

Taufkirchen, 30.01.2020

Zusammenfassung OBUAM Projekt

Hintergrundinformationen:

Im Rahmen der Urban Air Mobility Initiative Ingolstadt konnte das erste vom Bayerischen Wirtschaftsministerium geförderte Projekt zum Ende des Jahres 2019 erfolgreich abgeschlossen werden. Die wissenschaftlichen Partner der Technische Universität München (Professur für Modellierung räumlicher Mobilität sowie des Lehrstuhls für Vernetzte Verkehrssysteme) haben zusammen mit der Technischen Hochschule Ingolstadt (Professor für Automotive & Mobility Management), sowie dem Bauhaus Luftfahrt als Koordinator in den letzten 12 Monaten an dem langfristigen Anwendungspotenzial von Urban Air Mobility als Ergänzung zum öffentlichen Personennahverkehr am Beispiel Oberbayern (OBUAM) geforscht. Im OBUAM Projekt wurden dabei folgende Ziele verfolgt:

- Definition und Simulation vielversprechender Urban Air Mobility (UAM) Missionsprofile und Transportnetzwerke für die Region Oberbayern
- Quantifizierung der Transportleistung und Rückkopplung auf die Verkehrssituation
- Ableitung von Technologieanforderung auf Vehikel, Infrastruktur und Luftraumebene sowie von vielversprechenden Geschäfts- und Betreibermodellen
- Mögliche Regulierungsmaßnahmen zur effektiven Einbindung von UAM in den öffentlichen Personennahverkehr
- Analyse der Vor- und Nachteile sowie möglicher Auswirkungen von UAM auf sozialer, ökonomischer und ökologischer Ebene
- Identifikation des Forschungsbedarfs im Bereich Technologie und Infrastruktur, Operation, Regularien und Gesellschaft

Weitere Veröffentlichungen:

Neben dieser Projektzusammenfassung und der OBUAM Abschlusspräsentation, können weitere Informationen z.B. zu den Studien und den Simulationsergebnissen auf **Anfrage an UAM@Bauhaus-Luftfahrt.net** zur Verfügung gestellt werden.

Wissenschaftliche Vorgehensweise:

Zur Erforschung des langfristigen Anwendungspotenzials von Urban Air Mobility als Ergänzung zum öffentlichen Personennahverkehr¹ am Beispiel Oberbayern (OBUAM) wurde als Basis ein Mobilitätsszenario Status quo, welches frei zugängliche Datenquellen (Netzwerk, Zensusdaten) nutzt², verwendet. Dieses Mobilitätsszenario wurde dann auf Basis etablierter Studien zur langfristigen Entwicklung in der Demografie, des Arbeitsmarktes oder alternativer Mobilitätslösungen, z.B. autonomes Fahren, auf ein zukünftiges Jahr 2050 mit agenten-basierten Modellen fortgeschrieben. Das Mobilitätsszenario umfasst dabei die Kernstädte München, Ingolstadt, Augsburg, Landshut und Rosenheim sowie die jeweiligen Umlandgemeinden, um den wesentlichen Pendlereinzugsbereich abzudecken. Um eine zukünftige Nachfrage nach UAM im intermodalen Zusammenspiel simulieren zu können, wurden die existierenden agenten-basierten Modelle MITO³ und MATSim⁴ genutzt und erweitert. In MITO werden für eine synthetische Population individuelle Fahrten simuliert, und mittels eines Verkehrsmittelwahlmodells wird der Verkehrsmodus bestimmt. In MATSim werden dann alle Fahrten verkehrsträgerspezifisch umgelegt, sodass eine Rückkopplung zwischen einzelnen Fahrten und der Gesamtverkehrssituation entsteht. Zur Quantifizierung einer potentiellen Nachfrage nach Flugtaxis (Urban Air Mobility, oder kurz UAM) wurde das existierende Verkehrsmittelwahlmodell um UAM erweitert. Als Grundlage diente dabei eine zuvor durchgeführte Umfrage⁵ sowie erhobene Daten des Flughafens Münchens. Somit kann UAM als Verkehrsmittel für tägliche Fahrten als auch für Fahrten zum Flughafen München ausgewählt werden. Mittels Expertenworkshops mit Vertretern der Stadt Ingolstadt, der Stadt München, der Industrie- und Handelskammer Oberbayern und dem Flughafen München wurden drei unterschiedliche UAM Netzwerke mit jeweils 24, 74 und 130 Vertiports definiert. Zur Verbindung dieser Vertiports wurden Flugrouten entlang bestehender Infrastruktur (Autobahnen, Bundes- und größeren Straßen sowie Bahntrassen) festgelegt, um das Überfliegen von stark bewohnten Gebieten zu minimieren⁶. Als weiteren Schritt wurden typische Anwendungsmissionen inklusive Notfallszenarien für

¹ A. Straubinger, M. Fu, "Identification of Strategies How Urban Air Mobility Can Improve Existing Public Transport Networks", mobil.TUM 2019, Munich, 2019.

² Moreno, A.T., Moeckel, R. (2018) *Population Synthesis Handling Three Geographical Resolutions*. ISPRS Int. J. Geo-Inf. 2018, 7(5), 174

³ Moeckel, R., Kühnel, N., Llorca, C., Moreno, A. T., & Rayaprolu, H. (2019). *Microscopic Travel Demand Modeling: Using the Agility of Agent-Based Modeling Without the Complexity of Activity-Based Models*. Paper presented at the Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C.

⁴ Rothfeld, R. L.; Balac, M.; Ploetner, K. O.; Antoniou, C. (2018): *Agent-Based Simulation of Urban Air Mobility*. In : AIAA AVIATION, Modeling and Simulation for Unmanned and Personal Aerial Vehicle Operations. Atlanta: American Institute of Aeronautics and Astronautics.

⁵ Fu, M., R. Rothfeld, and C. Antoniou (2019). Exploring Preferences for Transportation Modes in an Urban Air Mobility Environment: a Munich Case Study. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2673 (10): 427-442

⁶ R. Rothfeld, M. Fu, C. Antoniou, "Analysis of Urban Air Mobility's Transport Performance in Munich Metropolitan Region", mobil.TUM 2019, Munich, 2019.

den UAM Flugbetrieb definiert und diese in konzeptionelle Flugzeugentwürfe bzw. einer Vorauslegung in zwei repräsentative Fluggeräte (Multikopter und Hybrid-Wing Konfiguration) überführt. Parallel wurde ein parametrisches Kostenmodell für den UAM Betrieb aufgebaut. Danach wurden diese Kostenparameter quantifiziert, um Rahmenbedingungen zu identifizieren, unter denen Taxi-ähnliche Preise zukünftig angeboten werden könnten. Danach wurden Ceteris Paribus Sensitivitätsstudien der UAM Nachfrage durchgeführt. Dabei wurden die UAM Netzwerke (24 bis 130 Vertiports), die Fluggeschwindigkeit (50-350km/h), die Anzahl der Fluggeräte pro Vertiport (10-1000 Vehikel pro Station), die Passagierprozesszeiten am Boden vor und nach dem Flug (0-30 Min.) und der Ticketpreis (Grundtarif 0-10€ plus kilometerabhängiger Preis 1-10€/km) variiert. Zur Abschließenden Multikriterienbewertung wurden fünf unterschiedliche UAM Marktszenarien (konservativ bis progressiv) definiert und simuliert. Als letztes wurde eine Methode zur Multikriterienbewertung mit umweltspezifischen, transport-relevanten sowie sozio-ökonomischen Faktoren aufgebaut⁷. Mit Hilfe dieser Methode wurden die fünf unterschiedlichen UAM Marktszenarien bewertet.

Ergebnisse, Kernaussagen und Handlungsempfehlungen:

Die fünf unterschiedlichen Marktentwicklungsszenarien (konservativ bis progressiv) von UAM für die Metropolregion München zeigen, das UAM die tägliche Mobilitätssituation im Allgemeinen nicht wesentlich verändern wird, aber das aktuelle Verkehrsangebot durch ein schnellen, flexiblen Verkehrsträger ergänzt werden könnte. Während die Transportkapazität von UAM zu klein ist, um einen nennenswerten Einfluss auf bestehende Verkehrsträger zu haben, könnte UAM ausgewählte Quelle-Ziel Verbindungen verbessern.

Insgesamt zeigen die Simulationsergebnisse einen Modal Split von UAM zwischen 0,05% bis 1,6% an den täglich zurückgelegten Kilometern. Bei Taxi-ähnlichen Preisen (2€/km) wurde ein Anteil von UAM von knapp 1% errechnet. Erst auf längeren Strecken (40-100km) konnten relevante Transportanteile von 3% und mehr erreicht werden. Auf kürzeren Strecken (<10km) ist der relative Anteil von UAM weniger als 0,5%. Das ist vor allem dadurch zu erklären, dass Anfahrt zum Vertiport und Zugang zum UAM Fahrzeug Zeit in Anspruch nehmen, was bestehende Verkehrsträger häufig schneller macht (die dabei auch günstiger sind). In absoluten Zahlen konzentriert sich jedoch die UAM Nachfrage auf Strecken unter

⁷ Al Haddad, C., Chaniotakis, E., Straubinger, A., Ploetner, K.O., & Antoniou, C. (2020). Factors Affecting the Adoption and Use of Urban Air Mobility. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 132, pp. 696–712

40km. Dies führt auch dazu, dass die Fluggeschwindigkeit nur einen geringen Einfluss auf die Passagiernachfrage hat. Als die größten Treiber der Nachfrage wurden dabei der zu bezahlende Ticketpreis als auch die Flottengröße, also die zur Verfügung stehende Anzahl an Fluggeräten pro Vertiport (Start-/ Landeinfrastruktur), identifiziert.

Die Forschungsergebnisse zeigen, dass eine Vielzahl an möglichen Flugstrecken im direkten Wettbewerb mit dem öffentlichen Personennahverkehr stehen würden, so dass frühzeitig sinnvolle und effektive Regulierungsmechanismen gefunden werden sollten.

Um zukünftig taxi-ähnliche Preise profitabel anbieten zu können, sind sehr hohe Auslastungen (ähnlich wie in der Luftfahrt) der Fluggeräte zusammen mit einer möglichst hohen Anzahl von Sitzplätzen notwendig. Im hier dargestellten Fall war eine Refinanzierung der Infrastruktur über den Ticketpreis nicht vollständig möglich.

Daneben wurden die Start- und Landeinfrastruktur als ein wesentlicher Treiber identifiziert, der die gesamte Leistungsfähigkeit beeinflusst. Die zur Verfügung stehende Kapazität der Start- und Landeinfrastruktur ist ein wesentlicher limitierender Faktor, sodass ein gerechter Marktzugang für alle Akteure sichergestellt sein muss.

Es zeigt sich, dass ein Kompromiss zwischen Effizienz (Direktflug) und einer Reduzierung der negativen Auswirkungen von Lärm und Sichtbarkeit auf die Bevölkerung durch die Flugführung entlang bestehender Infrastruktur gefunden werden muss. Von daher sollten die politischen Entscheidungsträger und die Öffentlichkeit frühzeitig eingebunden werden und stärker erforscht werden, wie ein Kompromiss unter Berücksichtigung von Ökonomie, Ökologie, sozialer Gerechtigkeit und der Stadtplanung aussehen könnte.

Im Rahmen der OBUAM Abschlusskonferenz, die während der Urban Air Mobility Initiative Ingolstadt im November 2019 stattfand, wurde die Schaffung einer gesellschaftlichen Akzeptanz sowie eine bestmögliche Umweltbilanz inklusive hoher Nachhaltigkeit und geringer Lärmemissionen als wesentliche Bedingung für eine UAM Markteinführung gesehen. Ein Zugang für einen Großteil der Bevölkerung, eine Minimierung möglicher negativer Folgen für alle Bevölkerungsteile sowie ein uneingeschränkter Marktzugang werden als wesentliche Bedingungen für eine Akzeptanz in der Bevölkerung gesehen. Darüber hinaus besteht noch ein hoher Forschungs- und Entwicklungsbedarf im Bereich Entwurf und Test von lärmarmen, effizienten UAM Vehikeln.