

eMagic One



- Futuristisches Eigenbau-UL mit „e-VTOL-Genen“

Der französische Luftfahrtpionier Étienne Oehmichen baute bereits 1922 ein Fluggerät mit zwei Rotoren und acht waagrecht wirkenden Propellern für Stabilisierung und Vortrieb, mit dem er über tausend Flüge absolvierte und mit einer Flugzeit von 14 Minuten und einem Kreisflug von einem Kilometer sogar einen Rekord aufstellte. 89 Jahre später gelang Thomas Senkel am 21 Oktober 2011 der erste elektrische Kopterflug weltweit und löste damit einen wahren Boom aus. Seitdem scheint die Ideenquelle für e-VTOLs - also für elektrisch angetriebene Senkrechtstarter – unerschöpflich zu sein. Immer neue Konzepte mit exotischem Design, mit und ohne Tragflächen, mit vier, acht oder achtzehn Rotoren, fliegen (meist nur) am virtuellen Bildschirmhimmel, präsentieren sich als Mockup auf Messen oder schaffen bislang bestenfalls

„remote controlled“ kurze Testflüge. Für die einen sind sie großer Blödsinn, der nie funktionieren wird – andere, insbesondere die großen Konzerne, sehen darin die Lösung der Urban Mobility und investieren Unsummen in die Vision von autonom fliegenden Lufttaxis und Transportdrohnen.

„Kann man rein elektrisch mit der heutigen Batterietechnik nicht nur ausreichend lange und ausreichend schnell fliegen, sondern auch zusätzlich noch senkrecht starten und landen? Alles natürlich bemannt und mit der tatsächlich am Markt verfügbaren Akkutechnik.“

Um diese Fragen zu klären startete 2018 ein kleines Team von Spezialisten, ausgestattet mit sehr viel Enthusiasmus, Selbstvertrauen und sicherlich auch einer Spur von Naivität,

ein Projekt, bei dem man nicht wusste, ob man sich noch innerhalb der Physik, an der Grenze oder schon weit außerhalb befindet. Thomas Senkel lieferte den Anstoß, schied aber bald darauf aus. Übrig blieb somit ein siebenköpfiges Expertenteam:

Matthias Strieker: Chef der Firma *Silence Aircraft* und zusammen mit seinem Bruder Thomas Konstrukteur des kunstflugfähigen Kunststoffflugzeugs *Silence Twister*. Der Fachmann, wenn es darum geht, schnell und kostengünstig Negativformen zu fräsen und alle Composite Bauteile, meist mit Wabensandwich, herzustellen.

Thomas Strieker: Berechnete und simulierte mit seiner Firma *Striekair* alle Komponenten und erstellt die Belegungspläne, ebenso wie die Dokumentation für die Belastungstests. Ein toller Konstrukteur, der viele gute Ideen beisteuerte.

Richard Krüger-Sprengel: Entwickelt und baut mit seiner Firma *Helix-Carbon* alle Propeller, optimiert auf den elektrischen Antrieb - unschlagbar in Sachen Gewicht, Biegesteifigkeit und Effizienz.

Achim Droste: Der Fachmann für die spanende Bearbeitung von hochfestem Aluminium, Titan, Magnesium, stellte alle Komponenten für die Steuerung und die Hub-Elektromotoren her und fräst dabei Konturen und Hinterschnitte, die fast nicht möglich scheinen.

Professor Florian Holzapfel: Lehrstuhl für Fluglagenregelung an der TU München ist der Spezialist für alles, was die elektronische Stabilisierung von Fluggeräten betrifft. Zusammen mit seinem Team betreibt er ein Messfahrzeug, um Antrieb und Propeller unter echten Bedingungen zu testen.

Moritz Pflöschinger: Er ist, obwohl der

Youngster im Team, von Anfang an mit dabei und hauptverantwortlich für Elektrik und Elektronik, einschließlich der Software. Er hatte auch die Idee mit der Testwippe, die für die Abstimmung der elektronischen Steuerung des Kopters den Durchbruch brachte.

Michael Kügelgen: Aerodynamik, Bau, Testpilot

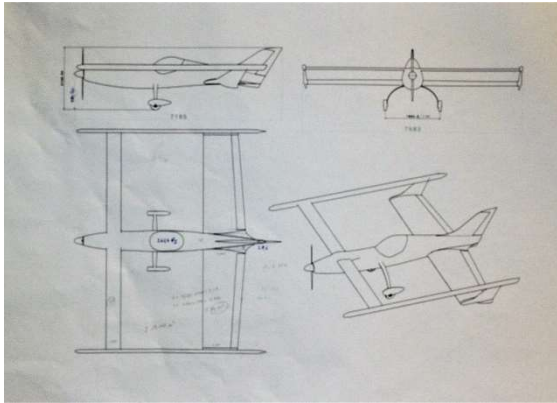
„Welches Konzept ist für ein eVTOL das vielversprechendste und bietet zumindest eine kleine Chance auf Erfolg?“

Ein wesentlicher Vorteil der Kopter-Technik ist die mechanisch sehr einfache und fast wartungsfreie Bauweise, die, im Gegensatz zum Hubschrauber, ohne Rotorblattverstellung auskommt. Die waagrecht angeordneten Propeller erzeugen den gesamten Auftrieb und bewirken durch gezielte Drehzahländerung auch die Steuerung des Fluggeräts. Da der **reine Multikopter** aber den gesamten Flug mit Hilfe der Rotoren bestreiten muss, erschien das Konzept mit der Batterietechnik Stand 2018 nicht zielführend, da er hinsichtlich Endurance und Speed viel zu begrenzt ist.

Tilt-Rotoren und Tilt-Wings, also alle Arten der Schwenktechnik bei der die Motoren und Propeller oder aber sogar die gesamte Tragfläche mit dem Antrieb für den Übergang vom Schweben- in den Horizontalflug geschwenkt werden, schieden hauptsächlich aus Gewichtsgründen aus.

Letztlich kam nur die **„Lift- und Cruise“**-Variante in Frage. Dieses Konzept, ein Mix aus aerodynamischem Flugzeug mit Zugpropeller für den Vorwärtsflug, kombiniert mit zusätzlichen Rotoren für das senkrechte Starten und Landen, war in diversen Vorüberlegungen weitgehend evaluiert und vorskizziert. Damit sich Flugzeug und Kopter (Hubpropeller) so

wenig wie möglich gegenseitig beeinflussen, sollten jeweils vier Rotoren auf zwei Längsträgern ganz außen an Tandemflügeln ihren Platz finden. Über die Effizienz des Enten- oder



man nun unterschiedlicher Meinung sein, aber die teilweise sehr schnellen und effektiven Konstruktionen von Burt Rutan, z.B. dem „Voyager“, der als erstes Flugzeug die Welt nonstop umrundete, sprechen für sich und für das Projekt „eVTOL“ schien es die optimale Konfiguration zu sein.

Beide Systeme, Flugzeug und Kopter, wurden getrennt voneinander entwickelt. Auch wegen der Kosten wurde dabei so viel wie möglich an **RC-Modellen** getestet - musste das Team doch ohne Sponsoren, also nur mit „bordeigenen Mitteln“ auskommen. Mit wenig Einsatz und in kürzester Zeit, manchmal reichte ein längeres Wochenende, konnte so eine neue Variante erprobt werden. Den 1:8 Modellen folgten 1:4 und schlussendlich das 1:2 Modell. Die gewählte Flügelanordnung mit hochgesetztem Kopfflügel, die Einstellwinkeldifferenz von einem Grad - damit die Kopfflügelströmung auch wirklich früher abreißt - und die bewährten vierstelligen NACA-Profile (das 4412 am Hauptflügel und der Kopfflügel mit dem stärker gewölbten 6412 mit etwas höherem CA) flogen am Ende einer langen Versuchsreihe wunderbar und sehr harmonisch und wurden auch für die **eMagic one** übernommen.

Parallel zu den aerodynamischen Modellen wurden auch verschiedene Kopter-Varianten getestet, optimiert und wieder verworfen. Am Ende waren es dann acht gegenläufige Rotoren. Die Entwicklung der elektronischen Stabilisierung war nicht einfach. Die Steuerung um Längs- und Querachse war gut, doch die Reaktion um die Hochachse kam verzögert, aber akzeptabel.

Bei der getrennten Entwicklung von aerodynamischen Modellen und dem Koptermodell, die jeweils alleine für sich hervorragend flogen, übersah man, dass bei der Zusammenführung zu einem Gesamtsystem, der Schwerpunkt (CG) des Tandemflüglers und der Schwerpunkt des Kopters übereinstimmen muss. Bei dem Kopter-Schwebegestell lag der Schwerpunkt genau zwischen dem zweiten und dritten Antrieb. Bei dem Tandemflügler mit gleich großen Flächen liegt er ziemlich genau hinter der Endleiste des vorderen Flügels und damit viel zu weit vorne in Bezug auf den CG des Kopters. Um den aerodynamischen Neutralpunkt und damit auch den CG weiter nach hinten zu schieben, musste die Fläche des Kopfflügels kleiner und der Hauptflügel größer gemacht werden. Alles wurde solange variiert, bis beide Schwerpunkte perfekt übereinander lagen. Auch die Modelle dieser neuen Variante flogen auf Anhieb, wie man es sich von einem Canardflügel wünscht: gutmütig und überziehsicher.



Nach dem Zusammenführen von Flugzeug und Kopter zu einem System, konnte endlich die langersehnte **Transition** getestet werden.



Michael erinnert sich: „Als wir dann das erste Mal die Flugzeug-Kopter-Kombination flogen, waren wir sehr erstaunt, wie einfach sich die Transition, also der Übergang vom Schweben in den dynamischen Flug und umgekehrt, durchführen ließ. Im Vorfeld hatten wir lange Diskussionen und zerbrachen uns die Köpfe, aber als wir zum ersten Male abhoben und den Übergang flogen, da waren wir alle mehr als überrascht. Zumindest mit dem Modell ging es sehr einfach, und zwar vorwärts wie rückwärts. Es gab keine Startrollstrecke, kein Ausbrechen bei Seitenwind und man brauchte auch so gut wie keine Landeinteilung mehr. Man hängte den Flieger mittels der acht Rotoren in die Luft und dann beschleunigte man ihn mit dem Zugmotor oder umgekehrt: man parkte ihn am Himmel und „seilte“ ihn anschließend ab.“

Die Tests mit den Modellen führten zu wichtigen Erkenntnissen für die Konstruktion des Originals:

> Kopf- und Hauptflügel eignen sich grundsätzlich beide für die Steuerung der Längs- und Querachse. Da Quer- und Höhenruder etwas bessere Wirksamkeit am Hauptflügel zeigten, verzichtete man auf Ruder am Kopf- flügel und sah nur sogenannte Tailerons vor.

Quer- und Höhenruder werden gemischt angesteuert, wobei die Querruder differenziert ausschlagen, um dem negativen Wenderollmoment entgegen zu wirken.

> Durch das Hochsetzen des Canardflügels, haben dessen Nachlaufwirbel keinen negativen



Einfluss auf die Strömung am Hauptflügel. Beim Überziehen reißt die Strömung, wie die mitfliegende GoPro-Kamera zeigt, nur innen am Kopfflügel ab.

> Nur mit dem Seitenleitwerk und ohne Winglets schiebt das Modell bei Seitenruderaus- schlag quer durch die Luft und lässt sich mit einem Gegenimpuls nur unwillig aus diesem Flugzustand herausholen. Mit den angebauten Winglets - die eine Erhöhung der V-Form bedeuten - ist die Seitenruderwirkung sowohl beim Ein- und Ausleiten wesentlich besser.

> Durch die sehr gute Längsstabilität des Tan- demflügels reagiert das Modell kaum auf Schwerpunktänderungen, kopf- wie schwanz- lastige Verschiebung erfordern nur minimale Trimmkorrekturen.

Dem eigentlichen Bau der **eMagic one** stand nach diesen erfolgversprechenden Experimen- ten nichts mehr im Weg. Die Cockpitverglasung und die Kevlar-Sicherheitszelle wurden vom Silence „Twister“ übernommen und in den Rumpfstrak integriert, Negativ-Formen für Rumpf, Tragwerk, Fahrwerk, Ruder und viele kleine Bauteile gefräst und laminiert. Jedes einzelne Teil wurde auf das geringstmögliche

Gewicht reduziert; wo normale Kohlefaser nicht reichte, kam Ultra-Hochmodul-Faser zum Einsatz. Der Verzicht auf teilbare Kopf- und Hauptflügel sowie auf die Lackierung brachte weitere Gewichtseinsparung. So entstand Bauteil für Bauteil und am Ende wog die gesamte Zelle ganze 150 kg. Rumpf, Tragflächen und die Längsträger für die Rotoren sind demontierbar mit hochfesten M8 Querkraftbolzen verbunden.



Alle Teile mussten auf die Waage und wenn nötig sich vor dem Einbau einer Diät unterziehen.

„Vollkommen ist eine Konstruktion dann, wenn man nichts mehr weglassen kann“.

Dieser Leitgedanke und die Gewichtsoptimierung bestimmten die weitere Komplettierung der Zelle.

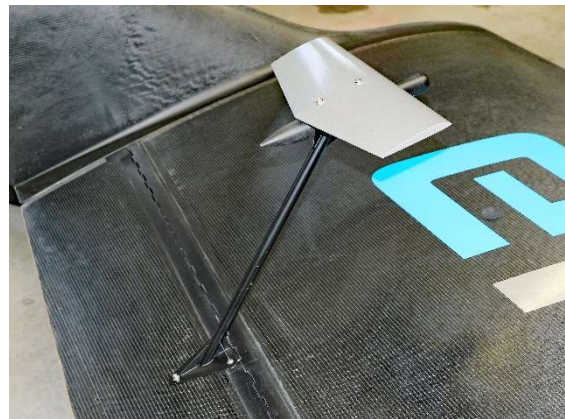
Um so einfach und so leicht wie möglich zu bauen, wurden die Tailerons über eine simple Kinematik mit zwei Bowdenzügen angelenkt. Das ebenfalls über Seilzüge angelenkte Seitenruder bewegt über ein Kardangeln das Heckrad - einfacher geht es kaum.

Die Räder des Hauptfahrwerks kann man einzeln über Tip-Toes bremsen. Das gesamte Bremssystem kommt von Beringer und ist das

leichteste im Programm. Der Steuerknüppel und die Pedalkonstruktion bestehen aus CFK-Rohren, die mit einer speziellen Wickeltechnik miteinander verbunden sind.



Die großen Tailerons haben trotz Leichtbau ein Gewicht von ca. 1.500 Gramm pro Seite. Um ein Ruder- und Flügelklappen unter allen Umständen zu verhindern, wurden an den äußeren Enden der beiden Ruder Ausgleichsmassen angebracht, die weit über die Scharnierlinie hinausragen.



Das etwas schwanzlastige Rudermoment am Steuerknüppel, verursacht durch die großen Tailerons, war eine der wenigen Eigenschaften, die man im Modell und ferngesteuert nicht erkennen konnte, denn da waren Servos dazwischen, die ihre Position halten. Zur Kompensation wurden im Verlauf der Testflüge „Spades“ angebracht

Die **Instrumentierung** entspricht den Mindestanforderungen für Ultra-Leichtflugzeuge und ist mit dem superleichten Funkgerät von F.U.N.K.E. und dem eher konventionellen Uhrenladen, ausschließlich unter dem Aspekt der Gewichtsoptimierung zusammengestellt.



Das Instrumentenbrett besteht aus Balsa-Hirnholz und ist beidseitig mit dünnem Glasgewebe laminiert.

Der Leistungssteller und das Anzeigeelement wurden, wie der Motor, der Controller und die Akkus, 1:1 von Geiger Engineering übernommen. Grundsätzlich liefert Geiger eine Kombination die Plug and Play gut funktioniert, aber der Bildschirm mit seiner Symbolik, seinen Farben und inneren Logik erschließt sich nicht spontan. Das nahm Michael Kügelgen zum Anlass ein Redesign des A.D.I. (Advanced Digital Interface) vorzunehmen. Joachim Geiger war von dem neuen Entwurf nach anfänglichem Zögern so angetan, dass er ihn gleich für seine beiden Anzeigeelemente umsetzte. Inzwischen werden alle Geiger-Systeme mit dem neuen Display gebaut.

Der Einbau des **Motors** und Controllers gestaltete sich anspruchsvoll und durchlief mehrere Optimierungsstufen. Im Endergebnis ist der

Motor ist mit seiner hinteren Flanschverschraubung an einem gefrästen X-Träger aus hochfestem Alu befestigt. Dieser wiederum ist mit speziell gegossenen Elastomeren an seinen vier Enden an den Zungen eines 6 mm Ringspantes aus Sperrholz angeschraubt und damit vollständig von der Zelle entkoppelt. Der Motorkontroller wurde mit vier Schwingelementen zwischen zwei Halbspanten montiert.



Ganz wichtig ist die optimale **Kühlluftführung** und auch diese wurde schrittweise optimiert. Ein unterhalb des Spinners angebrachter trompetenförmiger Einlass sorgt über einen flexiblen Schlauch für die Kühlung des Motorcontrollers. Dem Motor wird über zwei seitlich angebrachte NACA-Ducts und um 180° gebogene Flexschläuche Kühlluft von hinten zugeführt, die dann durch den Motor gepresst, radial wieder austritt und die gebogene Rumpfoberseite über „Kiemen“ verlässt. Die Akkus bedürfen keiner aktiven Kühlung.



Mit dem Einbau der vier Geiger-Antriebsakkus wurde bis zum Schluss gewartet, denn wie bei Modellfliegern üblich, sollte mit ihnen die **Schwerpunktlage** noch justiert werden. Zur Überraschung der Konstrukteure stimmte der Schwerpunkt auch schon ohne die Akkus und das wurde dann auch zum Problem. Jetzt mussten also im genau gleichen Abstand zwei Akkus vor und zwei Akkus hinter dem Schwerpunkt platziert werden. Da der Pilot genau im Schwerpunkt sitzt, war das bei den hinteren Akkus, also im Rücken des Piloten, nicht so einfach. Sie benötigten eine perfekte Verankerung, um bei einem Crash nicht zu böartigen Geschossen zu werden. Als Alternative für die schweren, vier Meter langen Kupferkabel bis vorne zum Controller kamen leichtere 16X3 mm Aluprofile zum Einsatz.

Zulassung: Um so eine Eigenkonstruktion in Deutschland legal fliegen zu dürfen, bedarf es einer Zulassung. Gespräche mit dem DAEC, der OUV, der EASA und auch der französischen Zulassungsbehörde für Ultra Leichtflugzeuge waren nicht zielführend. Frank Vervoort begleitete das Projekt von Anfang an als Prüfer, aber er konnte nur die Technik bewerten, die Zertifizierung mussten andere machen. Am Ende der Odyssee geholfen haben letztlich Jo Konrad vom DULV und seine beiden Kollegen Benedikt Glock und Günther Spitzer. Die Dokumentation stimmte, die Belastungstests ebenso, und deshalb erhielt der Flieger mit der Kennung **D-MVTL** die Vorläufige Verkehrszulassung

Die Flugerprobung fand auf dem ehemaligen Heeresfliegerplatz in Mendig statt. Dieser liegt nicht nur verkehrsmäßig günstig zu Grafschaft, der „Brutstätte“ der **eMagic one**, die 1,6 km lange Startbahn, eine 500 m lange Graspiste ein weitläufiges Umland mit wenig Bebauung bieten auch optimale Voraussetzungen und

Sicherheit für einen Erstflug. Nach zwei Jahren Planung, Bau und Tests sollte sich die **eMagic one** am 31. Mai 2021 endlich in den windstillen Abendhimmel begeben.



Seine Eindrücke vom Erstflug schildert Michael Kugelgen so: „Wir rollten zur Graspiste, denn irgendwie schien sie uns vertrauenserweckender als der harte Asphalt. Ich rollte genau einmal hin und wieder zurück und merkte gleich, auch die eMagic will endlich in die Luft. Also ausrichten und sanft die Leistung erhöhen. Bei 30 km/h hob der Flieger von selbst den Sporn, die Sicht wurde schlagartig besser und nach ein paar Sekunden war ich in der Luft - höher als erwartet! Sofort merkte ich, dass die Trimmung ordentlich schwanzlastig war und ich für den Horizontalflug Leistung reduzieren und beherzt nachdrücken musste. Leistung raus, ausschweben, ausrunden und sanft aufsetzen. Das war der erste 500-Meter-Flug, dem gleich noch zwei weitere deutlich flachere folgten. Wahrscheinlich hat sich Lilienthal vor 130 Jahren nicht viel anders gefühlt, als ich in diesem Augenblick.“

Am nächsten Tag ging es mit vergrößerten Trimmblechen an den Ruderenden auf die Asphaltpiste. Was eigentlich nur als Trimmflug in niedriger Höhe geplant war, wurde zum ersten richtigen Flug über 22 Minuten. Ruhig, ausgewogen und extrem leise zog die **eMagic one** ihre Runden.



Die weiteren, bislang ca. 120 Starts dienten hauptsächlich der Flugerprobung. Viele Details, von der Motoraufhängung über einen deutlich verstärkten Kopfflügel - mit nun gleicher Biegelinie wie der Hauptflügel, bis hin zur elektrischen Trimmung wurden neu konstruiert und stetig verbessert.

Die *eMagic One* präsentiert sich heute als ein wunderschön fliegendes UL. Bei voller Motorleistung, und das sind ja nur bescheidene 32 kW bei 2.000 U/min, beschleunigt das Flugzeug horizontal auf 92 kts, also rund 170 km/h - für einen ausgelevelten Flug (Nullschieber) mit 68 kts benötigt man gerade mal 12 kW. Die Strömung liegt bis ca. 42 kts an, darunter reißt sie am Kopfflügel teilweise von innen nach außen ab - aber so sehr man sich auch anstrengt, am äußeren Flügel-Drittel bleibt sie gesund. Das Flugzeug geht dann in einen Sackflug über, der mit den Taillern ohne Ausbrech- oder Abkipptendenz voll steuerbar bleibt. Auch die Landungen sind recht einfach. Die von vielen prophezeite Kopfstandtendenz konnte auch nicht ansatzweise festgestellt werden. Damit kann man den aerodynamischen Teil des Projekts als weitgehend ausgereift betrachten.

Parallel zum Flugzeug lief die Entwicklung der **Koptertechnik**. Nachdem der Modell-Kopter einwandfrei flog und zusammen mit dem Tandemflugmodell die Transition klappte, wurde aus Stahlrohr das Schwebegestell in Originalgröße, mit dem Gewicht des späteren Fliegers und natürlich mit acht Rotoren gebaut. Die Programmierung des Fluglagereglers war alles andere als trivial. Nichts stimmte und das 400 kg schwere Schwebegestell war in den ersten Monaten nicht zu kontrollieren – es machte was es wollte. Es sah aus, als wenn Fluglageregelung und Motorkontroller anstatt zu harmonisieren, gegeneinander arbeiteten.

Statt weiterer Testflüge ging man einen Schritt zurück und baute eine Wippe, auf der an jedem der beiden Ausleger ein Antrieb befestigt war. Durch diese Testreduzierung auf nur eine



Achse und eine komplette Neujustierung der P-I-D Regel-Anteile, kam der Durchbruch. Die Wippe reagierte hervorragend und kehrte ohne Schwingungen in ihre Ausgangslage zurück. Derart ermutigt wurde alles wieder auf dem Schwebegestell montiert, welches sich



nun eigenstabil und auch im bemannten Flug als voll steuerbar erwies.

Nach der Integration der Koptertechnik in die Flugzeugzelle, konnte die *eMagic One* nun ferngesteuerte Schwebeflüge absolvieren.



Um auch bei stärkerem Wind und voll aufgelastet perfekt schweben und fliegen zu können, müssen aber die „VTOL-Gene“ noch weiter optimiert werden.

Die „Sprungantwort“, die blitzschnelle Variation der Drehzahl, die man zum Fliegen und Schweben eines solchen Gerätes benötigt, konnte vom Modell nicht in das

Verhalten des Originalflugzeugs übertragen werden. Was bei den 20 oder 30 Gramm schweren Propellern einer kleinen Drohne perfekt funktioniert, geht bei einer Luftschraube mit 2 m Durchmesser und entsprechendem Gewicht überhaupt nicht mehr. Die Trägheit dieses Systems ist viel zu hoch.

Auch die Regelreserve, also den Schubüberschuss den man zum Steuern und Stabilisieren des Fluges zur Verfügung hat, muss noch auf das doppelte der Abflugmasse verbessert werden. Dies geschieht derzeit mit der Entwicklung von Propellern und Hubmotoren der 3. Generation.



Mit den Motoren müssen Regler, Batterie-Management System und vor allem die Akkus mitwachsen - und das möglichst ohne Gewichtszunahme! Keine einfache Aufgabe, aber Michael Kugelgen, Konstrukteur und Testpilot, ist zuversichtlich, seine *eMagic One* noch in diesem Jahr zu einem ersten vollelektrischen Transitionsflug starten zu können.

eMagic One

Technische Daten:

Hersteller: Michael Kügelgen + Team
Zulassung: VVZ Ultraleicht
Bauweise: Kohlefaser-Sandwich
Gesamtrettungssystem: BRS

Antrieb Vorwärtsflug: Geiger Engineering
Typ HPD40D Leistung 40 Kilowatt
Batteriekapazität 12,4 kWh

Antrieb Schwebeflug: Eigenentwicklung
Michael Kügelgen + Team, Leistung 8 x 15
Kilowatt Batteriekapazität 10,2 kWh

Abmessungen: Länge 7,20 m Höhe 2,15 m
Spannweite 7,68 m; Flügelfläche 14,14 m²

Leermasse: 262 kg

Abfluggewicht: mit Pilot 333 kg

Max. Abfluggewicht: inkl. Kopter 410 kg

Flugleistungen: Reisegeschwindigkeit 78 kts,
Höchstgeschwindigkeit horizontal 92 kts,
Zul. Höchstgeschwindigkeit VNE 110 kts
Mindestgeschwindigkeit 42 kts Flugdauer
max. 60 min - Schwebeflug max. 4 min.



Michael Kügelgen – fliegerische Laufbahn

- > **Ab 1962**, also im Alter von sieben Jahren, Bau erster Modellflugzeuge, u.a. Freiflugmodell Topsy von Graupner, mit dreizehn Jahren, RC Flug mit Tip-Tip Anlage und Graupner Amigo
- > **Ab 1975** Konstruktion vieler eigener Modellflugzeuge und Veröffentlichung plus Bauplan in FMT und dem technischen Magazin „Hobby“
- > **1975-1995** Drachenflieger
- > **Ab 1975** Konstruktion Bau verschiedener Drohnensysteme, u.a. für MBB in Ottobrunn
- > **Ab 1980** Entwicklung und Bau verschiedener UL Flugzeuge einschließlich Motor und Propeller
- > **1983** Erwerb des Pilotenscheins PPL-A einschließlich Kunstflugberechtigung
- > **1985 - 1993** Entwicklung und Bau verschiedener Drohnensysteme, u.a. MK 103 Ranger, MK 104 Flash und MK 106 Hit
- > **1984 - 2010** Eigenes Kunstflugzeug Fuji FA
- > **2012** Erwerb des PPL-H
- > **2012** - heute Fliegen mit seinem Hubschrauber Guimbal Cabri G2
- > **2019** - heute Entwicklung, Bau und Fliegen mit dem Elektroflugzeuges *eMagic One*

Text: Ludwig Feuchtner

Fotos: Ludwig Feuchtner / Michael Kügelgen