

Einsatz von Flugmodellen für agrochemische Arbeiten in der Landwirtschaft

Dozent Dr. habil. K. Böhl, KDT/Dipl.-Ing. U. Bätz
Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Sektion Mechanisierung der Pflanzenproduktion

Einleitung

Gegenwärtig gibt es in einigen Ländern Bestrebungen, das aviotechnische Ausbringen von Agrochemikalien durch den Einsatz von Flugmodellen bzw. bemannten Kleinflugzeugen kostengünstiger zu gestalten und damit auch Kleinflächen aviotechnisch behandeln zu können. Im Jahr 1982 kam in der ČSSR ein mit einem Piloten besetztes Ultraleichtflugzeug zum Einsatz. Es hat nylonbespannte deltaähnliche Tragflächen mit einer Spannweite von 10 m und kann 100 kg Agrochemikalien oder Saatgut laden. Die Arbeitsgeschwindigkeit beträgt 30 bis 50 km/h und die Arbeitshöhe 2 bis 3 m. Als Triebwerk wird ein Pkw-Motor verwendet. Für Start und Landung reichen 20 bis 40 m auf einer ebenen Grasfläche [1]. Ein ähnlicher Typ wurde im Jahr 1983 unter der Bezeichnung „Riesenlibelle“ auf der Landmaschinenausstellung in Paris vorgestellt. Es werden Arbeitsleistungen von 20 ha/h beim Ausbringen von Fungiziden und von 40 ha/h bei Insektiziden genannt [2]. Im Jahr 1984 kam auch in Bulgarien ein von der Landwirtschaftlichen Hochschule Plowdiw entwickeltes Ultraleichtflugzeug mit einem 15-kW-Motor und einer Zuladung von 150 kg unter der Bezeichnung „Agriplan-Ikar“ zum Einsatz [3].

Demgegenüber gibt es Entwicklungen von unbemannten ferngesteuerten Flugmodellen in der UdSSR und in Großbritannien mit einer Zuladung von 5 bis 20 kg. Sie haben eine Spannweite von 1,50 bis 5,00 m, und die Arbeitsgeschwindigkeiten betragen 60 bis 100 km/h. Erreicht werden Flächenleistungen von 100 ha/h beim Verteilen von Kokons der Schlupfwespen [4] bzw. von 150 ha in einer 8-Stunden-Schicht beim Verteilen von Agrochemikalien mit einer Aufwandmenge von 10 l/ha bei nur 10% der Kosten gegenüber Agrarflugzeugen [5].

Diese Mitteilungen waren der Ausgangspunkt für die Erprobung des Einsatzes von funkfern gesteuerten Flugmodellen für agrochemische Arbeiten in der Landwirtschaft der DDR. Hierzu waren jedoch zunächst einige flugtechnische Probleme zu klären, und zwar:

- Kann ein Flugmodell eine markierte Fluglinie geradlinig überfliegen?
- Ist ein exakter Einflug auf eine vorgegebene Linie möglich?
- Bis auf welche Entfernung ist ein Flugmodell visuell erkennbar und technisch steuerbar?
- Welche Probleme ergeben sich bei einer Wendekurve?
- Wie muß das Signalisationssystem gestaltet sein?
- Ist die exakte Einhaltung einer vorgegebenen Höhe möglich?
- Bringen Flugmodelle ökonomische Vorteile gegenüber Agrarflugzeugen?

Flugtechnische Erprobung

Zur flugtechnischen Erprobung wurden zwei unterschiedliche Flugmodelle herangezogen [4]. Zum Einsatz kamen im Versuch I ein

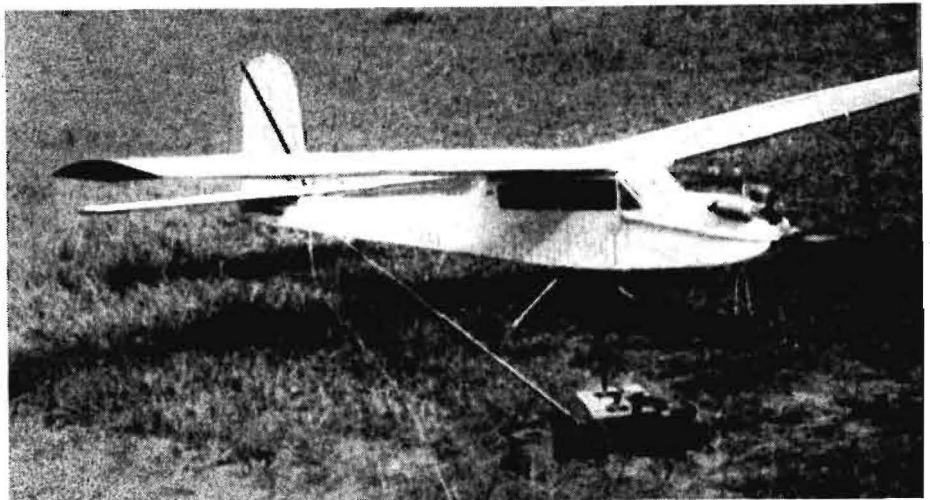


Bild 1. Flugmodell mit einer Spannweite von 1,60 m

WA Windrichtung des Versuchs I; WB Windrichtung des Versuchs II
Versuch I: Windrichtung 260°, Windgeschwindigkeit 0,5 bis 2,5 m/s, Temperatur 15°C, bewölkt
Versuch II: Windrichtung 240°, Windgeschwindigkeit 2 bis 3 m/s, Temperatur 25°C, sonnig

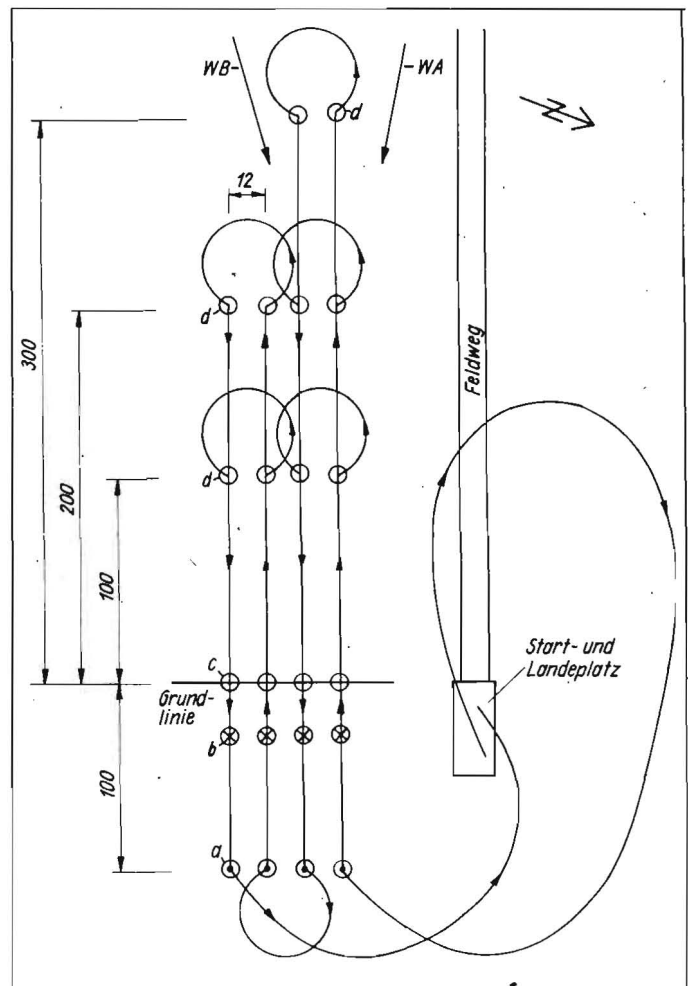


Bild 2
Schema der Flugversuche;
a markierte Festpunkte für den Anflug
b Standplätze des Flugmodellführers
c Einflugpunkte der Flugmodelle
d Wendepunkte der Flugmodelle je nach Durchfluglänge (100, 200 oder 300 m)

Tafel 1. Flugzeit und -geschwindigkeit unter Einwirkung der Windbewegung bei einem Flugmodell mit einer Spannweite von 0,8 m (Mittel aus je-weils 6 Messungen)

Flugstrecke m	Flugzeit		Fluggeschwindigkeit	
	Hinflug ¹⁾ s	Rückflug s	Hinflug ¹⁾ km/h	Rückflug km/h
100	3,95	2,88	85,00	112,50
200	7,28	6,18	98,85	116,44
300	12,70	9,60	91,14	124,86

1) gegen Windrichtung

schnell fliegendes Modell (90 bis 120 km/h) mit einer Spannweite von 0,80 m und im Versuch II ein langsam fliegendes Modell (50 bis 80 km/h) mit einer Spannweite von 1,60 m (Bild 1). Als Markierung wurden 50 cm x 80 cm große Tafeln (diagonal rot-weiß bemalt) an einem Stab in 1,50 m Höhe über dem Boden in Abständen von 100 m aufgestellt. Angenommen wurde eine Arbeitsbreite von 12 m, und in diesen Abständen wurden die weiteren, parallel zur ersten Linie laufenden Markierungen (Signale) angebracht. Vor jeder Markierungslinie befand sich 100 m vom Feldrand entfernt ein schwarz-weiß gekennzeichneteter 2 m langer Stab als Orientierungshilfe für den Einflug (Bild 2).

Die Steuerung der Flugmodelle erfolgte durch versierte Flugmodellportler, die bereits langjährig Flugmodelle bei entsprechenden Wettbewerben einsetzen. Der Standplatz des Flugmodellführers befand sich 20 bis 30 m vom Feldrand entfernt vor der Markierungslinie, später seitlich von dieser Linie. Am Ende der Flugbahn stand ein Einweiser, der durch Signalgebung das Ende der Flugbahn anzeigte. Die Durchfluglänge betrug 100, 200 und 300 m. Die Durchführung der Flugversuche erfolgte in Zusammenarbeit mit der GST-Bezirksorganisation Berlin auf dem GST-Flugplatz Hönow bei Berlin.

Zunächst waren der exakte Einflug sowie der geradlinige Überflug einer markierten Fluglinie zu erproben. Beides bereitete jedoch beachtliche Schwierigkeiten, vor allem beim schnell fliegenden Flugmodell. Der Anflug in Richtung des Flugmodellführers und die nach dem Überflug erforderliche Wendung desselben um 180° bringt Orientierungsschwierigkeiten. Bei einem Standplatz des Flugmodellführers seitlich von der Markierungslinie wurde ein besserer Einflug erreicht. Jedoch gelang es selten, ohne seitliche Abweichungen von 1 bis 5 m in der vorgegebenen Flugrichtung einzufliegen. Auch das geradlinige Weiterfliegen war beim Hinflug nicht ohne Abweichung möglich, da Windböen das Flugzeug bis 3 m von der Flugbahn ablenkten. Beim Rückflug in Richtung des Flugmodellführers war die Abweichung jedoch ge-

ringer und der Flug insgesamt geradliniger.

Das Flugmodell konnte in einer Höhe von 10 bis 15 m gehalten werden. Eine geringere Höhe erforderte auch beim langsam fliegenden Modell eine zu hohe psychische Beanspruchung des Flugmodellführers und war nicht realisierbar.

Die Fluggeschwindigkeit des Flugmodells wird durch die Luftbewegung beeinflusst. Bei der am Versuchsort herrschenden Windbewegung von 0,5 bis 3 m/s kam es beim Flug gegen den Wind zu einer verminderten und in Windrichtung zu einer erhöhten Geschwindigkeit (Tafeln 1 und 2), was beim exakten Verteilen von Agrochemikalien von Bedeutung ist und im praktischen Einsatz zu berücksichtigen wäre.

Beide Flugmodelle waren bei grau-weißer Farbgebung nur bis 300 m Entfernung vom Flugmodellführer visuell erkennbar, bei greller Sonneneinstrahlung nur bis 200 m. Flugmodelle mit einer größeren Spannweite von 3 bis 5 m und einer auffallenden, gut erkennbaren Farbgebung (z. B. orange) dürften diesbezüglich günstiger sein.

Für das Fliegen in der Wendekurve wurde beim schnell fliegenden Modell eine Flugzeit von 10 bis 12 s benötigt, bei dem langsam fliegenden Modell 12 bis 25 s. Die höheren Zeiten ergaben sich beim Fliegen der vorderen Kurve am Standplatz des Flugmodellführers (Tafel 2). Die Ursache lag darin, daß der Flugmodellführer das in unmittelbarer Nähe operierende Flugzeug flugtechnisch schwieriger beherrscht. Zum anderen erfordert diese Flugzeugwendung eine Körperdrehung des Flugmodellführers, was ihn stärker beansprucht. Um diese Probleme zu eliminieren, wäre ein Standplatz des Flugmodellführers in der Mitte oder im ersten Viertel des zu bearbeitenden Feldes vorteilhafter. Dadurch könnte auch ein besserer Einflug auf die Markierungslinie gewährleistet werden.

Biologische Schädlingsbekämpfung

Wesentlich problemloser scheint der Einsatz von Flugmodellen bei der biologischen Schädlingsbekämpfung mit Kokons zu sein. Eine exakte Verteilung der Kokons steht si-

Tafel 3. Ökonomische Bewertung des Einsatzes von Flugmodellen mit einer Zuladung von 20 kg im Vergleich zu Agrarflugzeugen mit einer Zuladung von 800 kg (≈ 100)

Aufwandmenge l/h	Kosten	Leistung	AKh-Bedarf
5	66	20	123
10	80	16	487
25	112	12	671
50	154	9	872

cher nicht im Vordergrund, so daß exakter Anflug und Überflug zweitrangig sind. Da auch weniger als 2 kg/ha zu verteilen sind, hat sich der praktische Einsatz von Flugmodellen, vor allem in Obstbaugebieten der UdSSR, bereits gut bewährt. Durch die Anwendung einer im Moskauer Luftfahrtinstitut entwickelten programmierbaren elektronischen Fernsteuerung [6] würde sich die problembehaftete Fernsteuerung mit Sichtnavigation erübrigen. Das dürfte beim Ausbringen von Agrochemikalien von besonderem Wert sein, da eine in Verbindung mit einem Funkortungssystem und Mikroprozessor programmierbare elektronische Steuerung [7, 8] eine exakte Führung des Flugmodells ermöglichen würde.

Ökonomische Bewertung

Um Entscheidungskriterien für einen zukünftigen Einsatz solcher Flugmodelle für agrochemische Arbeiten zu haben, wurden nach der Formel von Baltin entsprechende Modellberechnungen durchgeführt. Diese ergaben, daß Flugmodelle mit einer Zuladung an Agrochemikalien von 20 kg gegenüber Agrarflugzeugen mit einer Zuladung von 800 kg bis zu einer Aufwandmenge von 5 kg/ha nur 66% der Kosten, von 10 bis 25 l/ha gleiche Kosten und bei größeren Aufwandmengen höhere Kosten erfordern, weil die unproduktiven Zwischenlandungen für die Beladung progressiv ansteigen. Flugmodelle benötigen je Hektar nur etwa ein Zehntel des Kraftstoffs und bringen aufgrund der geringen Arbeitsbreite und -geschwindigkeit bei einer Aufwandmenge von 5 l/ha nur ein Fünftel und bei 25 l/ha nur ein Achtel der Flächenleistung, woraus auch ein weit höherer AKh-Bedarf je Hektar Behandlungsfläche resultiert (Tafel 3).

Einsatz von Ultraleichtflugzeugen

Wesentlich kostengünstiger und effektiver als Flugmodelle dürften aufgrund ihrer höheren Zuladung und größeren Arbeitsbreite die o. g. Ultraleichtflugzeuge sein. Durch Wendigkeit sind sie ebenfalls wie Flugmodelle für den Einsatz auf Kleinfeldern geeignet. Ferner läßt sich ein mit Pilot besetztes Flugzeug ohne die bei den Flugmodellen genannten Navigationsprobleme, die auch in weiteren Untersuchungen von Bätz [9] bestätigt wurden, exakt auf einer Fluglinie halten. Die größere Zuladung an Agrochemikalien von 100 bis 150 kg dürfte bei vertretbaren Kosten die unproduktiven Rüstzeiten (Zwischenlandungen zur Beladung) vermindern. Weiterhin führt die größere Arbeitsbreite zu einer Senkung des AKh-Bedarfs (um etwa ein Drittel), da für die gleiche Arbeitsbreite eines Agrarflugzeugs statt 3 bis 4 Flugmodellen nur 2 Ultraleichtflugzeuge erforderlich sind.

Windbewegung	Hinflug ¹⁾		Rückflug		Wendezeit	
	km/h	km/h	vorn s	hinten s		
stark	48,0	96,0	—	12		
	55,4	90,0	20	16		
	57,6	80,0	25	10		
	55,4	90,0	22	13		
schwach	65,4	72,0				
	65,4	80,0				
	60,0	72,0				

1) gegen Windrichtung

Tafel 2. Fluggeschwindigkeit durch Windwirkung sowie Wendzeiten bei einem Flugmodell mit einer Spannweite von 1,60 m und einer Flugstrecke von 200 m

Zusammenfassung

In Feldversuchen wurden mit Sichtnavigation funkferngesteuerte Flugmodelle auf ihre flugtechnische Eignung für das Ausbringen von Agrochemikalien getestet. Hierbei bereitete der Anflug auf eine vorgegebene Flugmarkierung und der Durchflug auf einer geradlinigen Strecke mit schnell fliegenden Modellen beachtliche Schwierigkeiten. Langsam fliegende Modelle mit einer Flugeschwindigkeit von unter 50 km/h, u. a. auch Modellhubschrauber, scheinen hierfür besser geeignet zu sein.

Modellberechnungen ergaben, daß Flugmodelle unter den gegenwärtigen Bedingungen nur bei sehr geringen Aufwandsmengen je Hektar Behandlungsfläche kostengünstiger als Agrarflugzeuge sind. Aufgrund ihrer geringeren Arbeitsbreite und -geschwindigkeit

bringen Flugmodelle eine weit geringere Leistung und erfordern einen beachtlich höheren AKH-Bedarf. Kostengünstiger und effektiver als Flugmodelle dürften bemannte Ultraleichtflugzeuge sein. Sie sind ebenfalls für den Einsatz auf Kleinfeldern geeignet und ermöglichen durch den mitfliegenden Piloten eine bessere Navigation.

Literatur

- [1] Helcova, A.: Ultralights für die Landwirtschaft. Neue Prager Presse vom 11. März 1983, S. 3.
- [2] Znaniecki, M.: Pflanzenschutzverfahren auf der Landmaschinenausstellung in Paris. Traktor, Warschau (1984) 11, S. 23–24.
- [3] Bulgarisches Leichtflugzeug. Neues Deutschland, Berlin, vom 30. April 1984, S. 5.
- [4] Bätz, U.: Der Einsatz von Flugmodellen für Pflanzenschutzarbeiten. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Großer Beleg 1984.

- [5] Britisches ferngesteuertes Mini-Agrarflugzeug. Fliegerrevue, Berlin (1980) 8, S. 331.
- [6] Dümde, C.: Flugroboter bekämpfen Schadinsekten. Neues Deutschland, Berlin, vom 13. März 1984, S. 6.
- [7] Rockoff, B.: Untersuchungen zur Rationalisierung der Signalisation im Agrarflug. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Diplomarbeit 1981.
- [8] Zięborak, J.: Mögliche Leitsysteme für Agrarflugzeuge. agrartechnik, Berlin 30 (1980) 7, S. 307.
- [9] Bätz, U.: Nutzung von Flugmodellen zur Standortkennzeichnung von Versuchsflächen. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Diplomarbeit 1984. A 4212

Neu: Landwirtschaftsflugzeug Z 37 T Agro Turbo aus der ČSSR

Das in diesem Jahr neu vorgestellte und mit Leipziger Messegold ausgezeichnete Flugzeug Z 37 T Agro Turbo (Hersteller: Nationalunternehmen Moravan Otrokovice, ČSSR) ist für Arbeiten in der Land-, Forst- und Wasserwirtschaft bestimmt. Es kann zum Düngen, zur Aussaat von Getreide und Samen anderer Kulturpflanzen sowie zur Bekämpfung von Schädlingen, Unkräutern und Erkrankungen in Feld- und Forstkulturen eingesetzt werden.

Die Konzeption des Flugzeugs Z 37 T Agro Turbo (Bilder 1 und 2, Tafel 1) beruht auf der bewährten Landwirtschaftsflugzeugs Z 37 A „Hummel“, dessen Grundbaugruppen weitestgehend beibehalten wurden. Dadurch konnte die Produktionskontinuität maximal gesichert sowie die Ersatzteilfrage vereinfacht werden.

Das Flugzeug Z 37 T Agro Turbo unterscheidet sich vom Z 37 A hauptsächlich durch

- Einbau eines neuen Triebwerks
- Verlängerung des Rumpfes
- Vergrößerung der Spannweite, der Flügelfläche und der Schwanzflächen
- Versetzen des Hauptfahrgestells nach vorn
- neue agrotechnische Anlage
- verstärkte Konstruktion
- höhere maximale Abflugmasse
- größeren Inhalt des Chemikalienbehälters
- größeren Kraftstoffbehälter
- verbesserte Flugeigenschaften und -leistungen
- modernisierte Kabinenausrüstung.

Für den Antrieb des Flugzeugs Z 37 T Agro Turbo wurde ein neues Triebwerk entwickelt. Es besteht aus einem Propellerturbinenmotor Walter M601 Z mit der Leistung von 360 kW und einem hydraulisch verstellbaren Konstantgeschwindigkeits-Dreiblatt-Propeller AVIA V508 Z. Am Triebwerk wurde ein Antrieb für agrotechnische Geräte mit der Leistung von 30 kW angebracht (Bild 3).

Der Rumpf des Flugzeugs Z 37 T Agro Turbo ist eine aus Stahlrohren zusammenge-

schweißte Fachwerkstruktur. Sein Vorderteil ist mit schnell abnehmbaren Verdeckungen versehen, sein rückwärtiger Teil ist mit Stoff bespannt.

Unter dem Flugzeugrumpf befinden sich Scharniere zum Aufhängen eines als Hilfsstromquelle dienenden elektrischen Aggregats, das auch zum Nachfüllen von Kraftstoff eingesetzt werden kann.

Der Flügel ist als eine Ganzmetallkonstruktion in Halbschalenbauweise mit einem Tragholm ausgeführt. Er besteht aus einem rechten und einem linken Außenteil sowie einem Torsionskasten, in dem sich zwei Kraftstoffbehälter mit einem Inhalt von je 175 l befinden. Außerdem besteht die Möglichkeit, in einem unter dem Rumpf aufgehängten Kraftstoffbehälter noch zusätzlich 500 l Kraftstoff zu transportieren.

Die Schwanzflächen haben eine klassische Form. Der Stabilisator ist in Ganzmetallbauweise gefertigt. Das Höhenruder besteht aus einer mit Stoff bespannten Metallkonstruktion und ist mit einer aus der Kabine betätigten Trimmfläche versehen. Der Keil ist eine Ganzmetallkonstruktion, und das Seitenruder ist eine mit Stoff bespannte Metallkonstruktion.

Das Fahrgerüst ist starr, hat eine klassische Anordnung mit Hauptfahrwerk und Spornrad und verfügt über hydropneumatische Stoßdämpfer. Für die Reifenabmessungen am Hauptfahrgerüst werden 556 mm × 163 mm angegeben. Die Räder haben hydraulische Trommelbremsen mit automatischer Nachstellung. Der Reifen am Spornrad hat die Abmessungen 290 mm × 110 mm, und das Spornrad ist im Bereich von 15° über die Fußsteuerung steuerbar.

Zum Schutz des Rumpfgerüsts sowie des gesamten Flugzeugs gegen die Einwirkung von Chemikalien wird widerstandsfähige Polyurethanfarbe verwendet.

In der Pilotenkabine (Bild 4) befinden sich alle zur Überwachung des Fluges und des Flugzeugs (einschließlich des Triebwerks und der agrotechnischen Anlage) benötigten Instrumente. Der Pilotensitz entspricht den ergonomischen Anforderungen und ist verstellbar. Die Kabinenheizung ist regulierbar. Durch Zufuhr von frischer gefilterter Luft in das Kabinenoberteil wird die Kabinenlüftung realisiert. Zur weiteren Belüftung des Flugzeugs auf dem Boden wird ein zusätzlicher Ventilator genutzt. Ein Scheibenwischer mit Spritzanlage, eine Sonnenblende und ein



Bild 1
Landwirtschaftsflugzeug Z 37 T Agro Turbo im Einsatz