

# Digitalgespräch Folge 33

## Was können Kleine und große Drohnen?

### Zur Automatisierung von Fluggeräten

Mit Uwe Klingauf von der Technischen Universität Darmstadt, 21. Februar 2023

<https://zevedi.de/digitalgespraech-033-uwe-klingauf/>

*[Der Vorspann mit Musik und Ausschnitten aus dem Gespräch beginnt.]*

**Marlene Görger [mg]:** Herr Klingauf, Sie sind Professor am Fachbereich Maschinenbau der Technischen Universität Darmstadt und leiten dort das Fachgebiet für Flugsysteme und Regelungstechnik.

**Uwe Klingauf [Klingauf]:** Den Flug automatisch durchführen, das ist technologisch nicht das Problem. Das Problem ist eher: Wie binde ich solche automatisierten Flugzeuge in die Flugsicherung ein und wie stelle ich sicher, dass keine Kollisionen stattfinden?

**Petra Gehring [pgg]:** Also, wenn jetzt hier irgendwo in der Gegend so ein Ding sich selbstständig macht oder vielleicht doch mit böser Absicht gesteuert wird, wie könnte man es runterholen in einer Gegend, wo auch Menschen sind und Häuser und so?

**[Klingauf]:** Ja, das war vor einigen Jahren ja ein großer Hype mit den Paketdrohnen. Davon hört man tatsächlich nichts mehr. Ja, diesen Diskurs, den gibt es ja interessanterweise bisher in der Gesellschaft nicht. Die Ursache ist wahrscheinlich, dass die breite Bevölkerung mit solchen Fluggeräten und Einsatzkonzepten bisher ja nicht konfrontiert ist. Da wird sicherlich zum Teil Begeisterung da sein, aber es werden bestimmt auch kritische Stimmen kommen.

*[Der Vorspann endet, das Gespräch beginnt.]*

**[mg]:** Hin und wieder hört man über dem eigenen Kopf kleine Rotorblätter surren, und wer das Geräusch kennt, weiß auch ohne hochzuschauen: Da fliegt gerade jemand eine Drohne. Gleich danach kommt vielleicht der Gedanke: Wird da fotografiert oder gefilmt? Bin ich im Bild? Oft stimmt diese Assoziation wohl. Gerade Hobbypilotinnen und -piloten interessieren sich vor allem für die spektakulären Aufnahmen, die mit den handlichen Fluggeräten möglich sind. Die allermeisten Exemplare, mehrere 100.000, sind in Deutschland in privatem Gebrauch. Natürlich filmen und fotografieren auch Profis mit Drohnen. Im professionellen Einsatz spielen allerdings noch viele andere Anwendungen eine Rolle. Hier sind ganz verschiedene Gerätetypen mit sehr unterschiedlichen Funktionen gefragt. Im öffentlichen Raum scheinen die aber noch nicht besonders sichtbar. Wir wissen vom militärischen Drohneneinsatz in Berichten aus Kriegs- und Konfliktregionen anderswo in der Welt. Aber die zivile Nutzung ist wohl weniger präsent. Zumindest begegnen wir in unseren Städten keinen fliegenden Paketzusteller. Und auch größere Drohnen, die Menschen transportieren könnten, wurden vor ein paar Jahren als Flugtaxis angekündigt, spielen aber für den öffentlichen Verkehr heute keine Rolle. Trotzdem ist klar: Der Luftverkehr und seine Teilnehmer werden durch Digitalität verändert. Hobbypilotin oder Hobbypilot zu werden, also ein Fluggerät wirklich zu steuern, ist viel leichter geworden, seit man dafür nicht mehr selbst mit einer großen, schweren Maschine vom Boden abheben muss. Und maschinelle Assistenten ersetzen auch im Cockpit menschliches Können

und Wissen an vielen Stellen. Wie sieht also das Steuern von Fluggeräten inzwischen aus? Vor welchen Herausforderungen und Aufgaben stehen Forschung und Entwicklung? Und auch die Einführung von neuartigen Fluggeräten, die mit und ohne Menschen an Bord sicher und schnell ihr Ziel erreichen sollen? Welche Maschinen bevölkern überhaupt den Luftraum – jetzt schon und in der prognostizierbaren Zukunft? Darüber wollen wir heute im Digitalgespräch reden. Mein Name ist Marlene Görger. Ich bin Physikerin und Technikphilosophin am Zentrum verantwortungsbewusste Digitalisierung.

**[pgg]:** Und ich bin Petra Gehring, Professorin für Philosophie an der TU Darmstadt, bei uns zu Gast und Experte für das Thema dieser Folge rund ums Drohnenfliegen ist Professor Dr. Uwe Klingauf, der uns aus Darmstadt per Videokonferenz zugeschaltet ist. Hallo und herzlich willkommen Herr Klingauf! Vielen Dank, dass Sie sich für uns Zeit nehmen.

**[Klingauf]:** Ja, Guten Tag. Freut mich sehr.

**[mg]:** Herr Klingauf, Sie sind Professor am Fachbereich Maschinenbau der Technischen Universität Darmstadt und leiten dort das Fachgebiet für Flugsysteme und Regelungstechnik. In Ihrer Forschung befassen Sie sich intensiv mit innovativen Forschungs- und Entwicklungsprojekten für den Luftverkehr, auch mit internationaler Ausrichtung. Sie bearbeiten dabei zum Beispiel Problemstellungen der Steuerung unbemannter Flugkörper, der Nachhaltigkeit und Effizienz von Flugsystemen und Luftsicherheitsaspekte. Als Experte fürs Fliegen hatten und haben Sie wichtige Positionen, sind unter anderem Mitglied des Präsidiums der Deutschen Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt und Mitglied der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften Akatech, die sich der Beratung von Politik und Gesellschaft zu Fragen technologischer Innovation widmet. Und, auch das sei erwähnt, Sie kennen Fluggeräte nicht nur aus Ingenieursperspektive, sondern Sie fliegen auch selbst. Wir steigen vielleicht mal mit einem Streuschuss ein und gehen dann ins Detail. Wenn wir über Innovationen im Flugverkehr sprechen, an was denken Sie da? Kann man da große Entwicklungslinien identifizieren?

**[Klingauf]:** Ja, ich denke, da gibt es zwei Themen, die zusammenkommen im Moment. Das eine ist der rasante Fortschritt der Digitaltechnik: Mikroprozessoren, Sensoren. Dieser Fortschritt ermöglicht es, das Fliegen immer weiter zu automatisieren. Und den Piloten, sei er an Bord oder sei er als Fernpilot einer Drohne tätig, in seiner Arbeit zu unterstützen und zu entlasten. Die zweite große Linie ist die Elektrifizierung des Fliegens, also die Verfügbarkeit von einerseits Hochleistungsmotoren und -antrieben und andererseits die Fortschritte in der Batterietechnologie, die es ermöglichen, kleine, preiswerte Fluggeräte in die Luft zu bringen, mit denen man leise und hochautomatisiert unterwegs sein kann. Und beides kommt eben zusammen bei den schon angesprochenen Drohnen, aber auch bei diesem Thema urbane Mobilität, wo, praktisch basierend auf der Technologie von Drohnen, Fluggeräte entstehen, die dann bemannt fliegen können. Das heißt, man kommt von der Entwicklung sozusagen von unten und entwickelt die Technologie der Drohnen so weiter, dass man ja in eine Leistungsklasse kommt, wie sie in der allgemeinen Luftfahrt bisher schon standard ist, also in der bemannten Luftfahrt. Und ich denke, das sind im Moment so die spannendsten Entwicklungslinien in der Luftfahrt.

**[pgg]:** Vielleicht mal bei der Drohne angefangen. Der Name ist irgendwie eindrücklich. Das sind die männlichen Bienen, die die nichts bei sich tragen oder wie auch immer, im Bienenkorb nicht gebraucht, irgendwie klein und nur temporär wichtig. Das klingt so ein bisschen negativ. Es ist aber auch erstmal sehr bildhaft. Was gibt es da so technisch für ein ganzes Spektrum inzwischen? Sie haben schon angedeutet, es gibt kleine, es gibt große, es gibt welche vielleicht sogar mit Personen an Bord, es gibt welche, die transportieren. Kann man das gruppieren? Ist es wissenschaftlich schon irgendwie ausdifferenziert, dieses Gebiet?

**[Klingauf]:** Ja, durchaus. Also zunächst der Name 'Drohne'. Ja, der hat sich irgendwie umgangssprachlich eingebürgert. In Expertenkreisen sprechen wir eher von unbemannten Luftfahrtsystemen oder Fluggeräten. Der Name 'Drohne' kommt, glaube ich, ursprünglich mal aus dem Militärischen, um zum Beispiel Zielflugkörper, unbemannte Zielflugkörper darzustellen, die man dann anvisieren kann, zum Beispiel mit Lenkflugkörpern, um die Treffergenauigkeit zu testen. Und wir sprechen, wie gesagt, eher von unbemannten Flugsystemen, und da kann man in der Tat mindestens drei Klassen unterscheiden, die auch inzwischen im regulatorischen Rahmen abgebildet sind, auf europäischer Ebene oder sogar international. Das fängt an in der sogenannten offenen Kategorie mit ganz kleinen Drohnen, teilweise unter 250 Gramm, die ferngesteuert sind von Fernpiloten und eher so im Hobbybereich eingesetzt werden. Und im Prinzip ist das gar nicht so neu, denn der ganze Bereich des Modellflugs passt auch in diese Kategorie, der ja schon seit Jahrzehnten praktiziert wird. Also ferngesteuerte Flugmodelle, die in der Regel auf Modellflugplätzen geflogen werden, also in sozusagen dafür vorgesehenen Lufträumen. Da ist dann auch bekannt, dass dort Modellflug stattfindet, sodass diese Bereiche dann auch vom bemannten Flugverkehr umflogen werden, das ist also die kleinste Kategorie. Dann entstehen aber natürlich jetzt auch mehr und mehr kommerzielle Interessen für die Anwendung von unbemannten Flugsystemen. Und da kommen wir dann eher in die Kategorie, die sich 'specific' nennt, also wo Drohnen eingesetzt werden für Inspektionsaufgaben, beispielsweise, um Windkraftanlagen beispielsweise zu inspizieren oder Infrastrukturen wie Hochspannungsleitungen, Pipelines, oder auch um Rettungskräfte zu unterstützen bei Suchaktionen bis hin zu Transportaufgaben. Da ist zum Beispiel ein großes Interesse, Drohnen einzusetzen, um dringend benötigte Organe von einem Krankenhaus zum anderen zu fliegen. Das ist heute teilweise umständlich, zumindest dann, wenn die Krankenhäuser keine eigenen Landeplätze für Helikopter haben. Und die Transportzeit von den Organen ist teilweise sehr begrenzt, beispielsweise nur zwei Stunden, und das ist dann auf dem Landweg, da dauert es dann einfach zu lang. Und mit konventionellen Helikoptern dauert es dann mitunter auch zu lange, weil man dann erst mit dem Auto das Organ zu einem geeigneten Flugfeld bringen muss, und dann wird es geflogen und am Zielort muss es noch mal transportiert werden mit dem Auto. Da könnten also zum Beispiel Drohnen unterstützen. Insofern ist das so der interessante Bereich, in dem auch bei uns die meiste Forschung stattfindet. Und da kommen wir dann aber auch gleich in den Bereich, wo man die Drohnen nicht mehr auf Sicht fliegen kann, sondern wo man dann sozusagen außerhalb der Sichtweite operieren muss. Und das ist der Bereich, wo es schwierig wird, wo also heute noch nicht umfänglich die benötigten Technologien zur Verfügung stehen. Denn die kleinen Drohnen, die sieht man beispielsweise nicht auf dem Radarschirm der Flugsicherung. Das heißt, bemannter Luftverkehr kann nicht gewarnt werden vor diesen Drohnen. Und es gilt dann auch tatsächlich, dass der Fernpilot, der die Drohne steuert, verantwortlich ist dafür, Kollisionen zu vermeiden. Das heißt, er muss den Luftraum beobachten, muss bemanntem Flugverkehr ausweichen. Das geht aber natürlich

nicht, wenn man außerhalb der Sichtweite fliegt. Das heißt, dann braucht man technische Einrichtungen, die einem die aktuelle Position der Drohne mitteilen, zum Beispiel über einen Transponder, über eine entsprechende Funkverbindung, über Mobilfunknetze. Und da läuft im Moment noch die Entwicklung. Die entsprechenden Funktionen sind noch nicht standardisiert, und das ist auch der Grund, warum in diesem Bereich noch nicht sehr viel Flugverkehr stattfinden kann. Das ist also nur unter strengen Auflagen mit Einzelgenehmigungen möglich. Das ist aber, wie gesagt, der Bereich, wo es dann kommerziell interessant wird. Und dann, oberhalb dessen gibt es dann noch im Prinzip die Möglichkeit, sehr große Flugzeuge auch unbemannt fliegen zu lassen. Die Ideen reichen bis hin zu unbemannten Frachtflugzeugen, die man um die Welt fliegen lässt. Dort gelten dann aber natürlich für die Fluggeräte die gleichen Zertifizierungsvorschriften wie bei heutigen bemannten Flugzeugen, so dass dort natürlich dann die Fluggeräte auch wieder sehr teuer und aufwendig werden. Und auch dort fehlen natürlich heute noch die Instrumente der Flugsicherung, um solche unbemannten Fluggeräte dann auch entsprechend einbinden zu können in das System der Flugsicherung.

**[pgg]:** Ist das im Prinzip möglich oder wovon hängt es ab, ob es möglich ist, dass man Drohnen um die ganze Welt quasi steuern kann?

**[Klingauf]:** Also die Technik, Flugzeuge automatisch fliegen zu lassen? Ich mag den Begriff autonom nicht. Ich spreche lieber von hochautomatisierten Systemen. Denn unter autonom würde ich verstehen, dass das Fluggerät eigene Entscheidungen trifft. Hier haben wir aber ja immer die Verantwortung für den Flug weiterhin beim Piloten, auch wenn es jetzt ein Fernpilot ist. Und deswegen würde ich lieber von hochautomatisierten Systemen sprechen. Und die Technik dafür? Die ist im Grunde seit Jahrzehnten vorhanden. Das ist technologisch leicht möglich, weil wir kennen seit Jahrzehnten sogenannte Autopiloten. Es ist also heute ja auch schon so, dass im Reiseverkehr die Piloten kurz nach dem Start die Kontrolle abgeben an den Autopiloten und dann im Grunde den Flug nur noch überwachen bis kurz vor der Landung und dann die Landung vielleicht noch manuell durchführen. Aber auch hier kann man im Grunde die Landung auch schon vollautomatisch durchführen lassen vom Autopiloten. Das heißt, diese Technologie steht lange zur Verfügung und ist im Luftraum ja auch vergleichsweise leicht zu realisieren, also wesentlich leichter als auf der Straße. Denn im Luftraum können nicht plötzlich unvorbereitet irgendwelche Hindernisse auftauchen, ein Ball auf die Straße rollen oder ein Kind hinterher. Das ist im Luftraum alles sehr gut beobachtbar. Die Regeln sind sehr klar, das heißt, den Flug automatisch durchführen, das ist technologisch nicht das Problem. Das Problem ist eher: Wie binde ich eben solche automatisierten Flugzeuge weiterhin in die Flugsicherung ein und wie stelle ich sicher, dass keine Kollisionen stattfinden mit bemannten Verkehren, dass alle Regeln beachtet werden und dass natürlich auch keine Kollisionen mit Gelände oder anderen Objekten am Boden stattfinden, wenn man also jetzt in niedriger Flughöhe fliegt. Und das ist die große Herausforderung.

**[mg]:** Heißt das dann, jetzt noch mal nachgefragt, dass wir das klar verstehen: Also Sie haben diese drei regulatorischen Klassen genannt, offen, spezifisch zertifiziert, das von diesem zweiten und dritten Typ eigentlich noch gar keine Geräte unterwegs sind, weil da sozusagen dieser regulatorische Rahmen noch nicht klar ist und wir eigentlich nur auf Sichtfliegenbereich noch unterwegs sind? Oder gibt es trotzdem schon, also trotz der Schwierigkeiten, die Sie gerade beschrieben haben, schon auch Geräte des zweiten und dritten Einsatztyps?

**[Klingauf]:** Ja, im dritten Einsatztyp zertifiziert, da sind tatsächlich nur ganz, ganz selten mal Fluggeräte unterwegs und dann unter speziellen Bedingungen. Dann wird zum Beispiel dafür der Luftraum gesperrt. Das findet insbesondere natürlich im militärischen Bereich statt, also beispielsweise eine Überführung eines unbemannten Luftfahrzeugs von einem Flughafen zu einem anderen. Dann wird eben kurzerhand der Luftraum dazwischen gesperrt für bemannten Verkehr. Und dann sind heute solche Flüge schon möglich. Häufiger finden heute schon Flüge statt in dem spezifischen Bereich. Die erfordern aber eben immer, wie schon gesagt, eine aufwendige Antragsstellung und einen aufwändigen Genehmigungsprozess, weil dann immer im Einzelfall das Risiko dieser Flugmission, also wir sprechen immer gerne von Flugmissionen, beurteilt werden muss, und abhängig von dieser Risikoeinstufung, wird dieser Flug dann genehmigt oder eben auch nicht. Da sind also jetzt auch schon einzelne Flüge möglich. Es gibt erste Betreiber, die eine sogenannte Aufstiegsgenehmigung haben in diesem Bereich, uns eingeschlossen. Also mein Institut. Wir haben zum Beispiel jetzt gerade vor ein paar Tagen endlich die Genehmigung erhalten, dass wir auf der Lichtwiese fliegen dürfen mit unseren Drohnen. Eingeschränkt. Also nur in bestimmten Zeiträumen, morgens von 7:00 bis 11:00 Uhr, und natürlich auch nur auf der Wiese, wenn sich dort keine unbeteiligten Personen aufhalten. Aber immerhin, wir haben eine solche Genehmigung erhalten. Das heißt, der erste Schritt ist geschafft. Ja, und in diesem Bereich finden durchaus Flüge statt. Wie erwähnt, beispielsweise zur Inspektion von Infrastrukturen, zur Unterstützung in der Landwirtschaft, also beispielsweise auch Auffinden von Rehkitzen, bevor man eine Wiese abmäht. Oder auch dann Flüge in Küstennähe, um zum Beispiel die Seenotrettung zu unterstützen beim Auffinden von Personen, die über Bord gegangen sind. Also da gibt es erste Anwendungsfälle, wo schon geflogen werden kann. Aber es ist eben noch eingeschränkt, weil nicht flächendeckend die Infrastrukturen zur Verfügung stehen, um solche Flüge zu ermöglichen. Insbesondere geht es eben darum, dass diese unbemannten Flugsysteme sichtbar sind für andere Verkehrsteilnehmer und auch für die Flugsicherung, ja damit eben andere Verkehrsteilnehmer gewarnt sind, Kollisionen vermeiden können und besonders kritisch, ich meine, wir sprechen hier in der Regel über Flugoperationen im sehr niedrigen Luftraum. Und kritisch sind hier insbesondere beispielsweise mögliche Kollisionen mit Hubschraubern, weil Rettungshubschrauber oder auch bei Polizeieinsätzen die Hubschrauber ja in Bodennähe operieren, außerhalb von Flugplätzen auch landen zum Teil. Und das sind dann genau die Bereiche, wo es auch schon zum Teil zu gefährlichen Begegnungen oder sogar zu Kollisionen gekommen ist zwischen Drohnen und bemanntem Flugverkehr. Und diese Risiken, die müssen eben dann genau betrachtet werden, wenn man hier den Antrag stellt für eine Aufstiegsgenehmigung in diesem Bereich.

**[pgg]:** Ich habe in Erinnerung, dass schon ein, zwei Mal hier auch der Frankfurter Flughafen kurz gesperrt war, weil irgendwo vermutet wurde – zumindest –, dass da eine Drohne im Luftraum unterwegs ist, die da gar nicht hingehört. Irgendwie habe ich mich da gefragt: Wenn die da kollidieren, so ein richtiges Flugzeug und so eine Drohne, da ist doch das Flugzeug im Zweifel stärker? Aber vermutlich geht dann doch was kaputt, auch im großen Flugzeug oder am Helikopter.

**[Klingauf]:** Ja, das Problem ist die hohe Geschwindigkeitsdifferenz zwischen den beiden Flugzeugen, sodass dann doch erhebliche Schäden entstehen können. Und die Gefahr ist dann natürlich besonders groß für das bemannte Flugzeug. Also bei der



Open-Kategorie, da sprechen wir von Drohnen bis 25 Kilogramm immerhin, Fluggewicht, und in dem spezifischen Bereich dann auch durchaus deutlich schwerer. Also das kann auch mehrere 100 Kilogramm sein. Und wenn es da zu einer Kollision kommt, gerade mit kleinen Luftfahrzeugen, das kann dann tödlich enden. Ja, das kommt leider immer wieder vor, dass im Flughafenbereich Hobbypiloten unbedarft ihre Drohnen aufsteigen lassen, obwohl es eigentlich verboten ist. Also, der Luftraum rund um Flughäfen ist tabu. Man muss dort mindestens 1,5 Kilometer Abstand halten, und eigentlich muss jeder Drohnenpilot zumindest einen kleinen Drohnenführerschein machen. Das beinhaltet eine Onlineprüfung, wo genau eigentlich diese regulatorischen Vorschriften abgefragt werden. Das heißt, eigentlich sollten solche Regeln bekannt sein. Leider kommt es aber eben doch immer wieder zu Verletzungen.

**[mg]:** Es ist ja auch so, habe ich das richtig auf dem Schirm, dass es relativ leicht ist, an so eine Drohne zu kommen? Also teilweise werden die auch als Spielzeuge verkauft.

**[Klingauf]:** Na klar.

**[mg]:** Wie gut klappt das denn so insgesamt, haben Sie da einen Eindruck? Also wie groß ist das Bewusstsein dafür, dass man auch mit so einer vergleichsweise harmlosen Drohne irgendwie am Luftverkehr teilnimmt und sich da an Regeln halten muss?

**[Klingauf]:** Das ist natürlich problematisch. Wenn jetzt der 15-Jährige von den Eltern so eine Fotodrohne geschenkt bekommt. Dann ist eben mitunter dieses Wissen nicht vorhanden, und dann wird einfach mal diese Drohne gestartet und man erfreut sich an den Bildern. Und das ist in der Regel ja auch unproblematisch. Problematisch wird es dann, wenn jemand auf die Idee kommt, jetzt eben zum Beispiel die Drohne über einem Stadion kreisen zu lassen oder in Flughafennähe, um da die Flugzeuge zu beobachten. Das passiert mit Sicherheit in den allermeisten Fällen nicht mit böser Absicht, aber eben mit einer gewissen Naivität. Denn eigentlich, wie gesagt, muss jeder, der seine Drohne fliegen lassen will, außerhalb von einem Modellflugplatz, muss diesen Drohnenführerschein machen und muss auch eine Haftpflichtversicherung abschließen. Dazu besteht auch eine entsprechende Pflicht. Das wird aber im Hobbybereich eben häufig missachtet, leider. Aber wie gesagt, in dem Bereich ist das Problem nicht so groß, weil dort die Reichweiten der Drohnen nicht besonders groß sind. Man fliegt auf Sicht, die sind relativ klein, das heißt, wenn man sich da ein Stück weit entfernt, dann sieht der Steuerer die Drohne auch kaum noch, so dass es schwierig wird, dann die Fluglage zu beurteilen, so dass in der Regel nicht so weit weggefliegen wird. Und dann ist es eben unproblematisch. Problematischer sind dann eher größere Drohnen, die durchaus auch im Hobbybereich zum Teil selbst gebaut werden und dann fliegengelassen werden. Und damit kann man natürlich dann häufig auch schon ein Stück weiterwegfliegen, und dann kann es zu Problemen kommen. Wir hatten ja beispielsweise vor ein oder zwei Jahren eine Kollision hier in der Nähe von Rheinheim zwischen einer Drohne und einem Sportflugzeug, die zum Glück glimpflich ausgegangen ist. Das hätte aber auch schlimm enden können.

**[pgg]:** Die kleinen Hobbydrohnen zum Fotografieren oder so, wenn das fast so Spielzeugcharakter hat, klingt es so, als ob die doch ziemlich einfach zu steuern sind. Sie haben auch gerade gesagt, steuern und nicht fliegen. Ein Pilot oder eine Pilotin, also ein Mensch mit richtiger Ausbildung, muss ja eine ganze Menge lernen und es ist eine sehr komplexe Aufgabe, ein Flugzeug zu steuern oder erst recht einen Helikopter

zu steuern, zu lenken, zu fliegen. Ist es bei komplexeren Drohnen ähnlich kompliziert, dass es eine Art Pilotenaufgabe ist? Oder sind die Schnittstellen so einfach und so leicht zu bedienen, dass es im Grunde doch so ein Vorgang für jedermann ist und jede Frau so eine Drohne, auch eine komplexere Drohne vielleicht, die man dann nicht mehr sieht, auf den Weg zu bringen und zum Ziel zu bringen?

**[Klingauf]:** Ja, durchaus das Letztere. Da hilft eben die Automatisierung. Das heißt, selbst die kleinen Fotodrohnen sind in der Regel in der Lage, dass sie einfach in der Luft stehen bleiben, wenn man keine Eingaben macht. Und sie sind sehr leicht zu steuern, teilweise sogar über ein einfaches Smartphone, sodass man eben einfach Vorgaben macht: Jetzt soll eine Drehung stattfinden, jetzt ein Geradeausflug. Also man muss da durchaus kein ausgebildeter Pilot sein, um so eine Drohne steuern zu können. Diese Aufgabe ist deutlich einfacher, als wenn man jetzt ein Flugzeug steuert, was noch eine mechanische Steuerung hat, also beispielsweise ein kleines Sportflugzeug oder auch ein Segelflugzeug. Da braucht man dann tatsächlich eine richtige Pilotenausbildung und muss dann auch fliegerische Fähigkeiten haben, um dieses Flugzeug in der Luft zu halten, stabil und zu steuern. Das ist bei den Drohnen anders. Die fliegen im Prinzip von alleine.

**[mg]:** Ich bin gerade so ein bisschen hellhörig geworden, als Sie sagten: Steuern mit dem Smartphone. Da hat man ja das Gefühl, das gibt jetzt sozusagen nicht ein Steuergerät, das mit dem Fluggerät, ich nenne es jetzt mal, irgendwie verheiratet ist, das ist klar. Die gehören zusammen, das ist die Fernbedienung für dieses Gerät, und nichts anderes kann kommunizieren. Das klingt jetzt ja so, als gäbe es im Prinzip potenziell offene Schnittstellen (Kommunikationsschnittstellen nenne ich es jetzt mal) auch zu solchen schweren und potenziell gefährlichen Geräten. Wie groß ist denn die Herausforderung, das dann auch sicher zu machen, jetzt, ich sags jetzt auch mal einfach, vor Angriffen auf solche Systeme?

**[Klingauf]:** Ja, das ist natürlich auch ein Thema, wobei normalerweise zwischen dem Fernpiloten und der Drohne eine Fernsteuerung eingesetzt wird, die dann schon speziell für diesen Zweck gebaut ist. Aber häufig, gerade bei billigen Drohnen, verzichtet man dann eben darauf, diesen Sender mit einer umfangreichen Bedienoberfläche auszustatten. Das heißt, man klemmt dann einfach sein Smartphone dran und hat dann damit einen Bildschirm und die Eingabemöglichkeiten über den Touchbildschirm, sodass dann die Eingaben über das Smartphone passieren, vielleicht dort auch eine Kartendarstellung dargestellt wird oder eben auch das Bild von einer Onboardkamera. Die Funksignale werden dann aber schon über eine Funkstrecke übertragen. Und da ist weniger die Gefahr, dass jemand sozusagen die Kontrolle des Fluggeräts übernimmt, als dass diese Funkstrecke gestört wird. Denn mit einem Störsender beispielsweise könnte man diese Flugstrecke natürlich leicht stören. Und dann ist die Drohne plötzlich unkontrollierbar. Noch viel gefährlicher ist aber natürlich auch der Missbrauch der Technologie, dass man also jetzt Drohnen gezielt einsetzt für terroristische Attacken. Das ist also auch eine große Angst der Behörden, dass solche Attacken beispielsweise mal stattfinden auf ein vollbesetztes Stadion. Denn es wäre jetzt ein Leichtes, im Prinzip so eine Drohne mit Sprengstoff auszurüsten und dann irgendwo hinzufiegen. Und da kommen wir dann auch in den Bereich der sogenannten Drohnenabwehr, wo also im Moment man sich auch in der Forschung und auch teilweise in Firmen Gedanken darüber macht: Ja, wie könnte man denn genau einen solchen terroristischen Angriff abwehren, um größere Gefahren dann abzuwenden?

**[pgg]:** Wie kriegt man denn Drohnen aus der Luft? Jetzt mal zivile Situationen vorausgesetzt. Also wenn jetzt hier irgendwo in der Gegend entweder so ein Ding sich selbstständig macht oder vielleicht doch mit böser Absicht gesteuert wird, wie könnte man es runterholen in einer Gegend, wo auch Menschen sind und Häuser und so?

**[Klingauf]:** Teilweise reicht es beispielsweise, mit Störsendern das Funksignal zu stören, oder auch ja das Signal der Satelliten zu stören für die Positionierung der Drohne. Und viele Drohnen sind dann so programmiert, dass sie dann zum Startort zurückfliegen. Das ist zum Beispiel eine Möglichkeit. Eine andere Möglichkeit ist, den Steurer, den Fernpiloten ausfindig zu machen aufgrund der Funksignale, die er aussendet, durch Triangulation, und dann sozusagen über den Fernpiloten das Fluggerät entsprechend runterzuholen. Aber die Möglichkeiten reichen natürlich dann bis dahin, dass man im Notfall so eine Drohne auch abschießt oder beispielsweise mit einem Netz einfängt oder sowas.

**[pgg]:** Da muss man das Netz hoch werfen.

**[mg]:** Aber das heißt, das ist dann weniger eine Frage, der man sich dann so in einem Designprozess widmet, als eher eine, wie man sich anderswo vorbereitet auf so ein Szenario? Oder findet beides statt?

**[Klingauf]:** Ja gut, zum einen sind natürlich die Hersteller von den Drohnen aufgefordert, das tun sie auch in der Regel, die Drohnen mit Funktionen zu versehen, die vor Missbrauch schützen. Wir sprechen also zum Beispiel von Geofencing. Das heißt, die Drohne fliegt automatisch nicht in Bereiche ein, die gesperrt sind, also beispielsweise der Bereich um Flughäfen oder um andere kritische Infrastrukturen. Das kann man aber natürlich umgehen, denn viele Modellbauer sind in der Lage, ihre Drohnen aus einzeln eingekauften Teilen selbst zusammenzubauen. Und dann kann man natürlich auch Drohnen bauen, die solche Funktionen umgehen. Wobei das aber natürlich, ich sage mal, bei den Fällen, die mir bekannt sind, wo es zu Problemen gekommen ist oder auch Kollisionen, in der Regel waren das halt keine intendierten Attacken, sondern eben mehr zufällig oder aus Unwissenheit oder auch durch Ausfall von technischen Systemen.

**[mg]:** Ich würde gern nochmal einen anderen Aspekt aufwerfen. Und zwar hatte ich ja in der Anmoderation mal erwähnt: Ich erinnere mich an Zeiten, wo Servicedrohnen und Dienstleistungen auch für den urbanen Raum eine große Rolle gespielt hatten. Also zum Beispiel die Paketzustellung, hatte ich erwähnt, oder eben auch Taxis, die dann in der Luft irgendwann den ÖPNV ergänzen. Was ist daraus geworden? Davon hört man jetzt irgendwie nicht mehr viel.

**[Klingauf]:** Ja, das war vor einigen Jahren ja ein großer Hype mit den Paketdrohnen. Und Amazon beispielsweise, erinnere ich mich, hatte da eine entsprechende Drohne vorgestellt und die Deutsche Post war auch ganz schnell dabei. Davon hört man tatsächlich nichts mehr. Und ich denke, das liegt daran, dass sich dieser Einsatzfall als ungeeignet herausgestellt hat, weil einfach die Landemöglichkeiten in der Stadt häufig nicht verfügbar sind. Also, das große Problem sind die letzten zehn oder 20 Meter. Wie kommt dann das Paket zum Empfänger? Wie stellt man sicher, dass es nicht geklaut wird? Wie stellt man sicher, dass die Drohne das Paket auch sicher abliefern kann, ohne irgendwelche Personen zu gefährden? Und so weiter und so fort.



Also, dieser Anwendungsfall ist mehr oder weniger vom Tisch. Die Anwendungsfälle, auf die sich im Moment die Entwicklung konzentriert, das sind eher solche, wie ich vorhin erwähnt habe. Also Inspektion, Suchaufgaben, Organtransport. Also das wäre ja dann zwischen zwei Krankenhäusern, wo es relativ leicht ist, dann beispielsweise auf dem Dach entsprechenden Landeplatz einzurichten. Das sind so typische Aufgaben, zum Teil eben auch Aufgaben, die heute von bemannten Helikoptern wahrgenommen werden. Und da ist der große Vorteil der Drohnen, dass sie deutlich preiswerter zu fliegen sind. Also am Helikopter muss man damit rechnen, dass für eine Stunde Flugzeit zwei Stunden Wartung anfallen, so dass also Hubschrauberflüge extrem teuer sind, und überall dort, wo man Hubschrauberflüge ersetzen kann mit Drohnen, da werden wir das in den nächsten Jahren auch sehen. Das sind also sehr häufig dann Aufgaben, wo mit einer Infrarotkamera aus der Luft Personen ausfindig gemacht werden sollen oder irgendsowas. Und es gibt eben auch Anwendungsfälle, die heute noch nicht darstellbar sind. Also wie schon gesagt, zum Beispiel in der Landwirtschaft: Wenn es dann preiswert ist, seine Ländereien zu überfliegen und zu gucken, wie gleichmäßig beispielsweise der Pflanzenwuchs ist, wie gleichmäßig der Düngereintrag gelungen ist, oder um auch zu schauen, wie ist der Trockenheitsgrad, muss gewässert werden und sowas. Das sind Anwendungen, die heute ja so noch nicht gemacht werden, die aber dann ermöglicht werden durch die neue Technologie, relativ preiswert. Der andere Bereich, den Sie erwähnt haben, das ist auch eine interessante Entwicklung, also diese Flugtaxis oder auch Personal Air Vehicles. Das ist ein Bereich, da tut sich viel, und ich denke, das wird auch kommen, weil natürlich diese elektrischen Flugtaxis versprechen, dass sie leiser sind als heutige Helikopter und auf kurzen Strecken auch preiswerter zu fliegen sind. Und da wird es dann sicherlich Anwendungsfälle geben, wie zum Beispiel der Flug von entsprechend zahlungskräftigen Passagieren, der Flug vom Flughafen in die Stadt zu dedizierten Landeplätzen. Das wird kommen, denke ich. Und dazu sind auch entsprechende Verkehrskonzepte in Entwicklung für die sogenannte urbane Air Mobility. Das werden wir sehen. Auch das ist natürlich ein Stück weit ein Hype. Also im Moment stürzen sich Investoren ja auf diese ganzen Startups, die solche Flugtaxis entwickeln. Da ist viel Pioniertätigkeit im Moment und ich denke, viele dieser Firmen werden nicht überleben. Aber da werden sicherlich Entwicklungen entstehen, die dann tatsächlich auch kommerziell genutzt werden. Ich erwarte, da werden wir in den nächsten Jahren einiges sehen – vielleicht auch gar nicht mal so unbedingt hier in Deutschland, aber dann in Städten wie Dubai oder Singapur, wo man eben auch technologieaffin ist und dann solche Konzepte gerne vorzeigen möchte.

**[pgg]:** Sind Sie schon mal geflogen worden durch so ein unbemanntes, aber Menschen transportierendes Gerät?

**[Klingauf]:** Nein, im Moment würde ich mich da auch nicht reinsetzen, denn es gibt noch keine, meines Wissens noch keine, zertifizierten Fluggeräte. Denn ganz klar ist: Diese Flugtaxis, die unterliegen natürlich der gleichen Zertifizierung wie klassische bemannte Flugzeuge. Und dieser Prozess ist extrem aufwendig und teuer. Deswegen verzögern sich dann diese Projekte in aller Regel auch. Nun, ich denke, sobald mal solche Flugtaxis verfügbar sind und zugelassen sind und ja, sagen wir mal, ich persönlich die Technik dann auch für sicher beurteile, dann würde ich mich da auch entsprechend reinsetzen.

**[pgg]:** Und noch mal nachgefragt: Flugtaxi heißt ja dann als Passagierin, was weiß ich, häng ich da dran oder sitze ich da drin und werde einfach nur transportiert? Noch eine

Variante könnte ja sein, dass der Mensch, der dann mittransportiert wird, schon auch irgendwie steuert. Also dass es dann doch eher so eine Art Pilotensituation ist. Gibt es das, so einen Hybrid zwischen pilotengetriebenem und doch irgendwie drohnenartig von unten gesteuertem Fliegen?

**[Klingauf]:** Also ich denke, in nächster Zeit, und da spreche ich über einen Zeitraum von mindestens zehn Jahren, wird es so sein, dass auch diese Flugtaxis oder man spricht auch von Personal Air Vehicles, dass die einen Piloten erfordern, der eine volle Lizenz hat. Natürlich gilt auch für diese Fluggeräte, dass sie häufig leichter zu steuern sein werden als ein klassisches Flugzeug. Aber bei der Pilotenaufgabe geht es ja auch heute gar nicht mehr so sehr darum, das Flugzeug zu fliegen, sondern die Aufgabe ist ja vielmehr, den Luftraum zu beobachten, die Kommunikation aufrechtzuhalten mit der Flugsicherung und die korrekte Funktion der ganzen Systeme zu monitoren, zu beobachten. Das sind die heute vorrangigen Aufgaben eines Piloten. Und diese Vision, dass wir sozusagen mehr oder weniger autonom agierende Taxis haben, wo gar kein Pilot mehr drinsitzt, nur noch Passagiere, die dann autonom von A nach B geflogen werden. Diese Vision, die werden wir so schnell nicht sehen.

**[pgg]:** Das heißt also auch: Die dann doch bemannte Drohne ist eigentlich eine, die gelenkt und gesteuert werden muss vom Mitfahrer?

**[Klingauf]:** Das ist eher ein Ersatz sozusagen. Oder eine Erweiterung des Spektrums heutiger Fluggeräte, sei es kleine Flugzeuge oder auch Hubschrauber. Und insbesondere interessant ist eben auch hier, wieder Einsatzfälle von klassischen Helikoptern zu ersetzen durch diese neuartigen, elektrisch getriebenen Fluggeräte, weil sie einfach leiser sind, was sie dann eben für den Betrieb in der Stadt interessant macht. Und weil sie eben auch insbesondere preiswerter zu betreiben sind.

**[mg]:** Da stellen sich dann ja aber schon noch mal so ein paar gesellschaftliche Fragen, vielleicht auch noch stärker als bei diesen anderen Einsatzszenarien, die sie jetzt beschrieben hatten. Also das eine ist natürlich klar: Man will, dass das so sicher ist wie möglich, wenn man sich vorstellt, dass so im Stadtbereich, im urbanen Bereich solche Geräte unterwegs sind. Das Andere ist ja: Findet denn eine Debatte darüber statt, ob und wo man das will? Sie haben jetzt ja schon beschrieben: Es gibt Gegenden in der Welt, wo das eher begrüßt wird, wo das vielleicht auch die Bevölkerung klar als Fortschritt empfindet, wenn solche Möglichkeiten zur Verfügung stehen. Bei uns, kann ich mir vorstellen, ist es eher eine Diskussion: Wollen wir das? Haben wir da eher Bedenken? Sagen wir, das ist dann wieder irgendwie was für reiche Leute, dann fliegen die über unsere Köpfe mit Drohnen weg und wir könnten uns das nicht leisten. Also gibt es da überhaupt so was wie einen politischen Diskurs drum, wie und ob man das einführt? Oder ist das was, was halt kommt und ist irgendwann da?

**[Klingauf]:** Ja, diesen Diskurs, den gibt es ja interessanterweise bisher in der Gesellschaft nicht. Und die Ursache ist wahrscheinlich, dass die breite Bevölkerung mit solchen Fluggeräten und Einsatzkonzepten bisher ja nicht konfrontiert ist. Ich denke, wenn dann die ersten dieser Fluggeräte fliegen und man dann mitbekommt, dass die auch nicht lautlos fliegen, dass es dann surrt überall, man vielleicht auch Sorgen hat, dass einem so ein Fluggerät auf den Kopf fällt, dann wird bestimmt diese Diskussion losgehen. Im Moment wird diese Diskussion eigentlich nur in Fachkreisen geführt und man antizipiert da natürlich bestimmte gesellschaftliche Entwicklungen, Einstellungen. Aber was dann tatsächlich passieren wird, das wird natürlich

interessant. Also Prüfstein wird beispielsweise sein: Es ist geplant, im nächsten Jahr 2024 bei der Olympiade in Paris, dass dort die ersten Flugtaxis fliegen sollen, also im Einsatz vom Flughafen in die Stadt rein, zu dedizierten Landeplätzen. Da wird man zum ersten Mal dann erleben, wie so ein Flugverkehr, so ein urbaner Flugverkehr aussehen kann. Und ich denke, das wird diese Diskussion dann anstoßen. Da wird sicherlich zum Teil Begeisterung da sein, aber es werden bestimmt auch kritische Stimmen kommen.

**[mg]:** Wie passt denn das, ich antizipiere mal: Wie passt denn das zu Klimaschutzbemühungen? Gibt ja einige Leute, die herkömmliche Flugreisen versuchen ganz zu vermeiden. Vielleicht sogar die sagen: Kurzstreckenflüge kommen schon mal gar nicht in Frage, nur wenn ich einen Langstreckenflug nicht vermeiden kann, setze ich mich in ein Flugzeug und so. Und jetzt stellen wir uns vor, es gibt sozusagen innerstädtisch die Möglichkeit, zu fliegen. Jetzt haben wir natürlich schon am Anfang gehört, das wird dann eher Elektromobilität sein. Aber trotzdem, so Nachhaltigkeitsaspekt und Ökologieaspekte, wird das mit eingebaut in die ganze Entwicklung? Ist das eh klar, dass das zum Beispiel irgendwie klimaneutral funktionieren muss, oder ist das dann auch so ein Diskussionspunkt, mit dem Sie rechnen?

**[Klingauf]:** Ja, ich denke, das wird auf die gleiche Situation hinauslaufen wie bei Elektroautos. Auch die sind natürlich erst dann nachhaltig im Betrieb, wenn der Strom auch regenerativ erzeugt wurde. Und das gleiche gilt natürlich dann auch für diese Fluggeräte. Der Vorteil ist dann natürlich schon, dass man eben nicht Stunden im Stau verbringt, womöglich noch in einem fossil betriebenen Auto viele Abgase produziert und sehr viel schneller in der Stadt ist. Aber da können wir natürlich entgegenhalten: Naja, in Paris beispielsweise gibt es auch eine Metro, die elektrisch betrieben ist, und damit kann ich sehr preiswert und auch schnell und, sagen wir mal, mit geringem ökologischem Fußabdruck in die Stadt kommen. Das ist natürlich dann schon ein Punkt, wo es, wie soll ich sagen, sexy ist, mit so einem Fluggerät dann in die Stadt zu fliegen. Und das wird natürlich auch nicht ganz billig sein. Auf jeden Fall teurer als öffentlicher Nahverkehr und damit natürlich dann auch schon einer Bevölkerungsgruppe vorbehalten sein, die sich das leisten können. Aus meiner Sicht kann, zumindest in nächster Zeit, der Betrieb von solchen Flugtaxis gar nicht um Größenordnungen billiger sein als jetzt herkömmliche Flughelikopter oder Flugzeuge. Denn das Teure, neben der Wartung, ist immer der Pilot, und den brauchen wir nach wie vor. Also richtig massentauglich und preiswert wird es eigentlich erst dann, wenn die Dinger sozusagen ohne Pilot durch die Gegend schwirren. Und das sehe ich aber auf absehbare Zeit nicht. Das kann natürlich dann schon zu Diskussionen führen.

**[pgg]:** Wenn ich noch mal auf die konkreten Forschungsarbeiten, die jetzt so anliegen, gründe, vielleicht tatsächlich so kurz vor der Schwelle auch zu so einer richtigen Sichtbarkeit dieser Technologie und der Breite von Drohneneinsatz. Wo sind da jetzt aus Ihrer Sicht die Forschungsbaustellen, die besonders spannend sind? Ist das die digitale Seite? Die Navigationsherausforderung, die ganzen Komponenten, die da irgendwie zusammenwirken müssen und das vielleicht digital vermitteln? Oder ist es doch eher klassisch, sage ich jetzt mal, Flugzeugmechanik, Strömungsgeschichten und Dinge diesen Typs? Vielleicht auch: Was machen Sie gerade konkret?

**[Klingauf]:** Ja, das sind zwei Baustellen, die ich da als interessant ansehe. Das eine ist dieses ganze Feld der betrieblichen Fragen, wie vorhin schon ein bisschen andiskutiert.

Also wie binde ich diese neuartigen Fluggeräte in den Luftraum ein? Wie vermeide ich Kollisionen mit dem klassischen Flugverkehr? Wie gestalte ich die Regeln? Das ist im Moment noch alles im Fluss. Wie gestalte ich die notwendigen Infrastrukturen? Ich kann also zum Beispiel auf so eine kleine Drohne ja nicht den gleichen schweren Transponder schrauben, den ich in großen bemannten Flugzeugen drin habe, damit diese sichtbar werden auf dem Radar der Flugsicherung. Das heißt, es bedarf hier kleiner, leichter, energiesparender Lösungen, die geeignet sind für so eine Drohne. Und dann reden wir beispielsweise über die Nutzung von 5G-Mobilfunknetzen, um die Position der Drohne sichtbar zu machen und diese Information zu übertragen, beispielsweise an die Flugsicherung oder eben andere Luftfahrtteilnehmer. Das heißt, das ist dieser eine Fragenkomplex, diese ganze regulatorische und betriebliche Seite, da sind wir aktiv in der Forschung, arbeiten mit am sogenannten Unmanned-Traffic-Management-System der Zukunft. Und die andere spannende Frage sehe ich darin: Wie können wir die Reichweite und die Effizienz dieser Fluggeräte steigern? Denn im Moment sind die meisten Drohnen Multicopter, batteriebetrieben, und da reden wir über Flugzeiten von 20 bis 30 Minuten. Also auch die ersten Flugtaxi, die werden einen Radius haben von maximal 20 Kilometern, und dann ist Schluss. Damit sind die Einsatzfälle natürlich stark begrenzt. Also wenn ich jetzt zum Beispiel eine Vermisstensuche durchführen will, dann brauche ich deutlich längere Flugzeiten. Oder wenn ich jetzt hier eine Hochspannungsleitung über mehrere 100 Kilometer inspizieren will, dann brauche ich entsprechend lange Flugzeiten. Und das ist eine Fragestellung, an der wir arbeiten: Wie kann man also diese Fluggeräte effizienter machen, obwohl sie weiterhin batteriebetrieben sind? Und da ist der Schlüssel, dass wir nicht mehr ausschließlich Multicopter oder das Helikopterprinzip einsetzen, sondern zurückkehren zu Fluggeräten mit einem Tragflügel. Denn ein Tragflügel ist wesentlich effizienter. Wir brauchen nur ungefähr 5 % der Energie, die wir bei einem Helikopter aufwenden müssen, um den in der Luft zu halten. Und damit verzwanzigfacht sich sozusagen die Reichweite oder die Flugzeit bei einem Fixed Wing, also bei einem Fluggerät mit Tragflügel. Und das kombinieren wir dann mit Hubpropellern, um dieses Fluggerät senkrecht starten und landen zu können. Und da gibt es dann technische Herausforderungen: Also nach dem vertikalen Start, wie findet dann der stabile Übergang statt in den aerodynamischen Flug? Das sind Herausforderungen, zum Beispiel aus regelungstechnischer Sicht. Und das sind dann spannende Fragestellungen, an denen wir auch arbeiten.

**[mg]:** Weiß man denn, hat man so eine Vorstellung davon, wie gut die Übertragung von Ergebnissen und auch Erfolgen, zum Beispiel in der Steuerung, die man in so geschützten Umgebungen erzielt? Wenn man konkret entwickelt, dann testet man das ja bestimmt irgendwo in einem geschützten Raum, Rahmen, Umgebung. Aber irgendwann soll das ja dann in die echte Welt rein. Gibt es da noch mal spezielle Hürden? Was weiß man, dass das klappt? Kann man sich darauf verlassen, dass das klappt?

**[Klingauf]:** Also verlassen würde ich mich darauf nicht, sondern da gibt es in der Luftfahrt etablierte Prozesse, wie man sowas angeht. Das heißt, man startet natürlich erstmal mit Überlegungen: Wie könnte eine technische Lösung aussehen? Im nächsten Schritt realisiert man sie, geht vielleicht zunächst in die Simulation in einem geschützten Raum, wie Sie sagen, in einer kontrollierten Umgebung. Und wenn auch dort die Technologie sich behaupten kann, dann geht man in Flugversuche, auch wieder im geschützten Raum zunächst. Also, das heißt zum Beispiel auf einem

Testgelände in einem gesperrten Luftraum. Und so hangelt man sich dann Schritt für Schritt sozusagen an den realen Einsatz heran.

**[mg]:** Und die Schritte sind dann auch klein genug, um dann den Schritt in die echte Stadt für so ein Flugtaxi gar nicht mehr so groß zu machen?

**[Klingauf]:** Ja, durchaus. Aber hier gilt natürlich – wie immer in der Luftfahrt: Safety first. Also Sicherheit steht ganz oben, alles andere wird der Flugsicherheit untergeordnet. Und da muss man natürlich, insbesondere wenn man jetzt über einer Stadt fliegt, bewohntem Gebiet, dann muss man natürlich schon sehr sicher sein, dass das Fluggerät auch die entsprechende Zuverlässigkeit mitbringt. Deswegen ist aber eben genau dieser Zulassungsprozess auch so aufwendig.

**[mg]:** Aber das würde ja bedeuten, wenn 2024 in Paris schon Flugtaxis zum Einsatz kommen sollen, dann müssten die jetzt ja im Grunde schon so weit sein.

**[Klingauf]:** Durchaus. Also da gibt es Hersteller, die befinden sich im Prozess der Zulassung. Zu nennen ist zum Beispiel die Firma Volocopter, die auch genau dort fliegen will im nächsten Jahr. Und ich war vor ein paar Tagen dort und habe mir den Stand der Entwicklung angeschaut, und da muss ich sagen, die sind recht weit. Also ich bin zuversichtlich, dass das zu schaffen ist. Ja, ich denke mal, jetzt mal abgesehen vom Hobbybereich, werden alle Konzepte auf den Prüfstein gestellt werden, ob die sich auch kommerziell bewähren. Denn nur wenn das einen kommerziellen Vorteil bietet, dann wird man auch diese Entwicklung weiterverfolgen. Wenn ich heute einen Helikopter nehme mit Betriebskosten von 1000 bis 2000 € pro Flugstunde, und ich stell dem eine kleine Drohne gegenüber, mit der ich die gleiche Aufgabe lösen kann. Also so ein Organtransport über, ich sag mal, 50 Kilometer, von Krankenhaus A nach Krankenhaus B in einer halben Stunde oder sowas oder noch schneller. Ja, das kann wesentlich preiswerter sein. Das kostet auf keinen Fall 2.000 €. Das kann ich vielleicht für 50 € oder für 100 € darstellen. Da sind dann schon Faktoren dazwischen. Oder wenn ich eben eine Flotte von Drohnen losschicken kann, um zum Beispiel eine Überwachung zu machen des Küstengebiets, um dort Ölsünder zu entlarven, die unzulässig Öl ablassen, also Schiffe, die Öl ablassen ins Wasser, oder um Vermisste zu suchen. Wenn ich da eine kleine Flotte von Drohnen losschicken kann, die in der Lage sind, ein großes Suchgebiet, also viele Quadratkilometer, abzudecken, dann kann das sehr viel preiswerter sein, als wenn ich da mit der Küstenwache rumfliege. Und das macht es dann interessant.

*[Der Abspann mit Musik beginnt.]*

**[mg]:** Und damit ist dieses Digitalgespräch zu Ende und wir bedanken uns bei Uwe Klingauf von der Technischen Universität Darmstadt für die vielen interessanten Einblicke und die spannende Diskussion. Viele Grüße! Und wie immer vielen Dank an Sie, liebe Zuhörerinnen, liebe Zuhörer, für das Interesse und die Aufmerksamkeit. Und wenn Sie mögen, hören wir uns wie immer in drei Wochen wieder zur nächsten Folge des Digitalgesprächs, dem Podcast von ZEVEDI, dem Zentrum verantwortungsbewusste Digitalisierung.



This work is licensed under CC BY-NC-ND 4.0. To view a copy of this license, visit <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>