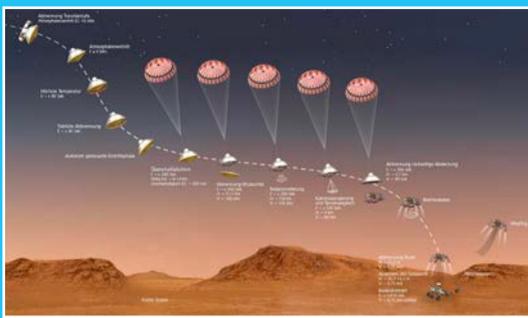


ONLINE +++report

AUSSER IRDISCH



Ingenuity ist sicher in Bückeburg gelandet



Erfolgreiche Landung auf dem Mars mit Helikopter an Bord



Demnächst im Museum: Dauphin SA 365 von der Heli-Flight



75 Jahre – und noch gut in Form: Bell 47

Save the Date!
Save the Date!



32.
32nd

INTERNATIONALES
HUBSCHRAUBER
FORUM
BÜCKEBURG

7.-8. Juli 2021
July 7-8, 2021



DIE WELTEN
DES
VERTIKALFLUGS

THE WORLDS
OF
VERTICAL FLIGHT

Herausgeber (v.i.S.d.P.)
Guido Ziese

Hubschrauberzentrum e. V.
Sablé-Platz 6
D-31675 Bückeburg
fon: +49 (0)572 5533
fax: +49 (0)572 71539
info@hubschrauberzentrum.de

Leitung Hubschraubermuseum
Kerstin und Dieter Bals

Redaktion ONLINEreport
Guido Ziese
Kim Braun
redaktion@hubschrauberzentrum.de

Mitgliederservice
Kerstin Bals
service@hubschrauberzentrum.de

© Hubschrauberzentrum e. V. 2021

Vorstand

- Präsident Dr. Klaus Przemeck
- Vorsitzender Michael Wasser
- Vorsitzender stv. Michael Nando Seitz
- Schatzmeister Gerald Siegmann
- Justiziar Matthias Werth
- Schriftführer Dieter Bals
- Pressereferent Guido Ziese
- Museumsreferent Kim Braun
- Bürgermeister Reiner Brombach

Liebe Mitglieder und Freunde des Hubschrauberzentrums!

eine digitale Ausgabe unseres Museums-Magazin, den Sie als FORUMreport jeweils zum Hubschrauber- und zum Rotor Drone Forum als Papierausgabe kennen, kommt nun direkt online zu Ihnen.

Das hat Gründe:

- 1. Wegen der CoronaPandemie ist das 32. Internationale Hubschrauberforum ausgefallen.*
- 2. Die Absicht einen Helikopter auf dem Mars fliegen zu lassen*
- 3. Die vorgezogene Landung de Mars-Hubschraubers im Museum*

...

...

**Werden Sie Mitglied im
Hubschrauberzentrum
e.V. Bückeburg!**



NEU IM HUBSCHRAUBERZENTRUM: DER ONLINEREPORT (OR)

Impressum	3
Editorial	3
Inhalt	4

GRUSSWORT

Museumsleitung	5
----------------------	---

AKTUELL AUS DEM MUSEUM

mit zoom: Der Zukunft voraus	6
------------------------------------	---

INGENUITY – MIT EINFALLSREICHTUM

... und Dieter Störig – Fragen an den Konstrukteur	8
--	---

AUS DER RAUMFAHRT

Die 5. NASA Expedition zum Roten Planeten	10
---	----

AUS DER WISSENSCHAFT

Lehrstuhl für Hubschrauber Technologie	
Interview mit Professor Dr. Manfred Hajek	12
Der Mars-Helikopter "Ingenuity"	
aus Sicht der Hubschrauber Forschung	16
Eine anspruchsvolle Aufgabe für einen Drehflügler	19

DAMALS

Just do it! Now!	15
15 Jahre HTH/FTH – Heavy/Future Transport Helicopter	

PROJEKTE

Jugend forscht	20
Das Da Vinci Laboratorium	21

ROTIERT & NOTIERT

Pilot of the Year	22
-------------------------	----

HISTORY

75 Jahre Bell 47	24
------------------------	----



Fotos & Grafiken: NASA, Bundeswehr, HZ e.V., HAI, TUM, Airbus, DRF, HeliFlight



Sehr geehrte Damen und Herren, liebe Mitglieder und Freunde des Hubschraubermuseums!

... immer noch geschlossen, wir waren aber nicht untätig, neben dem Ingenuity haben wir die defekte Lichtschranke mit dem mp3 Player im Glasgang wieder repariert, so dass beim Vorbeigehen die Hubschraubergeräusche CH-53 wieder zu hören sind.

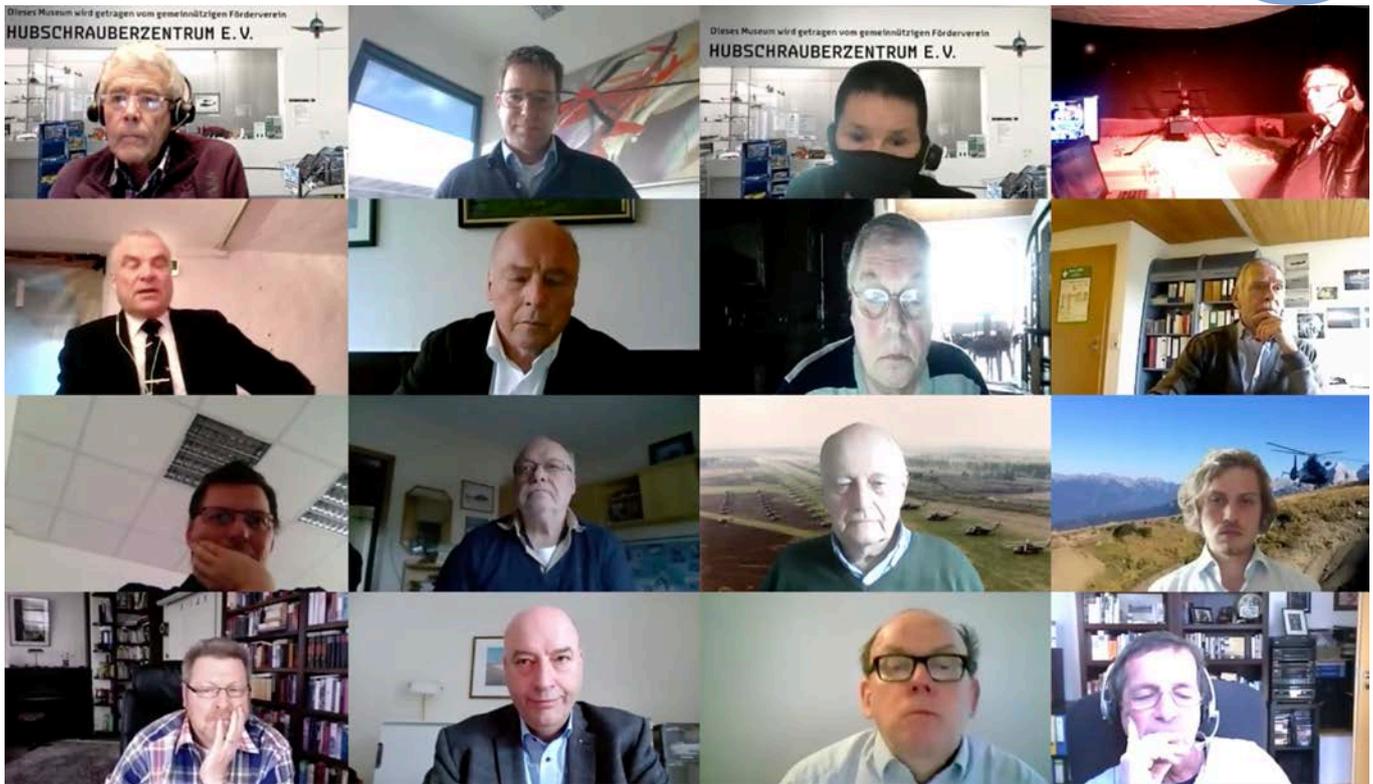
Auch sind wir dran, dass die H-34 drei Druckschalter bekommt, wo 1. der Motorstartvorgang, und 2. das Fluggeräusch zu hören ist, der dritte Druckschalter ist zum Ausschalten. Natürlich muss ein 15 Zoll Bass-Tiefonlautsprecher die Töne übertragen wg der besonderen Wirkung und hoffentlich nervt es nicht zu sehr.

Es wird bis zur Wiedereröffnung vorraussichtlich am Gründonnerstag 01.04.2021 (mit dem Bückeburger Schloss und dem Stadtmuseum so abgesprochen) eine Weitergestaltung des Raumes Ingenuity geben, weil auf der rechten Seite nochmal soviel Platz ist, wo wir die 6 terristrischen Brüder vom (Ingenuity Drohnen) platzieren wollen, somit ist das ein würdiger, in die Zukunft blickender Abschluss des Museumsrundgangs. Auch muss vor der Wiedereröffnung alles wieder auf Hochglanz gebracht werden und die Hygienemaßnahmen aktualisiert werden. Also noch genügend Arbeit bis wir die Tore wieder öffnen können.

Die mündlich zugesagte Projektförderung aus dem Einzelplan 14 (Verteidigungshaushalt) wurde uns mitte letzter Woche per Mail bestätigt, mit dem fast nicht möglichen Zusatz, dass die Mittel 2021 verbraucht sein müssen. Es erscheint uns fast unmöglich, diese vielen Bedingungen, welche an die Förderung geknüpft sind, bis zum Jahresende zu erfüllen und komplett abzuschließen. Die Anfrage an den BMVg die Mittel zu schieben wurde vehement verneint - hoffen wir also, dass das Räderwerk der Kostenvoranfragen, Bauvoranfragen, Genehmigungen und Ausführungen etc. funktioniert, so dass wir zu einem guten Abschluss kommen mit Verbrauch aller Mittel. Unsere Tabellenauflistung hab ich schon zugeschickt, wir werden kommende Woche Bescheid bekommen, was geht und was gar nicht geht; natürlich muss auch ne Trennung zwischen Bau- Renovierungsprojekten und Exponatprojekten/ Ausstellungsverbesserung etc. gemacht werden.

*Kerstin und Dieter Bals
Museumsleitung*

zoom meeting



„Ja, ohne Team wäre das alles nicht zu Ende geführt worden ...“, sagte Dieter Störig, während der Zoom Präsentation. Das Set war der „Rote Planet“. Und da stand er – schon sicher gelandet – der Ingenuity Mars-Hubschrauber: In Bückeburg, im Hubschraubermuseum ... am Rotor-Hub, dem Hubschrauber-Nabel der Welt. Und seit dem 17. Februar 2021 zeigt sich das Museum auch zuständig für außerirdische Hubschrauber-Angelegenheiten.

Entstanden ist das Projekt nach einer Idee von General a.D. Reinhard Wolski, der auch für die Zoom-Moderation verantwortlich zeichnete. Was direkt und ohne Umwege zum Thema führt: digitaler Transfer von Informationen. Wo Präsenz im Museum sonst eine gut bürgerliche Pflicht der Community gewesen wäre, da hatte nun die Furcht vor der Virenlast unserer Atem-Aerosole die Regie übernommen. Kein Handschlag, nichts geht mehr in freundschaftlicher Umarmung.

Aber man kann sich beim „zoomen“ in die Augen schauen! Oder doch nicht? Diese Frage bedarf noch der Klärung und einer Antwort von „zoom“ aus Kalifornien. Dabei fällt auf, „dass fast ALLES im Bereich „Social Media“ aus den USA zu

uns kommt ... und welche Macht sich da aufgebaut hat und weiter aufbaut.

Wegen der zeitlich bedingten strengen Moderation, kam es kaum zu Dialogen und zu keinem wissenschaftlichen Diskurs. Das war sicherlich ein kleines Manko, nicht aber die Beiträge der Teilnehmer.

Der Bürgermeister von Bückeburg, Reiner Brombach, gratulierte herzlich und stellte die Alleinstellungsmerkmale des Hubschraubermuseums in Europa deutlich heraus. Nicht ohne die Begeisterung der Besucher in „seiner“ Hubschrauberstadt Bückeburg zu erwähnen, die sich im Museum über die Entwicklung der Drehflügler so umfassend – wie an keinen anderen Ort – informieren könnten. Dass nun auch noch ein Hubschrauber aus Bückeburg – bevor er auf dem Mars überhaupt angekommen ist – im Hubschraubermuseum zu sehen ist, sei ein weiteres Highlight und habe eine enorme Werbewirksamkeit für das Hubschrauberzentrum.

Auch für die Stadt, möchte der Autor bescheiden hinzufügen.

Abschließend wünschte der Bürgermeister, dass man diesen Schwung mit Nähe in die Zukunft, unterstützt von viel Einfallsreichtum!

Einfallsreichtum ... Ingenuity, wobei wir wieder beim Thema sind. Und dieses Mal aus wissenschaftlicher Sicht.

Prof. Dr.-Ing. Stefan Levedag ist Direktor des Instituts für Flugsystemtechnik beim DLR: Man brauche mehr Leistung – etwa um den Faktor zwei – um auf dem Mars überhaupt fliegen zu können; bei 1/3 der Gravitation und bei nur 1 % der Dichte der Erdatmosphäre. Der Vertikalpropeller drehe um den Faktor fünf bis zehn höher als bei einem normalen Hubschrauber. Und da allein zwei Drittel der Akkuladung benötigt werden, um die Systeme in der kalten Mars Nacht in Betrieb zu halten, reiche eine Akkuladung nur für etwa 90 Sekunden Flugzeit. Herausfordernd auch, dass der Ingenuity – wegen der langen Signallaufzeiten – komplett autonom fliegen müsse. Es ginge also primär um eine Technologie-demonstration mit der Fragestellung: Kann man Hubschrauber auf dem Mars überhaupt betreiben? Dabei sei der Umgang mit „heiß und kalt“ – wie überall in der Raumfahrt – auch beim Mars-Hubschrauber ein großes Problem. Wie auch der Staub, der sehr lange in der Luft bleiben würde. Abschließend zollte er den Ingenieuren der NASA großen Respekt und wünschte, dass man in der Zukunft

viele wissenschaftliche Erkenntnisse aus dem Projekt gewinnen könne!

Natürlich darf bei einem solchen Exkurs in die Wissenschaft der Lehrstuhl für Hubschraubertechnologie an der Technischen Universität in München (s.a. Interview mit Prof. Dr.-Ing. Manfred Hajek) nicht fehlen.

Zugeschaltet war aus seinem Team der Wissenschaftler Jonas John, der sich schon seit einiger Zeit mit der Technologie des Ingenuity auseinandergesetzt hat. Es sei auf der Erde kaum möglich, die Verhältnisse wie sie auf dem Mars vorzufinden sind, zu testen. Wie schon Prof. Levedag bezeichnet er den Ingenuity als Technologieträger, um Daten zu sammeln für die wissenschaftliche Forschung. Wichtige Ziele für die Zukunft sieht er darin, die Nutzlast und die Reichweite zu erhöhen. (Siehe auch Artikel Seite)

Das Thema Reichweite und Nutzlast beim Hubschrauber ist aber nicht nur ein extraterrestrisches Thema.

Damit gelingt die Überleitung zum Geschäftsführer von Airbus Helicopters Deutschland, der als Präsident des Hubschrauberzentrums aus Donauwörth zugeschaltet war. Dr. Klaus Przemek bedauerte die unter dem Coronaaspekt nachlassenden Flugaktivitäten am Himmel. Er hob aber auch hervor, dass es im Bereich Hubschrauber im Vergleich dazu weniger an Rückgang gäbe. Mit Genugtuung stellte er fest, dass nun auch die Hubschraubertechnologie mit Ingenuity in der Raumfahrt angekommen sei. Er würdigte die technologische Leistung der NASA rund um den „Roten Planeten“. Fügt aber hinzu, dass sich der Drehflügler auf dem Mars in den nächsten Wochen erst noch beweisen müsse.

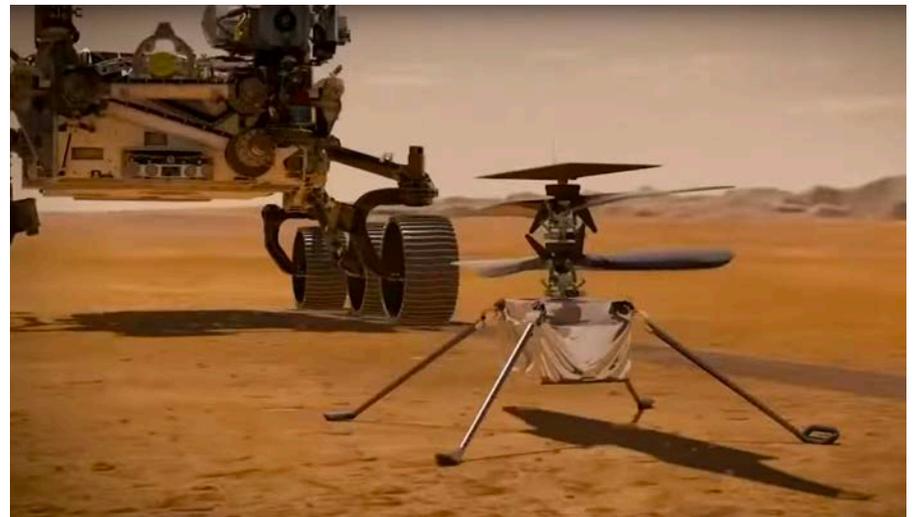
... nicht aber das Hubschrauberzentrum in Bückeburg, das habe mit seinem eigenen – bereits im Museum gelandeten – Ingenuity und dem Team um Dieter Störig bereits Großartiges geleistet.

Guido Ziese

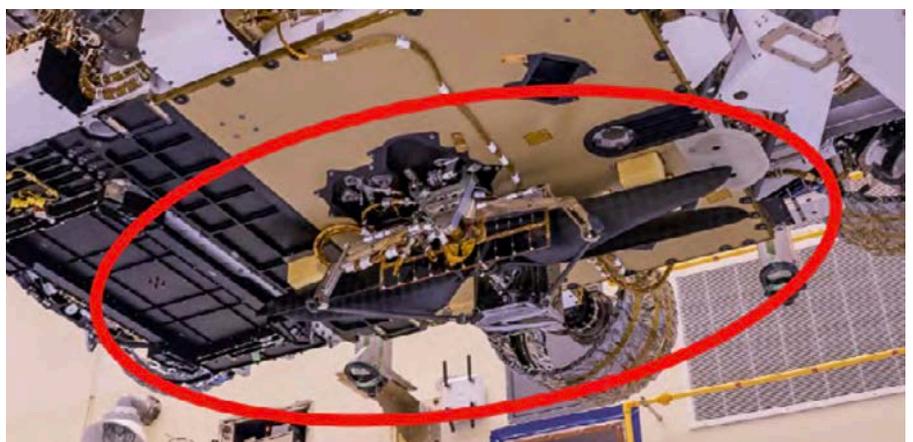
**Werden Sie Mitglied im
Hubschrauberzentrum
e.V. Bückeburg!**



Dieter Störig hat den Mars-Hubschrauber nach Unterlagen der NASA im Maßstab 1:1 originalgetreu nachgebaut. Schon einen Tag vor der Landung der Perseverance-Mission hatte der Ingenuity im Museum roten Marsstaub unter dem Landegestell und wurde mit seinem Konstrukteur zum Hauptdarsteller der zoom-Konferenz,



In der Animation bereitet sich der Mars-Hubschrauber Ingenuity auf den ersten außerirdischen Start eines Drehflüglers vor. Zwei Drittel seiner Akku-Energie benötigt das System um sich nachts warmzuhalten. Der Rest reicht für neunzig Sekunden Flugzeit..



So verpackt – hier noch im NASA-Labor unter dem Boden des Rovers – kommt Ingenuity auf dem Mars an. Ein Schutzschild sorgt dafür, dass bei der Landung nichts beschädigt wird. Durch ausgeklügelte Pyrotechnik und mechanischer Unterstützung wird der Mini-Hubschrauber dann auf den Boden gesetzt..



INGENUITY, der Mars Helikopter und mehr ... Fragen an Dieter Störig

OR: Wo lagen die größten Schwierigkeiten beim Bau des Mars-Hubschraubers?

DS: Die größte Schwierigkeit gab's im originalgetreuen Nachbau der Rotorblätter, die von der NASA in der Formgebung der heute überall herumschwirrenden Quadro- und Multicopter aufgebaut wurden. Hier halfen die scharfen NASA-Fotos sehr weiter: Es waren die Kohlefaser-Oberflächen, bestehend aus schachbrettartig angeordneten Gewebe-Quadraten in der Größe von 20 X 20 mm sehr gut zu erkennen. So konnte je ein rechtslaufendes und ein linkslaufendes Positivformteil nachvollzogen werden, indem die Ränder der NASA-Quadrat-Struktur so genau wie möglich erfasst wurden. Von den Blatt-Positiven wurden dann von mir je zwei Negativ-Formen abgenommen.

Mein Nachbau der vier Blätter ist ebenfalls in der NASA-KohlefaserEpoxydharz- Bauweise erfolgt. Die leichteste „Schwierigkeit“ ergab sich beim Nachbau der untergehängten „Kiste“ des INGENUITY, deren Sperrholzteile nur der altvertrauten Laubsäge bedurften.



OR: Wie kam denn die NASA auf diese besondere Form der Rotorblätter?

DS: Die stark verwundenen Rotorblätter des INGENUITY hatten mehrere Vorläufer aus längst vergangenen Jahrzehnten: Wobei diese ebenfalls stark verwundenen Rotorblätter fast genau der Blattform des heutigen INGENUITY entsprachen! Hierzu hatte als erster der französische

ANSPRUCHSVOLL: DER NACHBAU DER ROTORBLÄTTER

Ingenieur Etienne Oehmichen wichtige Vorarbeit geleistet: Denn er hatte einen flugfähigen, voll steuerbaren Hubschrauber entwickelt, mit dem er dann ab dem Jahr 1924 erste Weltrekorde erlangte und bis 1938 mehr als tausend Flüge durchführte.

Seine Konstruktion: Geschweißtes Stahlrohrgerippe, kreuzförmig aufgebaut wie ein heutiger „Quadrocopter“. Gesteuert durch vier stark verwundene Zweiblattrotoren, die von einem Sternmotor über



Transmissionen in Drehung versetzt wurden. Dann entwickelten zwei weitere französische Ingenieure einen „echten“ Urahn des INGENUITY, indem sie, ohne auch nur einen Gedanken an den weit entfernten Mars zu verschwenden, einen Koaxialhubschrauber fertigstellten. Louis Breguet und Rene Dorand taufte ihren „Demonstrator“, für die Hubschraubertechnik auf den Namen „Gyroplane Laboratoire“. Der Erfolg dann ab 1935 viele sensationelle neue Hubschrauber-Weltrekorde! Wobei auch diese ebenfalls stark verwundenen Rotorblätter fast genau der Blattform des heutigen INGENUITY entsprachen!

OR: Was muss man mitbringen, was muss man – neben der Liebe zum Detail – können, um solch ein Modell zum Fliegen zu bringen?

DS: Jeder einigermaßen gewiefte Modellbauer, der seinen Hubschrauber voller Liebe zu diesem Hobby auch noch selbst konstruiert hat, dürfte wohl grundsätzlich in der Lage sein, den INGENUITY mit seinem Rotordurchmesser von 120 cm flugfähig und ferngesteuert nachzubauen! Das ist dann wohl vordringlich eine reine Kostenfrage! Denn: Bei einem Rotordurchmesser von 120 cm und einer Drehzahl von ca. 1.300 bis 1.400 U/min sind sondergewickelte Brushless-Motoren anzufertigen. (Wie auch beim NASA-INGENUITY erfolgt!) Dazu sind funktionsfähige sondergefertigte Rotorblätter zu entwickeln, auch wenn eventuell serienmäßige Blätter aus dem Hubschrauber-Modellbau verwendet werden könnten. Die Steuerung wiederum könnte sicherlich leicht durch sechs serienmäßige Servos aus dem Modellbau erfolgen. Dann gibt's zur Flug-Stabilisierung heutzutage viele Kreiselssysteme, die das FLETTNER-System, Tandem-Hubschrauber usw. vor Abstürzen bewahren. Und leistungsfähige Modell-Akkus für die Steuertechnik gibt's reichlich auf dem Markt. Dazu kommt erleichternd, dass das Solar-Modul nicht zum Aufladen der Akkus wirklich gebraucht wird. Also ist das Ganze eine Sache der einzusetzenden „Flöhe“!

OR: Es geht um die FLETTNER-Modellhubschrauber mit wechselbarem „Funktionsblock“, die man öfter am Flugplatz des MFC Condor Bückeburg in der Luft sieht. Zum Beispiel einen Flettner Kolibri und eine modifizierte CH 53, die mit demselben Flettner-System angetrieben

werden. Soll heißen: In beiden Hubschraubern wird dasselbe austauschbare Antriebsystem benutzt. Wäre diese „Einfachheit“ nicht auch ein Vorbild für die Industrie?

DS: Dieser „Funktionsblock“ enthält, quasi als Bau-Modul folgende Funktionen: Den Antriebs-E-Motor, das Getriebe, die gegenläufigen Rotoren mit ihren Lagern, den mechanischen selbstkonstruierten Mischer der Steuerung, sowie die Steuerelektronik, bestehend aus dem Empfänger der Fernsteuerung, Kreisel und Servos. Alles sehr kompakt in einem Block zusammengefügt und über nur zwei seitliche Verschraubungen im Modell befestigt. Dann gibt's eine dritte hintere Schraube, die gleichzeitig für die Vorneigung der Rotorachsen zuständig ist.

Inzwischen hat dieser „Funktionsblock“ in fünf völlig unterschiedlich aufgebauten Modell-Hubschraubern die Luft des MFC Condor Bückeburg durcheinandergewirbelt. Auch im manntragenden Hubschrauberbau könnte m.E. dies Prinzip in Form eines Bau-Moduls selbstverständlich verwirklicht werden! - Kosten einsparend!

Ein solches Hubschrauber-Modul könnte z. B. folgende Komponenten enthalten: Zwei Turbinen, das Untersetzungsgetriebe, die Steuerelektronik und den Hauptrotor.

Das Modul wäre in allen Hubschraubern identischer Größe einsetzbar -und schnell austauschbar!

OR: Was kann man bei einem solchen anspruchsvollen Modellbau auf dem Markt kaufen, was muss man selbst herstellen?

DS: Beim originalgetreuen Nachbau meines Flettner-Hubschraubers FI 282

Kolibri im Modell-Maßstab 1:4,5, der im Internet-Video - ch53-flettner - einen ferngesteuerten Rundflug zeigt, wurden zwei serienmäßige Modell-Rotorköpfe verwendet. Rotordurchmesser: 150 cm, mit Eigenbau-Rotorblättern. Antrieb: 10 ccm Verbrennungsmotor. Selbstentwickeltes Getriebe mit Stahlritzeln und Untersetzungs-Delrin-Zahnrad mit integriertem Freilauf. (Ein elektrisch angetriebener „Zwillingsbruder“ des FI 282 Kolibri steht aufgespießt im Museum und dreht dort mit 30 U/min seine Rotoren.)

OR: Der Lehrstuhl für Hubschraubertechnologie der TUM forscht zusammen mit dem DLR am Projekt „AREA-Drohne“ (s.a.S. ...): Eine Rotor-Drohne auf Basis Flettner Rotor, der für extrem große Höhen – also für „dünne Luft“ – ausgelegt ist. Wäre dieses Prinzip nicht auch effektiver für den Ingenuity gewesen

DS: Das Projekt „AERA-Drohne“ basierend auf dem Flettner-Rotorsystem, gedacht für extrem große Höhen könnte sicherlich auch für die „dünne“ Luft“ der Mars-Mission erfolgreich konstruiert werden!

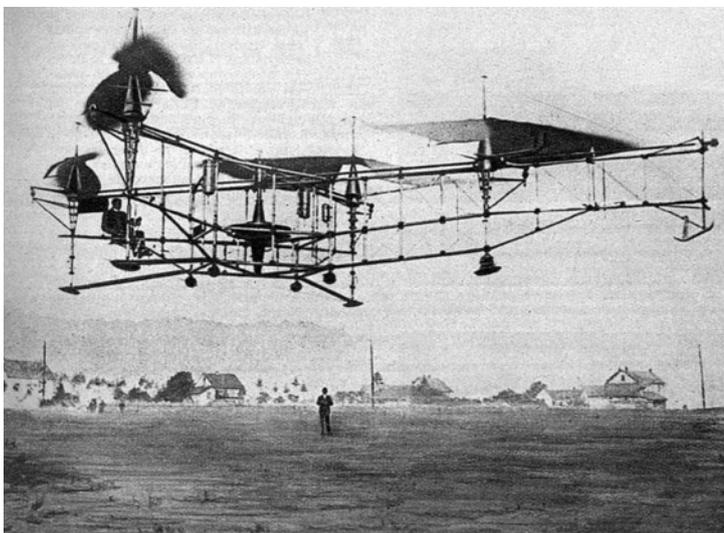
Dagegen sprechen jedoch folgende Argumente:

1. Der Doppelrotor FLETTNER erzeugt seitlich einen etwas größeren Rotordurchmesser als ein Koaxialrotor.
2. Die ineinander kämmenden Rotorblätter des FLETTNER kommen durch die Seitenneigung von je 12 Grad näher in den Bodenbereich.
3. Die zum Transport erforderliche parallele Stellung der beiden FLETTNER-Rotoren ist nur im Winkel von 45 Grad zum Rumpf möglich. Das könnte unter dem Bauch des Rovers zu Problemen führen.

Der ONLINEreport sagt Dank!



Der kompakte „Funktionsblock“ kann binnen weniger Minuten in unterschiedlichen Modellen eingesetzt werden.



Links: „Quadrocopter“ des französische Ingenieurs Etienne Oehmichen von 1924. Oben: „Gyroplane Laboratoire“ von L. Breguet und R. Dorand aus dem Jahr 1935.

Hier 1:1 Modell aus dem Hubschraubermuseum Bückeburg



Fünfte Mars-Mission präzise gelandet

Am 18. Februar 2021 hat die NASA mit dem präzisen Anflug auf dem roten Planeten eine perfekte Landung hingelegt. Die Raumsonde setzte den Rover „Perseverance“ (Beharrlichkeit) an Seilen schwebend im Krater Jezero erfolgreich ab. Mit an Bord des Rovers der Marshubschrauber Ingenuity, der gut eingepackt unter dem Rover auf seinen ersten extraterrestrischen Flug wartet. Perseverance ist mittlerweile der fünfte Rover, den die NASA zum Mars schickt.

Zusammenarbeit mit dem DLR

Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR, das im Wissenschaftsteam der Mars Mission 2020 vertreten ist, schreibt über das Projekt:

„Der bisher komplexeste Rover der NASA trägt mehr Kameras als jede andere interplanetare Mission der Raumfahrtgeschichte. 19 Aufnahmesysteme befinden sich auf dem Rover selbst, hinzu kommen vier Kameras auf anderen Teilen des Raumfahrzeugs, die Aufnahmen des Eintritts, Abstiegs und der Landung aufzeichnen. Nach der Landung und Systemchecks beginnt sofort die erste Erkundung der Umge-

bung. Mit der 3D-Kamera Mastcam-Z ist von einem zwei Meter hohen Mast die Aufnahme, Übertragung und Prozessierung eines ersten farbigen 360-Grad-Panoramas in 3D programmiert. Anschließend werden über mehrere Tage alle Systemkomponenten geprüft, ehe die wissenschaftliche Mission beginnt.“

Zum „Ingenuity“ der ja bereits im Hubschraubermuseum gelandet ist :

„Technologisches Neuland beschreitet die NASA mit der Helikopterdrohne Ingenuity (Genialität): Erstmals in der Geschichte der Raumfahrt wird ein von der Erde mitgeführtes Fluggerät vom Boden eines anderen Planeten in die Atmosphäre aufsteigen, kontrolliert die Gegend überfliegen und auch wieder landen, um das Experiment mehrere Male zu wiederholen. Bei weniger als einem Hundertstel des irdischen Luftdrucks musste Ingenuity extrem leicht gebaut werden und gleichzeitig sehr großflächige, extrem schnell rotierende Rotorblätter erhalten. Die Drohne hat eine Masse von 1800 Gramm und Rotorblätter von 120 Zentimeter Spannweite. Eine Minikamera wird Bilder aus 10 bis 15 Metern Höhe liefern.“

Noch etwas zum Landevorgang:

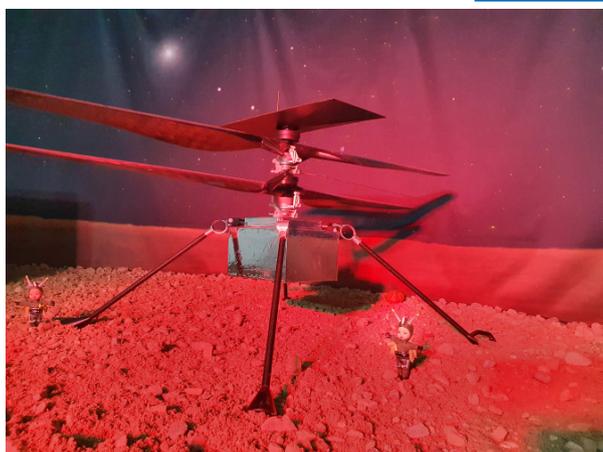
Während des Eintritts in die Marsatmosphäre erhitzt sich der Schutzschild des Raumfahrzeugs innerhalb von drei Minuten auf rund 1300 Grad Celsius. Der Überschall-Fallschirm mit einem Durchmesser von 21,5 Metern entfaltet sich etwa vier Minuten nach dem Eintritt in eine Höhe von etwa 11 Kilometern und einer Abstiegs- geschwindigkeit von 1512

Kilometern pro Stunde. Zwanzig Sekunden nach der Entfaltung des Fallschirms wird der Hitzeschild abgesprengt und fällt nach unten weg, so dass für den weiteren Abstieg ein Radar und Kameras in Echtzeit gewonnene Informationen mit einprogrammierten Landkarten und Geländemodellen vergleichen: Ein neuartiges Autopilotsystem analysiert in Echtzeit die jetzt möglichen Landstellen und gleicht diese mit der aktuellen Position des Raumfahrzeugs ab, um dann die finale Landestelle auf der Marsoberfläche zu bestimmen. Noch nie konnte in dieser Präzision das am besten erreichbare und vor allem auch sichere Landeziel ausgewählt werden.

Pyrotechnik im Spiel

Etwa 2,1 Kilometer über dem Boden bei einer Abstiegs- geschwindigkeit von immer noch rund 300 Kilometern pro Stunde wird die Hülle mit dem Fallschirm abgesprengt und die Landetriebwerke zünden. Diese steuern das Raumfahrzeug zur ausgewählten Landestelle und bremsen es bis auf 2,7 Kilometer pro Stunde in 20 Metern über der Oberfläche ab.

An diesem Punkt leitet die Landestufe das sogenannte „Sky Crane-Ma- növer“ ein: Nach dem Ausklappen der sechs Räder wird der Rover von der Größe eines Kleinwagens und einer Masse von 1025 Kilogramm an drei sich abrollenden Nylonseilen 7,6 Meter von diesem „Himmelskran“ unter die Landestufe abgesenkt. Wenn Perseverance Bodenkontakt zur Abstiegs- stufe meldet und der Rover im Jezero-Krater steht, durchtrennen pyrotechnisch gezündete Klingen die Seile. Die in der Luft verbliebene Antriebseinheit fliegt davon, bevor sie in sicherer Entfernung auf der Mars- oberfläche aufschlägt.



Schon gelandet im Hubschraubermuseum Bückeburg

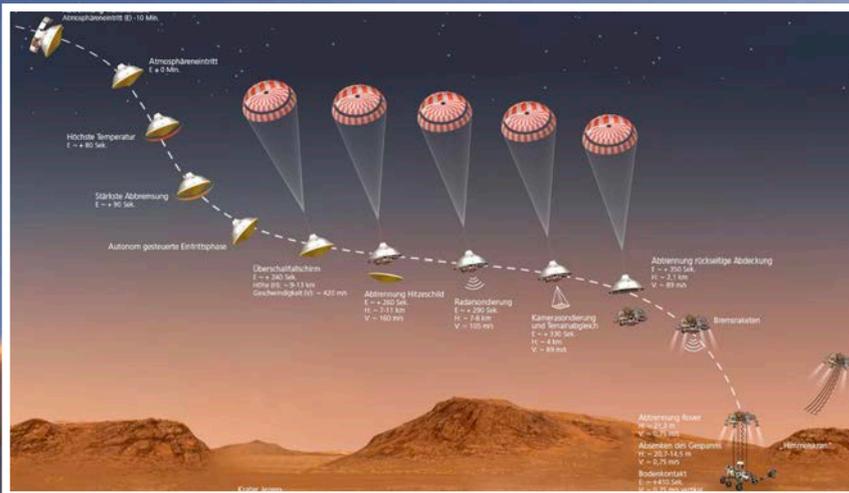
OR



Ende Juli 2020 startete die Mission Mars 2020 der NASA mit einer Atlas V-Rakete von Cape Canaveral. Nach siebenmonatigen Flug erfolgte die Landung am 18. Februar 2021



Für die Landung wählte die NASA den Jezero Krater. Hier soll es vor 3,5 Milliarden Jahren einen See gegeben haben.



Das Landesystem analysiert autonom den bestmöglichen Landeplatz. Die Bremsenheit wird getrennt und geht in sicherer Entfernung zu Boden.



Nach dem Bodenkontakt des Rovers durchtrennen pyrotechnisch gezündete Klängen die Seile. Die Antriebseinheit entfernt sich.



Bis alle Systeme geprüft und eingerichtet sind, bleibt der Ingenuity Hubschrauber noch am Rover in sicherer Verwahrung.

Der Lehrstuhl für Hubschraubertechnologie

Interview mit Prof. Dr.-Ing. Manfred Hajek, Lehrstuhl für Hubschraubertechnologie an der Technischen Universität München

OR: Sie leiten den Lehrstuhl für Hubschrauber Technologie in Deutschland. Als Stiftungslehrstuhl von der EADS (heute AIRBUS) im Jahr 2010 eingerichtet. Ich war damals der Meinung: eine längst überfällige Maßnahme, denn Deutschland war und ist noch immer ein Hubschrauberland – seit bald 100 Jahren. Welche Bilanz ziehen Sie nach gut zehn Jahren Lehrstuhl an der TUM?

MH: Das kann man von zwei Seiten betrachten: Wie ist Deutschland zum Hubschrauberland geworden, ohne seinen Ingenieursbedarf u.a. über einen Hubschrauberlehrstuhl zu decken? Wie kritisch sind spezialisierte Lehrstühle und ihre Studiengänge für den industriellen Erfolg eines Landes?

Die Stiftung des Lehrstuhls lässt sich trotzdem, auch aus heutiger Sicht, immer noch rechtfertigen. Als Hubschrauberhersteller sah sich Eurocopter – heute Airbus Helicopters – stets großer Konkurrenz auf dem Arbeitsmarkt ausgesetzt. Vor allem die Autoindustrie, aber auch die Konzernmutter waren und sind Hauptnehmer von Absolventinnen und Absolventen der Ingenieurstudiengänge. Für das Unternehmen war die Stiftung ein wichtiger Schritt zur Gewinnung hochqualifizierter Kräfte, die aus ihrem Studium wesentliche Grundlagen der Hubschrauberentwicklung mitbringen. Zudem wurde mit dem Lehrstuhl ein Partner mit einem Schwerpunkt in der Hubschrauberforschung geschaffen, was sich heute in erfolgreichen gemeinsamen Forschungsprojekten oder Studienarbeiten zeigen lässt.

Die Bilanz fasse ich so zusammen: Ohne die Stiftung wäre der Lehrstuhl nicht gegründet worden; von den derzeit 23 Doktorandinnen und Doktoranden wird der überwiegende Teil aus Drittmitteln finanziert, wir verfügen über eine hervorragende Infrastruktur mit leistungsfähigen Computerclustern, Simulatoren für Forschung und Lehre, einem Rotorprüfstand und sind fest im Curriculum der Fakultät verankert. Das wäre ohne die Stiftung so nicht gekommen!

OR: Wie beurteilen Sie die moderne Rotorcraft Entwicklung in Donauwörth? Bleiben die Ressourcen, das Know-How weiter im Lande?

MH: Hier beurteile ich die Situation mittlerweile als Außenstehender, trotzdem habe ich natürlich eine Position dazu. Das deutsch-französische Unternehmen hat vor einigen Jahren begonnen, seine Ressourcen nicht mehr zu duplizieren, sogar den Schritt zu einer „Single DOA“ hat man gewagt. Letztendlich stellt sich die Frage, ob einer der beiden Standorte ohne den anderen heute noch überlebensfähig wäre. Aus meiner Sicht ist die Antwort einfach: Das Unternehmen stellt sich zunehmend komplementär auf, keiner ist mehr ohne den anderen imstande, einen neuen Hubschrauber im Alleingang zu entwickeln. Dafür sind Ressourcen und vor allem Know-How auf beiden Seiten notwendig, auch wenn sich die Verteilung geändert hat. Auch wenn sich der deutsche Unternehmensteil entschlossen hat, die Gesamtsystemkompetenz aufzugeben, so stellt er noch immer einen unverzichtbaren Teil des Unternehmens dar.

OR: Im militärischen Bereich zeigt das Scheitern des schweren Transport Hubschraubers für die Bundeswehr ein bekanntes Dilemma: viel zu teuer! Auch wenn dabei die Bundeswehr über die BAIN Bürokratie offensichtlich wieder mal die üblichen Probleme offenbart. Gäbe es denn Alternativen? Und welche?

MH: Ich bedaure nach wie vor, dass damals nicht eine deutsch-französische Entwicklung angestoßen wurde. Der Verweis auf die zweifellos aufgetretenen Verzögerungen in den Programmen TIGER und NH-90 und das daraus abgeleitete mangelnde Vertrauen in eine solche Lösungen war meines Erachtens der falsche Schluss. Militärische Entwicklungsprogramme leiden immer noch allzu häufig an unklaren oder übertriebenen Anforderungen seitens der Bedarfsträger – und leider auch an der zu wenig reflektierten Annahme solcher Forderungen durch die Industrie. Beispiele hierzu finden sich in Europa wie in den USA. Den Vorwurf „zu teuer“ müssen sich also beide Seiten gefallen lassen, im Fall des schweren Transporthubschraubers musste man am Ende dann erkennen, dass selbst eine Kauflösung den Kostenrahmen sprengt. Eine Alternative kann nur gemeinsam definiert werden, von Industrie und militärischem Auftraggeber.

„... eine Alternative kann nur gemeinsam definiert werden, von Industrie und militärischem Auftraggeber ...“

Das sagte Prof. Hajek zu dem (vorerst?) gescheiterten Projekt „Schwerer Transporthubschrauber“ der Bundeswehr



Die Chinook ist weltweit seit einem halben Jahrhundert am Himmel zu sehen. Acht NATO-Länder fliegen die H-47. Insgesamt zählt Boeing 20 Länder, die den markanten Hubschrauber im Einsatz haben. Die ersten Hubschrauber wurden 1966 ausgeliefert. Das Boeing Foto zeigt die Chinook (optimistisch) schon in Bundeswehr Lackierung.



CH-53 KILO von Lockheed Martin ist ein komplett neuer Sikorsky Hubschrauber, der nach Angaben des Herstellers in den ersten zehn Einsatzjahren ohne kostspielige Upgrade auskomme. Im Mai 2018 ging die erste CH-53K an das US MarineCorps.

OR: Sie kooperieren mit dem DLR – u.a. beim Drohnen Projekt AREA. Wie läuft die Zusammenarbeit mit Airbus Helicopter – Ihrem Stifter? Gibt es gemeinsame Projekte? Wie stehen die Chancen für junge Absolventen?

MH: Wie schon erwähnt hat sich speziell bei den LuFo-geförderten Projekten eine sehr fruchtbare Zusammenarbeit entwickelt, darüber hinaus konnten wir immer auf die Unterstützung des Unternehmens zählen. So wurden die Blätter der AREA-Drohne – die im Übrigen komplett am Lehrstuhl entwickelt, gebaut und getestet worden sind – in Donauwörth im Computertomographen inspiziert und schließlich auch professionell lackiert. Aus der Ausbildungswerkstatt haben wir einzigartige Exponate zur Verwendung in den Vorlesungen bekommen.

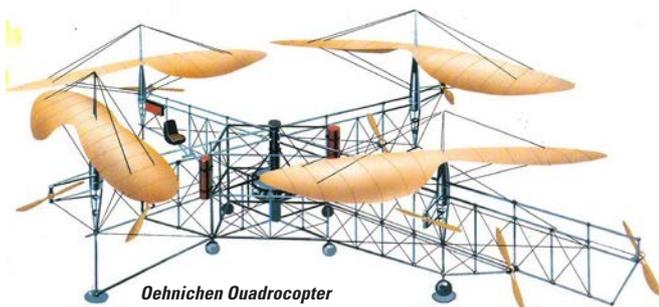
Für Absolventinnen und Absolventen ist häufig ein Praktikum oder eine Studienarbeit der Einstieg ins Unternehmen. Über die Chancen entscheidet zwar immer die momentane Stellensituation im Unternehmen, aber wir können unseren Studierenden oft das entscheidende Extra an Fachwissen mitgeben, das sie im Zweifel von den anderen unterscheidet.

OR: Welche Rolle werden in der Zukunft die Multi-Rotor-Drohnen in der bemannten Luftfahrt spielen?

MH: Sie werden sicher eine Rolle übernehmen, aber sie werden den Hubschrauber in seiner heutigen Konfiguration nicht verdrängen können. Dafür sprechen mehrere Gründe: Multi-Rotor bedeutet stets Multi-Propeller, d.h. diese Fluggeräte verzichten bewusst auf die Steuerungsmöglichkeit mittels Taumelscheibe und verwenden stattdessen meist drehzahlgesteuerte Propeller, um Auftrieb sowie Vortrieb zu steuern. Sinnvoll ist dieses Konzept aber nur dann, wenn damit das Getriebe eingespart werden kann. Damit sind diese Konzepte mehr oder weniger auf elektrische Antriebe festgelegt. In Geschwindigkeit und Reichweite sind sie heutigen Hubschrauber noch immer deutlich unterlegen, daher konzentrieren sich die meisten Projekte auch auf den Bereich der Kurzstrecke.

OR: Der Franzose Etienne Oehningen hat schon Mitte der 19-Zwanziger Jahre einen QuadroCopter in die Luft gebracht. Hätte man nicht diese „Einfachheit“, die wir heute bei den MultiCoptern bestaunen, konsequenter verfolgen sollen/können?

MH: Diese „Einfachheit“ zur damaligen Zeit zu verfolgen, hätte nach einem geeigneten Steuerungskonzept verlangt. Jeder einzelne Propeller hätte individuell angesteuert werden müssen, um die Lage des Fluggerätes zu kontrollieren. Hätte man dem Piloten dafür vier Bedienorgane gegeben? Sicherlich nicht, es hätte einer mechanischen Steuereinheit bedurft, nachdem elektrische/elektronische Lösungen damals nicht verfügbar gewesen wären.



Prof. Dr.-Ing. Manfred Hajek



Prof. Hajek (*1956) leitet seit März 2010 den Lehrstuhl für Hubschraubertechnologie, der damals als “EADS Stiftungslehrstuhl für Hubschraubertechnologie” gegründet wurde.

Nach dem Studium des Maschinenbaus an der TUM und der Promotion am Lehrstuhl B für Mechanik der TUM (1989) war er in verschiedenen Bereichen der Hubschrauberentwicklung tätig, bis er von 1998 – 2006 die Entwicklungs- und Forschungsaktivitäten bei Eurocopter Deutschland leitete. Schwerpunkte der Forschungstätigkeit lagen auf dem Gebiet der aktiven Lärmreduktion sowie der opto-elektronischen Flugsteuerung von Hubschraubern. 2006 wechselte er zu Airbus und war dort als Mitglied des oberen Führungskreises u.a. mit der Leitung der Rumpfenwicklung betraut.

Lehrstuhl:

Der Lehrstuhl für Hubschraubertechnologie der TU München befasst sich in Lehre und Forschung mit dem Hubschrauber als Gesamtsystem. Aufbauend auf die Kenntnisse in Mechanik, Thermodynamik, Aerodynamik und Regelungstechnik sowie den Fächern der Luft- und Raumfahrttechnik sollen die Grundzüge der Hubschrauberauslegung, des Systementwurfs und der Nachweisführung und Zulassung vermittelt werden. In der Forschung legt der Lehrstuhl seine Schwerpunkte auf drei Gebiete: Sicherheit, Umweltakzeptanz und Effizienz. Die Modellierung der aeromechanischen Phänomene, des dynamischen Verhaltens der Untersysteme des Hubschraubers und die Optimierung im Rahmen des Gesamtentwurfs stehen dabei im Mittelpunkt der ingenieurwissenschaftlichen Arbeit.

Forschungsgebiete am Lehrstuhl für Hubschraubertechnologie:

Hubschrauberauslegung und -entwurf

- Auslegungs- und Entwurfsmethodiken
- Auslegung und Entwurf unbemannter Systeme
- Hybride / elektrische Antriebskonzepte
- CO₂-Bilanz elektrischer VTOLs Hubschraubersysteme
- Elektromechanische Aktuatoren in der Flugsteuerung
- Faseroptische Messsysteme zur Flugzustandserkennung

Flugsimulation

- Echtzeitfähige Simulation der Rotorabwindströmung
- Trainingssimulation Allwetterflug, boden- und hindernisnaher Flug
- Pilotenassistenzsysteme

Physikalische Modellierung

- Aeroelastische Analyse von Rotorblättern
- Instationäre Aerodynamik (Dynamic Stall)
- Nichtlineares Strukturverhalten
- Rotor-Struktur Kopplungsphänomene

Flugregelung

- Nichtlineare Adaptive Flugregelung
- Flugweg- und Trajektorienoptimierung

OR: Welche konventionellen zivilen Hubschrauber haben die besten Chancen unter veränderten Bedingungen am Markt zu bestehen? Und können die Hersteller damit noch Geld verdienen?

MH: Hubschrauber werden entwickelt und gebaut, weil es einen Bedarf an Missionen gibt, die nur von ihnen gedeckt werden können. Diese einfache Antwort auf Ihre Frage lässt sich in eine Reihe von kritischen Anforderungen übersetzen, beginnend mit der Klärung des tatsächlichen Bedarfs. Das lässt sich nur über eine ständige, möglichst tiefgehende Beobachtung und Analyse des Marktes ermitteln. Dazu gehören Flottenzusammensetzungen und -Alter, Kundenportfolio, geflogene – und bezahlte – Missionen, aber auch die finanziellen Grundlagen wie die Finanzierung von EMS-Diensten oder das Preisgefüge auf dem Offshore-Markt.

Außerdem spielen die Kosten eine dominante Rolle: Hubschrauber sind bekanntermaßen teuer in Anschaffung und Unterhalt, Wettbewerbsvorteile werden am Ende über Kostenvorteile für den Operator erreicht. Ob diese mittels technologischer Fortschritte erreicht werden, ist dabei zweitrangig.

OR: Wenn ich auf Ihre Lehrveranstaltungen schaue, dann sehe ich dort u.a. „Urban Air Mobility“. Was sind die Hauptthemen unter diesem Aspekt?

MH: Die Grundlagen der Flugphysik und Technik des Hubschraubers lassen sich weitgehend auf sogenannte eVTOLs oder Flugtaxi übertragen. Die positive Reaktion unserer Studierenden auf die Verwendung solcher Beispiele in den Vorlesungen hat uns motiviert, bereits im Bachelorstudium ein sogenanntes Projektseminar anzubieten, in dem wir Grundlagen der Auslegung, aber auch Flugsicherheit und Projektmanagement anbieten. Die Teilnehmer erarbeiten in Gruppenarbeit ein eVTOL-Konzept und präsentieren es u.a. vor externen Experten, daraus sind bislang ein Sieg in einem Studentenwettbewerb und eine studentische Gruppe an der TUM hervorgegangen.

Alle Unterrichte finden an der TUM zzt online statt. Wie bewerten Sie diese digitale Wissensvermittlung?

MH: Wir waren vor einem Jahr gezwungen, sämtliche Lehrveranstaltungen auf Online-Formate umzustellen. Als Studiendekan der Fakultät für Maschinenwesen bestand meine Hauptaufgabe darin, die Umstellung fristgerecht und in bestmöglicher Qualität zu gewährleisten. Bereits zu Beginn des ersten Online-Semesters begannen wir mit Evaluierungen, um die Rückmeldungen der Studierenden für Verbesserungen nutzen zu können. Ein intensiver Erfahrungsaustausch sowie professionelle IT-Lösungen haben dazu beigetragen, dass seitens unserer Studierenden vorwiegend positives Feedback gemeldet wurde. Der Preis für diese Umstellung ist zum einen ein wesentlich höherer Aufwand für die Erstellung von Online-Vorlesungen, zum anderen verlieren unsere Studierenden die Möglichkeit, Lerngruppen zu bilden oder soziale Kontakte aufzubauen.

OR: Das AREA Projekt von TUM und DLR (Autonomous Rotorcraft for Extreme Altitudes) basiert auf dem Flettner System, was offensichtlich in „extreme altitudes“, also auch in dünner Luft noch für ausreichenden Auftrieb sorgt. Ein koaxiales Rotorsystem hat auch der „Ingenuity“, der schon in Bückeburg gelandet ist (s.a. Bericht), aber seine Flugfähigkeit in den nächsten Wochen in der extrem dünnen Mars-Luft (1% der Erdatmosphäre) erst noch beweisen muss. Welche Chancen geben Sie dem Experiment erster „außerirdischer“ Hubschrauber?

MH: Wir können zeigen, dass Hubschrauberflug in dieser Atmosphäre möglich ist und arbeiten ebenfalls an einem solchen Projekt. Die Herausforderung besteht in der Summe aller Anforderungen, beginnend mit dem „Auspacken“ des Fluggerätes, einer geeigneten Steuerung und Regelung sowie der Reaktion auf unerwartete Ereignisse. Natürlich sind die Chancen eines Scheiterns hoch, aber diese höchst anspruchsvolle Aufgabe wird selbst dann Früchte tragen, wenn die Mission nicht so gelingen sollte wie geplant. Der Erkenntnisgewinn geht dabei nicht verloren.

Herzlichen Dank nach München für das Interview und bis hoffentlich bald einmal wieder am Rotor-Hub in Bückeburg – dem Hubschraubernabel der Welt ... mit außerirdischen Ambitionen.

Fotos der NASA nach der Landung auf dem Mars



Just do it. Now!

Ein Rückblick auf die ROTOR & RESCUE Konferenzen, die der Ziese Verlag regelmäßig auf der ILA veranstaltete, zeigt schon früh das Engagement der Heeresflieger für ein Nachfolgemodell der CH-53.

Im Jahr 2006 konnte General a.D. Dr. Budde bei seinem Vortrag nicht ahnen, dass seine „Requirements“ vom zukünftigen „Heavy Transport Helicopter“ (HTH) sechs Jahre später zur Vorlage für die Luftwaffe werden sollten. Denn gerade auf der ILA 2006 demonstrierten die Heeresflieger mit einer Flotte von neun CH-53 und sechs Kampfhubschraubern Tiger ihre über Jahrzehnte gewachsene Luftbeweglichkeit in einem perfekten Zusammenspiel mit den Bodentruppen. Sechs Jahre nach dieser vorbildlichen Leistungsshow „verschob“ das Verteidigungsministerium die CH-53 Flotte an die Luftwaffe – mit vielen Fragezeichen, von denen einige bis heute noch nachwirken.

Seitdem ist die Luftwaffe Operator der CH-53 und verharnt nun in einer ner-

venden Warteschleife, seitdem die Ausschreibung um den „Schweren Transport Hubschrauber“ (STH) überraschend gestoppt wurde. Das liegt nach Berichten der Süddeutschen Zeitung daran, dass die gesamte Beschaffung zu teuer geworden sei – und das für einen STH „von der Stange“ sei noch hinzugefügt. Dieser „fix und fertige Hubschrauber“ wurde zum Maß aller Dinge bei den Beschaffern, nachdem man sich gegen einen Neubau entschieden hatten.

Die Ausschreibung um CH-53 „Kilo“ oder CH-47F hätte nach Meinung der „Süddeutschen“ preislich geklappt, wenn die Verantwortlichen nicht verlangt hätten, dass „Wartung, Instandhaltung sowie die Anpass- und Weiterentwicklung der Hubschrauber (Gesamtsystem, insbesondere Hauptkomponenten)“ in Deutschland stattfinden soll. Hinzu kommen noch die Änderungswünsche, ohne die es wohl nicht geht, die ein Projekt erheblich teurer, aber nicht schneller einsatzfähig machen – wie wir aus Erfahrung wissen.



Vor 15 Jahren: Konzeptstudie HTH

Also nicht viel anders als bei Tiger, NH90?

Die sind nach den bekannten „Kinderkrankheiten“ im Einsatz und bewähren sich. Deshalb sei an dieser Stelle die Frage erlaubt: Wo ständen wir heute – nach mehr als 15 Jahren – wenn die Industrie mit dem Projekt HTH zügig weitergemacht hätte?

Damals gab es viel Bewegung bei den Hersteller: AgustaWestland stellte erstmals im HeliCenter der ILA aus und nahm neben Boeing, Sikorsky, Mil und Eurocopter aktiv an der HTH Konferenz teil. Eurocopter sollte als Prime Contractor für einen Deutsch-Französischen Schwerlast-Helikopter agieren. Europäische Kompetenz

sollte sich mit Partnern in den USA, z.B. Sikorsky, verknüpfen. AgustaWestland – heute Leonardo Helicopters – blieb zurückhaltend, machte aber auch deutlich, dass man nicht nur mit der EH101, sondern auch durch die Lizenzfertigungen von CH-47 und S-61 als sehr erfahren in der Fertigung großer Helikopter sei.

Keep it simple! Und „just do it, now“! Das erste Zitat stammt von Bell das zweite von Bölkow. Beide erfolgreiche Unternehmer. Und nun? 5,6 Milliarden Euro wurden im Jahr 2018 für neue Transporthubschrauber bereit gestellt. Das Geld ist da. Was fehlt denn *noch*? – in Deutschland?

Guido Ziese

„... creating the helicopters of the future“

At the time, Boeing and Eurocopter intend to share 50% of the project, and they agree to use off-the-shelf technologies wherever possible. The consensus, Hans Weber, Eurocopter Vice-President HTH program, is that both will use state-of-the-art technologies that already exist. “This helicopter should not be used as a technology platform. This makes it cheaper, and easier”, Weber added.

Conclusion 2012

A really new Heavy Lift Helicopter is not in the pipeline. Sikorsky’s CH-53K is expected to have its first flight in 2014, and will replace the U.S. Marine Corps CH-53E. The old, but still absolutely reliable Chinook, will most probably serve as external design template for a new transport helicopter as seen in model form during last ILA 2010.

The “Kilo” will enter into service probably no earlier than in the twenties. It is not exactly what NATO, France and Germany defined in their heavy-lift requirements, but it will be available, when the German Air Force phased out their CH-53 fleet. And all this, right at Eurocopter’s door step.

Ludwig Bölkow, inventor of the Bo105, who would be celebrating his 100th birthday these days, would find this development astonishing. With Bölkow-Blohm he put down the

Vor neun Jahren ... aus 4ROTORS 3/2012

basis for a great potential of creative energy and engineering art. When fusing with Aérospatiale to create Eurocopter he expanded that basis, and Donauwörth became a R&D location of global significance. Today, Eurocopter is building a new Development Center in Donauwörth.

Dr. L. Bertling, CEO of Eurocopter explains, „We are continuing to invest in innovation and infrastructures by equipping our development teams with the most modern and suitable resources, enabling them to rise to the challenges of creating the helicopters of the future.“

Eurocopter has prepared for the succession of the CH-53 and is ready to take off. Every delay damages the Franco-German position. And it is more difficult in Bavaria to retain jobs than it is in France’s government supported factories.

When looking at the potential based in Donauwörth, all ingredients for hi-tech and highly qualified positions are available – still – the best capital to begin developing the FTH now. It carries with it an enormous market potential for years to come, especially if a civilian integration is taken into consideration right from the start.

Bölkow would say, **“Just do it. Now!”**



Der Mars-Helikopter "Ingenuity" aus Sicht der Hubschrauber Forschung

„Ingenuity“ ist das erste extra-terrestische Drehflügler-Fluggerät, das versucht wird von einem fremden Planeten mit Hilfe von aerodynamischem Auftrieb abzuheben.

In der wissenschaftlichen Community ist die Idee, die Erforschung des Mars zu beschleunigen, in dem man sich in die Lüfte erhebt allerdings nicht neu. Bereits seit Ende der 90er Jahre werden verschiedenste Konzepte dafür untersucht. Darunter befanden sich so genannte Flächenflugzeug- wie auch diverse Luftschiff Konfigurationen, also Systeme die leichter als Luft sind, und selbstverständlich auch Drehflügler-Konzepte. Letztere gewannen in der Forschung immer mehr an Bedeutung. Spätestens zur Jahrtausendwende erkannte man die Vorteile des Drehflüglers bzw. der Vertical Take Off and Landing Vehicles (VTOL) für die Erforschung des Mars. Eines der wichtigsten Argumente für dieses Konzept ist die Fähigkeit, vertikal zu landen und zu starten. Dies ist für Mehrfachflüge auf dem Mars notwendig, da keine geeig-

nete Oberfläche für Start und Landung von Starrflügler Konzepten vorhanden ist. Die Möglichkeit zu schweben und mit niedrigen Geschwindigkeiten zu fliegen, ermöglicht außerdem detaillierte Untersuchungen aus der Luft. Ein VTOL könnte Objekte aus weit entfernten Gebieten aufnehmen und sie zu einer Forschungsstation oder dem Lander zurückbringen. Dadurch würde der Zugang zu Proben aus entlegenen Gebieten ermöglicht, die ein Rover niemals erreichen könnte. Auch ist es denkbar, ein VTOL als Scout für unbemannte Bodenmissionen einzusetzen um den Weg durch schwieriges Terrain zu weisen. [7]

Die Herausforderungen

Doch auch wenn ein solches Hubschraubersystem für den Mars viele Vorteile und eine hohe Flexibilität bietet, so stellt es die Hubschrauber Forschung auch vor enorme Herausforderungen. Herausforderungen, die eine signifikante Verschiebung der Grenzen des bisherigen Standes der Technik erfordern und

die für das Fliegen auf dem Mars einzigartig sind. Dazu gehört zu einem die Atmosphäre, die sich stark von der der Erde unterscheidet. Des Weiteren gibt es nur wenig Kenntnis darüber, wie sich diese Unterschiede auf die Flugdynamik eines Hubschraubers auswirken. Eine vollständige Nachbildung der Umweltbedingungen des Mars ist auf der Erde nicht möglich. Nur durch Modellierung und Simulation in Kombination mit Tests, die unter großem Aufwand nur Teile der Umgebungsbedingungen widerspiegeln können, konnten bisher weitere Erkenntnisse gewonnen werden. Vor allem in den Bereichen der Auftriebserzeugung, dem Leichtbau, der Rotordynamik und dem autonomen Fliegen wird der Hubschrauber „Ingenuity“ erst auf dem Mars seinem wirklichen Härtetest unterzogen. [7]

Die vielen unterschiedlichen Anforderungen, die sich aus den anderen Umgebungsbedingungen ergeben, erfordern ein grundsätzliches Umdenken bei der Auslegung. Eines der größten

Probleme stellt die sehr geringe Dichte der Atmosphäre dar. Die Dichte geht dabei rechnerisch linear in den Auftrieb mit ein. Sie beträgt nur etwa 1-2 Prozent der Dichte auf der Erde in Meereshöhe und ist damit vergleichbar mit dem Fliegen in einer Höhe von 30 km (100.000 ft).



Die Weltrekordhöhe im Hubschrauberflug liegt dagegen nur bei 12,5 km, geflogen von dem französischen Piloten Jean Boulet und dem Airbus SA 315 Lama im Jahr 1972. Wenn man dies bedenkt, wird deutlich, welche Herausforderungen sich bei der Umsetzung eines solchen Vorhabens ergeben. Dazu kommen sehr niedrige Reynoldszahlen in Verbindung mit hohen Mach-Zahlen an den Rotorblättern. Dieser Aspekt reduziert den Wirkungsgrad des Rotors signifikant. Die hohe Mach-Zahl folgt aus der geringeren Schallgeschwindigkeit der überwiegend CO₂-haltigen Atmosphäre. Dies erfordert entsprechend geringe, maximale Rotorblattspitzengeschwindigkeit um Leistungseinbußen durch Kompressibilitätseffekte gering zu halten. Die Tatsache, dass die Mars Schwerkraft nur etwa ein Drittel gegenüber der Erde beträgt, kann die schwierigen Flugbedingungen der Atmosphäre nicht kompensieren. Die Folge ist die Notwendigkeit eines absolut konsequenten Leichtbaus. [2, 3, 6]

Die geringe Dichte der Atmosphäre hat noch einen weiteren Nachteil. Die aerodynamischen Kräfte am Rotorblatt liefern in der Regel einen hohen Beitrag zur sogenannten Schlagdämpfung des Rotorsystems. Die Schlagbewegung beschreibt die Auf- und Abbewegung der Rotorblätter. Aufgrund der niedrigen Dichte reduziert sich somit auch diese Dämpfung drastisch. Als Vergleichswert dient hier die Lock-Zahl, eine in der Hubschrauber Forschung wichtige Kennzahl für die Vergleichbarkeit der Rotordämpfung. Sie stellt das Verhältnis der aerodynamischen Kräfte und der Trägheitskräfte des Rotors dar und beträgt bei einem

Hubschrauber auf der Erde in der Regel zwischen 4 -16. Auf dem Mars sind dagegen nur Werte zwischen 0.3 - 0.6 zu erwarten. Diese geringen Werte erschweren die Steuerung des Hubschraubers und das System kann sehr leicht in einen instabilen Zustand gebracht werden. Um diesem Phänomen entgegenzuwirken, muss sichergestellt werden, dass die Resonanzfrequenzen des Rotorsystems alle weit oberhalb der Bandbreite der Steuerungsfrequenzen liegen, wodurch Wechselwirkungen vermieden werden können. Dies ist in der Regel nur durch eine ungewöhnlich hohe Steifigkeit der Rotorblätter und des Rotorkopfes sowie weiterer Strukturkomponenten möglich. Dies führt wiederum zu einem schwereren Design und entsprechender Leistungseinbußen. [4]

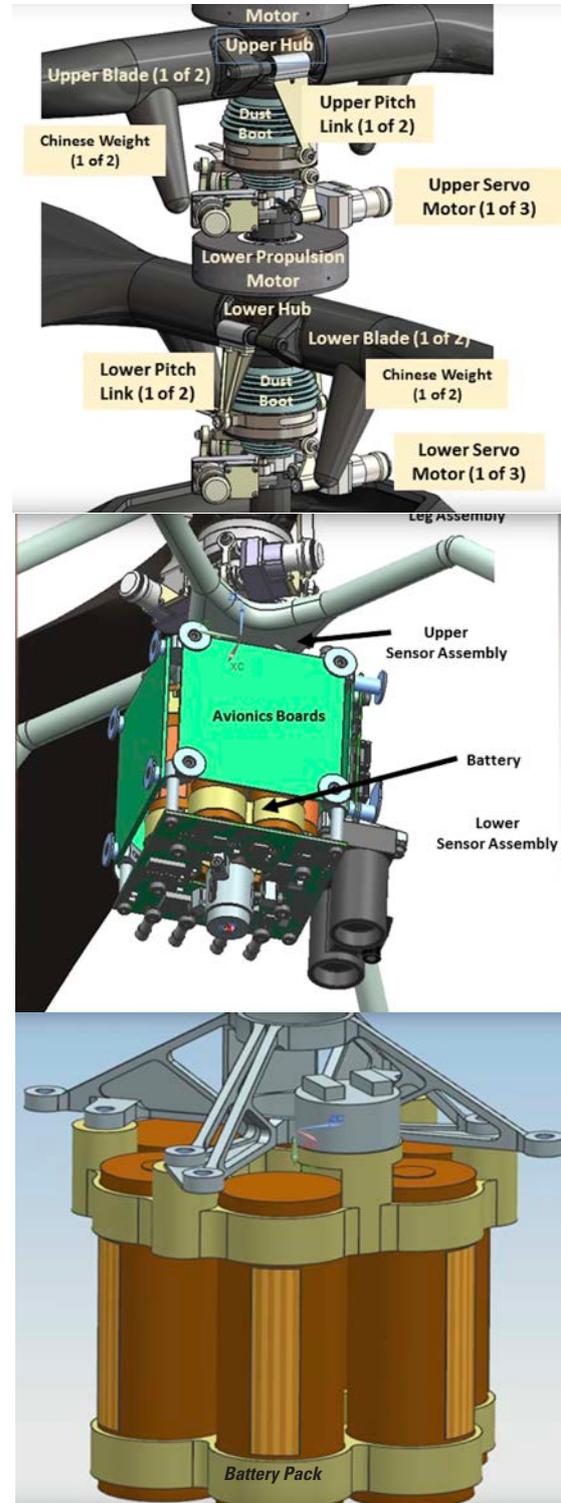
Hinzu kommt, dass das Fluggerät eine Vielzahl weiterer Anforderungen erfüllen muss, wie z. B. hohe Lasten beim Start, Unempfindlichkeit gegenüber elektro-magnetischer Strahlung und extremen Temperaturschwankungen. Es muss Vakuum-tauglich sein und Sterilitätsvorgaben zum Schutz des Planeten erfüllen. [2]

Ein weiteres grundsätzliches Problem ist die Navigation des Fluggeräts. Eine live Steuerung ist aufgrund der Entfernung nicht möglich. Des Weiteren gibt es auf dem Mars kein GPS oder ein anderes Navigationssystem. Die einzige Lösung ist das Gelände in Kombination mit anderen bodengebundenen Fahrzeugen und Stationen zur Orientierung zu nutzen. Dies erfordert eine Vielzahl an verschiedenen Sensoren und stellt die Autonome Steuerung vor neue Herausforderungen. [4]

Der „Ingenuity“

Die NASA hat sich all diesen Herausforderungen mit enormem Aufwand gestellt. Mithilfe der Entwicklung von speziellen Rotorblättern, maximalem Leichtbau und aufwendigen Tests in speziellen Druckkammern, um die Mars Atmosphäre zu simulieren wurden das Design des Ingenuity ermittelt.

Das koaxiale Rotorkonzept mit den jeweils zweiblättrigen, gelenklosen Rotoren ermöglicht einen einfacheren Transport durch kompakteres Design im Gegensatz zu einem Heckausleger Konzept. Mit einem Rotorradius von 0.605 m und einer Rotordrehzahl von 2800 UPM



soll das VTOL mit einem Abfluggewicht von 1.8 kg bis zu 10 m/s horizontal und 3 m/s vertikal bis zu 90 Sekunden bei guten Wetterverhältnissen fliegen können. Auch wenn das im ersten Moment nach nicht viel klingen mag, handelt es sich hierbei bereits um einen Meilenstein für die Hubschrauber Forschung, vorausgesetzt der „Ingenuity“ wird tatsächlich von der Marsoberfläche abheben. Denn das Ziel ist es, vor allem überhaupt einmal auf dem Mars zu fliegen.

Da es nicht möglich ist, die Verhältnisse des Mars auf der Erde nachzustellen wird die jetzige Version des MAVs (Martian Aerial Vehicle) vor allem als



Demonstrator dienen und soll damit beweisen, dass Fliegen auf dem Mars Grundsätzlich möglich ist. Vor allem der Vorwärtsflug bereitet den Forschern und Forscherinnen dabei noch Probleme, da dieser fast gar nicht auf der Erde getestet werden kann. Aus diesem Grund hat man sich bei der NASA auf das eher konservative Design der „Ingenuity“ festgelegt. Mit den ersten Erfahrungen, die hier im Optimalfall gesammelt werden, sollen weitere Erkenntnisse gewonnen werden um so die Entwicklung weiterer MAVs voranzutreiben. [2]

Die Zukunft der MAVs

Während der Ingenuity innerhalb des Perseverance Rovers auf dem Mars gelandet ist und sich dort bald zum ersten Mal entfalten wird, steht die weitere Erforschung der Mars Hubschrauber nicht still. Verschiedene Institute versuchen auf Basis der bereits bekannten Informationen weitere Konfigurationen zu entwickeln, bei denen die Reichweite und/oder die Payload drastisch erhöht werden soll.

Ein Ansatz hierfür ist die vorwärts Geschwindigkeit immer weiter zu erhöhen und sogar eine Transition in eine Flächenflug-Konfiguration durchzuführen. Beispiele dafür sind Tilt-Wing oder Tail-Sitter Designs. Die Überlegung ist, die Vorteile von Senkrechtstartern mit denen von Fixed-Wing Konfigurationen zu kombinieren. Dafür sind aber vergleichsweise sehr hohe Geschwindigkeiten erforderlich. Genau dieser hohe Geschwindigkeitsbereich ist es jedoch bei dem noch viele Fragen bezüglich der Rotordynamik offen sind. Im Vorwärtsflug werden Ro-

toren asymmetrisch angeströmt und es kommt zu weiteren Effekten, die eine Trimmung des Fluges erschweren. Transitionsbereiche zwischen Schwebeflug und Vorwärtsflug-Konfiguration bereiten bereits auf der Erde der Hubschrauberentwicklung Probleme.

Das NASA Jet Propulsion Laboratory (JPL), NASA Ames Research Center und die University of Maryland entschieden sich deswegen weiterhin für ein reines Drehflügelkonzept für kommende Missionen. Hierbei werden aktuell zwei verschiedene Versionen untersucht. Darunter ein weiterer koaxial Hubschrauber sowie ein Hexakopter Design. Mit der Hilfe von besseren Flügelprofilen und Blattgeometrien, erweiterter Batterietechnologie und mehr Erfahrung aus den Daten des Ingenuity-Fluges, soll hierbei die Reichweite erhöht und die Nutzlast auf ca. 2kg erhöht werden. Damit wäre der Marschrauber dann auch in der Lage wissenschaftliche Geräte für Untersuchungen mitzuführen. [5]

Zusammenarbeit mit DLR

Auch am Lehrstuhl für Hubschrauber-technologie wird gemeinsam mit dem Deutschen Zentrum für Luft und Raumfahrt (DLR) innerhalb eines Forschungsprojektes der VaMEx Initiative an Konzepten zur Erhöhung der Nutzlast und der Reichweite der MAVs gearbeitet. Hierbei wird die Möglichkeit der Exploration des Valles Marineris auf dem Mars mit Hilfe eines kooperativen Schwarms und einer Scout-Flugdrohne untersucht.

Auch für die Hubschrauber Forschung auf der Erde sind die Erkenntnis-

se aus der Erforschung des Mars Hubschraubers relevant. So konnten während der Entwicklung von „Ingenuity“ unter anderem zum Beispiel ein neues numerisches Verfahren für die Struktur Analyse von Rotorblättern entwickelt werden [1]. Des Weiteren werden signifikante Fortschritte im Bereich des Strukturleichtbaus und der aerodynamischen Auslegung von Rotoren vorangetrieben. Auch gibt es parallelen zum Hubschrauberflug in großen Höhen auf der Erde, wo ähnliche Herausforderungen gemeistert werden müssen. Damit können die neuen Erkenntnisse auch relevant für Drohnen sein, die in diesem Bereich agieren sollen. Dazu gehört zum Beispiel die AREA Drohne die gemeinsam vom Lehrstuhl für Hubschraubertechnologie der TUM und dem DLR entwickelt wurde. Diese Drohne, die für den Einsatz in extremer Höhe ausgelegt ist weißt mit ihrem Flettner Rotor Konzept in ihrem Design gewisse Ähnlichkeiten mit dem „Ingenuity“ auf.

Zusammenfassend wird der erste extraterrestrische, aerodynamische Flug des „Ingenuity“ ein erster großer Schritt für die Erforschung des roten Planeten aus der Luft. Doch bis MAVs ihr volles Potenzial entfalten können, ist es noch ein

References

- [1] Anubhav Datta. Retrieved from <https://vertepedia.vtol.org/biographies/getBiography/biography-ID/493>.
- [2] B. Balaram, T. Canham, Duncan, C., Golombek, M., Håvard F. Grip, J. Maki, A. Quon, R. Stern, and D. Zhu, Eds. 2018. Mars helicopter technology demonstrator.
- [3] FAI Records. Retrieved February 15, 2021 from <https://archive.vn/20150301211934/http://www.fai.org/fai-record-file/?recor>.
- [4] Håvard F. Grip, Ed. 2018. Guidance and control for a Mars helicopter.
- [5] Wayne Johnson, Shannah Withrow-Maser, Larry Young, Carlos Malpica, W. Koning, Kuang WJF, Mireille Fehler, Allysa Tuano, Athena Chan, and Anubhav Datta. 2020. Mars Science Helicopter Conceptual Design. National Aeronautics and Space Administration, Ames Research Center.
- [6] Witold J. F. Koning, Wayne Johnson, and Håvard F. Grip. 2019. Improved Mars helicopter aerodynamic rotor model for comprehensive analyses. AIAA Journal 57, 9, 3969–3979.
- [7] Larry A. Young. 2000. Vertical lift-not just for terrestrial flight. National Aeronautics and Space Administration Moffett Field CA Ames Research Center.

**Werden Sie Mitglied im
Hubschrauberzentrum
e.V. Bückeburg!**



Markus Rinker

Markus Rinker studierte bis 2015 Luft- und Raumfahrttechnik an der Technischen Universität München (Abschluss M.Sc.). Nach einem kurzen Aufenthalt als Entwicklungsingenieur bei Airbus Helicopters Deutschland GmbH trat er 2016 für die angestrebte Promotion eine Stelle als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Hubschraubertechnologie von Prof. Hajek an. Seine aktuellen Forschungsschwerpunkte sind Drehflügler Aeromechanik, Interaktionsaerodynamik und Aeroelastik. Weitere Forschungsinteressen beinhalten Gesamthubschrauber-Flugphysik und -Vorentwurf.



Jonas John

Jonas John studierte bis 2020 Aerospace an der Technischen Universität München (Abschluss M.Sc.). Seit dem ist er als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Hubschrauber Technologie, an dem er bereits seine Abschlussarbeiten in den Bereichen Fluid-Struktur Interaktions Simulationen und Gesamthubschrauber-Flugphysik/-Vorentwurf absolvierte. Unter anderem führte er in diesem Rahmen Vorentwurfsstudien für Mars Hubschraubersysteme durch. Seine aktuellen Forschungsschwerpunkte sind Drehflügler Interaktionsaerodynamik und Aeroelastik sowie die Erforschung von biologischen Rohstoffen in der Hubschrauberforschung. Auch Gesamthubschrauber und -Vorentwurfstudien sind Teil der Aufgaben am Lehrstuhl und im Lehrbetrieb.

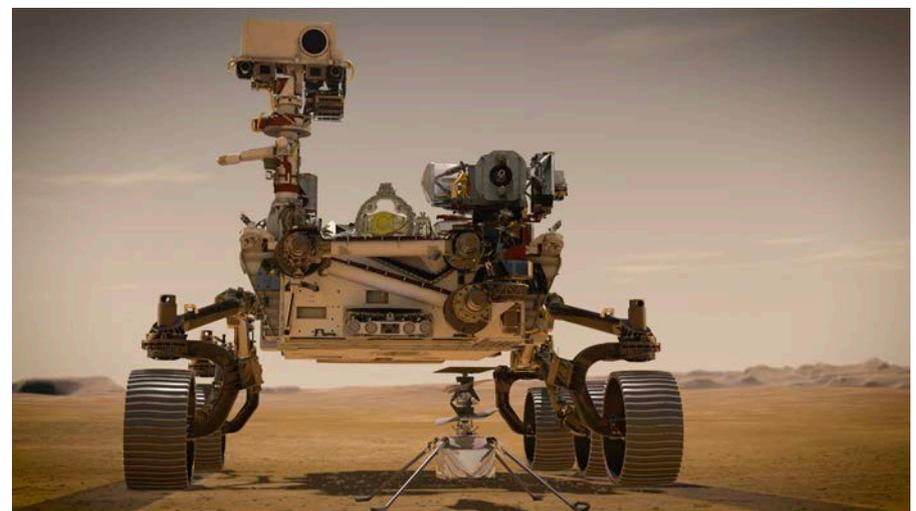
Eine anspruchsvolle Aufgabe für einen Drehflügler



Der Mars-Hubschrauber „Ingenuity“ ist eine autonome Rotor-Drohne, die den „Roten Planeten“ im Tiefflug erkunden soll. Der Mars erzeugt nur ein Drittel der Schwerkraft im Vergleich zur Erde. Die Luft ist bald einhundert mal dünner – nur 1% der Erd-Atmosphäre.

Der kleine Marsheli versteckt sich zur Zeit noch unter dem Bauch des Rovers. Dort wartet er, weiterhin vom Hitzeschild bedeckt, auf das Signal zur Freigabe. Sobald alle Vorbereitungen getroffen sind, bewegt sich der Rover an eine geeignete Stelle, um „Ingenuity“ abzusetzen. Dazu wird der Schutz entfernt und der horizontal unter dem Rover befestigte Koaxial-Hubschrauber in mehreren Schritten aufgerichtet. Nachdem das Hitzeschild entfernt ist, werden die Verschlüsse entriegelt, so dass die Drohne senkrecht unter dem Rover hängt. Im nächsten Schritt werden die vier Stelzenbeine ausgeklappt und mit einer letzten Freigabe landet das Gerät aus knapp einem halben Meter Höhe – hoffentlich sicher – zum ersten Mal auf dem Marsboden.

Über das weitere Procedere – und den hoffentlich erfolgreichen ersten Flug – wird der ONLINEreport in der nächsten Ausgabe berichten.



Das DA VINCI Projekt

Eine Vision

Wer das Hubschrauber Museum in Bückeburg über den alten Eingang des Burgmannhofes betritt, der ist mitten drin in der Vergangenheit, im Ursprung der „Drehenden Flügel“. Und damit bei Leonardo da Vinci. Der hat vor mehr als 500 Jahren den HELIX erfunden. Der italienische Maler, der auch die Mona Lisa erschaffen hat, gilt als genialer Forscher, Wissenschaftler und Vordenker, der seiner Zeit voraus war. Hätte er damals das Material gehabt, dann wäre mit Leichtigkeit – im Wortsinn – der HELIX zum Fliegen gekommen.

Folgt man im Museum weiter den Spuren durch die verschiedenen historischen Epochen, dann kommt man bald auf eine Ebene, die ahnen lässt, welche Entwicklung der Helikopter noch nehmen musste, um den heutigen Status zu erreichen. Vorbei an den Originalen einer nimmermüden Ingenieur-Kunst, vorbei an erprobten Einsatzmustern führt der Weg mitten in das Herz des Hubschraubermuseums – in das „Da Vinci Lab“.

In dem ehemaligen Unterrichtsraum entsteht ein Forschungszentrum für Schüler, das sich epochal und im Kontext mit dem Museum an den wissenschaftlichen Manuskripten und Forschungen von da Vinci orientiert – um nur einige aufzuzählen: Helix, Luftschraube, Flugmaschine etc. ...

Während sich die Gestaltung des ehemaligen Unterrichtsraums historisch – in Form einer Poster-Sammlung – an den Entwürfen von da Vinci orientiert, entspricht die Ausstattung den Anforderungen einer modernen Lern- und Forschungs-

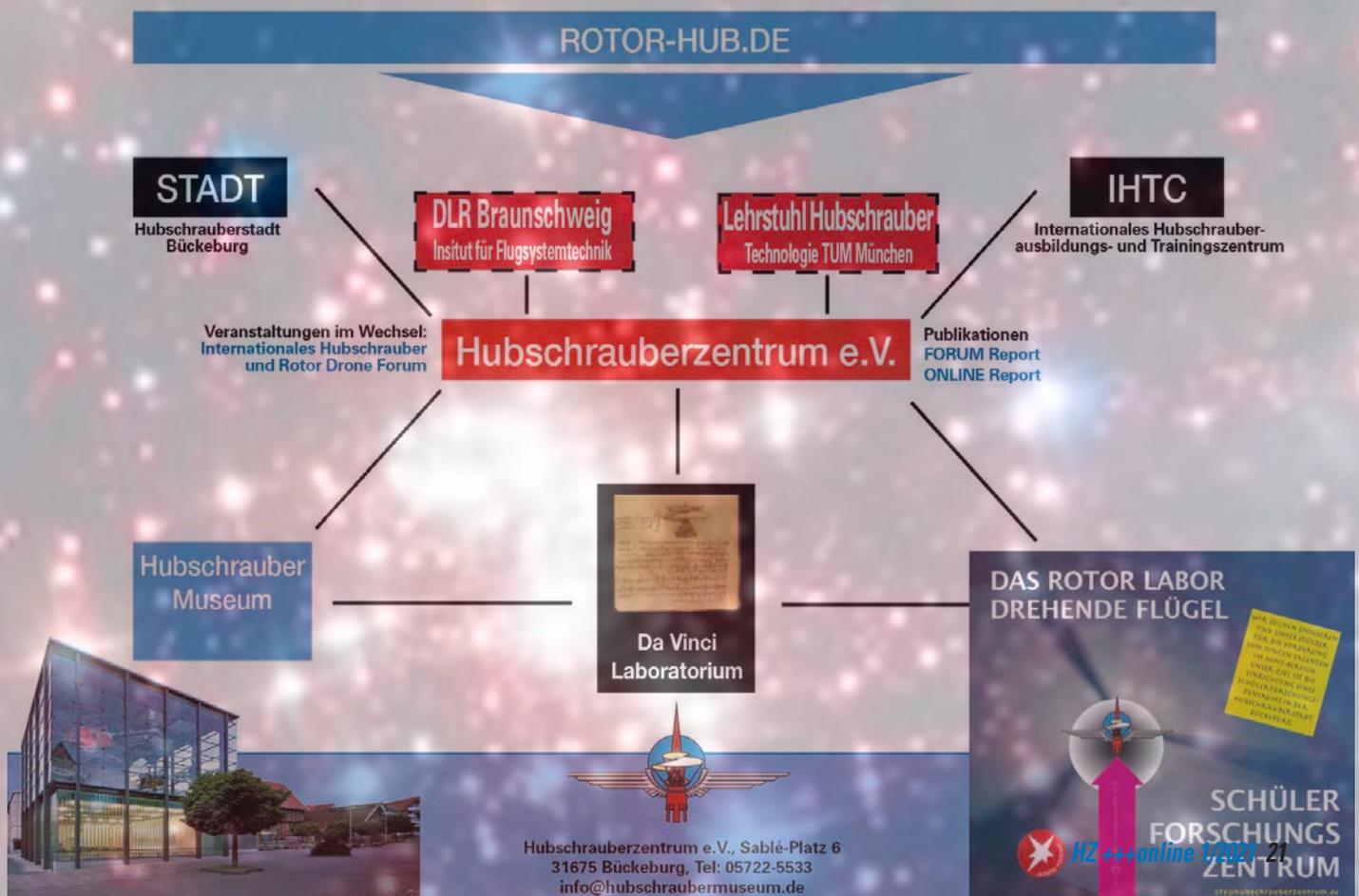


werkstatt für Schüler. Und wie man an den Postern aus der Skizzensammlung des Universalgelehrten da Vinci unschwer erkennen kann, liegt der Schwerpunkt auf Luftfahrt, auf „Drehende Flügel“, auf Rotoren, Auftrieb, Antrieb ... eine spannende Entwicklung mit (E-) Potenzial für die Zukunft.

Nach Voranmeldung kann die Museums-Besucherin auch das DA VINCI LAB besuchen und dort angekommen, den jungen Forscherinnen und Tüftlern über die Schulter schauen. Und sie kann die Begeisterung spüren, die sie gerne – ganz im Sinne der Satzung des Hubschraubermuseums – unbedingt nach draußen tragen will:

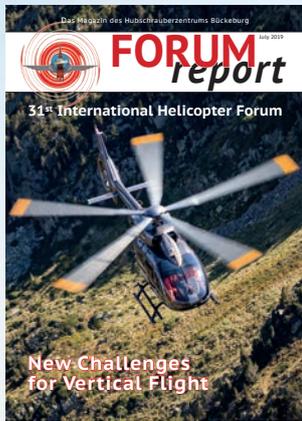
Das DA VINCI LAB, als historischer Bestandteil des Museums, erfüllt in einer ganz besonderen Art und Weise den satzungsgemäßen Zweck, nämlich die Heranführung der Jugend an das dort beschriebene „Hubschraubewesen“ ...

Die Hubschrauberstadt Bückeburg als ROTOR-HUB. Zusammen mit den Partnern ein mögliches Projekt für die Zukunft?



ROTIERT & NOTIERT





Die DRF-Luftrrettung stellte am 08. März 2021 den bundesweit ersten Hubschrauber des Typs H145 mit Fünfblattrotor im Rettungsdienst vor.

Die Maschine wird künftig in der Region Stuttgart als „Christoph 51“ im Einsatz sein. Der Fünfblatt-Rotor bietet bei gleicher Leistung eine höhere mögliche Nutzlast. Zudem soll er durch das fünfte Rotorblatt noch ruhiger in der Luft liegen.

Die DRF wird demnächst zwei weitere H145 mit Fünfblattrotor in Dienst stellen. Weiterhin will man auch die Option nutzen, eine bestehende Einsatzmaschine zusammen mit Airbus Helicopters auf das Fünf-Rotorblatt-System umzurüsten. Demnächst sollen alle DRF H145 von vier auf fünf Rotorblätter umgerüstet werden. Diese Umrüstung soll dann im weiteren Verlauf auch externen Kunden angeboten werden.

Das Titelbild ganz oben zum FORUMreport 2019 zeigt die H145 bereits mit Fünfblatt-Rotor

Pilot of the Year



Der US Coast Guard MH-60 Pilot Lt. Cdr. Robert McCabe ist „Pilot of the Year 2021“. Diese Auszeichnung wurde jetzt vom weltweit größten Hubschrauberverband (HAI) an den Piloten verliehen.

Als im November 2019 ein Fischerboot vor der US Ostküste in schwerer See kenterte, konnte die Crew kurz vor Sonnenuntergang einen Fischer aus dem

Wasser retten. Bei der weiteren Suche behinderten schwere Schneeschauer die Sicht, so dass man sich entschloss von den üblichen 100 m Suchhöhe auf 25 m zu sinken. Das intensive Suchen bei dichtem Schneetreiben führte zu einer Desorientierung beider Piloten und: ... the aircraft started to bank 40 degrees, simultaneously pitching more than 14 degrees nose up and rapidly slowing while descending. Es dauerte zehn lange Sekunden bis McCabe das Problem erkannte. Danach gab er klare Anweisungen an den Co-Piloten. Sie schafften dadurch einen erfolgreichen Übergang in den Instrumentenflug. In der Begründung der HAI heißt es: McCabe's situational awareness, decisiveness, and assertiveness were instrumental in leading the crew to avoid a near-catastrophic situation.

Das 32. Forum wurde wegen der unklaren Corona-Lage frühzeitig abgesagt und findet ein Jahr später statt. Der ONLINEREport soll dazu beitragen den Kontakt zu unseren Mitgliedern, zu unseren Gästen, aber auch zu Sponsoren und Entscheidungsträgern in Politik und Wirtschaft aufrecht zu erhalten. In der nächsten Ausgabe im Juni 2021 werden wir nicht nur über den Start von Ingenuity berichten, sondern auch ausführlich über das Programm des 32. Forums informieren.

TAGUNGORT / VENUE

Internationales Hubschrauberausbildungszentrum
Heeresflugplatz Bückeburg in Achum
International Helicopter Training Centre
Achum, Germany

TERMIN / DATE

7.-8. Juli 2021 / July 7 to 8, 2021

Information

Hubschraubermuseum Bückeburg
Sablé-Platz 6 | 31675 Bückeburg
Tel.: 05722 / 5533
Fax: 05722 / 71539
info@hubschraubermuseum.de
www.hubschraubermuseum.de



...in Arbeit





ROTOR HUB Bückeberg geht ins All

Das HubschrauberMuseum in Bückeberg präsentiert sich seit Jahrzehnten als das ROTOR HUB in Deutschland und Europa. Jetzt, mitten in der Corona Krise, begleitet das Museum den "Ingenuity Mars Helicopter" der NASA, der nach fast sieben Monaten Raumflug am 18. Februar auf dem „Roten Planeten“ landen wird. Noch gut verpackt am Rumpf des „Perseverance Rover“, der die Oberfläche erkunden soll.

Der Zeit voraus

Das Hubschraubermuseum wird dabei sein: Online mit Unterstützung der NASA und vor Ort im Museum mit dem 1:1 Modell des Mars Helikopters. Was auf dem Mars noch ein paar Wochen dauern wird, gibt es am 18. Februar 2021 bereits im Museum zu sehen. „Einfallsreichtum“ war auch vom Architekten und professionellen Modellbauer Dieter Störig erforderlich, der den "Ingenuity Mars Helicopter" als drehendes Modell in Originalgröße (Rotordurchmesser 1,20m) nachgebaut hat und im Museum in einer Mars-Landschaft präsentieren wird.

Die Veranstaltung des Hubschrauberzentrums wird auf allen zur Verfügung stehenden Netzwerken begleitet und in einer LiveSchaltung für das Fernsehen aufbereitet.

Erster außerirdischer Flug eines Hubschraubers

Es wird nach der Landung noch ein paar Tage dauern, bis "Ingenuity" startklar ist, um zum ersten außerirdischen Flug eines Drehflüglers in die dünne Mars Atmosphäre zu entschweben. Keine leichte Aufgabe, denn die Luft ist bald einhundert mal dünner – nur 1% der Erd-Atmosphäre. Günstiger vielleicht: der Mars erzeugt nur ein Drittel der Schwerkraft im Vergleich zur Erde.

Jugend forscht

Das im Aufbau befindliche Schülerforschungszentrum „Drehende Flügel“ in Bückeberg wird den Anflug zum Mars und die Flugversuche von „Ingenuity“ (ab Frühjahr 2021) in Zusammenarbeit mit der NASA begleiten. Das Motto heißt „Einfallsreichtum“ – so wie der MarsHelikopter selbst. Namensgeberin ist übrigens eine Schülerin – eine „Jugendforscherin“ aus Alabama, die in einem Wettbewerb gesiegt hatte und deren geniales „Einfallsreichtum“ im Wortsinn belohnt wurde.

SAVE THE DATE
18. Februar 2021

Eine anspruchsvolle Aufgabe für einen Drehflügler

Der Mars-Hubschrauber „Ingenuity“ ist ein autonomer Helikopter, der die Oberfläche des Roten Planeten erkunden soll. Der Mars erzeugt

