

ISP&RS-COMISSION V/2 - INVITED PAPER -

ÜBERBLICK ÜBER FLUGSYSTEME FÜR  
PHOTOGRAMMETRISCHE LUFTAUFNAHMEN  
IM NAHBEREICH

Jürgen Heckes

Deutsches Bergbau-Museum, Bochum  
Federal Republic of Germany

Zusammenfassung

Als Kameraträger für Luftaufnahmen im Nahbereich haben sich bereits Systeme nach dem Prinzip "Leichter als Luft"; also Ballone und Luftschiffe, bewährt. Dem routinemäßigen Einsatz von Kleinflugzeugen und Kleinhubschraubern stehen noch Navigationsprobleme entgegen. Drachen können bei stärkerem Wind die Aufnahme kleinerer Objekte ermöglichen. Bei stetiger Weiterentwicklung der Kameraträger und der Navigationstechniken können diese Systeme die Lücke zwischen terrestrischer und aero-photogrammetrischer Aufnahmetechnik schließen.

Abstract

As camera-platform for close range aerial photographs, according to the principle "lighter than air" (balloons and airships) are so far established. There are still problems with the navigation of small aeroplanes and mini-helicopters. Kites may be used for photos of smaller objects while strong wind is blowing. By permanent developing of platforms and techniques of navigation, these systems may close the gap between terrestrial and aerial photogrammetrie.

Résumé

Comme plate-forme pour des photos aériennes à l'échelle de pris de vue jusqu'à 1 : 3000 on a déjà établi des systèmes d'après le principe "plus léger que l'air". Il y a encore des problèmes de la navigation, si on veut utiliser des petits avions ou des hélicopters. Un cerf-volant peut rendre possible des prises de photos des objets petits. Si on développe les plate-formes et les techniques de la navigation, ces systèmes seront capables de clore le vide entre les techniques de pris de vue terrestres et aéro-photogrammétriques.

## Einleitung

Aufnahmeentfernungen bis ca. 15 m über Grund können von erdgebundenen Hilfsmitteln (Leiter, Gerüste, Hubwagen) aus realisiert werden. Luftaufnahmen mit Bildflugzeugen sind aufgrund flugtechnischer Probleme (Fluggeschwindigkeit, Bildwanderung) erst ab einem Bildmaßstab von 1 : 3000 sinnvoll.

Um diese Lücke zwischen terrestrischer und aerophotogrammetrischer Aufnahmetechnik zu schließen, wurden in letzter Zeit wiederholt verschiedene Kameraträger eingesetzt.

Kameraträger für den Nahbereich lassen sich unterteilen in:

1. gefesselte Systeme
  - 1.1 Drachen
  - 1.2 Systeme nach dem Prinzip "Leichter als Luft"
2. ferngelenkte, unbemannte Systeme (RPV's)
  - 2.1 Kleinflugzeuge
  - 2.2 Kleinhubschrauber.
3. langsam fliegende, bemannte Systeme
  - 3.1 Sportflugzeuge
  - 3.2 Ultraleicht-Flugzeuge
  - 3.3 Hubschrauber
  - 3.4 Luftschiffe, Ballone

### 1. Gefesselte Systeme

#### 1.1 Drachen

Verschiedene Drachtentypen sind bereits erfolgreich für Luftaufnahmen eingesetzt worden /1/2/3/4/5/6/. Welcher Drachen sich als Kameraträger am besten eignet, kann allgemeingültig nicht definiert werden. Lenkbare Drachen mit starrem Gerüst (z.B. Dunford Flying Machine) sollten vorzugsweise für geringe Nutzlasten und weniger starken Wind eingesetzt werden. Aerodynamisch ausgebildete Drachen, die erst durch die vorbeiströmende Luft formstabil werden, (z.B. Parafoils) können als typische "Starkwinddrachen" auch größere Nutzlasten in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit transportieren.

Böen oder Luftwirbel, wie sie durch Bebauungen entstehen, verursachen starke Drachenbewegungen, die eine Positionierung der Kamera verhindern. Abhilfe kann hier geschaffen werden, indem der Drachen bis in den Bereich der laminaren Luftströmung (ab ca. 200 m) hochgelassen wird. Die Kamera wird dann bis in die gewünschte Aufnahmehöhe an der Halteleine emporgezogen. Die Positionierung kann noch mit einer an der Kamerabefestigung angebrachten Lotleine kontrolliert werden.

Eine zusätzlich über dem Aufnahmefußpunkt aufgestellte, vertikal ausgerichtete Visureinrichtung ermöglicht eine exaktere Navigation. Die für stereoskopische Aufnahmen wichtige Basis wird durch entsprechende Verschiebung des Ankerpunktes erzielt (Abb. 1).

Bei den bisher bekannten Anwendungen /1/2/3/4/5/6/ werden für die Luftaufnahmen ausschließlich Kleinbildkameras eingesetzt.

A. Georgopoulos /6/ berichtet bisher als Einziger über das Gelingen stereoskopischer Aufnahmen und über ihre photogrammetrische Auswertung (analytisch, punktweise). Versuche mit einer Mittelformatkamera und Untersuchungen zu Streifenaufnahmen mit Längs- und Querüberdeckung werden z.Zt. beim Deutschen Bergbau-Museum /39/ durchgeführt.

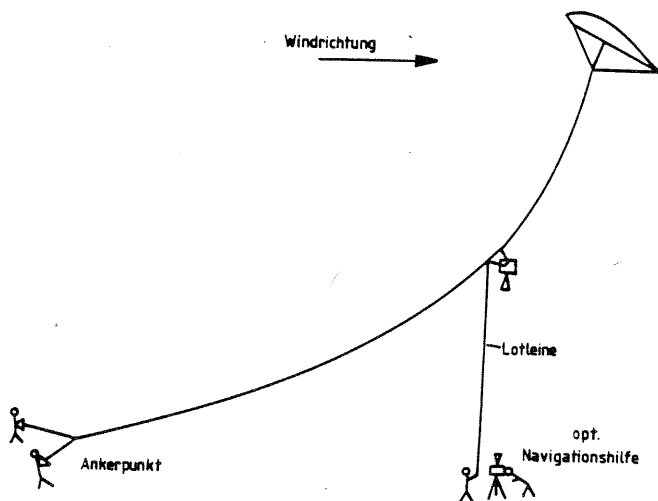


Abb. 1: Prinzips-Skizze zum Einsatz von Drachensystemen

## 1.2 Systeme nach dem Prinzip "Leichter als Luft"

Zu dieser Gruppe zählen Ballone und Luftschiffe. Der Auftrieb kann entweder durch geeignete Füllgase (Wasserstoff, Helium) oder durch Erwärmung (Heißluft) erzeugt werden.

Gasgefüllte Systeme bringen den Vorteil, daß sie bei gleicher Nutzlastkapazität nur ein Drittel des Volumens von Heißluftsystemen haben müssen und dadurch weniger windanfällig sind. Als Nachteile können die Tatsachen aufgeführt werden, daß geeignete Füllgase in ausreichender Menge am Einsatzort verfügbar sein müssen und daß der Auftrieb zur Unterstützung der Navigation nicht verändert werden kann. Hinzu kommt, daß bei diesen gasgefüllten Systemen aus Sicherheitsgründen mindestens eine Halteleine fest am Boden verankert werden muß, was eine zusätzliche Behinderung der Navigation besonders im Hinblick auf Streifenaufnahmen bedeutet.

Heißluftsysteme sind von der Grundkonzeption her sehr robust. Die Brennersysteme sind nicht störanfällig und leicht zu warten. Leichte Beschädigungen der Hülle behindern den Einsatz nicht. Heizgase stehen weltweit in ausreichender Menge zu geringen Kosten zur Verfügung. Die im Verhältnis zu den gasgefüllten Systemen größere Windanfälligkeit kann durch geeignetes Hüllendesign weitgehend ausgeglichen werden.

Ballone haben aufgrund ihrer Kugelform einen höheren Luftwiderstand als die aerodynamisch durchgebildeten Luftschiffe und können daher nur bei geringen Windgeschwindigkeiten eingesetzt werden. Streifenbefliegungen sind mit Ballonen nur bei Windstille zuverlässig zu organisieren, so daß für photogrammetrische Zwecke Luftschiffe vorzuziehen sind.

Vier Personen sind für die Bedienung eines Heiß-Luftschiffes erforderlich. Mit 2 Navigationsleinen wird das Gerät über den Aufnahmestandpunkt positioniert. Die Positionierung kann durch eine optische Navigationshilfe überwacht werden.

Diese Arbeit sowie die Steuerung der Kamerafunktionen sollte von einem geschulten Piloten ausgeführt werden. Die anderen 3 Personen können vor Ort verpflichtete Hilfskräfte sein (Abb. 2).

Werden vorher die Aufnahmestandpunkte vermarktet, sind Streifenbefliegungen in relativ kurzer Zeit durchzuführen. Allerdings muß das Aufnahmegebiet beherrschbar sein.

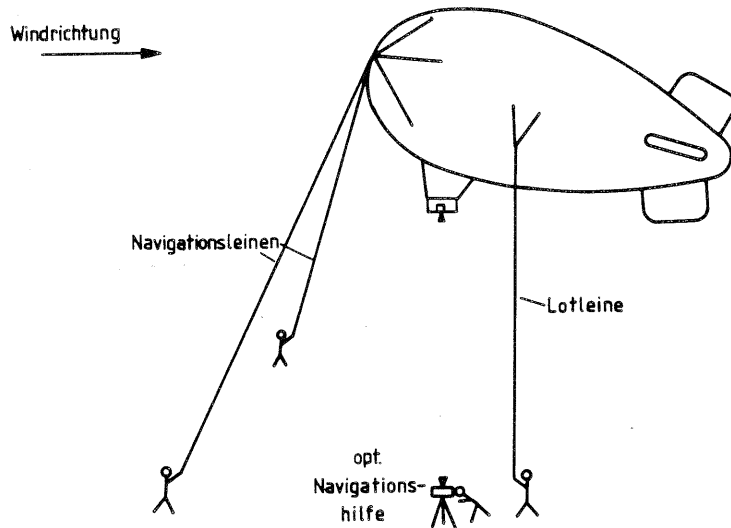


Abb. 2: Prinzips-Skizze zum Einsatz von Heißluftschiffen

Gefesselte Ballone und Luftschiffe sind bereits erfolgreich als Kameraträger genutzt worden /7/-/18/.

Mit einem von K.L. Busemeyer /40/ entwickelten Heißluftschiff wurde im Rahmen des Mohenjo-Daro-Projektes erstmalig eine umfangreiche Streifenbefliegung für die archäologische Dokumentation einer mehrere Hektar großen Stadtanlage durchgeführt. Die Streifen wurden mit 60 % Längs- und 30 % Querüberdeckung mit Bildmaßstäben zwischen 1 : 1000 und 1 : 2000 aufgenommen /41/. Über die Auswertungen wird noch gesondert berichtet /42/.

Im September/Okttober 1983 wurde dieses Heißluftschiff für Luftaufnahmen von Testfeldern zur Erfassung von Oberflächenveränderungen durch dynamische Tiefenverdichtungsmethoden auf einer Deponie eingesetzt. Die mit der Rollei-SLX-Teilmeßkammer und 40 mm-Distagon im Bildmaßstab von ca. 1 : 1000 aufgenommenen Meßbilder wurden mit dem Zeiss-Planicomp beim Deutschen Bergbau-Museum ausgewertet. Die mittleren Koordinatenrestfehler nach der absoluten Orientierung entsprechen der Meßgenauigkeit der tachymetrisch (EDM) bestimmten Paßpunkte.

Die von K.L. Busemeyer und vom Deutschen Bergbau-Museum konstruierten Heißluftsysteme sind seit 1980 hauptsächlich für die photogrammetrische Dokumentation archäologischer Ausgrabungen in Oman, Pakistan und Syrien eingesetzt worden. Die bisherigen Erfahrungen aus ca. 300 Betriebsstunden zeigen, daß mit diesen Heißluftsystemen zuverlässige Kameraträger für die Nahbereichsluftbildphotogrammetrie zur Verfügung stehen.

## 2. Ferngelenkte, unbemannte Systeme (RPV's)

### 2.1 Kleinflugzeuge

Erste Flugversuche, die die grundsätzliche Eignung eines solchen Flugkörpers sind, wurden von H.J. Przybilla und W. Wester-Ebbinghaus durchgeführt /19/. Es wurde ein handelsübliches Modellflugzeug mit einer Rollei SLX ausgestattet.

Die Aufnahme von vorher festgelegten Streifen ist nach einiger Flugerfahrung durchführbar. Die Einhaltung der Flughöhe muß mit

optischen Visureinrichtungen überwacht werden. Als Nachteil stellt sich heraus, daß in der Nähe des Aufnahmeobjektes eine ca. 40 m lange Start- und Landebahn vorhanden sein muß und bei serienmäßigen Modellen mit einer Fluggeschwindigkeit von 40 km/h zu rechnen ist. Für den Einsatz eines Kleinflugzeuges werden 1 Pilot und 1 Navigator benötigt. Aufgrund der in /19/ beschriebenen Navigation muß das aufzunehmende Objekt begehbar sein. Weitere Einsätze mit Kleinflugzeugen, bei denen photogrammetrisch auswertbare Meßbilder aufgenommen werden konnten, sind dem Verfasser nicht bekannt.

Zur Zeit arbeitet M. Kügelgen /20/ an einem speziell für Luftaufnahmen in Nahbereich konzipierten Flugkörper, der so langsam fliegt, daß die Bildwanderung praktisch vernachlässigt werden kann. Als Start- und Landebahn sollen wenige Meter ebenes Gelände ausreichen. Dieser Flugkörper soll auch mit Navigationshilfen ausgestattet werden, so daß ein Einsatz von einem Piloten allein durchgeführt werden kann.

## 2.2 Kleinhubschrauber

Erste Versuche wurden von W. Wester-Ebbinghaus in Bonn durchgeführt. Es wurde ein serienmäßiger Modellhubschrauber ausgewählt, der sich bald für diese Anwendungen als zu schwach erwies. Die durchaus positiven Anfangserfahrungen /24/25/ veranlaßten D. Schlüter, einen funkferngesteuerten Kleinhubschrauber speziell für die Anfertigung von Luftaufnahmen im Nahbereich zu konstruieren /21/22/23/.

Der "Photo-Helikopter" ist für den Transport verschiedener Geräte und Instrumente bis zu einer Nutzlast von ca. 5 kp geeignet, d.h., daß handelsübliche Mittelformatkameras für die Luftaufnahmen verwendet werden können.

Die Positionierung eines Kleinhubschraubers über ausgewählte Aufnahmestandpunkte ist schwierig, da die Fluglage visuell überwacht werden muß.

Der Pilot muß während der gesamten Flugdauer den Hubschrauber ständig beobachten und ist daher unbedingt auf die Mithilfe eines Navigators angewiesen.

Im Vergleich zu den anderen hier vorgestellten Systemen setzt der Betrieb eines Kleinhubschraubers hohes technisches Fachwissen voraus und stellt auch die höchsten Ansprüche an die Qualifikation des Piloten.

Ein Hubschrauber eignet sich besonders für die Aufnahmen kleinerer Objekte, die mit einem stereoskopischen Modell erfaßt werden können.

Verschiedene Einsätze haben die grundsätzliche Eignung dieses Systemes bewiesen /22/26/29/.

## 3. Langsam fliegende, bemannte Systeme

### 3.1 Sportflugzeuge

Bildflugzeuge können aufgrund ihrer hohen Nutzlasten nicht langsam genug fliegen, um die Auswirkung der Bildwanderung auf die für den Nahbereich geforderten großmaßstäblichen Meßbilder ausreichend gering zu halten.

In kleinere, genügend langsam fliegende Sportflugzeuge kann aus Raummangel oft nicht eine Reihenmeßkammer mit dem erforderlichen Zubehör eingebaut werden. Die Verwendung von leichteren Meßkammern mit kleinerem Bildformat ist daher unumgänglich. Um größere Umbauten am Flugzeug zu vermeiden, sollte die Kamera auch außerhalb der Kanzel, z.B. an einer Tragflächenstrebe, montiert werden können.

Solche Systeme würden sich immer da eignen, wo es bei der Auswertung kleinerer Objekte mehr auf die Erzielung einer hohen Punktdichte als auf eine Ausmessung mit höchstem Genauigkeitsanspruch ankommt.

Hierzu seien als Beispiele Erdmassenbestimmungen, Haldenaufnahmen, Gewässerüberwachungen und Forstaufnahmen genannt. Zur Zeit von W. Kampmann /30/ durchgeführte Versuche, bei denen eine Rollei-SLX-Teilmeßkammer an einer Tragflächenstrebe eines Sportflugzeuges befestigt wurde, haben Informationen über die Navigationstechnik und über die erreichbare Bildschärfe gegeben. Die Ergebnisse sind so vielversprechend, daß ein Einsatz unter "Bildflugbedingungen" demnächst durchgeführt werden kann.

### 3.2 Ultraleichtflugzeuge

Ultraleichtflugzeuge sind Flugkörper, deren Entwicklung aus dem Drachenflugsport hervorgegangen ist. Durch gutmütiges Flugverhalten und mögliche Geschwindigkeiten zwischen 40 und 50 km/h bieten sich einige Typen für bestimmte Einsatzgebiete im Nahbereich nahezu an. Über entsprechende Versuche und über die Konstruktion einer neuartigen kardanischen Kameraaufhängung berichten M. Kugelgen und J. Sokolowski /31/ .

Ultraleicht-Flugzeuge sind kostengünstig für Luftaufnahmen im Nahbereich einsetzbar. Sie können zerlegt auf dem Autodach (Kleinbus) zum Einsatzort transportiert werden. Der Aufbau und der Einsatz ist vom Piloten und von einer Hilfskraft zu organisieren; Start- und Landemöglichkeiten sollten in der Nähe des aufzunehmenden Objektes vorhanden sein. Bei einer Nutzlast bis zu 75 kg bestehen einige Auswahlmöglichkeiten hinsichtlich des Meßkammereinsatzes. Die Navigation und die Kamerabedienung kann vom Piloten selbst gut überwacht werden.

### 3.3 Hubschrauber

Ein bemannter Hubschrauber müßte aufgrund seiner Flugeigenschaften eigentlich der ideale Kameraträger für Luftaufnahmen im Nahbereich sein. Einige Projekte /34-38/ zeigen auch, daß bemannte Hubschrauber für photogrammetrische Aufnahmen im Nahbereich erfolgreich eingesetzt werden.

Die hohen Kosten eines Hubschraubers stehen wohl einer weiten Verbreitung als Kameraträger entgegen. Soll die Aufnahmekammer fest eingebaut werden, so sind besondere Maßnahmen für die Dämpfung der durch den mechanischen Antrieb hervorgerufenen Vibrationen vorzunehmen. Bei geringen Flughöhen sind durch den Luftstrom der Rotorblätter ("downwash") Rückwirkungen auf das aufzunehmende Objekt nicht auszuschließen.

### 3.4 Luftschiffe, Ballone

Ballone und Luftschiffe waren die ersten bemannten Flugkörper, die für Luftaufnahmen eingesetzt wurden. Mit der Entwicklung der Flugzeuge haben diese Systeme an Bedeutung verloren.

Lenkbare gasgefüllte Luftschiffe sind prinzipiell als Kameraträger sehr gut geeignet. Die Geschwindigkeit läßt sich soweit beeinflussen, daß die Bildwanderung auch für große Bildmaßstäbe zu vernachlässigen ist. Geringe Reisegeschwindigkeiten und die technisch bedingte Stützpunktbindung beschränken die Reichweite und damit die Einsatzmöglichkeiten für aerophotogrammetrische Zwecke.

Heißluftbetriebene Luftschiffe, wie sie in letzter Zeit in England von den Firmen Cameron und Thunder-Colt entwickelt wurden, können leicht zum Einsatzort transportiert werden und auch zu konkurrenzfähigen Kosten für Luftaufnahmen eingesetzt werden. Entsprechende Versuche sind aber bisher nicht durchgeführt worden.

#### Aufnahmeausrüstungen

Für den Einsatz in unbemannten Flugkörpern müssen besondere Anforderungen an die Aufnahmekameras gestellt werden. Die Kamera muß über einen fernsteuerbaren motorischen Filmtransport verfügen. Eine Belichtungsautomatik ist für eine optimale Belichtung der verschiedenen Filmmaterialien notwendig.

Ein für photogrammetrische Auswertungen geeignetes System ist die von W. Wester-Ebbinghaus konzipierte Teilmeßkammer Rollei SLX /27/. Wechselobjektive erleichtern die Anpassung an die jeweilige Aufnahmesituation. Durch verschiedene Rückteile stehen 12 bzw. 24 Aufnahmen im Format 6x6 cm\*\*2 oder 32 Aufnahmen im Format 4,5x6 cm\*\*2 zur Verfügung. Ebenso eignet sich das Meßkammersystem von Hasselblad für den Einsatz in den unbemannten Flugkörpern. Hierbei können auch 70 mm-Filmkassetten mit jeweils 40 Aufnahmen verwendet werden. Die Belichtung kann bei diesem System nicht automatisch gesteuert werden.

Beide Systeme wiegen je nach Objektivbestückung ohne Kameraaufhängung und Fernsteuerung zwischen 3 und 4 kg und können von allen hier vorgestellten Flugkörpern transportiert werden.

Der Tabelle ist die Anzahl der stereoskopischen Modelle für ein 100x100 m\*\*2 (1 ha) großes Aufnahmegebiet für einen Bildmaßstab von 1 : 1000 mit 60 % Längs- und 30 % Querüberdeckung zu entnehmen.

Filmformat	Anzahl der Modelle je ha
24 x 36 mm**2	42
6 x 6 cm**2	15
9 x 12 cm**2	4
13 x 18 cm**2	2
23 x 23 cm**2	1

Tab.: Anzahl der stereoskopischen Modelle

Die Verwendung von Kleinbildkameras ist demnach wegen des zu hohen Auswerteaufwandes besonders unwirtschaftlich. Hier ist auch der erhöhte Aufwand für die Bestimmung der inneren Orientierung, die von Fall zu Fall "on-the job" durchgeführt werden müßte, zu berücksichtigen. Die beiden oben aufgeführten Systeme für das Mittelformat 6 x 6 cm\*\*2 verursachen zwar auch einen relativ hohen Auswerteaufwand; für freifliegende ferngelenkte Systeme bieten diese beiden Kamern aber wegen ihres geringen Gewichtes die einzige Möglichkeit, photogrammetrisch auswertbare Meßbilder aufzunehmen.

Wünschenswert wäre eine Meßkammer im Format 9 x 12 cm\*\*2. Die Firma Linhof, München, teilt mit, daß eine Aerotechnika 9 x 12 mit einem Reseau versehen und für den Einsatz in unbemannten Flugkörpern modifiziert werden kann. Diese Kamera hätte aber ein Gewicht von ca. 20 kg, was eine Verwendung in ferngelenkten, freifliegenden Trägern verhindert. Drachen und Luftschiffe könnten für eine solche Nutzlast konzipiert werden; sie dürften aber auf Grund ihrer dann erforderlichen

Größe an der Grenze der vernünftigen Handhabung angelangt sein. Ideal wäre eine solche Kamera für den Einsatz in den unter 3. genannten Systemen.

#### Navigation der gefesselten und ferngelenkten Systeme

H.J. Przybilla hat in /28/ bereits Navigationssysteme für die Positionierung der Kameraträger beschrieben. In Ermangelung anderer Navigationshilfen hat sich in der Praxis das von W. Wester-Ebbinghaus /19/ vorgeschlagene System bewährt. Eine Kamera wird über den Aufnahme-standpunkt aufgestellt und mit Libellen senkrecht ausgerichtet; der Flugkörper kann dann auf der Suchermattscheibe beobachtet werden. Die Flughöhe läßt sich dabei mit Hilfe einer auf der Mattscheibe aufgebrauchten Teilung mit ausreichender Genauigkeit abschätzen. Bei diesem Verfahren muß das Aufnahmegebiet begehbar sein; womit es sich besonders für die Navigation von gefesselten Kameraträgern wie Drachen, Ballonen und Luftschiffen eignet. Für freifliegende ferngelenkte Systeme (Kleinflugzeug, Hubschrauber) sollten andere Navigationsverfahren eingesetzt werden.

Die Überwachung der Fluglage mit Theodoliten oder anderer Visureinrichtungen, die auch außerhalb des Aufnahmegebietes aufgestellt werden können, ist wegen des zusätzlichen Geräte- und Personalbedarfes zu aufwendig und in der praktischen Durchführung zu schwerfällig.

Abhilfe würden im Flugkörper eingebaute elektronische Systeme bringen, die dem Piloten Informationen über die Position des Kameraträgers übermitteln und die Einhaltung einer einmal vorgegebenen Kameraneigung garantieren können. Entsprechende Untersuchungen und Vorarbeiten werden z.Zt. von K.L. Busemeyer und M. Kügelgen durchgeführt. Aufgrund des frühen Entwicklungsstadiums können dazu keine weiteren Angaben gemacht werden.

Bisher wurden von den meisten Anwendern kardanische Kameraaufhängungen bevorzugt, die zuverlässig große Änderungen der OMEGA- und PHI-Bewegungen verhindern. Die Kantung KAPPA kann zusätzlich durch Servomotoren beeinflusst werden.

Beim Kleinflugzeug /19/ und beim Photohelikopter /22/ wurde die Kamera starr mit dem Flugkörper verbunden, was besonders bei größeren Flughöhen zu Schwierigkeiten führt, weil dann die Fluglage dieser Träger nicht mehr genau genug beobachtet werden kann. Hier können auf dem Modellbausektor angebotene Kreiselsysteme eingebaut werden, die die Stabilisierung der Fluglage um alle 3 Achsen unterstützen /28/.

#### Schlußbemerkungen

Die bisher zur Verfügung stehenden unbemannten Systeme sollten noch als "Prototypen" betrachtet werden, die durch Neu- und Weiterentwicklungen für einen ständigen Einsatz optimiert werden müssen. Hier sei im besonderen auf noch fehlende automatisierte Navigationseinrichtungen und auf Modifikationen zur leichten Bedienbarkeit (Personalaufwand) hingewiesen. Aus diesem Grunde können Fragen zur Wirtschaftlichkeit der Kameraträger vorerst nur spekulativ beantwortet werden. Die bisherigen Erfahrungen deuten aber darauf hin, daß große Anwendungsgebiete erschlossen werden können, wenn die Kosten für Aufnahme und Auswertung im täglichen Einsatz mit etablierten Techniken konkurrieren können.



Literaturverzeichnis

- 1) COCHRANE, J.A.: The Dunford Aerial Photographic System, Aerial Archaeology 1980 (4), S. 8-11.
- 2) ANDERSON, R.C.: A Kite Supported System for Remote Aerial Photography; Aerial Archaeology 1980 (4), S. 4-7.
- 3) PRATT, T.: Go, Fly A Kite; Photography 1983 (8) Nr. 6, S. 24-25.
- 4) JOUNG, J.: Die Kamera geht in die Luft; Fotopraxis 1981 (52), S. 1450-1453.
- 5) GERSTER, G.: Scherben machen Geschichte; GEO 1980 (8), S. 40-56.
- 6) GEORGOPOULOS, A.: Low Altitude Non-Metric Photography Using A Kite; Internationales Archiv für Photogrammetrie 1982, Band 24, Teil V/1, S. 207-217.
- 7) HECKES, J.: Der Heißluftfesselballon für Luftaufnahmen im Nahbereich und Ergebnisse mit der Rollei SLX-Teilmeßkammer; Veröffentlichung des Geodätischen Institutes der RWTH Aachen 1983, Nr. 34, S.143-148.
- 8) BUSEMEYER, K.L.: Einige Gedanken zum Einsatz von ferngelenkten Ballonen und Luftschiffen zur Luftbildherstellung; Veröffentlichung des Geodätischen Institutes der RWTH Aachen 1983, Nr. 34, S. 149-152.
- 9) WANZKE, H.: Ballonphotogrammetrie in Mohenjo Daro; 1981, RWTH Aachen, Manuskript, 16 Seiten, unveröffentlicht.
- 10) BUSEMEYER, K.L.: RC-Luftschiffe und Ballone; 1982, Neckar-Verlag, Villingen-Schwenningen, 175 Seiten, ISBN 3-7883-0165-1.
- 11) LINDENMANN, M.: Luftaufnahmen mittels Fesselballon; Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik 1983, Heft 10, S. 289-290.
- 12) MYERS, W.J.; MYERS, E.E.: The Art of Flying: Balloon Archaeology; 1980, Archaeology, (12), S. 33-40.
- 13) GEORGOPOULOS, A.: Balloon and Kite Photography: An Historical Review; Internationales Archiv für Photogrammetrie, York, 1982, Band 24, Teil V/1, S.196-206.
- 14) HECKES, J.: Der Heißluftfesselballon des Deutschen Bergbaumuseums; Internationales Archiv für Photogrammetrie, York, 1982, Band 24, Teil V/1, S. 245-252.
- 15) BADEKAS, J.; PEPPE, E.; STAMBOULOGLOU, E.: Low Altitude Aerial Photography; Internationales Archiv für Photogrammetrie, Band 23, Teil 10, S. 1-20.
- 16) WHITTLESEY, J.H.: Tethered Balloon for Archaeological Photos; Photogrammetric Engineering 1970, Bd. J 6(2), S. 181-186.
- 17) LUBOWSKI, G.; WALDHÄUSEL, P.: Ballon-Photogrammetrie; Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen und Photogrammetrie 1980, G 8(1), S. 30-39.
- 18) ROBINSON, G.P.G.: A helium balloon system for low altitude non-metric vertical photography; Internationales Archiv für Photogrammetrie, York, 1982, Band 24, Teil V/2, S. 412-421.
- 19) PRZYBILLA, H.J.; WESTER-EBBINGHAUS, W.: Bildflug mit ferngelenktem Kleinflugzeug; Bildmessung und Luftbildwesen 1979 (5), S. 137-142.
- 20) KÜGELGEN, M.: Ein neues RPV für Luftaufnahmen im Nahbereich; Rio de Janeiro, 1984, 15. Kongreß der Internationalen Gesellschaft für Photogrammetrie, Presented Paper
- 21) SCHLÜTER, D.: PHOTO HELICOPTER MKI; Firmenprospekt, Hubschraubertechnik, 6052 Mülheim/Main
- 22) SCHLÜTER, D.: Ferngesteuerte Kleinflugzeuge und speziell Kleinhubschrauber für Nahbereichs-Luftaufnahmen; Internationales Archiv für Photogrammetrie 1982, York, Band 24, Teil V/2, S. 433-442.

- 23) SCHLÜTER, D.: Hubschrauber ferngelenkt; 1977, Neckar-Verlag, Villingen, 248 Seiten.
- 24) WESTER-EBBINGHAUS, W.: Aerial Photography by Radio Controlled Model Helicopter; Photogrammetric Record, London, 1980, Vol. 10, No. 55, S. 85-92.
- 25) WESTER-EBBINGHAUS, W.: Fernlenkbildflug mit Modellhubschrauber; XIV. Kongreß der Internationalen Gesellschaft für Photogrammetrie, 1980, Hamburg.
- 26) BECKSCHÄFER, I.: Vergleich von Luftaufnahmen mit verschiedenen Kammern und Kammerträgern; 1981, Universität Bonn, Diplomarbeit, unveröffentlicht.
- 27) WESTER-EBBINGHAUS, W.: Ein photogrammetrisches System für Sonderanwendungen; Bildmessung u. Luftbildwesen 1983 (3), S. 118-128.
- 28) PRZYBILLA, H.J.: Navigationssysteme für den Einsatz in der Nahbereichsluftbildmessung; Internationales Archiv für Photogrammetrie, 1982, York, Band 24, Teil V/2, S. 397-404.
- 29) MAUELSHAGEN, L.; PRZYBILLA, H.J.; THIES, M.: Ein Beispiel für "Mixed Ranges" - Kalibrierung in der Nahbereichsluftbildmessung, Internationales Archiv für Photogrammetrie, 1982, York, Band 24, Teil V/2, S. 319-326.
- 30) KAMPMANN, W.: Südberg 94, D-4730 Ahlen.
- 31) KÜGELGEN, M.; SOKOLOWSKI, J.: Ultraleicht-Flugzeuge als Kameraträger für Luftaufnahmen; Rio de Janeiro, 1984, 15. Kongreß der Internationalen Gesellschaft für Photogrammetrie, Presented Paper
- 32) RHODY, B.: A new, versatile stereo-camera system for large-scale helicopter photography of forest resources in central europe. Photogrammetria, 32 (1977), S. 183-197.
- 33) MEID, A., HANSCH, K-U.: Ein praktisches Beispiel zur Nahbereichsluftbildphotogrammetrie, Rio de Janeiro, 1984, 15. Kongreß der Internationalen Gesellschaft für Photogrammetrie, Presented Paper.
- 34) SCOTT, W.: Helicopter Photography Photogrammetric Engineering 1968/9.
- 35) BEYER, A.: Untersuchungen zum Einsatz von Hubschraubern für photogrammetrische Spezialaufgaben, Vermessungstechnik 1976 (24) Nr. 2, S. 50-53.
- 36) BRÜGGEMANN, R.; HEINZEL, R.: Luftbildschrägaufnahmen für Zwecke der Stadtbilduntersuchung, Fachhochschule Bochum, Diplomarbeit (unveröffentlicht), Bochum 1982.
- 37) BELZNER, H.: Luftaufnahmen mit dem Hubschrauber, Bildmessung und Luftbildwesen 1962 (30), Nr. 2, S. 76-77.
- 38) CHEFFINS, O.W.: Accuracy of heighting from vertical photography obtained by helicopter. Photogrammetric Record 1969, 34, Nr. 6, S. 379-381.
- 39) KUNKEL, J.: Der Einsatz von Drachen für Luftaufnahmen im Nahbereich, Rio de Janeiro, 1984, 15. Kongreß der Internationalen Gesellschaft für Photogrammetrie, Presented Paper.
- 40) BUSEMEYER, K.L.: Einsatz und Verwendungsmöglichkeiten von ferngelenkten Ballonen und Luftschiffen als Kameraträger, Rio de Janeiro, 1984, 15. Kongreß der Internationalen Gesellschaft für Photogrammetrie, Presented Paper.
- 41) WANZKE, H.: Einsatz eines Heißluftschiffes zur stereophotogrammetrischen Dokumentation antiker Ruinen, Rio de Janeiro, 1984, 15. Kongreß der Internationalen Gesellschaft für Photogrammetrie, Presented Paper.
- 42) KOTOWSKI, R.; MAUELSHAGEN, L.: Ballon-Photogrammetrie über dem Grabungsfeld Mohenjo-Daro, Pakistan, Rio de Janeiro, 1984, 15. Kongreß der Internationalen Gesellschaft für Photogrammetrie, Presented Paper.