Leichtgewichte für harte Aufgaben

Einsatz von Ultraleichtflugzeugen in der Fernerkundung

Günther Winkler

Ob als Bausatz oder fertig montierte Maschine, die technische Ausstattung von Ultraleichtflugzeugen hat mittlerweile ein so hohes Niveau erreicht, dass auch die Zahl der Einsatzmöglichkeiten stetig wächst. Wieso sollen die hochmodernen Maschinen also nicht auch Aufgaben in der Fernerkundung übernehmen? Die Vor- und Nachteile wollen gut abgewogen sein, doch unter dem Strich können Ultraleichtflugzeuge eine interessante und kostengünstige Alternative zu ihren größeren Geschwistern sein.

Der deutsche Geograf Carl Troll definierte Ende der dreißiger Jahre des 20. Jahrhunderts in seinem Artikel „Luftbildplan und ökologische Bodenforschung" den Begriff Landschaftsökologie. Er verstand darunter das funktionale Gliedern von Landschaftsbestandteilen in die beiden Vorzugsrichtungen vertikal und horizontal, um dadurch Aussagen zu den Funktionen von Teilkomplexen, also ihrem „Zweck im Raumgefüge", treffen zu können. Interessanterweise gelangte er zu dieser raumanalytischen Betrachtungsweise über die Auswertung von Luftbildern. Ökosystemforschung und Umweltfernerkundung entstanden im deutschsprachigen Raum also zeitgleich.

Flaschenhals Datenerfassung

Die umwelt- und geowissenschaftlichen Institute der meisten Hochschulen haben heute großzügig ausgestattete Labore mit Gesteinszertrümmerungsmaschinen, Schleifautomaten, Trockenkammern, Elektronenmikroskopen, Refraktoren und dergleichen mehr. Seit Beginn der digitalen Revolution standen (und stehen teilweise immer noch) jährlich fünf- und sechsstellige Beträge für Computer-Hard- und Software sowie deren Betreuung zur Verfügung. Gemessen an der potenziellen Leistungsfähigkeit der Labore und der Rechenpools, den personellen Kapazitäten sowie am hohen wissenschaftlichen Anspruch erscheint es höchst verwunderlich, dass die universitäre Datenpipeline ihren Flaschenhals schon am Einfüllstutzen hat: Es gibt keine primärdatenerhebenden Fernerkundungssysteme, zumindest nicht in einer finanzierbaren Kategorie und in ausreichender Anzahl. Dabei wäre heute ein Messfluggerät mit Navigationssoftware und Kameraausstattung für einen Bruchteil des Beschaffungswerts der „großen" Systeme an die Hochschulinfrastruktur anzugliedern. Den professionellen Befliegungsfirmen wäre andererseits eine Gelegenheit aufgezeigt, derartige Systeme als kostensenkende, überlebensfördernde Ergänzung für den Übergang in die Ära der volldigitalen, leichtgewichtigen Datengewinnung zu nutzen.

Moderne Flugzeuge in Leichtbauweise

Weltweit existieren derzeit etwa 230 verschiedene Entwürfe für Ultraleichtflugzeuge (UL), die abflugbereit zu erwerben sind. Weitere 150 Konstruktionen sind als Plan oder als Bausatz im Angebot. Die Zahlen beziehen sich auf dreiachsgesteuerte UL, das heißt auf Flugapparate, die um alle drei Raumachsen wie normale Flugzeuge lenkbar sind. Würde man UL-Hubschrauber, Tragschrauber (Autogiros), Trikes und Paraplanes (Trikes mit Gleitschirm als auftriebserzeugende Fläche) hinzuzählen, so käme man auf mehr als 580 verschiedene Entwürfe. Allein der Deutsche Aero Club hat bis Ende 1999 mehr als 12 500 UL-Lizenzen ausgestellt, und jährlich kommen in Deutschland etwa 200 hinzu. Die Gründe für diesen Trend mit ungebremster Dynamik sind einfach: die durchschlagendsten Innovationen im Sektor Flugzeugtechnik stammen von UL-Herstellern. Ein wesentlicher Aspekt ist die Verwendung preiswerter Massenmarktkomponenten. Besonders transparent lässt sich dieser Ansatz im Bereich eines Kernproblems der Luftfahrt aufzeigen, der Antriebstechnik.

Technischer Fortschritt

Ausgehend von den USA zielte die Idee des UL ursprünglich auf bloße Gewichtseinsparung ab. Resultat waren jene Vehikel, deren Antrieb man 20 Jahre später noch immer verständnislos herabwürdigt. Spätestens seit die UL in Europa Verbreitung gefunden haben, lösten moderne PKW- oder Motorradmotoren die unzuverlässigen und lärmenden Zweitaktmotoren ab. Die Flugzeuge verfügen damit über digitale Zündung, elektronische Benzineinspritzung, Flüssigkühlung, Turboaufladung, Katalysator, Propelleruntersetzungsgetriebe und dergleichen mehr. Die Leistungsausbeute stieg durch solche Ausstattungsmerkmale stark an, obwohl die Lärm- und Schadstoffemissionen zurückgingen. Die Gesamtkosten sanken durch die gute Ersatzteilversorgung mit einer großräumigen Logistik, die die Betreiber sol-

cher Flugzeuge nicht direkt mitzufinanzieren haben. So entstanden hochmoderne, sichere Maschinen, die ihren großen Vorbildern in ihrer Leistung häufig in nichts nachstehen, aber in der Anschaffung nur gut die Hälfte kosten. Doch neben dieser Entwicklung der Fluggeräte spricht eine Reihe weiterer Argumente für deren baldigen Einsatz in der Fernerkundung.

Satellitenortung als Basis für die Umweltforschung

Ab Mitte der 90er Jahre des vergangenen Jahrhunderts breitete sich die Satellitenortung (GPS) von der Geodäsie her rasch auf die meisten Disziplinen der Umwelt- und Raumwissenschaften aus. Bedeutsam sind hierbei vor allem drei Tatsachen:

1. Vom historischen Standpunkt her gesehen brachte das weltweite geodätische System (WGS) erstmals eine weltweite Vereinheitlichung. Mittel- und langfristig betrachtet wird es so immer einfacher werden, Primärdaten direkt und unkompliziert auszutauschen. Dies ist besonders für die geografische Grundlagenforschung (ökosystemare Prozessforschung) relevant.
2. Es steht bereits jetzt eine breite Palette von leistungsfähigen und preisgünstigen Handheld-Geräten zur Verfügung, die im Durchschnitt Absolutgenauigkeiten von weniger als zehn Metern liefern.
3. Es sind Entwicklungen im Gange, die Differential GPS (DGPS) in kurzer Zeit zu einem Quasi-Standard machen werden, und das weltweit, in Echtzeit und kostenlos (European Geostationary Navigation Overlay System – „EGNOS").

Anleihe aus dem Maschinenbau

In der Maschinenbauindustrie ist ein weiterer Trend wahrnehmbar, die zunehmende Verbreitung von Trägheitssensoren (IMU – Inertial Measuring Units). Sie funktionieren nach dem Prinzip der mechanischen Trägheit von Kreiseln. Werden die Sensoren mit entsprechender Software versehen, die deren Auslenkungen in Winkelangaben umsetzt, so spricht man von Trägheitsplattformen (INS – Inertial Navigation System).
INS hat den Vorteil, dass es ein völlig störsicheres, autonomes Verfahren ist. Neben Industrierobotern eignet sich die Technologie für die Verkehrsflugzeugnavigation. Ursprünglich entstammt sie der militärischen Navigation und dem Bereich Feuerleitsysteme. Heute drängen die ersten zivil adaptierten Stabilisierungen auf den Markt, die Sensormassen bis etwa drei Kilogramm mit einer Genauigkeit von etwa 0,1 Grad genau ausrichten können. Gekoppelt mit einem Flight-Management-System lassen sich diese meist weniger als 35 Kilogramm schweren Plattformen in der Luft sehr präzise positionieren.

„Le Scub", ein geländetauglicher französischer Entwurf der Firma Aéro Kuhlman, für den serienmäßig Schwimmer und Skier angeboten werden und der mit einem Faltmechanismus einfach transportfähig wird. Das Lösen von nur vier Haltebolzen reicht aus, um das Flugzeug in weniger als fünf Minuten komplett verladbar abzurüsten.

Rasante Entwicklung der Informationstechnologie

Eine noch grundlegendere Entwicklung ist die Revolution, die die Einführung von Computern mit sich gebracht hat. In diesem Kontext sind drei Aspekte entscheidend.
Erstens ist es heute bereits möglich, aus einer fast unübersehbaren Vielzahl von Industrielösungen so genannte Single-Board- beziehungsweise Embedded Computer auszuwählen und so einen Rechner aufzustellen, der mit der Größe einer Zigarettenschachtel die Funktionalität einer Workstation oder eines Internetservers bietet. Einfache, passiv gekühlte Systeme beinhalten heute leistungsfähige Prozessoren und ein NT-Betriebssystem, das nicht einmal auf einer empfindlichen, rotierenden Festplatte sitzen muss. Lediglich der Anschluss von notwendigen Ein-Ausgabe-Geräten macht diese Rechner „unhandlich". Darauf basierende „Wearable Computers" dürften, ergonomisch angepasst, gerade die Logistik- und Instandhaltungsindustrie erobern. Ihr bestechendstes Merkmal, ein brillenartiges „Eye Shutter Glas"-Display als Monitorersatz, wird auch für die Anwendung im Flugzeug interessant werden.
Eine zweite wichtige Beobachtung im Bereich Computerisierung gilt der Softwareentwicklung. Im Jahr 2001 scheint diese in allen Wirtschaftssparten abgeschlossen zu sein. Applikationen und Algorithmen sind tausendfach umgesetzt worden. Für den relativ jungen Entwicklungsbereich „Digitale Photogrammetrie" existieren weltweit nicht weniger als 25 Hersteller mit eigenständigen Produkten.
Daher sollte schließlich drittens darauf hingewiesen werden, dass die Informationsvernetzung und fortschreitenden Digitalisierung eine ganz wichtige Tür in eine neue Dimension aufgestoßen haben: fortlaufend ent-

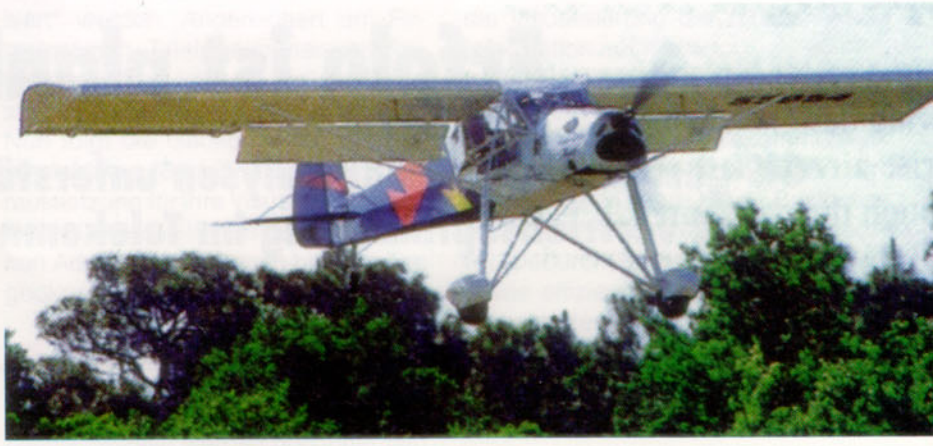
stehen Normsysteme, die eine Interkonnektivität und Kompatibilität von Einzelkomponenten in einer noch nie dagewesenen Art und Weise ermöglichen. USB, IEE1394 (Firewire), TCP/IP und eine ganze Palette moderner Speichermedien mögen dafür stellvertretend genannt sein.

Geänderte Rahmenbedingungen

Die Betrachtung der Kameras soll die Indizienkette abschließen. Ein professionelles Luftbildaufnahmesystem wiegt etwa 120 bis 190 Kilogramm. Gebrauchte Systeme sind knapp unter siebenstelligen DM-Beträgen erhältlich. Hauptsächlich entwickelt wurden diese Reihenmesskammern in den Zeiten vor dem Satellitenboom der 70er Jahre des vorigen Jahrhunderts. Ihr Einsatzzweck war die flächendeckende Primärdatengewinnung für die photogrammetrische Herstellung topografischer Kartenwerke. Aus diesem Einsatzbereich werden diese Kameras allmählich durch hochauflösende Satelliten verdrängt. Das belegen weltweit rückläufige Zahlen der Flottengrößen von Luftbildunternehmen.
Überleben werden diese Unternehmen aber mit Sicherheit, da es auf der Hand liegt, dass die Satelliten in absehbarer Zukunft die allseits gewünschten geometrischen Auflösungen nicht erbringen werden können. 80 Prozent der zukünftigen Märkte werden unter einem Meter geometrischer Bodenpixelauflösung liegen – Luftbilder erreichen mühelos Subdezimeter.

Preisgünstige Lösungen in Sicht

Fieberhaft wird nach der Lösung für digitale Systeme des 21. Jahrhunderts gesucht – und dabei wird häufig übersehen, dass sich ändernde Rahmenbedingungen vielleicht auch eine ganz andere Herangehensweise an das Problem erfordern.
Landesweite Color-Infrarot (CIR)-Befliegungen sind kaum noch finanzierbar. Der Fokus verschiebt sich ganz offensichtlich hin zu projektbezogener Datenerhebung mit räumlich und zeitlich enger begrenztem Rahmen. Schlagworte dafür wären „On-Demand"- und „Just-in-Time"-Produktion hochaufgelöster Geodaten.



Der australische „Storch MK4" der Firma Slepcev Aircraft Industry ist ein extrem geländetaugliches und robustes UL-Flugzeug. Es dürfte – getreu seinem Vorbild aus den 30er Jahren von Gerhard Fieseler – den Weltrekord für die Minimalfluggeschwindigkeit halten: 27 Kilometer pro Stunde!

Die Vorteile liegen auf der Hand. Statt der oben genannten Kameras sind klein- und mittelformatige Kameras mit Negativgrößen von 24 mal 36 Millimeter oder sechs mal sechs Zentimeter und weniger als zwei Kilogramm Masse einsetzbar. Für diese Formate sind in fast jedem Fotofachgeschäft alle Arten von Filmtypen erhältlich: schwarzweiß, color, schwarzweiß-infrarot, color-infrarot und für 70 Millimeter und Kleinbild sogar Filme mit der „originalen" SO-358 Luftbildqualität.
Inertialsysteme repräsentieren dabei die Schlüsseltechnologie: sie ermöglichen es bereits heute, eine CCD-Kamera zu stabilisieren, auszulösen und die gewonnenen Bilddaten automatisch zu georeferenzieren. Damit wird die Flächenleistung prinzipiell unabhängig von der Sensorgröße und bleibt lediglich durch das Speichermedium begrenzt.
Komplettsysteme werden dabei um den Faktor fünf bis 20 preiswerter sein als alle bisherigen Lösungen und werden völlig neue Qualitäten in der Anwendung mit sich bringen. Da alle technischen Teillösungen separat funktionsfähig zur Verfügung stehen, ist es nur eine Frage der Zeit, bis die ersten Komplettlösungen auftauchen werden und Universitäten und andere Forschungseinrichtungen ihre Luftbilder auf preisgünstigem Weg beschaffen können.

Erste Praxistests in Sicht

Seit Februar 1997 entsteht an der Universität Potsdam in Kooperation mit den Forschungseinrichtungen Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung (ZALF) in Müncheberg und dem Geoforschungszentrum Potsdam ein ultraleichtes Umwelt-Messflugzeug. Im vergangenen Jahr kam durch einen Dienstortwechsel des hauptbetreuenden Hochschullehrers (Prof. Dr. Hans-Rudolf Bork) die Universität Kiel als weiterer Partner hinzu.
Basis dafür ist ein modifizierter einsitziger, ultraleichter Motorsegler in klassischer Holz-Gemischtbauweise vom Typ ULF-2 (Konstrukteur: Dipl.-Ing. Dieter Reich/München). Er soll als Proof-of-Concept-Erprobungsträger für die volldigitale, multisensorielle und multispektrale Fernerkundung zur flexiblen Erfassung lokaler Umweltzustände dienen. Derzeit beginnt die Flugerprobungsphase, an die eine bedarfsgerechte Meßtechnik-Integrationsphase anschließen wird.

Autor

Diplom-Geoökologe Günther Winkler ist Doktorand in der Fachabteilung für Ökotechnik und Ökosystementwicklung der Uni Kiel

Christian-Albrechts-Universität Kiel
Ökologie-Zentrum – Fachabteilung für Ökotechnik und Ökosystementwicklung
Olshausenstraße 100
24106 Kiel
Tel.: 04 31/8 80-15 02
E-Mail: winkler@ecology.uni-kiel.de
www.ecology.uni-kiel.de