

CiS Agrar-Drohne:

Fliegend leicht Biomasse erfassen

Wie viel Biomasse steht wo auf dem Schlag? Um das genau herauszufinden, müsste man seine Flächen eigentlich von oben betrachten oder besser noch fotografieren. Nur wie, wenn man selbst nicht fliegen kann? Der kleine Agrar-Flächenflieger mit Autopilot von CiS übernimmt das für Sie.



Für Ackerbauern steht im Frühjahr die Kontrolle ihrer Pflanzenbestände an. Zu entscheiden ist, wie viel Stickstoff wo gedüngt werden soll. Sind die Flächen groß und womöglich von der Bodenbeschaffenheit her sehr unterschiedlich, wird das Planen der pflanzenbaulich optimalen Düngergabe ohne technische Hilfsmittel schwierig, wenn nicht gar unmöglich. Hilfreich wären Informationen über Bodenartverteilung, das teilschlagspezifische Ertragspotenzial und die aktuelle Biomasseentwicklung auf dem Schlag.

Ausschließlich GIS-basierte Ertragskarten für eine teilflächenspezifische Düngplanung zu nutzen, ist nicht sinnvoll. Denn sie berücksichtigen weder die aktuellen Witterungsbedingungen noch die Wasserhaltefähigkeit des Bodens. In manchen Jahren ist der April kalt und nass, in anderen – das vergangene Jahr hat es gezeigt – kann er auch heiß und sehr trocken sein. Online-Sensoren erfassen zwar während des Düngens die aktuell vorhandene Biomasse des Bestandes. Aber sie regeln die Ausbringmenge unabhängig von Bodenart und Ertragspotenzial des jeweiligen Teilschlags (zumindest ist das bislang so). Will man bei der Düngplanung nicht nur die aktuelle Biomasse als Einflussfaktor nutzen, sondern – was eigentlich optimal wäre – gleichzeitig auch Boden- und Ertragskarten, dann kommt man (zumindest derzeit) nicht um ein absätziges Verfahren herum. Hierbei werden im ersten Schritt Daten georeferenziert aufgezeichnet und im zweiten

Die Agrar-Drohne von CiS lässt sich auch vom Modellflug-Laien sicher in die Luft bringen und wieder landen. Bestückt mit einer oder zwei Kameras erkundet sie die Flächen. Aus den Bildern lässt sich die Verteilung der Biomasse ermitteln. Fotos: Böhrnsen

Schritt in einem GIS-Programm ausgewertet, um schließlich einen Auftrag für die Düngung des Schlags zu erzeugen, der alle teilschlagspezifischen Parameter mit einbezieht. Am schnellsten lässt sich die Biomasse eines gesamten Schlags durch Fernerkundung erfassen. In Frage kämen hierfür auch Satellitenaufnahmen. Jedoch ist der Aufnahmezeitpunkt schlecht planbar.

Deshalb setzt die CiS GmbH aus Rostock auf ein kleines und leichtes Modellflugzeug aus Elapor, einem Styropor-ähnlichen, aber deutlich stabileren Material. Das Flugzeug vom Typ Multiplex EasyGlider Pro mit 1,80 m Spannweite und rund 900 g Gewicht gibt es auch im Modellflugzeug-Handel zu kaufen, aber nicht in der Ausstattung wie CiS es anbietet. Die Agrar-Drohne von CiS

ist mit einem Autopilot ausgestattet, der auch starten und landen kann. Mit Digitalkamera, Akku und Elektronik an Bord wiegt das Flugzeug maximal nur 1,8 kg.

Bislang setzten sich Modellflugzeuge für die Erkundung von landwirtschaftlichen Flächen unter anderem deshalb nicht durch, weil für das Starten und Landen ein geübter Modellflugzeug-Pilot erforderlich war. Dieser musste das Flugzeug manuell gesteuert auf Flughöhe bringen – dort konnte dann der Autopilot übernehmen. Und landen musste man ebenfalls mit Handsteuerung. Außerdem war beim Starten eine zweite Person notwendig. Diese musste gut Anlauf nehmen und das rund 5 kg schwere Fluggerät in die Luft werfen. Damit war die Technik bislang nichts für jedermann.

en zur Agrar-Drohne aufgerüsteten EasyGlider können jetzt auch Ungeübte fliegen. Die CiS GmbH hat einen selbst entwickelten Autopiloten in das Cockpit gebaut, der sofort das Ruder übernimmt, sobald das Flugzeug in der Luft ist. Das Einzige, was der Pilot am Boden tun muss, ist, den Motor auf Touren bringen und den Flieger in die Luft werfen. Das ist nicht besonders schwierig, weil das Flugzeug mit seinem geringen Gewicht ohne weiteres mit einer Hand gehalten werden kann. Eine zweite Person ist also für den Start nicht erforderlich. Anschließend schraubt sich das kleine Flugzeug in Kreisen von selbst auf die geplante Flughöhe. Ideal ist für die Fotos aus der Luft eine Höhe von 300 bis 400 m. Außerdem kann man in dieser Höhe das Flugzeug vom Boden aus noch einigermaßen gut am Himmel fliegen sehen. Dazu am besten eine Sonnenbrille aufsetzen und das Flugzeug nicht allzu lange aus den Augen lassen. Sonst wird das Erkennen des kleinen Fluggeräts schon eher schwierig.

Übrigens, ohne extra Freigabe dürfen Modellflugzeuge bis 5 kg im unkontrollierten Luftraum bis 762 m Höhe fliegen. Sobald die Agrar-Drohne ihre vorgegebene Flughöhe erreicht hat, begibt sie sich automatisch auf die ebenfalls vorgegebene

zeitig an Bord, oder man plant zwei Befliegungen ein (eine für die Echtfarbbilder und eine für die NIR-Bilder). Beide Kameras sind handelsübliche Digitalkameras mit mindestens 12 Megapixel Auflösung. Eine davon muss für die Nahinfrarot-Aufnahmen etwas modifiziert werden. Dazu baut CiS den normalerweise in Digitalkameras integrierten Infrarot-Sperrfilter aus und einen Infrarot-Durchlassfilter in die Optik der Kamera ein, der nur das Licht mit Wellenlängen im NIR-Bereich durchlässt.

Die Flugroute für den Autopiloten kann man vorab am Büro-PC vorbereiten, indem man mithilfe des zum Gesamtpaket gehörenden Programms „UAV Agri Mobile“ schon mal die zu überfliegende Fläche auswählt und markiert (die Abkürzung UAV steht für Unmanned Aerial Vehicle, was so viel heißt wie unbemanntes Fluggerät). Hilfreich ist, dass in das Programm die Feld-



Das Modellflugzeug vom Typ Multiplex EasyGlider Pro ist mit einem 4-Hz-GPS-Empfänger ausgestattet.

grenzen aus einem anderen GIS-Programm und Luftbilder als Hintergrundbild (z. B. aus Google Earth oder vom Landesvermessungsamt) hineinladbar sind. Die Flugroute wird automatisch auf Basis der Vorgaben für die Flughöhe über Grund sowie den horizontalen Bildwinkel, die Überlappung und das Auslöseintervall der Kamera festgelegt. Allerdings muss man für die endgültige Route einschließlich Start und Landung unbedingt die Windrichtung berücksichtigen. Und das geht nur vor Ort.

Gestartet und gelandet werden muss – wie mit einem echten Flugzeug – gegen den Wind. Außerdem sollte das Flugzeug für die Kameraaufnahmen die Fläche ebenfalls gegen den Wind überfliegen. Dann macht die Kamera die besten Aufnahmen. Bei Seitenwind – das kann man sich denken – würde das Flugzeug zu unruhig in der Luft liegen. Auch Rückenwind lässt das leichte Modell-

flugzeug in der Luft hin- und hertanzen, so dass die mit dem Wind aufgenommenen Bilder wenig brauchbar sind. Sie werden später vor dem Zusammenfügen der Einzelaufnahmen aussortiert.

Sobald die aktuelle Windrichtung vor Ort in das Routenplanungsprogramm eingegeben ist, wird eine Flugroute mit Start- und Lan-



Die gesamte Elektronik ist im Cockpit der Agrar-Drohne untergebracht. Der Autopilot nutzt einen elektronischen Kreiselkompass und kann damit sogar starten und landen.



In den Laderaum passen der Akku und die Kamera exakt hinein. Auf Wunsch bietet CiS auch eine Schale für zwei Kameras an. Auf der stabilen Schale landet das Flugzeug auch.

depunkten vorgeschlagen. Die Start- und Landepositionen lassen sich dann noch sehr einfach verschieben. So kann man das kleine Flugzeug z. B. auf einer benachbarten Wiese landen lassen, wo der Untergrund möglichst eben ist. Maulwurfshaufen oder tief ausgefahrene Fahrspuren im Acker wären eher ungünstig für eine sanfte Landung.

Das Flugzeug hat kein Fahrwerk, sondern landet auf der Plastikschaale am Bauch. In der Schale sind die Kamera und der Akku untergebracht. Normalerweise ist beides darin gut geschützt. Die Schale ist stabil und bricht nicht, auch wenn die Bauchlandung mal etwas unsanfter ist. Mit der Landung beginnt der Autopilot erst, nachdem er das kleine Flugzeug durch Fliegen von Kreisen bis auf etwa 35 m Flughöhe heruntergeschraubt hat. Je nach Windstärke kann das eine ganze Weile in Anspruch nehmen. Denn Gegenwind drückt das Flugzeug unter Umständen

Route. Das Flugzeug fliegt Bahn für Bahn die Fläche ab. Währenddessen betätigt eine Automatik alle paar Sekunden den Auslöser der im Flugzeugbauch installierten Kamera.

Um auf Basis der Luftbilder den Biomasse-Index NDVI (Normalisierter Differenzierter Vegetationsindex) berechnen zu können, sind zwei Aufnahmevarianten erforderlich. Zusätzlich zu den normalen Echtfarbbildern benötigt man Nahinfrarot-Aufnahmen von der Fläche. Deshalb fliegt die Agrar-Drohne von CiS entweder mit zwei Kameras gleich-

immer wieder nach oben. Der Wind sollte nicht zu stark sein. Denn bei starkem Wind (über Windstärke 4) hat der 350 Watt starke Elektromotor arg zu kämpfen, und der 11-V-Akku wäre zu schnell leer.

Auch wenn die Agrar-Drohne vollständig autonom startet, die Route abfliegt, zum Landepunkt zurückkehrt und landet, darf der „Pilot“ bei der Vorbereitung des Fluges nicht schludern. Wichtig ist, vor dem Start alle Funktionen zu checken: Läuft der Motor, lässt sich der Propeller auf Touren bringen, reagieren die Höhen- und Seitenruder? Und keinesfalls vergessen darf man, sich zu vergewissern, ob der Autopilot GPS-Emp-

fang und Funkkontakt zur Bodenstation hat. Vor dem Start muss die Flugroute übergeben worden sein. So ist gewährleistet, dass das Flugzeug weiter auf dem geplanten Kurs bleibt, selbst wenn die Bodenstation oder die Fernbedienung ausfällt. Theoretisch wäre auch während des Fluges noch eine Änderung der Flugroute möglich. Doch empfehlenswert ist dies eher nicht.

Als Bodenstation dient ein handelsüblicher Laptop, der jedoch nicht im Lieferumfang enthalten ist. An die Rechnerleistung wird während der Flugüberwachung und der Flugdatenspeicherung kein besonderer Anspruch gestellt, so dass hier ein 1,6-GHz-Prozessor (z.B. Intel Atom) und 1 GB Speicher völlig ausreichen. Über eine Funkverbindung überträgt die Bodenstation die

herausgetragen werden, leitet der Autopilot sofort die Rückkehr zum Landeplatz ein. Dort zieht das Flugzeug dann Warteschleifen, bis der Pilot am Boden das Kommando zum Fortsetzen der Routenführung oder aber zum Landen gibt.

Sicherheitshalber leitet der Autopilot die Landung von selbst ein, wenn die Spannung des 11-V-Akkus unter 9,8 Volt fällt.

Außerdem kann der Pilot mit der Funkfernbedienung jederzeit manuell eingreifen, um die Agrar-Drohne mit der Home-Taste zum Landeplatz zurückzuholen, oder um das Ruder im so genannten halbautomatischen Betrieb zu übernehmen. Halbautomatisch heißt, dass er mit der Fernbedienung zwar die Flugrichtung bestimmt, der Autopilot ihn aber bei seinen Flugmanövern weiterhin unterstützt.

DATENKOMPASS

CiS Agrar-Drohne

Das Fluggerät

Typ	Multiplex EasyGlider Pro
Material	Elapor
Gesamtgewicht	maximal 1800 g
Gewicht mit Elektronik	1000 g
Zuladung	maximal 800 g
Spannweite	1,80 m
Fluggeschwindigkeit	17 bis 20 m/s
Flugzeit	bis 60 min
Flughöhe	300 bis 700 m
Elektromotor	350 Watt
Akku	Lithium-Polymer, 11 V, 3 200 mAh (4900 mAh optional)

Der Autopilot

Hersteller	Eigene Entwicklung auf Basis von Paparazzi Autopilot
Gewicht	27 g
Maße	50 mm x 50 mm x 15 mm
Prozessor	32-bit, 512KB ROM, 32KB RAM
Sensoren	Inertial Measurement Unit (IMU) mit 3 Drehratensensoren, 3 Beschleunigungssensoren, 3 Magnetsensoren (optional); Luftdrucksensor (optional)
GPS-Empfänger	4 Hz
Datenfunk	Reichweite 1 bis 6 km, Frequenz 2.4 GHz, Übertragungsrate 57.6 kB/s
Bodenstation	Laptop z.B. (Intel Atom 1.6 GHz, 1 GB RAM), Telemetrie-Sender
Software	UAV Agri Mobile

Die Kamera

Typ	Casio EXILIM EX-Z800
Auflösung	14,1 Megapixel
Gewicht	138 g
Preis ohne MwSt. ¹⁾	7 000 €

¹⁾Preis für Fluggerät mit CiS-Autopilot und Software UAV Agri Mobile. Der Laptop ist nicht im Preis inbegriffen.

Für den Start muss man das Flugzeug mit einer Hand in die Luft werfen, während man gleichzeitig an der Fernbedienung den Startknopf drückt. Sofort zieht das Flugzeug nach oben.



Flugroutendaten und empfängt die aktuellen GPS-Positionsdaten des Flugzeuges sowie zusätzliche Informationen wie Neigungswinkel, Flugrichtung, Foto-Auslösezeitpunkt und Bildname.

Am Bildschirm kann man die aktuelle Position der Agrar-Drohne in einer grafischen Darstellung verfolgen. Außerdem bekommt man am Bildschirm des Laptops die aktuellen Daten über den Akkuladestatus, die Flughöhe und die Fluggeschwindigkeit über Grund angezeigt. Wer möchte, kann sich die Daten mit den wichtigsten Informationen auch auf ein Smartphone übertragen lassen.

Selbstverständlich sind für „Notfälle“ in den Autopiloten verschiedene Funktionen eingebaut. Das Routenplanungsprogramm legt um die zu befliegende Fläche einen Sicherheitskreis, der 150 m vom äußersten Punkt der zu befliegenden Fläche entfernt ist. Alle Punkte der Befliegung, einschließlich Start, Wendemanöver in der Luft und Landung müssen innerhalb dieses Kreises liegen. Sollte das Flugzeug z. B. wegen zu starkem Wind aus der Sicherheitszone

Der im Cockpit eingebaute elektronische Kreiselkompass registriert jede Lageänderung des Flugzeuges. Er misst die Beschleunigung auf drei Achsen und dient dadurch als sehr sensibler und zuverlässiger Gleichgewichtssensor. Der Autopilot kann mit Hilfe dieses Sensors die Fluglage stabilisieren, so dass sich das Flugzeug niemals auf den Rücken dreht oder herunterfällt. Im halbautomatischen Betrieb fliegt das Flugzeug außerdem immer geradeaus weiter, solange vom Boden aus kein Befehl zur Richtungsänderung kommt – egal woher der Wind weht.

Die sonst im Modellbau üblichen Flughilfen reagieren auf den Temperaturunterschied zwischen Erde (warm) und Himmel (kalt). Diese Methode ist für eine Stabilisierung der Fluglage weniger zuverlässig, weil bereits hohe Luftfeuchtigkeit oder Regen das ganze System durcheinanderbringen können.

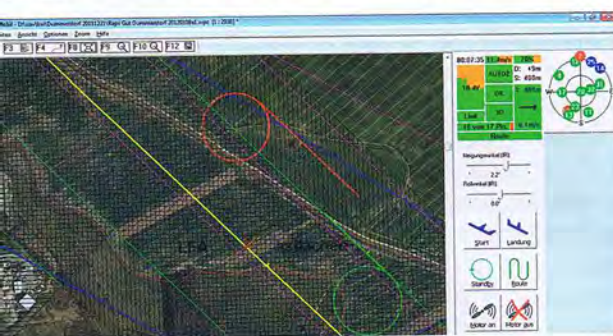
Die Kamera speichert die Luftbilder auf einer SD-Speicherkarte. Das ist erst mal nichts Besonderes. Die Speicherkarte sollte aber mindestens 2 GB Speicherplatz bieten.

essant ist dann wieder, wie die vielen
elbilder zu einem Gesamtbild und
eßlich zu einer georeferenzierten Bio-
sekarte werden. Dazu liest man zu-
st die Bilder am Büro-PC in das Pro-
am UAV Agri Mobile ein. Über die
amen lassen sich die Fotos mit den Da-
us dem Flugprotokoll verknüpfen. An-
eßend müssen die Fotos selektiert wer-
die für das Zusammenfügen zu einem
ramabild geeignet sind. Alle Bilder mit

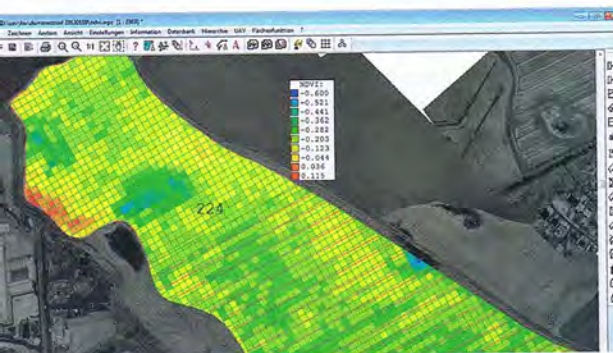
Bei dem so genannten **Stitching** (engl. **Zu-
sammennähen**) von einzelnen Bilder zu
einem großen sucht das Bildverarbeitungs-
programm nach gleichen Pixel-Mustern.
Überall dort, wo Bruchkanten und Farbüber-
gänge gleich sind, werden die Fotos anein-
andergedlickt. Ein Belichtungsausgleich sorgt
dafür, dass man die einzelnen Fotos nicht
mehr erkennt. Fertig sind die Gesamtluf-
bilder vom überflogenen Schlag, einmal als
Echtfarbbild und einmal als NIR-Aufnahme.



*Die Flugroute kann man
am Büro-PC vorplanen,
indem man die Fläche
kennzeichnet und die
Flugparameter vorgibt.
Vor Ort muss dann noch
die Windrichtung be-
rücksichtigt werden.*



*Auf dem Bildschirm der
Bodenstation lässt sich
der Flug überwachen. Zu
sehen sind hier der
Startkreis (grün) und die
Landeschleife (rot)
sowie die aktuelle Flug-
bahn (gelb) und die
Position des Fliegers
(kleines rotes Flugzeug).*



*Das Endergebnis der
Befliegung und der
anschließenden Bild-
bearbeitung ist eine
Biomassekarte, die den
Biomasse-Index NDVI
darstellt. Die Karte lässt
sich z. B. für eine teil-
flächenspezifische
Düngung nutzen.*

ckenwind sowie die Bilder von Start, Lan-
g und Wendemanövern werden verwor-
. Das Selektieren der Bilder soll zukünf-
automatisch erfolgen. Noch ist hier ein
nig Handarbeit notwendig. Das Zusam-
nfügen der verwertbaren Bilder funkti-
ert wie bei einem „Panorama-Maker“, der
s einzelnen Fotos ein Panoramabild ma-
en kann. Wer selbst schon mal z. B. im Ur-
b Panorama-Landschaftsaufnahmen ge-
acht hat, wird eine Ahnung davon haben.

Im nächsten Schritt muss nun nur noch die
Georeferenzierung korrigiert werden. Denn
die mit den Aufnahmen verknüpften Posi-
tionsdaten stimmen nicht genau. Einerseits,
weil die GPS-Daten vom 4-Hz-GPS-Empfän-
ger in der Agrar-Drohne relativ ungenau sind.
Und andererseits auch deshalb, weil sich die
Verzerrung der Bilder nicht vollständig her-
ausrechnen lässt. Der Neigungswinkel des
Flugzeugs während der Fotoaufnahmen wird
zwar protokolliert. Aber die Messung ist nicht

so exakt, wie sie für eine korrekte Geo-
referenzierung sein müsste.
Deshalb legt man im Nachhinein das Luft-
bild über ein bereits exakt georeferenzier-
tes Vermessungsbild, sucht sich geeignete
Ecken bzw. Punkte in der Fläche des Luft-
bildes und bringt diese mit dem Vermes-
sungsbild in Deckung. Das alles ist mit der
zur Agrar-Drohne gehörenden Software
„UAV Agri Mobile“ möglich.

Auch der nächste Schritt, das Erzeugen der
georeferenzierten Biomassekarte, welche
den Biomasse-Index NDVI teilschlagspezi-
fisch darstellt, ist mit der PC-Software „UAV
Agri Mobile“ möglich. Die Größe des Rasters
ist variabel, und lässt sich in Richtung der
Fahrgassen ausrichten.

Der Büro-PC muss übrigens für die Bildbe-
arbeitung einiges an Rechnerleistung bieten.
Deshalb sollte er mit einem leistungsfähigen
Prozessor (z. B. Intel Core i7) und 4 GB Spei-
cher ausgestattet sein.

Die fertige Biomassekarte kann man als Sha-
pe-Datei in ein vollwertiges Agrar-GIS-Pro-
gramm übergeben, um mit ihrer Hilfe
Aufträge für eine pflanzengerechte und teil-
schlagspezifische Düngung oder den Pflan-
zenschutz zu planen. Die CiS GmbH bietet
dafür ihr Programm namens ADAM an. Aber
auch eine Weiterverarbeitung der Daten in
GIS-Programmen anderer Agrarsoftware-
Hersteller ist möglich.

Fazit: Der Agrar-Flächenflieger von CiS
wiegt nicht nur wenig, sondern ist auch von
ungeübten Modellflugzeug-Piloten leicht zu
fliegen. Der Autopilot mit GPS und Kreisel-
kompass übernimmt sogar den Start und die
Landung. Mit bis zu zwei Digitalkameras an
Bord nimmt die Drohne Echtfarbbilder und
NIR-Bilder aus der Luft auf. Im Ergebnis lie-
fert das System Biomassekarten, die sich in
jedem Agrar-GIS-Programm für die Planung
von Düngungs- und Pflanzenschutzmaß-
nahmen nutzen lassen.

Einschließlich einer Kamera sowie der Soft-
ware für Routenplanung und Bildverarbei-
tung, aber ohne Laptop für die Flugüber-
wachung kostet die CiS Agrar-Drohne rund
7000 Euro ohne MwSt. Alternativ bietet die
CiS GmbH die Flächenbefliegung und das
Erstellen der Biomassekarten bis hin zur
Düngeplanung auch als Dienstleistung an.

Anja Böhrnsen

Hersteller:

CiS GmbH
18182 Bentwisch
Telefon: 03 81/6 30 27 00
www.cis-rostock.de