

Projekt Aurora

Bewerbung um den Innovation Award 2017

Benedikt Buller

Benedikt Buller, Benedikt.Buller@rwth-aachen.de
16.12.2017



Beschreibung der Innovation - Kurzexposé

Modulare Mobilität - das allumfassende Fahrzeug

Heutige Mobilitätssysteme und Personentransportsysteme (PKWs eingeschlossen) sind in ihrer Ineffizienz kaum zu überbieten. Personenbeförderung beschränkt sich meist auf die 2-dimensionale Ebene am Boden, wodurch sehr komplexe Verkehrsregeln bzw. Regelungstechnik (z.B. Ampeln) für jeden Verkehrsteilnehmer von Nöten sind, um einen sicheren Verkehrsfluss zu gewährleisten. Dies führt zu sehr langsamen Durchschnittsgeschwindigkeiten 25 - 100 km/h incl. Stop and Go Betrieb. Die Innovation, die ich dem entgegenseetze, ist mein modulares voll elektrisches Personen-Kraft-Fahrzeug. Statt aus einem fest zusammengeschweißtem unflexiblen Gesamtfahrzeug, besteht das Verkehrsobjekt aus einer cfk-leichtbauefertigten Personenkapsel, einem Flugmodul und einem Bodenmodul, die je nach Bedarf an- und abdockbar sind (siehe Abbildung). Das Fahrzeug soll später beliebig erweiterbar sein. Erweiterungen könnten z.B. ein Boots-Modul zu Wasser oder Integration in ein „ultra high-speed underground public transportation system“ wie z.B. Hyperloop oder Verwendung einer Frachtkapsel statt der Personenkapsel sein.

Die elektrischen Akkumulatoren für den jeweiligen Antriebsstrang des Moduls sind in dem jeweiligen Modul integriert und nicht etwa in der Personenkapsel. Dadurch schafft man es Ladezeiten zu umgehen, da nach einem Austausch/Wechsel der Module wieder volle Ladung zur Verfügung steht. Um den einfachen automatischen Austausch und Flexibilität zu gewährleisten, ist es unabdingbar, dass die Flugmodule präzise senkrecht starten und landen können und wenn nötig in der Luft „stehen“ können.

Bei den abgebildeten Flugmodulen handelt es sich daher zum einen um ein tragflächenbasiertes e-VTOL Konzept, das bei Geschwindigkeiten von 150 km/h – 290 km/h, 50 bis 75 Minuten Flugzeit verspricht, ehe ein Modulaustausch nötig wird (Mittel bis Langstrecke, 6*6 klappbare ducted fans). Bei dem zweiten Modul handelt es sich um ein rotorbasiertes e-VTOL Konzept (12 Rotoren, je 2 Rotoren gegendrehend), das bei Geschwindigkeiten von 0 bis 100 km/h besonders effizient ist und eine Flugzeit von 25 bis 40 Min verspricht. (Kurzstrecke, hochpräziser Langsam Flug) In allen anderen problematischen Fällen z.B. bei einem ungünstigen Wetterumschwung sorgt das Bodenmodul für eine stets abgesicherte garantierte Mobilität.

Sicherheit im Betrieb wird durch mehrfach redundante unabhängige Bordsysteme gewährleistet, wie es bei modernsten Elektrofahrzeugen üblich ist. Dazu zählen u.a. : paralleler modularer Akkumulator Aufbau, unabhängige Inverter Einheiten je Motor, je Antriebseinheit/Rotor ein eigener Motor, Master-Master Informationssystem zwischen den ECUs, mehrere elektrisch kontrollierte Andockmechanismen inclusive Andock-Sensorik, mechanisches Notrettungssystem mit Fallschirm und Unterboden-Airbag.

In einem Satz:

Die Vision beschreibt ein Konzept eines fliegenden und fahrenden hoch-automatisierten Elektrofahrzeuges, das nicht auf Ladezeiten angewiesen ist und gefahrlos innerstädtische Reisegeschwindigkeiten >150 km/h in Luftlinie erlaubt, bei lautlosem elektrischem Vortrieb.

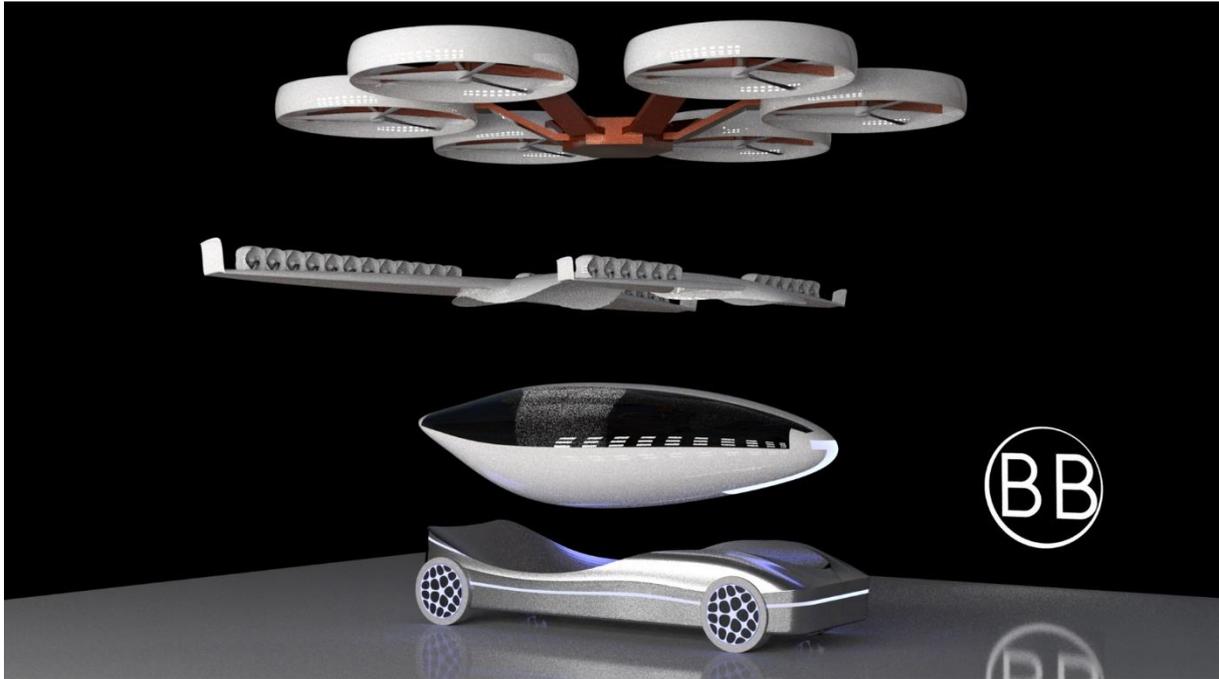


Abbildung 1

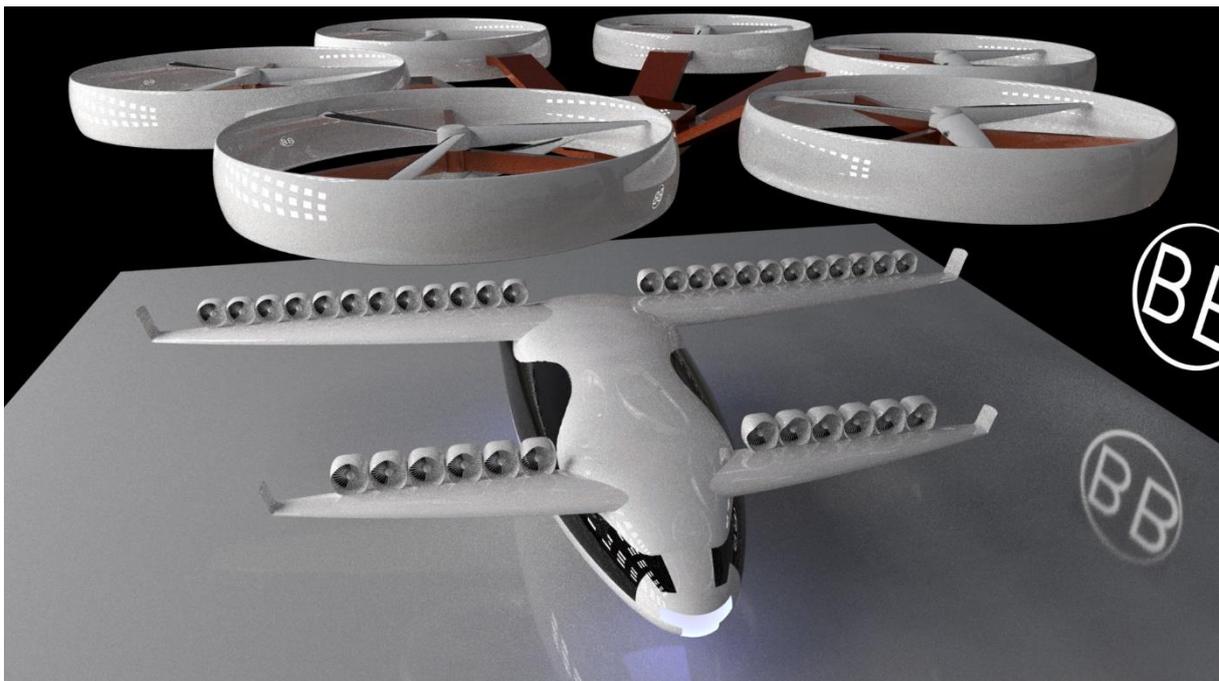


Abbildung 2

In Abbildung 1 sind die separierten Hauptmodule klar aufgliedert zu sehen.

In Abbildung 2 ist das Tragflächen-VTOL-modul (mit klappbaren ducted fans) an die Kapsel angedockt das Rotor-VTOL-Modul schwebt darüber

Technologie Orientierung

Die Innovation orientiert sich zu 50% an moderner Elektro-Automobil Hardware und 50% auf Automatisierungs und Regelungs-Software. Sie ist in erster Linie technologieorientiert. Letzte Saison habe ich an dem ersten autonomen elektrischen Rennwagen der Ecurie gearbeitet. Es ging es darum, ein ehemaliges elektrisch stark defektes Fahrzeug Instand zu setzen und um den Bau eines autonomen Systems, um das automatisierte Fahren zu ermöglichen. Teile des BMS wurden neu aufgebaut und gelayoutet, der Motor wurde auf dem Prüfstand beim Hersteller getestet, ein schon fertiges teildefektes Kabelbaumsystem wurde repariert und um die zusätzlichen autonomen Komponenten erweitert, Platinen für bestimmte Regularien wurden neu entworfen, neue Bauteile entstanden. Ein altes System musste neu gedacht werden. Es wurde aufwändig gewartet und mit neuen Funktionen ergänzt, von Lenkmotor, Bremsaktuierung und Softwareentwicklung ganz zu schweigen. Eine Gruppe von ca. 10 Personen erreichte dies in unter einem Jahr. Auch vor diesem Hintergrund ergibt sich die hier vorgestellte Idee. Es wird sicher bei der kapitalintensiven Hardware-Umsetzung eines personentragenden Prototypen unterschiedliche Hardware-Neu-Entwicklungen geben müssen. In der ersten Phase wird es sich jedoch vollständig um Softwareprodukte/Lösungen handeln, die erarbeitet werden, da hier die Markteintrittshürden bekanntlich sehr gering sind (siehe Verwertungsstrategie). Erreichte Zwischenziele sind die Einrichtung einer Simulationsumgebung und Generierung einiger Trainingsdaten und Testweise Nutzung von Alexnet zur beispielhaften Bildauswertung. In diesem Zusammenhang beginnt Anfang 2018 meine Zusammenarbeit mit dem Aachener Institute of Imaging & Computer Vision

Innovationspotenzial

Es gab noch nie eine Fortbewegungstechnologie mit einer derartigen Variationsmöglichkeit und Flexibilität in dem Antriebssystem. Es kann weder mit dem Auto noch mit dem Flugzeug noch mit irgendeinem anderen statisch aufgebautem Fortbewegungsmittel verglichen werden. Mit dem resultierenden massiven Mobilitätsvorteil und der Zeitersparnis weist dies eine potenzielle Disruptivität auf, die der Entwicklung von Pferd zu Auto gleichkommt. Es gibt nicht viele Produkte, die man zum Vergleich hernehmen könnte. Wesentliche Ansätze verfolgen sowohl Lilium mit einem tragflächenbasiertem VTOL-Konzept und Volocopter mit einem rotorbasiertem VTOL-Konzept. Beide Antriebsansätze haben ihre situationsabhängigen Vor- und Nachteile. Durch Verwendung von Modulen werden beide Ansätze in einem Fahrzeug vereint. Mehr noch: ein Bodenmodul lässt das Fahrzeug zu einem konventionellen Auto werden. Ein weiterer Vorteil ist der minutenschnelle Akkuwechsel, durch Modultausch. Ein automatisiertes Akkutauschsystem in festmontierten Fahrzeugen zu implementieren, bedeutet den gleichen Entwicklungsaufwand, wie er auch für den Austausch ganzer Antriebsstränge aufgewendet werden muss. Ein normales Akkutauschsystem ist prinzipiell sogar wesentlich fehleranfälliger, da aus einem abhängigen Gesamtsystem eine Kernkomponente mechanisch entnommen wird, während mit modularem Aufbau jedes System vollständig unabhängig ist.

Inwiefern grenzt sich die Idee zu anderen Ideen ab?

Es gibt sehr wenige Technologieunternehmen, die eine ähnliche Idee über modulare Mobilität geäußert haben. Deren Modulkonzepte sind nicht konsequent zu Ende gedacht. Es wird üblicherweise auf sehr beengende kleine Kapseln gesetzt.

Mangel 2 ist oft der nicht redundante Antriebsstrang. Es müssen für Luft Module mindestens 12 unabhängige Rotoren vorliegen, damit im höchst unwahrscheinlichen Worst-Case (Ausfall von 3-4 Rotoren an der selben Seite) Stabilität und Sicherheit gewährleistet ist.

Mangel Nr. 3 ist in der Regel eine nur leicht vorteilhaftere Geschwindigkeit <100 km/h

Kundennutzen

Geht es um flexible Individual-Mobilität gibt es einen herausstechenden Faktor, der, wenn er auch nur leicht verbessert wird, alle Technologien, die diese Eigenschaften nicht besitzen, konkurrenzlos abschafft. Die Rede ist von der effektiven Reisegeschwindigkeit und Zeitersparnis. Diese sind mit Hilfe des modularen Designs und der Möglichkeit, die Luftlinie und den 3-Dimensionalen Raum zu nutzen, bei Geschwindigkeiten bis ca. 300 km/h und durch Akku-Ladezeiten, die entfallen, überlegen im Vergleich zu ausschließlich bodengebundenen Fahrzeugen.

Ohne Infrastruktur ergeben sich deshalb folgende Geschwindigkeitsvorteile zu Zug (Bahnhof durchschnittliche Wartezeit + Umsteigen + Fahrzeiten zum Bahnhof eingerechnet) und Auto:

Innerstädtisch: Faktor 10 bis 15.

Auf der Landstraße: Faktor 3 bis 5

Auf der Fernstrecke: Faktor 1,5 bis 3

Bei passender modularer Infrastruktur (z.B. Loop/Hyper-loop Systeme, weitere spezialisierte Module, Modul-Stationen) ergeben sich folgende Geschwindigkeitsvorteile:

Innerstädtisch: Faktor 10 bis 15.

Auf der Landstraße: >Faktor 8

Auf der Fernstrecke: >Faktor 10

Weiche Kundennutzen sind: die unglaubliche Flexibilität, das Erlebnis des Fliegens, die Emissionsfreiheit, das Fehlen der Ladezeiten, der leise Antrieb.

Wettbewerber

Zur Zeit gibt es keinen bekannten Wettbewerber, der eine Entwicklung modularer Fahrzeuge in den nächsten 15 Jahren auf den Markt bringen will. Firmen, die ähnliche e-Vtol Produkte entwickeln sind Volocopter GmbH und Liliium GmbH. Allgemein besteht aktuell ein Hype um elektrische individual Flugmaschinen. Allen Pitches ist gemein, dass relativ unbequeme Ladezeiten >30 Minuten bei einer zudem technisch/physikalisch begrenzten Flugzeit von 25-70 Minuten bestehen, und dass bei ungünstigem Wetter das Fahrzeug durch fehlende Flexibilität nicht einsetzbar ist. Es besteht daher auch hier ein erheblicher Geschwindigkeitsvorteil mit dem modularen Konzept vor allem mit vorhandener Infrastruktur. Es gab bereits Ideen, die ein mehrteiliges Verkehrsmittel beschreiben. Jedoch handelte es sich dabei um räumlich sehr kleine Kapseln und einem langsamen Luftantriebskonzept <90km/h, das zudem durch lediglich 8 Rotoren an 4 Ablegern an Redundanz und somit an Sicherheit missen ließ.

Preis im Taxibetrieb

Wenn man im worst-case davon ausgeht, dass die Geschwindigkeit im Großstadtbetrieb nur um den Faktor 10 schneller ist, ergibt sich zum einen für den Kunden ein massiver Zeitvorteil, für den er bereit ist mehr zu zahlen als für eine langsame Taxifahrt. Zum andern ergibt sich für den Unternehmer, dass im selben Zeitintervall ca. 10 mal mehr Fahrten möglich sind, was zu einem Gesamtvorteil um den Faktor $10 \cdot 10 = 100$ im Vergleich zu einem konventionellem Taxi führt. Dadurch kann ein zunächst notwendig hoher Preis im Endprodukt im Vergleich zu einem konventionellem Automobil durch den erheblichen Produktivitätszuwachs am Markt durchgesetzt werden.

Verwertungsstrategie

Ganz nach dem Motto „Think big start small“ setzt die Strategie initial darauf, ein maximales Voranschreiten bei minimalstem Kapitaleinsatz in den Kernherausforderungen zu bewirken.

Schritt 1:

hierzu wird an einem bildbasierten allgemeinen Automatisierungs-Software-Ansatz gearbeitet, der auf einer rekurrenten neuronalen Pipeline auf Basis von LSTM-Zellen basiert. Die Software soll u.a. für das automatisierte Andocken der Module und für das Abfahren der definierten Route verwendet werden. Um die nötigen massiven Mengen an Trainingsdaten zu generieren, wird die Physik-Engine Bullet in dem Programm Blender verwendet. Eine Echtzeitsimulationsumgebung um Bildmaterial zu erzeugen ist eingerichtet und wird aktuell dazu benutzt, verschiedenste Umgebungs-/Wetter Szenarien in den Trainingsdaten abzubilden. Bisher wird allerdings nur der Blender-interne Echtzeitrenderer eingesetzt. Dieser wird allerdings in nächster Zeit durch den Eevee Renderer ersetzt, so dass annehmbarer Fotorealismus in Echtzeit gewährleistet ist. Einen Eindruck von einer alten Version der Umgebung kann man unter <https://benedikt-buller.de/autonomes-fahren-teil-1-wie-beginnt-man-mit-der-ai/> gewinnen. Auch wurden bereits Experimente zum realen Verhalten von einfachen PID gesteuerten Multikoptern in räumlich-geometrisch sehr begrenzten Umgebungen durchgeführt, auch bzgl. des Bodeneffektes.

Schritt 2:

Sobald sich Erfolge der Software in der Virtuellen Simulation einstellen wird zu Schritt 2 übergegangen: Das Beschaffen neuer echter Hardware im Lowcost-Bereich, das Einsetzen echten Fotomaterials und das Einlernen auf echter Hardware. Dies soll durch Ausdrucken einer armgroßen Miniaturversion des Fahrzeuges, die die Kernfunktionalitäten abdecken soll (an,-abdocken, fahren, fliegen, eine Kapsel, zwei Module), realisiert werden.

Schritt 3:

Ist diese Hürde genommen, geht es an die Verfeinerung des bereits bestehenden Designs für den Proof of Concept. Zu diesem Zeitpunkt müssen wir auf ein Team von ca. 5-10 Leuten gewachsen sein. Ziel ist dann das detaillierte Entwerfen einer personentragenden Proof of Concept Lösung, so wie das Beschaffen von Kapital durch das Vermarkten beschriebener Meilensteine bzw. von Investoren für die Umsetzung eines Prototypen. Ab hier beginnen Formalien bzgl. der Unternehmung wo z.B. die Rechtsform und sinnvolle Räumlichkeiten eine Rolle zu spielen.

Wie sieht also die absehbare Roadmap aus:

Januar 2018: Einsatz von EEVEE, Kooperation mit Institut of Computer Vision

April 2018: Druck von Teilen für Miniatur Version/ Bau

Mai 2018: Tests mit der Miniaturversion

Juli 2018: Expansion/Organisation (Internetseite, Personal werben, Ergebnisse ausstellen)

Investitionen:

Um möglichst kostengünstig Ergebnisse zu erreichen, wurde bisher an gewöhnlichen Office PCs gearbeitet.

1) Die höchste Priorität hat die Anschaffung einer leistungsstarken GPU, die optimal auf Deep-Learning Anwendungen ausgerichtet ist und zudem in der Lage ist, die bildlichen Trainingsdaten optimal zu berechnen. Hier kommt eine Nvidia GForce GTX1070 aufwärts in Frage.



2)Nächste Priorität hat ein gewöhnlicher 3d-Drucker (etwa der Prusa Mk3), um schnell viele und verschiedenste kleine Bauteile für geringe mechanische Beanspruchung zu fertigen.

3)Dritte Priorität hat die Beschaffung der Multicopter-Hardware für den Miniatur Prototypen und den Boardcomputer (Nvidia Jetson, Intel Mini-Pc oder PI3) incl. Kameras.

Anhang

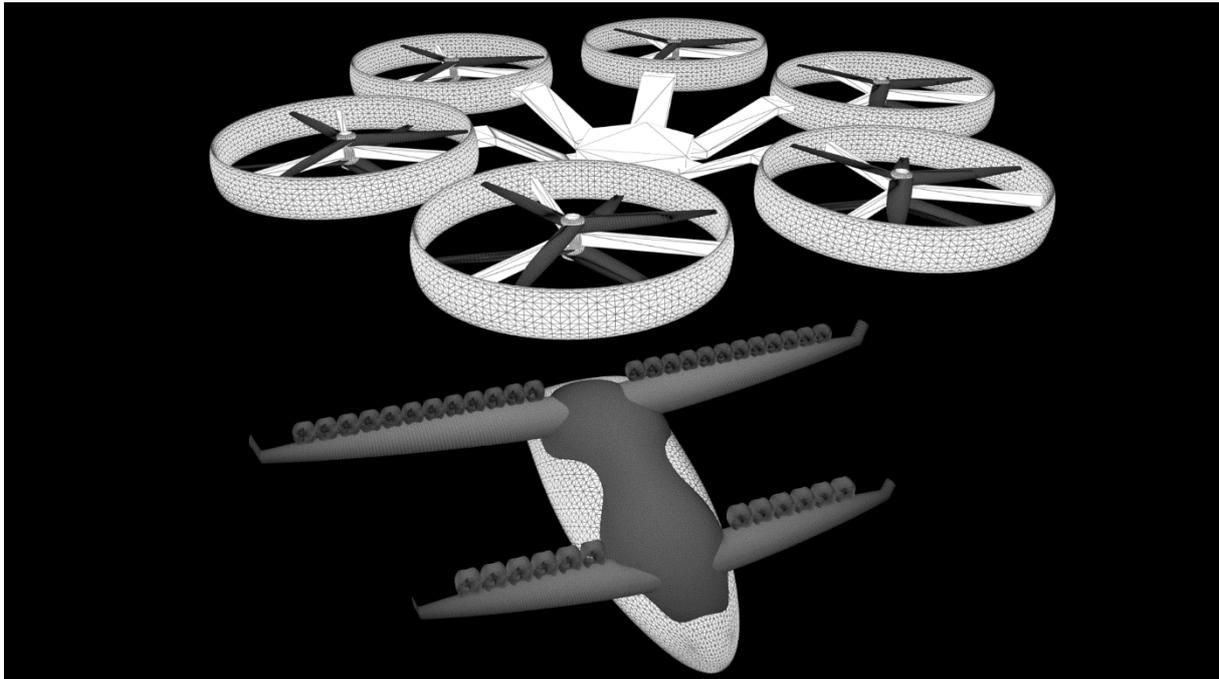


Abbildung 3: Wireframe-Abbildung beider Flugmodule

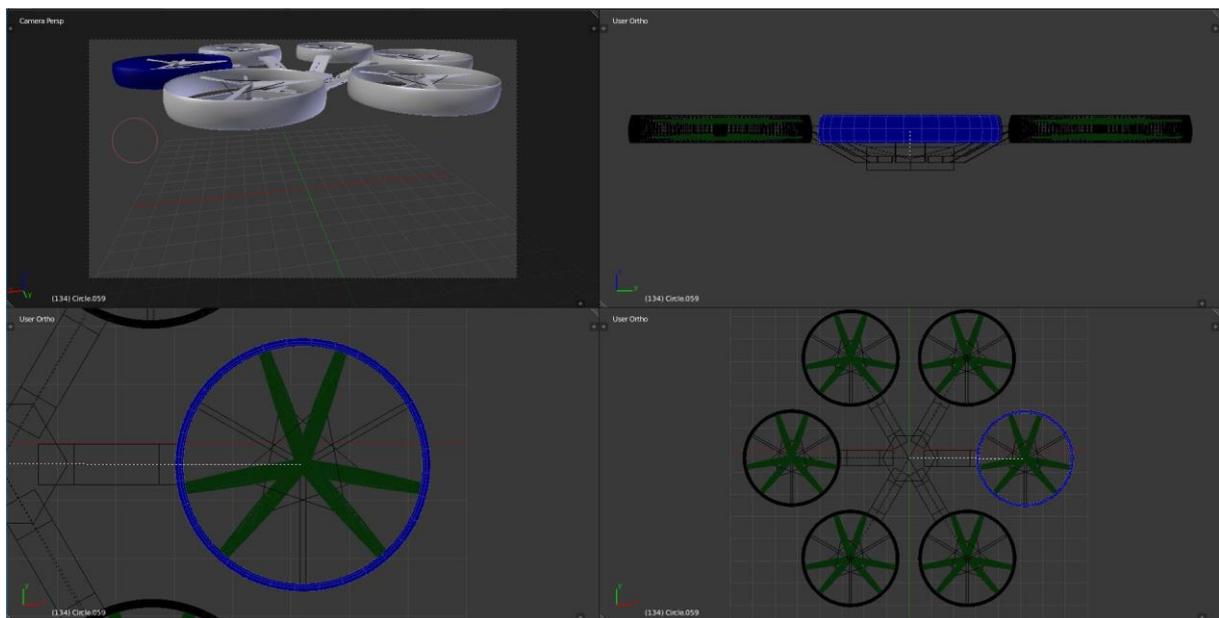


Abbildung 2: Rotorbasiertes e-VTOL Modul

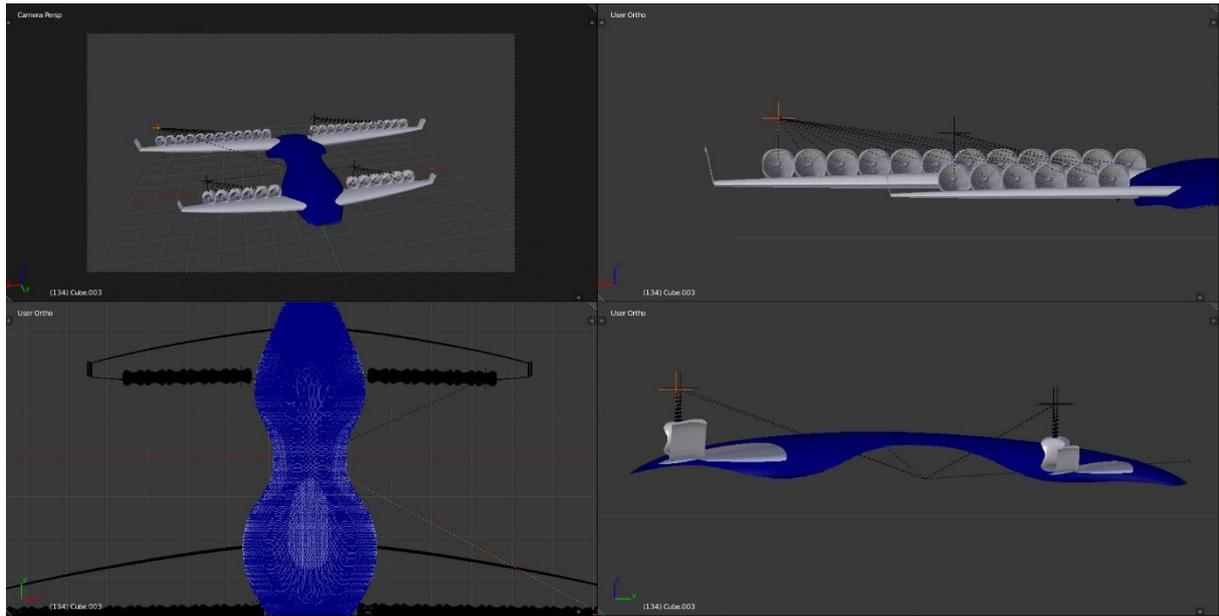


Abbildung 3: Tragflächenbasiertes e-VTOL Modul.(umklappbare 6er Reihen duckted fans)

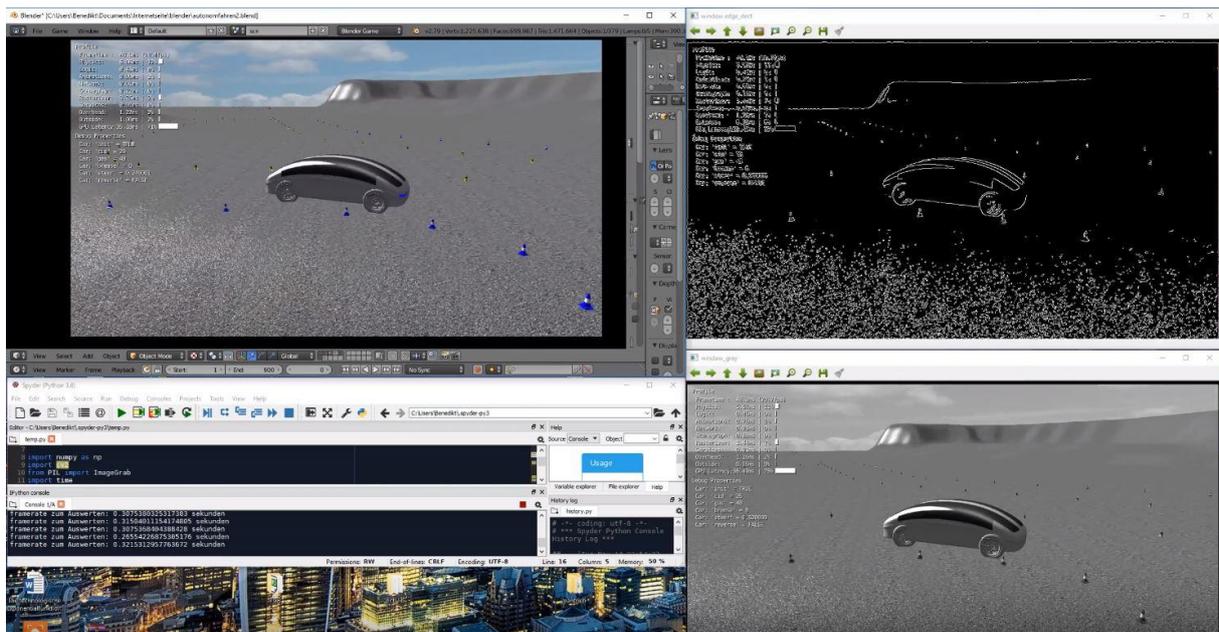


Abbildung 4: Simulationsumgebung für Tests zur Filterperformance am Beispiel Alexnet