschließlich die des Autors. Dieses Papier repräsentiert nicht die Ansichten, Richtlinien oder Pläne des DLR oder der deutschen Regierung.

