



Flugtaxis – bemannte, vollelektrische Senkrechtstarter

Kurzdarstellung des Themas

Bemannte, vollelektrische und sichere Senkrechtstarter werden umgangssprachlich in den Medien als Flugtaxis bezeichnet. Aktuell erfährt das Thema eine erhöhte Aufmerksamkeit, denn gegenwärtige Entwicklungen versprechen die Erlangung technischer Reifegrade in verschiedenen Teilbereichen, die auf eine eher mittel- als langfristige Marktreife schließen lassen (Müller 2018; Stoppel 2018; Stüber 2018a u. 2018b; Wilkens 2018).

Gegenwärtig unterstützt die EU die Einrichtung von Modellregionen, um den Betrieb von Prototypen gewährleisten zu können. Bei der Prototypenentwicklung sind auch zwei deutsche Start-ups maßgeblich beteiligt. Ebenso haben sich bereits deutsche Städte als Modellregionen beworben; neben Hamburg beabsichtigt auch Ingolstadt die Einrichtung von Experimentierräumen.

Gesellschaftliche Relevanz entfaltet das Thema vor allem als Teilbereich im Kontext eines wachsenden Mobilitätsbedürfnisses sowie der Verkehrswende hin zu einem emissionsarmen Individualverkehr. Elektrifizierte, senkrecht startende, automatisierte Fluggeräte stellen in einem zukünftigen Verkehrsmix mit großer Wahrscheinlichkeit aber nur ein Nischenangebot dar.

Die derzeit in der Entwicklung befindlichen Flugtaxis ähneln eher Kleinflugzeugen und Helikoptern als Autos. Es ist damit zu rechnen, dass zukünftig immer mehr Fluggeräte unterwegs sein werden. Damit verbunden sind regulatorische Fragestellungen, insbesondere nach der Luftsicherheit bzw. der Regulierung des Luftverkehrs. Aber auch umweltpolitische Fragen nach neu entstehenden Belastungen (z. B. Lärm) bedürfen der Klärung.

Hintergrund und Entwicklung

Bemannte und vollelektrische Senkrechtstarter werden umgangssprachlich als Flug- oder Lufttaxis bezeichnet und erlangen unter dieser Bezeichnung gegenwärtig eine hohe mediale Aufmerksamkeit (Martin-Jung 2018; Schubert 2018). Sie werden mit dem Anspruch entwickelt, die Elektromobilität in die Luft zu bringen, indem sie auf die Entwicklungen einer Elektrifizierung von Fahrzeugen und deren zunehmenden Autonomiegrade bei der Steuerung aufsetzen.

Die in der Entwicklung befindlichen Fluggeräte verfügen über mehrere charakteristische technische Merkmale. In der Regel sollen die Fluggeräte vertikal starten und landen (Vertical Take Off and Landing [VTOL]), um den Flächen-



bedarf für die Start- und Landeinfrastruktur zu reduzieren (Wille 2018, S. 3). Im Gegensatz zu Hubschraubern werden die neuartigen Fluggeräte aber von einer Vielzahl kleiner Propeller angetrieben, die ihrerseits jeweils über kleine Elektromotoren verfügen. Die Energieversorgung erfolgt dabei mittels Batterien (Krüger 2018). Die Propeller für den Antrieb werden entweder fest verbaut oder sind schwenkbar (Wille 2018, S. 3). Zur Erkennung von Position, Geschwindigkeit und eventuellen Hindernissen werden die Fluggeräte mit Kameras, Sensoren und Radar ausgestattet; entsprechende Steuerungssoftware soll zukünftig auch einen autonomen Betrieb ohne Piloten ermöglichen (Wille 2018, S. 2). Redundante Systeme sollen die notwendige Sicherheit garantieren (Krüger 2018).

Gegenwärtig sind in vier Teilbereichen technologische Weiterentwicklungen notwendig, um das bisher erreichte Prototypenstadium zu überwinden: automatisierte Systeme zur Steuerung von Fluggeräten, elektrische Antriebstechnologien, eine Serienfertigung von Leichtbauteilen sowie die Entwicklung bzw. Anpassung entsprechender unterstützender Infrastrukturen (z.B. Start- und Landeplätze, Wartungsinfrastrukturen, Versorgungsinfrastrukturen etc.):

1. Im Bereich autonomer Systeme besteht allgemein das Bestreben einer zunehmenden Automatisierung von Verkehrsträgern. Dies umfasst die Entwicklungen rund um sogenannte selbstfahrende Autos wie auch vergleichbare Bestrebungen im Güterverkehr auf der Straße, der Schiene und dem Seeweg. Voraussetzung für das verstärkte Potenzial mit Blick auf die Nutzung automatisierter Fluggeräte für den Personenverkehr sind Innovationen im Bereich der Drohnentechnologie in den letzten Jahren gewesen (Heumer 2018; Stüber 2018b). In der Entwicklung elektrisch angetriebener Flugtaxis wird die höchste Automatisierungsstufe (Level 5 – führerlose Vehikel) angestrebt, die vom Start bis zur Landung alle Funktionen übernimmt (BMVI 2015, S. 5; VDA 2015, S. 15). Automatisierung funktioniert dabei nicht ohne Vernetzung, d.h. die Kommunikation zwischen Flugzeugen untereinander aber auch zur unterstützenden Infrastruktur. Voraussetzung für eine lückenlose Vernetzung ist ein entsprechend leistungsstarkes Funknetz (BMVI 2015, S. 14 f.).
2. Im Bereich elektrischer Antriebstechnologien finden Weiterentwicklungen vor allem durch eine Steigerung der Motorenleistung und eine Verbesserung der Energieversorgung durch neue Batterietechnologien statt. Bei elektrischen Motoren werden sowohl das Gewicht verringert als auch der Wirkungsgrad erhöht (Calandrelli 2016). Siemens hat Technologien entwickelt, mit denen ein Motor bei einem Gewicht von 50 kg eine elektrische Dauerleistung von 260 kW liefert, was einer Verfünfachung der Leistung vergleichbarer Antriebe gleichkommt und etwa der Hälfte der Leistung entspricht, die benötigt wird, um innerhalb Deutschlands Strecken in Kleinflugzeugen zurücklegen zu können (Buck 2015). Für die Weiterentwicklung



von Batterietechnologien gilt gegenwärtig ein ähnliches Bestreben. Zum einen soll das Gewicht der Batterien reduziert werden, während gleichzeitig die Kapazität/Leistungsdichte erhöht wird. Daneben sollen die Lebensdauer der Batterien verlängert und die Ladezeit verkürzt werden. Im Fokus steht diesbezüglich gegenwärtig die Weiterentwicklung der Lithium-Ionen-Batterie (Thomson et al. 2017, S. 16 f.). Neben der Versorgung der elektrischen Motoren durch Batterien wird auch an anderen Formen der Energieversorgung geforscht. Dazu zählt zum Beispiel der Einsatz von Solarpaneelen auf der Außenhaut der Fluggeräte (Amos 2016). Hier ist in Form eines ultraleichten Fluggeräts ein Prototypenstadium erreicht worden (Gibbs 2014). Auch die Verwendung von Brennstoffzellen als Energieversorgung hat das Prototypenstadium erreicht, wie in einem Projekt des DLR gezeigt werden konnte (Dahlmann 2017).

3. Eine serielle Leichtbauweise soll dabei helfen, das Eigengewicht von Flugzeugen und damit den Energiebedarf zu reduzieren. Die Realisierung einer bionisch inspirierten Bauweise und der Verwendung neuer Materialien sowie Nutzung neuer Gestaltungsmöglichkeiten für das aerodynamische Verhalten werden durch den Einsatz additiver Fertigungsverfahren zunehmend ermöglicht (EFI 2015, S. 70; Ensthaler et al. 2014, S. 7 f.)
4. Unterstützende Infrastrukturen stehen im Gegensatz zu den bislang genannten Entwicklungen weniger im Fokus der Erstausrüster/Original Equipment Manufacturer (OEM), wenngleich sie bisweilen konzeptionell mitgedacht werden. Der notwendige Gestaltungsbedarf ergibt sich aus dem angestrebten Einsatzgebiet für Flugtaxis. In innerstädtischen Gebieten von Großstädten stehen in der Regel keine Flächen für Start- und Landebahnen zur Verfügung, die konventionelle Starts und Landungen erlauben. Aber auch die Einrichtung von Plätzen für vertikale Starts und Landungen sowie von unterstützenden Systemen (Energieversorgung, Wartung, Instandsetzung etc.) erfordert Flächen, die entsprechend erschlossen werden müssen (z. B. Dächer von Gebäuden in Anlehnung an Heliports). Schätzungen zufolge liegen die dafür notwendigen Investitionen deutlich unter den Kosten, die für die Konstruktion neuer Bahnhöfe oder größerer Flughäfen erforderlich wären (Sorge 2017).

Das Zusammenwirken dieser technischen Komponenten ist bereits prototypisch durch wirtschaftliche Akteure in verschiedenen Vorhaben umgesetzt worden. Diese sehen einen Bedarf für neue Mobilitätslösungen und haben deshalb mit entsprechenden Innovationen reagiert. Weltweit arbeiten schätzungsweise rund 50 bis 100 Akteure an Konzepten elektrisch betriebener Senkrechstarter (Wille 2018, S. 3), wobei ein Marktvolumen von ca. 200 Mrd. US-Dollar für die kommenden Jahre vermutet wird (Heumer 2018). Der Kreis erwähnenswerter Akteure in Deutschland setzt sich aus etablierten Großunternehmen und



kleinen Start-ups zusammen. Siemens fokussiert sich auf die Entwicklung von Elektromotoren (Buck 2015) und kooperiert dabei mit Airbus und Rolls Royce, auch im Bereich hybrider Antriebsstränge, also der Kombination aus Elektromotoren und kerosinbetriebenen Turbinen zur Stromerzeugung (Dilba 2018; Sorge 2017). Das Airbus-Projekt »Vahana«, als elektrisch angetriebenes Kleinflugzeug konzipiert, konnte innerhalb von 2 Jahren das Prototypenstadium erreichen (Haridy 2018). Auch der CityAirbus von Siemens und Airbus soll Ende 2018 seinen Erstflug absolvieren (Ammon 2018).

Ebenso hat der Automobilkonzern Audi das Thema für sich entdeckt und investiert zusammen mit Italdesign und Airbus in die Forschung und Entwicklung einer Passagierkabine, die entweder an ein Auto oder ein Fluggerät gekoppelt werden kann (Becker 2018). Internationale Konkurrenz besteht vor allem im Unternehmen Boeing: Mit der Gründung von HorizonX wurde eine Organisationseinheit ins Leben gerufen, die sich der Entwicklung von und Investition in innovative Luftfahrtkonzepte verschrieben hat und dementsprechend Beteiligungen an Start-ups unterhält (Steinke 2018).

Während sich die Aktivitäten großer Unternehmen oft auf einzelne Komponenten beziehen, existiert mittlerweile weltweit auch eine Reihe von Start-ups, die eigene Fluggeräte entwickeln:

- › In Deutschland haben in den letzten 2 Jahren die Lilium GmbH (Weßling bei München) und die Volocopter GmbH (Bruchsal bei Karlsruhe) für Aufsehen gesorgt (z.B. Becker 2018; Krüger 2018). Beide Anbieter entwickeln eigene Konzepte und werden dabei von verschiedenen Akteuren finanziell unterstützt: Volocopter erhielt vom Daimler-Konzern rund 30 Mio. Euro (Becker 2018) und kooperiert mit dem Prozessorhersteller Intel (Stüber 2018a). In das Unternehmen Lilium haben u.a. das chinesische Technologieunternehmen Tecent und das Venture-Capital-Unternehmen Atomico im September 2017 mehr als 90 Mio. US-Dollar (ca. 80 Mio. Euro) (Becker 2018) investiert. Das Unternehmen beschäftigt mittlerweile mehr als 70 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter und will die ersten Testflüge ihres bis dahin serienreifen Produkts im Jahr 2019 absolvieren (Lilium GmbH 2018; Manager Magazin 2017). Die beiden Start-ups unterscheiden sich insbesondere mit Blick auf die Experimentierräume. Lilium kooperiert mit den zuständigen Sicherheitsbehörden in Bayern, während Volocopter öffentlichkeitswirksam Testflüge in Kooperation mit den zuständigen Behörden in Dubai absolviert (Krüger 2018).
- › Als weiteres Start-up in diesem Bereich ist Uber Technologies Inc. zu nennen. Der US-amerikanische Mobilitätsdienstleister ist als finanzstarkes, junges Unternehmen ebenfalls in den internationalen Wettbewerb um die serienreife Entwicklung von Flugtaxis eingestiegen (Müller 2018).



- › In Neuseeland soll ein Flugdienst mit Lufttaxis starten. Das Unternehmen Kitty Hawk Corporation wird von Google-Mitgründer Larry Page finanziert. Der Prototyp namens Cora soll innerhalb von 3 bis 6 Jahren autonom fliegen (Magenheim 2018).

Für die Weiterentwicklung einzelner Technologien bzw. integrierter Konzepte in Deutschland und Europa sorgt eine entsprechende FuE-Förderung: Die strategische Forschungs- und Innovationsagenda des Europäischen Luftfahrtbeirates (ACARE 2017) und die dazu komplementäre Luftfahrtstrategie der Bundesregierung (BMW 2014) bilden den Rahmen der entsprechenden Forschungsprogramme. Auf europäischer Ebene ist seit Ende 2014 das Vorhaben »myCopter« abgeschlossen, in dem umfangreiche konzeptionelle Grundlagen für einen individuellen (Kurzstrecken-)Luftverkehr durch ein internationales Konsortium erarbeitet und erste technologische Entwicklungen demonstriert wurden. Das ebenfalls europäische Vorhaben »ASTRAEA« befasste sich mit Fragen rund um die Automatisierung unbemannter Fluggeräte und deren Einsatz für wirtschaftliche Zwecke (Castle et al. 2017, S. 15). Aktuell werden im Rahmen der Smart-Cities-Initiative der EU Modellregionen gesucht, die als Experimentierräume Teil des Vorhabens »Urban Air Mobility« werden, um den Einsatz elektrifizierter Senkrechtstarter zu erproben (Europäische Kommission 2018). Hamburg ist Mitte 2018 der Initiative beigetreten (Hamburg Aviation e.V. 2018); jüngst hat sich auch Ingolstadt beworben, um das von Audi entwickelte Konzept zu testen (Magenheim-Hörmann 2018).

Neben technischen Weiterentwicklungen dürfte zukünftig vor allem die Integration autonomer Flugtaxis in bestehende Verkehrskonzepte eine entscheidende Rolle spielen; etwa als Zubringer zu Flughäfen. Eine nennenswerte Weiterentwicklung der zentralen technischen Komponenten ist für die nächsten Jahre zu erwarten, wobei die Einschätzungen von Experten zum Zeitpunkt der Realisierung zwischen kurzfristig in den nächsten 2 bis 3 Jahren und eher mittelfristig bis 2040 schwankt (Dilba 2018; Sorge 2017). Die Firma Lilium plant, dass ihr Flugtaxi als martphonebasierter Service ab dem Jahr 2025 buchbar sein wird. Ein wichtiges Entwicklungsziel ist zurzeit die Erhöhung der Reichweite, die unter anderem durch eine Leistungsverstärkung der Antriebe und eine Verbesserung der Energieversorgung durch innovative Batterietechnologien erreicht werden soll. Damit verbunden wäre eine mögliche Ausweitung des Einsatzfeldes jenseits urbaner Ballungsgebiete (Einschätzungen der Hersteller gehen von bis zu 300 km Reichweite mit einer Batterieladung aus.).

Aus dem Anspruch an eine autonome Mobilität der Flugtaxis resultiert eine hohe Anforderung an die Gestaltung der Sicherungs- und Steuerungsarchitektur. Zum einen gilt es von vornherein gefährliche Situationen zu vermeiden, indem die Systeme nur bei entsprechenden Witterungsbedingungen und bei Tage genutzt werden können. Darüber hinaus muss aber auch sichergestellt



werden, dass die Flugtaxi bei Problemen nicht abstürzen, sondern sicher not-landen. Tatsächlich sind sowohl die Systeme von Volocopter als auch Lilium hochgradig redundant ausgelegt. So verfügen sie über eine große Anzahl voneinander unabhängiger Batteriezellen und über mehrere eigenständige Motoren, sodass bei Ausfall einzelner Elemente immer noch eine sichere Landung gewährleistet werden kann. Lilium verfügt zudem über einen Fallschirm, mit dem das ganze Fluggerät zur Erde gleiten kann (ähnliche Systeme gibt es schon seit einigen Jahren für leichte Sportflugzeuge). Trotz dieser Sicherungsmaßnahmen dürfte eine große Herausforderung darin bestehen, psychologische Hürden bei zukünftigen Nutzern zu überwinden (Castle et al. 2017, S. 26 ff.).

Gesellschaftliche und politische Relevanz

Vor dem Hintergrund eines weiter wachsenden Mobilitätsbedürfnisses bzw. einer Mobilitätsnachfrage werden neue Konzepte und Lösungen zur Gestaltung zukünftiger Mobilitätssysteme erforderlich. Es erscheint naheliegend, dass eine Verkehrswende, die auch das Erreichen ökologischer Ziele sicherstellen soll, nicht nur auf der Modernisierung existierender Verkehrsträger und deren Infrastrukturen, sondern auch auf neuartigen Konzepten beruht. Flugtaxi gewinnen in diesem Zusammenhang als Teilbereich innerhalb der Verkehrswende an politischer Relevanz: So ist davon auszugehen, dass angebotsseitig durch die Privatwirtschaft neuartige Konzepte entwickelt werden, wie es sich bei den Flugtaxi bereits abzeichnet, umgekehrt aber auch eine Nachfrage nach alternativen Verkehrsmitteln bei den Verbraucherinnen und Verbrauchern entsteht, mit denen sich die individuellen Belastungen (lange Reisedauer, Staus, Sicherheitsrisiken etc.) reduzieren lassen und die dem Wunsch nach mehr Individualität und Flexibilität Rechnung tragen.

Mit elektrischen, automatisierten Fluggeräten könnte ein zusätzliches, attraktives Mobilitätsangebot entstehen, das den innerstädtischen Verkehr in spezifischen Teilbereichen entlastet und zur Verbesserung der Lebensqualität in Großstädten beiträgt. Gleichzeitig könnte auch das städtische Umland flexibler erreichbar werden. Da die elektrischen Flugtaxi mit Strom aus regenerativen Quellen betrieben werden sollen, würde somit die Luftqualität in Großstädten nicht zusätzlich belastet.

Elektrifizierte, senkrecht startende, automatisierte Fluggeräte stellen in einem zukünftigen Verkehrsmix sicherlich nur ein Nischenangebot dar. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt kann auch mittelfristig noch nicht von einer hohen Nachfrage ausgegangen werden. Zudem bestehen bei automatisierten Fluggeräten aktuell noch vielfältige ungeklärte regulative Fragen und Unsicherheiten auch im Hinblick auf die Akzeptanz und Kosten der Nutzung:



- › Ausgehend von den derzeitigen Entwicklungen zeigt sich, dass sich Flugsicherheitsbehörden aktiv mit der zukünftigen Regulierung des Luftraums auseinandersetzen müssen, weil davon ausgegangen werden kann, dass künftig mehr Fluggeräte unterwegs sein werden (Castle et al. 2017, S. 26 f.). Maßgeblich für den Erfolg von Flugtaxis wird zudem die Weiterentwicklung einer unterstützenden Infrastruktur sein. Dazu gehören neben Start- und Landeplätzen auch entsprechende Wartungsinfrastrukturen. Konzeptstudien der NASA haben verschiedene Ansätze für derartige Infrastrukturen skizziert, in denen bereits existierende Verkehrsinfrastrukturen integriert werden könnten, entweder in unmittelbarer Nähe von Straßen oder aber – vergleichbar mit Helikopterlandeplätzen – auf Gebäuden (Holden/Goel 2016, S. 50 ff.). Damit verbunden ist die Klärung bislang offener rechtlicher Fragen, insbesondere die der Nutzung des Luftraums, wenn sich dieser entweder über öffentlichem oder privatem Gelände befindet. Nach jetziger Regelung müssten Flugtaxis von einem Flugplatz aus betrieben werden, was die Nutzung sehr stark einschränken würde (geregelt nach § 25 Abs. 1 des Luftverkehrsgesetzes).
- › Umfragen nach der Akzeptanz, etwa Passagier in einem autonom gesteuerten Flugzeug zu werden, zeigen, dass diese vor allem in Deutschland kaum vorhanden ist (Castle et al. 2017, S. 28 f.). Auch sind mit dem angestrebten hohen Automatisierungsgrad und der Vernetzung der Flugtaxis Bedenken verbunden, die individuellen Bewegungsfreiheiten von Menschen einzuschränken (Lobo 2017). Ebenso ist die Entstehung neuer Lärmbelastungen kritisch zu bewerten (Wille 2018, S. 3).
- › Die Weiterentwicklung und die Markteinführung hängen nicht zuletzt auch von ökonomischen Aspekten ab. Die Anbieter müssen die Herausforderung bewältigen, ihre Herstellungs- und Betriebskosten so zu reduzieren, dass marktfähige Preise realisiert werden können. Wenn Flugtaxis tatsächlich in einem gewissen Rahmen eine Alternative für private PKW oder gar eine Ergänzung des ÖPNV darstellen sollen, muss sich die Preisgestaltung an dem Marktumfeld orientieren, in dem solche oder ähnliche Mobilitätsdienstleistungen nachgefragt und angeboten werden (Magenheim 2017). Andernfalls blieben Flugtaxis ein Nischenangebot für eine kleine, zahlungskräftige Minderheit. Gleichwohl halten Anbieter wie Volocopter und Lilium Preise für realistisch, die denen herkömmlicher Straßentaxis entsprechen (bei deutlich kürzeren Wegezeiten und oftmals auch direkterer Streckenführung; vgl. Wenzel 2018).

Autoproduzenten, wie z.B. Audi, hoffen, dass sie durch die Herstellung von Flugtaxis und anderen bemannten Drohnen neue Märkte erschließen können (Magenheim 2018). Dass in Flugtaxis ein bedeutsames Marktpotenzial besteht,



ist auch an dem geschätzten Marktvolumen von ca. 200 Mrd. US-Dollar für die kommenden Jahre abzulesen (Heumer 2018).

Momentan erfolgt die politische Debatte über das Thema Flugtaxi eher vereinzelt und zumeist im Zusammenhang mit Themenkomplexen wie z. B. der Digitalisierung (Armbruster 2018; Reimer 2018). In einer aktuellen Antwort auf eine Kleine Anfrage der FDP bezieht die Bundesregierung (2018) explizit Stellung zu dem Thema: Demnach sieht sie einerseits Handlungsbedarf auf europäischer Ebene (beispielsweise bei der Etablierung eines einheitlichen europäischen Rechtsrahmens für die unbemannte Luftfahrt), andererseits verortet sie die gegenwärtigen Entwicklungen vorrangig auf Ebene einzelner Unternehmen, die im Bereich der anwendungsorientierten Forschung aktiv sind. Die regionale Konzentration der Akteure bedeutet auch, dass für die Einhaltung gesetzlicher Bestimmungen bei der Erprobung die jeweils ansässigen Landesluftfahrtbehörden zuständig sind (Bundesregierung 2018). Die beiden deutschen Unternehmen Lilium und Volocopter kooperieren beispielsweise bereits eng mit den zuständigen Flugsicherheitsbehörden, um unbemannte Testflüge absolvieren zu können (Reimer 2018). Aktuell wird der Bedarf für ergänzende spezifische Fördermaßnahmen in diesem Bereich laut Bundesregierung geprüft, konkrete Pläne für die Einrichtung entsprechender Infrastrukturen gibt es derzeit jedoch nicht (Bundesregierung 2018).

Das Thema findet aktuell vor allem auf regionalpolitischer Ebene Beachtung. So hat beispielsweise der bayerische Ministerpräsident verkündet, Bayern zu einer Pilotregion für den individuellen Flugverkehr machen zu wollen (Schnell/Wittl 2018). Die Landesregierung von NRW hat 4 Mio. Euro für die Erforschung besonders leiser Flugtaxi durch die Technische Hochschule Aachen bewilligt (Magenheim 2018).

Mögliche Bearbeitung des Themas

Vor dem Hintergrund der sich mittelfristig abzeichnenden gesellschaftlichen und politischen Relevanz von Flugtaxi bietet sich für die Bearbeitung des Themas eine Kurzstudie an. Diese könnte eine strukturierte Übersicht über die hier relevante Forschungs- und Innovationslandschaft im internationalen Vergleich liefern und ggf. existierende Mobilitätsstrategien ausgewählter Kommunen mit berücksichtigen. Potenziale, zukünftige Einsatzgebiete und bestehende Herausforderungen könnten skizziert werden. Folgende Fragen wären von Interesse:

- › Welche Akteure und Kooperationsnetzwerke forschen und entwickeln im Bereich von Flugtaxi (national/international)?



- > Welche Entwicklungen zeichnen sich derzeit bei der für Flugtaxis relevanten Technologien ab (z.B. Antriebs- und Batterietechnologien, Automatisierung, Vernetzung und Leichtbauweise)?
- > Welche fördernden und hemmenden Faktoren (gesellschaftlich, technologisch, wirtschaftlich, ökologisch) spielen für die Verbreitung und Realisierung von Flugtaxis eine Rolle? Wo zeichnen sich Potenziale einerseits und Herausforderungen andererseits ab?
- > Welche Sicherheitsfragen resultieren aus dem geplanten Einsatz in urbanen Ballungsgebieten?
- > Mit welchen Umwelteffekten (Emission, Lärm etc.) ist zu rechnen, wenn Flugtaxis vermehrt zum Einsatz kommen?
- > Welche der eingesetzten Technologien sind skalierbar bzw. übertragbar auch für größere Maschinen auf Mittel- und Langstrecken, um so z.B. zu einem emissionsärmeren Flugverkehr beizutragen?
- > Welche regulatorischen Rahmenbedingungen können Städte und Kommunen heute schon gestalten? Welche müssen zukünftig national bzw. international gestaltet werden?

Diese und weitere Fragen könnten im Rahmen der Kurzstudie durch eine Aufbereitung wissenschaftlicher Literatur, Marktdaten, Technologieroadmaps sowie Positionsbekundungen beantwortet und eventuelle Erkenntnislücken durch gezielte Experteninterviews geschlossen werden. Im Rahmen eines Expertenworkshops könnten zudem zuvor gewonnene Erkenntnisse verdichtet und validiert werden. Die Expertinnen und Experten wären aus folgenden Bereichen zu rekrutieren: Forschung und Wissenschaft (Luftfahrt- und Verkehrsforschung), Wirtschaft (Technologieunternehmen, Verkehrsunternehmen), Politik (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur) und Gesellschaftsvertreter (Verbände, Verbraucher- und Marktforscher).

Literatur

- ACARE (Advisory Council for Aviation Research and Innovation in Europe) (2017): Strategic Research & Innovation Agenda. 2017 Update. Volume 1. www.acare4europe.org/documents/delivering-europe%E2%80%99s-vision-aviation-sria-2017-update (16.5.2018)
- von Ammon, C. (2018): Urban Air Mobility: Dem Stau entfliegen. Bundesverband der Deutschen Luft- und Raumfahrtindustrie e. V. (BDLI), www.bdli.de/innovation-der-woche/urban-air-mobility-dem-stau-entfliegen (13.7.2018)
- Amos, J. (2016): Solar Impulse completes Atlantic crossing with landing in Seville. BBC, 23.6 2016, www.bbc.com/news/science-environment-36598140 (18.4.2018)



- Armbruster, A. (2018): Mehr als Glasfaserkabel und Flugtaxis. Digitalisierung in Deutschland. Frankfurter Allgemeine Zeitung (FAZ), 6.3.2018, www.faz.net/aktuell/wirtschaft/diginomics/digitalisierung-mehr-als-glasfaserkabel-und-flug-taxis-15480066.html (9.5.2018)
- Becker, J. (2018): Im Aufsitzmäher durch die Lüfte. Süddeutsche Zeitung (SZ), 29.4.2018, www.sueddeutsche.de/auto/mobilitaet-der-zukunft-im-aufsitzmaeher-durch-die-luefte-1.3957629 (4.5.2018)
- BMVI (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur) (2015): Strategie automatisiertes und vernetztes Fahren. Leitanbieter bleiben, Leitmarkt werden, Regelbetrieb einleiten. Berlin
- BMWi (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie) (2014): Die Luftfahrtstrategie der Bundesregierung. Berlin
- Buck, C. (2015): Ultraleichtes Kraftpaket für das elektrische Fliegen. Siemens AG, 24.3.2015, www.siemens.com/innovation/de/home/pictures-of-the-future/mobilitaet-uns-antriebe/elektromobilitaet-elektrisches-fliegen.html (20.10.2016)
- Bundesregierung (2018): Bemannte, vollelektrische und sichere Senkrechtstarter (»Flugtaxis«) - Innovationsstandort Deutschland stärken. Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Dr. Christian Jung ... weiterer Abgeordneter und der Fraktion der FDP - Drucksache 18/2819 -. Deutscher Bundestag, Drucksache Nr. 19/3248, Berlin
- Calandrelli, E. (2016): NASA's new X-plane and the future of electric aircraft. Techcrunch, 17.6.2016, <http://tcrn.ch/268yqBS> (20.6.2016) (20.6.2018)
- Castle, J.; Fornaro, C.; Genovesi, D.; Lin, E.; Strauss, D.; Wadewitz, T.; Edridge, D. (2017): Flying solo – how far are we down the path towards pilotless planes? UBS Evidence Lab, Q-Series
- Dahlmann, D. (2017): Wie dieses Wasserstoff-Flugzeug die Kurzstrecke erobern will. NGIN Mobility, 19.7.2017, ngin-mobility.com/artikel/wasserstoff-flugzeug-pasagiere-hy4/ (18.4.2018)
- Dilba, D. (2018): Luftfahrt: Die Hybriden kommen. In: Technology Review (3), S. 10-11
- EFI (Expertenkommission Forschung und Innovation) (2015): Gutachten 2015. Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands. (Autoren: Backes-Gellner, U.; Böhringer, C.; Foray, D.; Harhoff, D.; Ott, I.). Berlin
- Ensthaler, J.; Grimm, T.; Günther, B.; Jell, G.; Lenz, J.; Munsch, M.; Müller, A.-K.; Müller-Lohmeier, K.; Paehl, R.; Rehme, O.; Rieker, S.; et al. (2014): Statusreport. Additive Fertigungsverfahren. Verein Deutscher Ingenieure e.V. (VDI)
- Gibbs, Y. (2014): NASA Armstrong Fact Sheet: Solar-Power Research. National Aeronautics and Space Administration (NASA), 28.2.2014, www.nasa.gov/centers/armstrong/news/FactSheets/FS-054-DFRC.html (16.5.2018)
- Hamburg Aviation e. V. (2018): Hamburg joins EU Urban Air Mobility Initiative. 6.8.2018, www.hamburg-aviation.de/en/detail-ec/details/news/hamburg-joins-eu-urban-air-mobility-initiative.html (13.7.2018)
- Haridy, R. (2018): Electric self-piloted Airbus VTOL aircraft completes first full-scale test flight. Newatlas.com, 2.2.2018, newatlas.com/airbus-vtol-vahana-first-test-flight/53228/ (18.4.2018)
- Heumer, W. (2018): Fliegender Yoga-Ball. In: VDI Nachrichten 27/28
- Holden, J.; Goel, N. (2016): Fast-Forwarding to a Future of On-Demand Urban Air Transportation. Uber, 27.10.2016, www.uber.com/elevate.pdf (9.5.2018)



- Krüger, R. (2018): Lufttaxi nach Dubai: Zur Flucht aus dem Stau. Heise Online, 3.8.2017, heise.de/-3791331 (20.4.2018)
- Lilium GmbH (2018): Investors. lilium.com/press/ (16.5.2018)
- Lobo, S. (2017): Zukunft ohne Straßen: Man hat uns fliegende Autos versprochen, verdammt! SPIEGEL Online, 26.4.2017, www.spiegel.de/netzwelt/web/sascha-lobo-ueber-fliegende-autos-und-die-zukunft-der-strasse-a-1144927.html (28.4.2017)
- Magenheim, T. (2017): Das Elektrotaxi hebt ab. Frankfurter Rundschau, 22.5.2017, www.fr.de/wirtschaft/verkehr-das-elektrotaxi-hebt-ab-a-1282975 (30.5.2017)
- Magenheim, T. (2018): Mobilität: Deutsche Entwickler drängen auf Tests von Flugtaxis im Realbetrieb. Berliner Zeitung, 23.7.2018, www.berliner-zeitung.de/wirtschaft/mobilitaet-deutsche-entwickler-draengen-auf-tests-von-flugtaxis-im-realbetrieb-30997022 (7.8.2018)
- Magenheim-Hörmann, T. (2018): Fliegen zum Taxitarif. Frankfurter Rundschau, 12.7.2018, www.fr.de/wirtschaft/mobilitaet-flugtaxis-im-praxistest-a-1542479,2 (13.7.2018)
- Manager Magazin (2017): Millionen-Investment beflügelt Bau von Elektro-Lufttaxi. Start-up Lilium erhält 90 Millionen Dollar. Manager Magazin, 5.9.2017, www.manager-magazin.de/unternehmen/industrie/lilium-gmbh-muenchener-elektroflugzeug-startup-sammelt-90-mio-us-dollar-ein-a-1166207.html (16.5.2018)
- Martin-Jung, H. (2018): Flugtaxi, bitte. Die Pioniere des Elektro-Flugzeugbaus sehen ihre Branche kurz vor dem Durchbruch. In: Süddeutsche Zeitung 150, 3.7.2018, www.sueddeutsche.de/wirtschaft/luftfahrt-flugtaxi-bitte-1.4037546 (4.7.2018)
- Müller, T. (2018): Flugtaxi fliegen mit Uber. Mobilität der Zukunft. Frankfurter Allgemeine Zeitung (FAZ), 31.5.2018, www.faz.net/aktuell/wirtschaft/diginomics/uber-elevate-will-bis-2023-taxis-auf-den-markt-bringen-15584856.html (14.5.2018)
- Reimer, S. (2018): Wenn das Taxi alleine fliegt. Das Parlament, 26.3.2018, www.dasparlament.de/2018/13_14/thema_der_woche/-/548730 (9.5.2018)
- Schnell, L.; Wittl, W. (2018): Söder verspricht eine Milliarde Euro. Regierungserklärung. Süddeutsche Zeitung (SZ), 18.4.2018, www.sueddeutsche.de/bayern/regierungserklaerung-soeder-verspricht-eine-milliarde-euro-1.3949443 (9.5.2018)
- Schubert, A. (2018): Mobilität der Zukunft. CSU fordert Landeplatz für Flugtaxis am Münchner Hauptbahnhof. Süddeutsche Zeitung (SZ), 3.7.2018, www.sueddeutsche.de/muenchen/2.220/mobilitaet-der-zukunft-csu-fordert-landeplatz-fuer-flugtaxis-am-muenchner-hauptbahnhof-1.4038911 (4.7.2018)
- Sorge, N.-V. (2017): Elektro-Flieger mit 90 Sitzen soll schon 2020 abheben. Airbus prescht bei neuer Technologie vor. Manager Magazin, 29.11.2017, www.manager-magazin.de/unternehmen/artikel/airbus-siemens-und-rolls-royce-wollen-elekttrisch-fliegen-a-1180749.html (16.5.2018)
- Steinke, S. (2018): Boeing gründet Denkfabrik »HorizonX«. FLUG REVUE, 5.4.2017, www.flugrevue.de/zivilluftfahrt/flugzeuge/boeing-gruendet-denkfabrik-horizonx/718726 (16.5.2018)
- Stoppel, K. (2018): Wie realistisch Flugtaxis wirklich sind. n-tv.de, 10.3.2018, www.n-tv.de/wirtschaft/Wie-realistisch-Flugtaxis-wirklich-sind-article20328471.html (20.4.2018)
- Stüber, J. (2018a): Erfolgreiche Premiere für Airbus mit Flugtaxi Vahana. Gründerszene, 2.2.2018, www.gruenderszene.de/allgemein/vahana-erstflug-airbus (18.4.2018)
- Stüber, J. (2018b): Kein Lufttaxi für Superreiche. Wie Volocopter in Metropolen landen will. Gründerszene, 17.4.2018, www.gruenderszene.de/automotive-mobility/volocopter-lufttaxi-hubs (18.4.2018)



- Thomson, R.; Nazukin, M.; Sachdeva, N.; Martinez, N. (2017): Aircraft Electrical Propulsion. The Next Chapter of Aviation? London
- VDA (Verband der Automobilindustrie e. V.) (2015): Automatisierung. Von Fahrerassistenzsystemen zum automatisierten Fahren. Berlin
- Wenzel, F.-T. (2018): Volocopter. Das fliegende Taxi könnte schon bald Realität werden. Mitteldeutsche Zeitung (MZ), 15.1.2018, www.mz-web.de/wirtschaft/volocopter-das-fliegende-taxi-koennte-schon-bald-realitaet-werden-29487142 (30.5.2018)
- Wilkens, A. (2018): Kitty Hawk Cora: Google-Mitgründer zeigt seine elektrischen Lufttaxis. Heise Online, 13.3.2018, www.heise.de/newsticker/meldung/Kitty-Hawk-Cora-Google-Mitgruender-zeigt-seine-elektrischen-Lufttaxis-3992040.html (20.4.2018)
- Wille, J. (2018): Flugtaxi. Durch die Luft zur Arbeit. In: Frankfurter Rundschau 133



**BÜRO FÜR TECHNIKFOLGEN-ABSCHÄTZUNG
BEIM DEUTSCHEN BUNDESTAG**

KARLSRUHER INSTITUT FÜR TECHNOLOGIE

Neue Schönhauser Straße 10
10178 Berlin

Tel.: +49 30 28491-0
Fax: +49 30 28491-119

buero@tab-beim-bundestag.de
www.tab-beim-bundestag.de