

MIT DROHNEN  
LEBEN RETTEN

## LIFEGUARD

### ANALYSE

Warum die  
**CORONA-PANDEMIE**  
eine **CHANCE** für die  
Drone-Economy ist

### POLITIK

Dröhnen-Aktionsplan  
der Bundesregierung

### ESSAY

Leichter als Luft: Alte  
Technik vor neuer Blüte

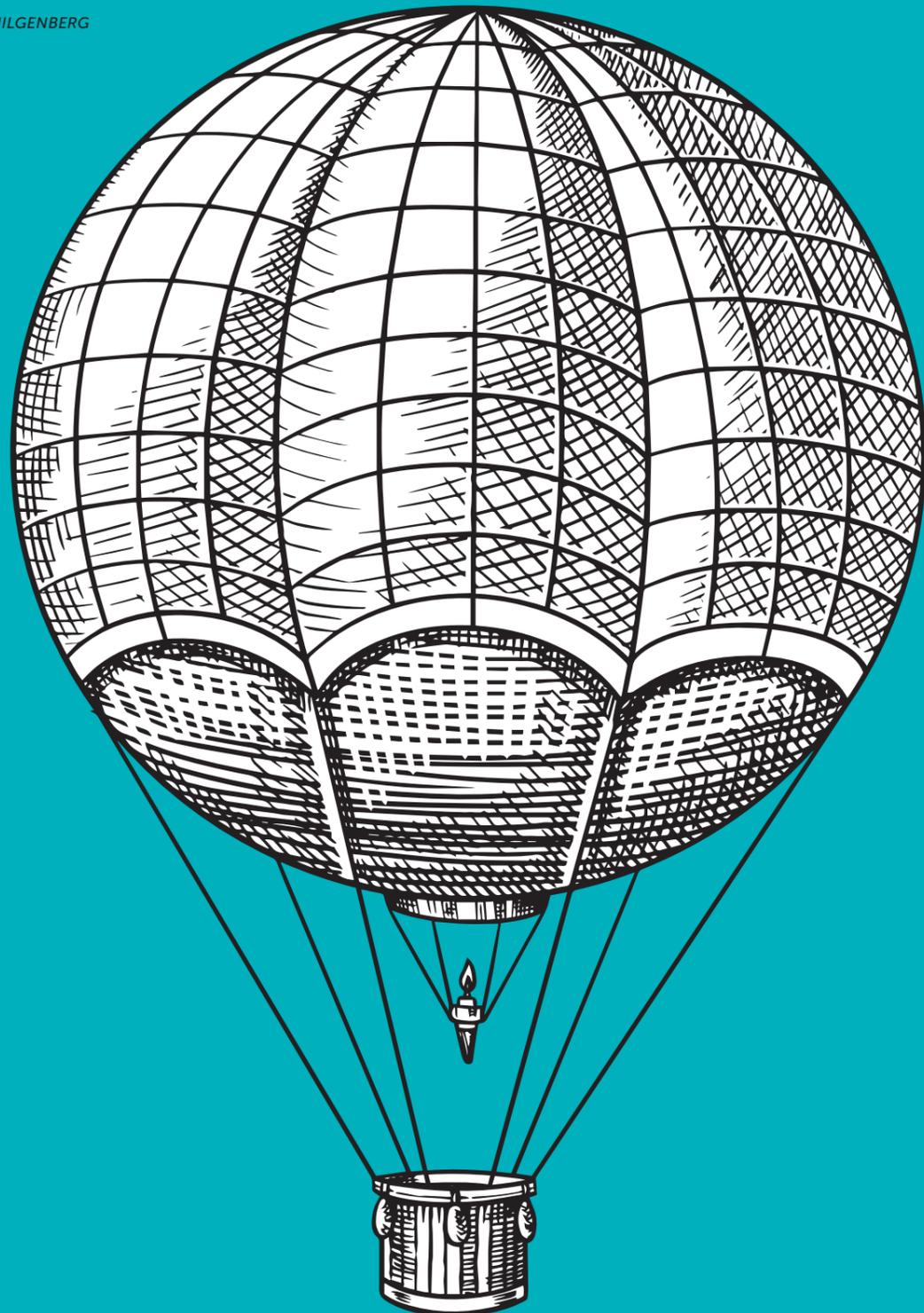
### PORTRÄT

Hinter den Kulissen  
von Beagle Systems

# DON'T FIGHT THE WIND. USE IT

## „Lighter than Air“ – alte Technik vor neuer Blüte

TEXT: PETER HILGENBERG



Was zunächst eher banal klingt, ist bei Lichte betrachtet doch eine Errungenschaft von enormer Tragweite. Und uralte. Denn das Prinzip „Leichter als Luft“ – nach dem englischen Terminus „Lighter than Air“, kurz LTA – beschreibt nicht mehr und nicht weniger als die älteste funktionierende Technik des menschlichen Fliegens. Zugegeben, in Zeiten moderner Antriebstechnologien wirkt das Ganze im ersten Moment fast etwas antiquiert. Doch vor allem die Möglichkeit, ohne zusätzlichen Energieaufwand für lange Zeit am Himmel zu verharren, sorgt dafür, dass LTA wieder schwer im Kommen ist.

Der Traum vom Fliegen, so heißt es, ist so alt wie die Menschheit. Und auch, wenn es schon vorher Konzepte und Versuche zur Nachahmung des Vogelflugs gab, war doch erst mit der Erfindung von Heißluft- und Gasballonen der anhaltende und einfach wiederholbare Aufenthalt des Menschen im Luftraum möglich. Im Gegensatz zum dynamischen Auftrieb des Vogelflugs, der Energieeinsatz erfordert, um in die Luft zu kommen und dort zu bleiben, basiert die Leichter-als-Luft-Technologie auf dem von Archimedes vor mehr als 2.000 Jahren beschriebenen Prinzip des statischen Auftriebs. Die Erkenntnis, wonach der Auftrieb eines Körpers in einem Medium genauso groß wie die Gewichtskraft des vom Körper verdrängten Mediums ist, gilt für Flüssigkeiten und Gase gleichermaßen. Im Wasser nutzen es Fische und Schiffe, in der Luft Ballone und Luftschiffe.

**„DER STATISCHE AUFTRIEB EINES KÖRPERS IN EINEM MEDIUM IST GENAU SO GROSS WIE DIE GEWICHTSKRAFT DES VOM KÖRPER VERDRÄNGTEN MEDIUMS.“**

Archimedes von Syrakus

### GRUNDLAGEN

Ballone, Luftschiffe und alle anderen, sogenannten Aerostaten erfahren ihren Auftrieb also allein aus dem Dichteunterschied zum umgebenden Medium Luft. Dieser Auftrieb benötigt keine weitere Energie, im Gegensatz zum dynamischen Auftrieb von Flächen- oder Drehflüglern. Zu den Letzteren gehören die als Drohnen bekannten Multikopter. Damit ist ein wesentlicher Vorteil der Leichter-als-Luft-Geräte bereits angesprochen: Sie können prinzipbedingt viel länger in der Luft bleiben als andere Fluggeräte. Der aerostatische Auftrieb entsteht in dem Maße, wie das gesamte Fluggerät leichter ist als das verdrängte Luftvolumen. Ursächlich dafür ist das verwendete Traggas. So sorgt die Verdrängung von 1 Kubikmeter Luft beim am häufigsten eingesetzten Traggas Helium für zirka 1 Kilogramm (kg) Tragkraft. Bei Wasserstoff sind es 1,07 kg, bei heißer Luft nur 0,3 kg.

Der tatsächliche Auftrieb hängt dann noch von weiteren Einflussfaktoren ab: den Temperaturen außen und innen, dem Umgebungsluftdruck, dem Innendruck und dem Eigengewicht des LTA-Fluggeräts, das vereinfacht ausgedrückt von der Hülle eines Kinderballons bis hin zum Tragskelett eines Luftschiffs wie der legendären „Hindenburg“ reicht. Weitere Aspekte sind die stofflichen Eigenschaften der Tragmedien und der Gasdruck im Aerostaten selbst. Für beides kursieren in der allgemeinen Wahrnehmung Vorurteile und Fehleinschätzungen. Die stofflichen Eigenschaften seien hier vernachlässigt, da diese insbesondere im Falle von Wasserstoff den Rahmen sprengen würden. In heutigen Anwendungsbereichen dominiert ohnehin das unbrennbare und ungiftige Edelgas Helium.

### AMMENMÄRCHEN

Ein verbreitetes Vorurteil ist, dass auch große Aerostaten platzen können wie Kinderballone und man sie sozusagen mit Pfeil und Bogen vom Himmel holen kann. Aerostathüllen sind im Vergleich zu Partyballonen bestenfalls minimal dehnbar und haben somit ein vorgegebenes Volumen. Sofern überhaupt vorhanden, reicht der Überdruck im Inneren gerade aus, um die Außenkontur stabil zu halten. Entsteht ein Leck, entweicht das Traggas nur sehr langsam, und das Gerät verliert auch nur langsam Volumen – und damit Auftrieb. Es sinkt, fällt aber nicht. Damit wird auch die Rolle des Kernfaktors bei „Leichter als Luft“ deutlich: die des Volumens. Je mehr Volumen, umso mehr tatsächlicher Auftrieb. Womit wir bei einem weiteren wichtigen Prinzip wären, dem „Square-Cube-Law“.

Nehmen wir der Einfachheit halber einen kugelförmigen Ballon. Vergrößert man den Durchmesser, dann wächst die Oberfläche im Quadrat, das Volumen sogar im Kubik. Oder einfacher: Durchmesser  $\times 2 =$  Oberfläche  $\times 4$  und Volumen  $\times 8$ . Das hat zwei äußerst willkommene Effekte. Zum einen erhält man bei moderatem Größenwachstum bereits einen deutlichen Zuwachs des Auftriebs – und damit der Nutzlast. Und zum anderen steigt zwar die Windangriffsfläche im Quadrat, die Massenträgheit wiederum vergrößert sich im Kubik. Daher verbessert sich neben dem



Ein mit einer Gopro-Kamera ausgestatteter Helikite Skyshot mit einem Gasvolumen von 2 Kubikmeter



Helikite mit Pkw-Anhänger als Bodenstation

Foto: Allsopp

Größen-Nutzlast-Verhältnis auch die Stabilität, da die Windanfälligkeit abnimmt. Ein Boot schaukelt auf jeder Welle – an einem Tanker brechen sich die Wellen.

### TECHNOLOGISCHER FORTSCHRITT

Die gesamte Bandbreite der physikalischen und konstruktiven Erkenntnisse rund um Entwicklung, Bau und Betrieb von Aerostaten füllt, wie bei anderen Technologien auch, durchaus dicke Bücher. Seit den ersten Tagen der Ballonfahrt und der großen Zeit der Luftschiffe haben sich Materialien, Antriebe, Steuerung und die allgemeine Forschung und Entwicklung in allen Disziplinen verbessert: LTA-Geräte werden immer kleiner und einfacher zu bauen, aber auch leichter zu betreiben. Damit hat diese Technologie die gleichen Entwicklungsschritte vollzogen wie ihre Schwester „Schwerer-als-Luft“. Allerdings – ihrem Charakter entsprechend – deutlich leiser und unbemerkter. Lassen wir die vielfältigen anderweitigen Einsatzbereiche von Leichter-als-Luft-Geräten wie Werbung und Tourismus außen vor und betrachten die Anwendungsfelder, auf denen auch Drohnen/Multikopter agieren: das Beobachten und Messen, Filmen und Fotografieren oder auch der Einsatz als fliegende Relaisstation für Kommunikation und Datenverkehr. Die Einsatzprofile von LTA-Geräten sind verglichen mit anderen unbemannten Luftfahrzeugen teilweise ähnlich, ergänzen mit ihren spezifischen Eigenschaften diese jedoch wunderbar und erweitern deren Einsatzraum dort, wo diese an ihre prinzipbedingten Grenzen stoßen.

Wie bei jeder anderen Technologie auch, sind vor deren Einsatz erst einmal grundlegende Überlegungen anzustellen. Mit Blick auf Aerostate lautet daher die erste

Gretchenfrage: Soll ein gefesseltes System zum Einsatz kommen, also ein mit einem Seil oder Kabel mit dem Boden fest verbundener, oder ein frei beweglicher Aerostat? Beide Varianten sind so alt wie das System selbst. So wurden Heißluftballone schon im amerikanischen Bürgerkrieg 1861 bis 1865 und im deutsch-französischen Krieg 1870/71 zur Überquerung feindlicher Linien und gefesselt über dem Schlachtfeld zur Lenkung der Artillerie eingesetzt.

### GEFESSELTE SYSTEME

Um ein gefesseltes Traggassystem als Plattform der unbemannten Fernerkundung zielführend einzusetzen, bedarf es des stabilisierten „Stehens im Raum“. Hierfür haben sich im Wesentlichen drei Formen durchgesetzt: Die erste ist die stromlinienförmige Gestaltung der Traggaszelle. Bei diesen hat sich eine tropfenförmigere Kontur herauskristallisiert, an dessen spitz zulaufendem Heck sich meistens drei Finnen befinden. Durch diese Form richtet sich der Aerostat in Windrichtung aus und verharrt stabil. Die beiden anderen Konstruktionen basieren auf einer deutlich einfacheren Traggaszellenkontur. Sie kann als abgeflachte Kugel oder besser als „oplater Elipsoid“ beschrieben werden. Bei der ersten dieser beiden Varianten wiederum wird ein Segel am Ballon angebracht, in dem sich der Wind fängt, sodass das System in Windrichtung ausgerichtet in Position gehalten wird. Die dritte Variante stellt das „Helikite-Prinzip“ dar. Unter einem abgeflachten Helium-Ballon ist ein Drachen (engl. Kite) mit Kiel und Segelfläche angebracht. Der Kiel richtet das System wie eine Wetterfahne aus und die Segelfläche erhöht Auftrieb und Positionsstabilität.

Die Tropfenform hat sich bei sehr großen, sehr hoch aufsteigenden, in erster Linie militärisch genutzten Aerostaten etabliert. Nach Herstellerangaben können sie auf Höhen von mehr als 10.000 Meter (m) über Grund aufsteigen und Nutzlasten deutlich über 1.000 kg tragen. Ihre Pendants im zivilen und wirtschaftlich interessanten Einsatzbereich erreichen als Aerostaten mit Segel bis etwa 500 m Aufstiegshöhe und zirka 50 kg Nutzlast. Helikites schaffen bis zu ungefähr 3.000 m Höhe. Speziell die Helikites sind besonders gut skalierbar. Los geht's bereits bei Volumina von einem Kubikmeter und 200 Gramm Nutzlast. Möglich sind derzeit bis 200 Kubikmeter und rund 100 kg Nutzlast. Auch diese beiden Systemvarianten können über Tage in der Luft verbleiben. Die Windverträglichkeit wächst mit zunehmender Größe. Während die kleinsten Helikites ihre Grenzen bei maximal 50 Kilometer pro Stunde (km/h) erreichen, verkraften die großen Modelle sogar Windgeschwindigkeiten bis zu 100 km/h. Für die derzeit größten Aerostaten mit Segel gehen die Herstellerangaben bis ungefähr 75 km/h laminaren (gleichbleibendem) Wind. Temperaturen, Luftdruck und gegebenenfalls auch Zusatzgewicht durch Regen und Schnee sind bei Aerostaten zu berücksichtigende Faktoren.

### EINFLUSSFAKTOREN

Die Fesselung beschränkt den Einsatzradius bei all diesen Aerostat-Typen gleichermaßen. Diese kann mit einem Seil erfolgen, meist kommen hochfeste und sehr leichte Kunststoffseile zur Anwendung. Die Energieversorgung der Nutzlast erfolgt dabei durch mitgeführte Akkus. Die Akkulaufzeit begrenzt damit die Einsatzzeit. Für größere Systeme kommen deswegen auch daten- und stromführende Zugkabel zum Einsatz. Solche Kombiseile sind schwerer, haben einen größeren Querschnitt und verursachen dadurch eine erhöhte Windlast. Dies reduziert wiederum die Nutzlast oder bedingt ein größeres System. Ein großer Pluspunkt aller gefesselten Aerostaten: Aufgrund des statischen Verweilens im Luftraum, ohne Antrieb (also verwirbelungslos), verursachen sie keine Abgase, keine Geräusche und keine Vibrationen. Auch keinerlei andere – beispielsweise elektromagnetische – Abstrahlung, die Messergebnisse beeinflussen könnten. Im Gegenteil, sie müssen, wo erforderlich, im Sinne einer sicheren Luftfahrt sogar aktiv gekennzeichnet werden.

Der Aufwand für Installation und Betrieb hängt von der Systemgröße ab. Ein kleines System, beispielsweise mit einer Kamera der Gopro-Klasse bestückt, kann man schon mit Helium befüllt im Kofferraum eines Kombis transportieren und an einer Handspindel aufsteigen lassen. Die großen Systeme benötigen eine geeignete Bodenverankerung inklusive entsprechender Windentechnik und Aufnahme. Auf- und Abbau werden von eingewiesenem Personal durchgeführt. Sobald der entsprechend ausgerüstete Aerostat die Einsatzflughöhe erreicht hat, bedarf es zum eigentlichen Flugbetrieb vor Ort keines Personals. Der Betrieb kann durch einen Sensor-(Kamera-)operator überwacht werden.

Ferngesteuerte Kleinstluftschiffe wie der Silent Runner können hervorragend indoor und mit kleinen Actioncams bestückt auch über Publikum eingesetzt werden

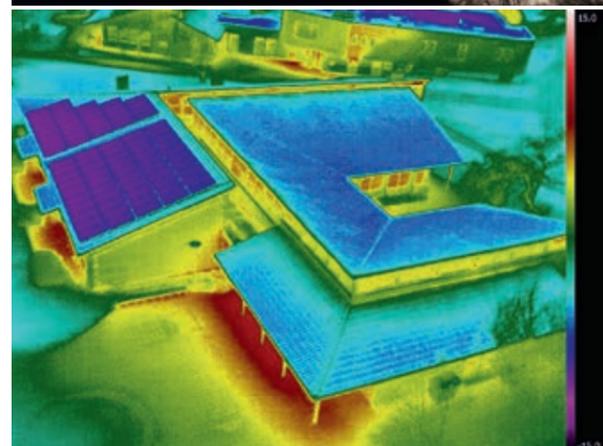
### ZUR PERSON: PETER HILGENBERG



Dipl.-Kfm. Peter Hilgenberg (50) arbeitete nach dem Studium zwölf Jahre marketingverantwortlich in der Automobilzulieferindustrie, seit 2010 ist er selbständiger Managementberater für Marketing und Kommunikation, seit der Jugend Luftschiff-Enthusiast. Daraus folgend zunächst ehrenamtliche, später als Selbständiger auch berufliche Tätigkeit für CargoLifter und damit Umgang mit fast allen Facetten der Leichter-als-Luft-Technologie. Seit 2016 Vorstand der LTA Technologie AG ([www.lta-technologie.de](http://www.lta-technologie.de)), die auch Helikites, h-aeros und Kleinstluftschiffe be- und vertreibt. Er ist sowohl Gründungsmitglied im VDI Fachausschuss UAV als auch des Europäischen Drohnenzentrums EDZ.



Fotos: Hybrid-Airplane Technologies GmbH



Thermalbefliegung für KEFF und IHK Stuttgart mit dem linsenförmigen h-aero Zero plus von Hybrid-Airplane Technologies



Foto: Martin Wähler

## PLUSPUNKTE

Damit werden auch die Vorteile und die Einsatzgebiete solcher Systeme in Abgrenzung zu Schwerer-als-Luft-Drohnen deutlich. Diese sind zwar meist schnell einsatzbereit und können agil agieren, unterliegen jedoch einer begrenzten Flugzeit und bedingen dauerhaft den Einsatz eines Piloten/Steuerers vor Ort. Die lange Durchhaltefähigkeit gefesselter Leichter-als-Luft-Systeme dagegen ermöglicht es, einen begrenzten Raum längere Zeit oder sogar dauerhaft zu erfassen. Mögliche Einsatzfelder hierfür sind beispielsweise die Sicherung von Großveranstaltungen und temporären Ereignissen wie Demonstrationen, aber eben auch der Küstenschutz, die Schadstoffmessung oder das Tagebau-Monitoring.

Darüber hinaus nicht zu vergessen ist der Einsatz als fliegende Relaisstation oder Antennenerweiterung. Die Antennenhöhe ist und bleibt ein bestimmender Faktor im Funknetz. Im fest umrissenen Anwendungsfall halten grundsätzlich weder mobile noch feste Masten in puncto Höhe, Verfügbarkeit und Flexibilität dem Vergleich mit Aerostaten stand. Übertreffend schneiden LTAs hier auch mit Blick auf die schnelle Einsatzbereitschaft und den Aufbauaufwand ab. Bei kurzfristigem Bedarf, zum Beispiel wenn es gilt, im Katastrophenfall ein temporäres Funknetz bereitzustellen, sind Aerostaten mehr als nur eine Alternative.

## FREI FLIEGENDE SYSTEME

Die einfachste Form eines frei fliegenden Leichter-als-Luft-Systems ist sicherlich der ungesteuerte Wetterballon. Eine schlichte Hülle, ausgelegt für ein bestimmtes Volumen, mit einer einfachen Befestigung für eine untergehängte Nutzlast. Sein Weg wird bestenfalls durch die Wahl des Startorts und meteorologische Vorhersagen bis zu einem gewissen Grad vorherbestimmt. Dennoch ist er selbst heute noch für viele, insbesondere wissenschaftliche Anwendungen, das Mittel der Wahl. Die Highend-Version

dieser Variante findet man im „Google-Loon“-Projekt. Diese Ballone bewegen sich laut Konzept vom Wind getrieben unkontrolliert innerhalb einer definierten Höhenzone. Aufgrund ihrer Anzahl erfolgt dennoch eine statistische Verteilung, die ein lückenloses Internet in Weltregionen ermöglicht, in denen Kabelverlegung oder auch erdgebundener Funk nicht möglich, gewollt oder sinnvoll sind.

## FORM FOLLOWS FUNCTION

Im Gegensatz zu ungesteuerten müssen gesteuerte Aerostaten ihre äußere Kontur aufrecht erhalten. Diese hängt wiederum von den operativen Zielsetzungen und den damit zusammenhängenden Möglichkeiten des Energieeinsatzes im Betrieb ab. Alle gesteuerten LTA-Geräte werden mehr oder weniger ‚schwer‘ betrieben. De facto sind sie damit ein wenig schwerer als Luft, rein statisch sinken sie langsam zu Boden – sofern sie keinen dynamischen Vortrieb oder direkten Auftrieb erhalten. Das verbessert die Steuerbarkeit des Systems. Klassische Zeppelin(Zigarren-)Formen haben einen geringen Luftwiderstand, einen hohen statischen und einen geringen dynamischen Auftriebsanteil. Sie sind damit gut geeignet, um mit höherer Geschwindigkeit Strecken zu überwinden. Dafür können sie im Allgemeinen nur vorwärts fliegen, das heißt, sie müssen gegebenenfalls weitläufige Kurven fliegen, sind also schwerer an Ort und Stelle zu manövrieren.

Seitenneutrale Formen wie zum Beispiel Kugeln benötigen für die gleiche Fluggeschwindigkeit mehr Energie beziehungsweise sind langsamer, können dafür agiler auf der Stelle manövrieren, fast so wie Multikopter. Darüber hinaus nutzen beispielsweise linsenförmige Modelle den stärkeren dynamischen Auf- (und auch Ab-)trieb ihrer flächigen Ober- und Unterseite für Steuerung und Nutzlasterhöhung. Dazwischen gibt es eine ganze Reihe von Konzepten mit verschiedensten Relationen von über

11-Kubikmeter-Helikite beim kontinuierlichen, über mehrere Stunden andauernden 3D-Mapping eines Kieswerks. Der Perspektivwechsel der Kamera aufgrund natürlicher Windbewegungen sorgte für optimale Ergebnisse bei der anschließenden 3D-Modellierung



Fotos: CADdy Geomatics GmbH



Bei einem Festival in Zingst schwebte ein Aerostat über dem Gelände. Die Bilder wurden nicht nur zur Kontrollstation, sondern auch live auf die große Festival-Leinwand übertragen. Hier kam der große Vorteil zum Tragen, dass Helikites auch über Menschenmengen eingesetzt werden dürfen

die äußere Kontur und Antriebstechnologie genutzt statischem und dynamischem Auftrieb. Diese sind mal mehr Luftschiff und mal mehr Flugzeug oder Hubschrauber. Sie werden als Hybride bezeichnet.

Gewissermaßen die Verbindung zwischen den Google-Ballon und gesteuerten Aerostaten bilden „High Altitude Platforms“ oder auch „Pseudo-Satelliten“, die sich durch Solarenergie versorgen und Aufgaben übernehmen sollen, wie sie Satelliten erledigen. Dafür aber zu deutlich geringeren Gesamtkosten.

## GERINGER ENERGIEBEDARF

An dieser Stelle lohnt noch einmal der gedankliche Blick zurück auf das „Square-Cube-Law“. Je kleiner ein System gerade für den Einsatz als Drohne sein soll, umso ungünstiger ist das Verhältnis von Volumen (Auftrieb und Masseträgheit) zu Oberfläche (Windanfälligkeit). Zumal man dies nur bedingt durch Motorleistung ausgleichen kann (Gewicht) – und auch nicht probieren sollte. Denn ein wesentlicher Vorteil dieser Technologie ist der geringe Energiebedarf. Merke: **Don't fight the wind. Use it.**

Sehr kleine Systeme finden damit ihre Einsatzgebiete in Indoor-Flugszenarien. Zum Beispiel in Messehallen, Sport-, Veranstaltungs- und Kulturarenen, in denen sie ohne Wind ihren Kernvorteil ausspielen, gefahrlos und leise über Menschen eingesetzt werden zu können. Je größer und leistungsfähiger Aerostaten werden, umso vielfältiger auch ihre Einsatzoptionen im Outdoor-Einsatz. Bekannte Beispiele sind das neue Airbus-Kleinluftschiff oder Kameraluftschiffe für Fernsehaufzeichnungen. Löst man sich vom Zwang, unbedingt zum Startpunkt zurückkehren zu müssen, wird es möglich, mit „use the wind“ große Strecken zurückzulegen. Oder besser noch vor dem Wind kreuzend große Areale abarbeiten zu können, um dann am jenseitigen Ende wieder gezielt gelandet und aufgenommen zu werden. Dafür wiederum eignen sich besonders die linsenförmigen Varianten. Aufgabenstellungen wie großflächiges Umweltmonitoring, Waldzustandserfassung, Grenzschutz oder auch Hochwasserbeobachtung werden damit in einem Maße realisierbar, wie es bisher durch die begrenzten Flugzeiten anderer Trägersysteme kaum möglich war. Aber auch unmittelbar kommerzielle Anwendungen wie dreidimensionale Kartierung von Funknetzen oder die 3D-Modellerstellung ganzer Städte oder deren Thermoscans für die energetische Sanierung.



Foto: Broadcast Solutions GmbH

Da LTA-Systeme über große Zeiträume in der Luft verbleiben können, eignen sie sich hervorragend für die Herstellung von Funkübertragungswegen. So können beispielsweise mit einem COFDM-Mesh-MIMO-System der Firma Broadcast Solutions an Bord 100 Mbit und mehr über Distanzen von mehr als 50 Kilometern übertragen werden

## RECHTLICHES

Auch LTA-Systeme sind natürlich an rechtliche Vorgaben gebunden, teilweise gibt es diesbezüglich aber auch Grauzonen. Dies mag daran liegen, dass die Gesetzgebung im Allgemeinen eher mit Blick auf die gängigeren Schwerer-als-Luft-Geräte erfolgt. Besonderheiten der LTA bleiben dabei leicht unberücksichtigt, weshalb etwa der VDI-Fachausschuss UAV (siehe **Drones** 3/2020) ausdrücklich die



Foto: Loon

Der Google-Mutterkonzern Alphabet Inc. setzte beim Forschungsprojekt Loon auf die „Lighter than air“-Technologie, um mit an Gasballonen befestigten, solargetriebene Relaisstationen eine Internet-Versorgung in abgelegene Gebiete zu bringen. Mittlerweile ist daraus ein eigenständiges Unternehmen innerhalb des Konzerns geworden



Foto: Vodafone

Vodafone und die Deutsche Telekom nutzen das unbemannte Luftschiff ALT AIR, um auf der IAA ihre 5G-Kooperation vorzustellen. Es kann mehrere Stunden ohne Unterbrechung fliegen, aus hunderten Kilometern Entfernung gesteuert werden und so beispielsweise in Unglücks- oder Katastrophenfällen wichtige Echtzeitinformationen übermitteln

Leichter-als-Luft-Technologie in seine Arbeit mit aufgenommen hat. Generell gilt als Faustregel: Überall dort, wo der Aufstieg mit einer herkömmlichen Drohne untersagt ist, darf auch der Aerostat nicht ohne Weiteres aufsteigen. Der einzige echte aber eben auch sehr wesentliche Unterschied besteht an dieser Stelle darin, dass Aerostaten nicht im selben Maße den Beschränkungen bezüglich des Aufstiegs über Menschen unterliegen.

Für reine Ballone gilt eine Seillänge von 30 m als genehmigungsfrei. Helikites sind in diesem Kontext dagegen als Drachen eingestuft. Dies erlaubt eine Seillänge von 100 m zum Aufstieg, ohne eine behördliche Aufstiegs Genehmigung beantragen zu müssen. Damit erreicht man eine tatsächliche Aufstiegshöhe von etwa 75 m. Mit dieser Flughöhe sind erfahrungsgemäß eine Vielzahl der Einsatzzwecke sehr gut abgedeckt. Größere Aufstiegshöhen bedürfen Aufstiegs erlaubnissen, die mit speziellen Auflagen versehen werden können. Grundsätzlich gilt aber, dass immer die Genehmigung des Grundeigentümers, von dessen Fläche aus man aufsteigt, vorliegen muss. Darüber hinaus gelten auch für LTA die Vorschriften und Verhaltensregeln wie bei anderen unbemannten Luftfahrzeugen.

## AUSBLICK

Der rechtliche Rahmen einerseits und die technischen Möglichkeiten andererseits machen es in einem engen Luftraum wie über Deutschland notwendig, dass Entwickler von Trägersystemen oder Nutzlasten wie auch Anwender und Behörden einen sicheren „Raum“ zum Testen erhalten. Aus diesem Grund steht das gerade im Aufbau befindliche Europäische Drohnenzentrum am Flugplatz Altenburg (siehe Bericht in **Drones** 3/2020) explizit auch Leichter-als-Luft-Anwendungen offen. Eine bislang einzigartige Situation in Deutschland, die die weitere Entwicklung fördern wird. Hält man sich vor Augen, dass bislang nicht einmal das Potenzial der heute bereits existierenden Produkte voll ausgereizt wird, ist schnell ersichtlich, warum die „alte“ LTA-Technologie derzeit schwer im Kommen ist.