



Was können Unmanned Airborne Systems (UAS) für landwirtschaftliche Anwendungen leisten ?

Dr.-Ing. Görres Grenzdörffer

Universität Rostock

Professur für Geodäsie und Geoinformatik

Formatvorlage des Untertitelmasters durch Klicken bearbeiten



- Einleitung / Motivation
- Anwendungsmöglichkeiten von UAS in der Landwirtschaft
- Rechtliche Aspekte – was ist erlaubt und was nicht
- Stand der Forschung (ohne Anspruch auf Vollständigkeit)
- PFIFFikus
- Zusammenfassung / Diskussion

Anwendungsmöglichkeiten von UAV's im ländlichen Raum

Forstwirtschaft, z.B.

- Überwachungen von Fördermaßnahmen, gesetzl. Vorschriften etc.
- Schad- oder Moorkartierungen
- Untersuchung von Schädigungen
- u.v.m.

Landwirtschaft, z.B.

- Klassifizierungen mittels Vegetationsindizes
- Massenberechnungen
- Vitalitäts-Monitoring
- Reflexionsmessungen für Precision Farming und Satellitenmissionen
- Optimierung der Erntelogistik
- Meßplattform für BRDF
- u.v.m.

Temporale
Auflösung

Räumliche
Auflösung

Räumliche
Abdeckung

Sensoren



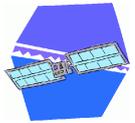
Satelliten

Gering
(Wolken,
Satelliten-
orbit)

Bestands-
ebene

Regionale
Ebene

MS-Scanner,
RADAR



Airborne

Mittel
(Wolken)

Bestands-
ebene

Betriebs-
ebene

Kameras,
MS-Scanner



UAS

Hoch
(bei Bedarf)

Bestand- oder
Blattebene

Feld-
ebene

Hy-Scanner,
Kameras, TIR



Traktor

Hoch
(bei Bedarf)

Blattebene

Feld-
ebene

Hy-Scanner,
Kameras



Verfahrensvergleich teilflächenspezifischer Düngung mithilfe von Flugzeug- bis traktorbasierter Fernerkundung

	Flugzeug (Luftbild)	UAS	Traktor*
Fläche (LN / Tag)	> 10.000 ha	Max. 1.000 ha	Max. 200 ha
Witterungsabhängigkeit	++ (wolkenloser Himmel)	+ (gutes Wetter)	– (kein Regen)
Turnaround Zeitraum Foto → Landwirt	1 – 7 Tage	1 h – 24 h	Sofort – 24 h (online – offline)
Bodenauflösung	0,1 – 0,5 m / Pixel	0,1 – 0,5 m / Pixel	1 – 8 m / Pixel
Absolutgenauigkeit	< 1 m	1 – 3 m	1 – 5 m
Spektralauflösung	Farbe + Infrarot	Farbe + Infrarot	Spektrometer
Korrelation mit Biomasse	Mittel – Hoch	Hoch (four vision)	Sehr hoch
Agron. Kalibrierung für N- Düngung	Nein	Nein	Ja (nur N-Sensor), Nein für andere
Online-Fähigkeit	Nein	Nein	Ja
Flächenvermessung	Sehr gut	Gut	nein
Kosten / ha [€]	2 – 3	< 3 ??	3 – 8 (Onlineverfahren)

UAS Einsatz für landwirtschaftliche Anwendungen

Vorteile

- Geringere Wetterabhängigkeit als Flugzeug, kann unterhalb der Wolken fliegen, (Problem Wind)
- Effizient für kleine Gebiete (> 100 – 200 ha)
- Unabhängiges System, keine Koordination mit Flugzeug notwendig
- Kann “überall” eingesetzt werden
- Near-Online Fähigkeit: Sofortige Datenverfügbarkeit nach dem Flug
- Einsatz alternativer Sensoren
- Interessante wissenschaftliche Plattform

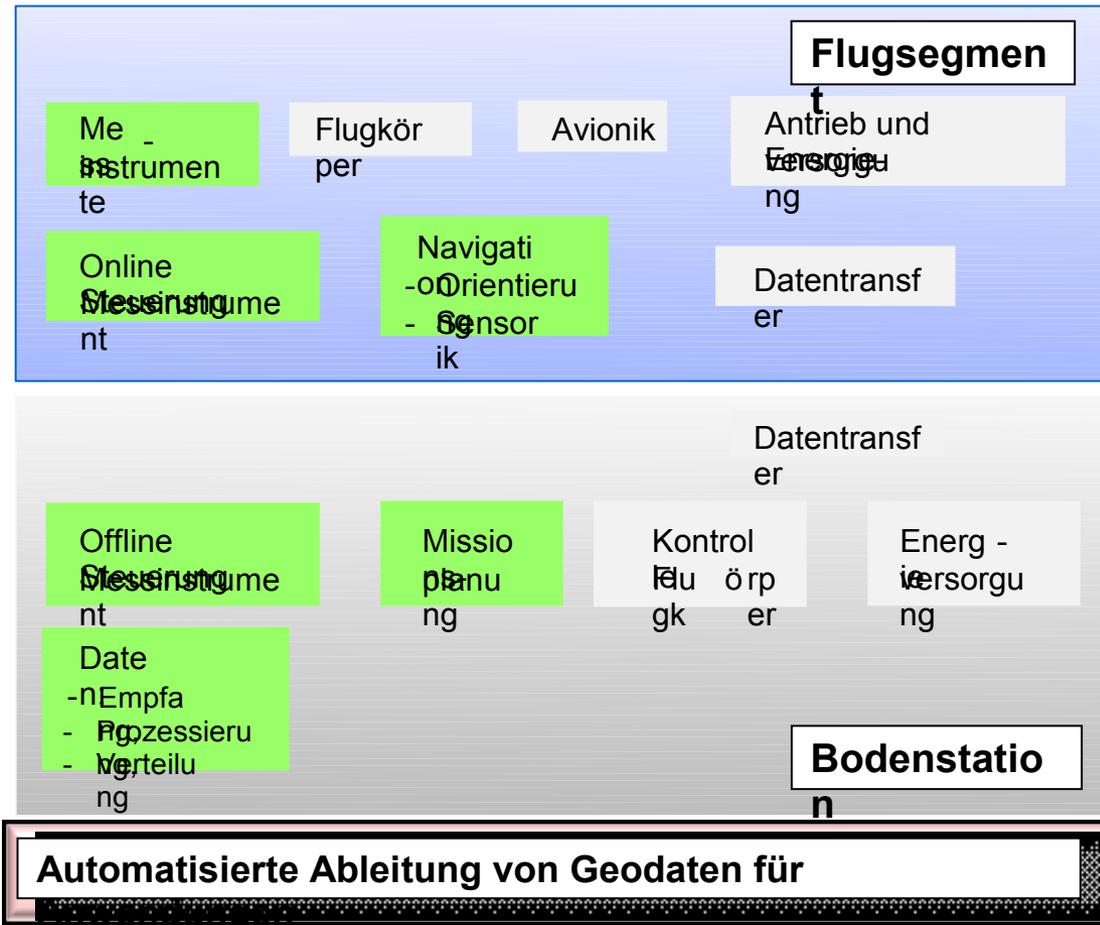
Nachteile

- Nicht effizient für große, zerstückelte Gebiete
- Georeferenzierung (Mosaickierung) ist ein großes Problem – Forschung notwendig
- Radiometrie preiswerter leichter Kameras unzureichend
- Grundkenntnisse für Modellflugzeuge notwendig
- Technik hat noch viele Kinderkrankheiten
- Kosten pro Hektar ??
- Rechtliche Rahmenbedingungen sind einzuhalten: VLOS + Aufstiegserlaubnis



- In Deutschland, wie auch auf internationaler Ebene, existieren zurzeit noch keine Zulassungsbestimmungen für autonom operierende UAS < 150 kg.
- Deshalb im **kontrollierten** Luftraum: Betrieb (zumeist militärisch) entweder in Flugbeschränkungsgebieten, oder unter NOTAM d.h. exklusive Luftraum Nutzung
- Im **unkontrollierten** Luftraum (Luftraum (F)-G) gilt seit dem 18.1.2010 die Regel: Erlaubnispflichtige Flüge bei MTOW < 25 kg und im Sichtbereich des Piloten etc

Komponenten eines UAS



UAS ist kein Flugkörper, sondern ein komplexes System aus vielen Einzelkomponenten

■ Relevanz für Photogrammetrie inkl. Kalibrierung und Orientierung

Quadrocopter



Helicopter



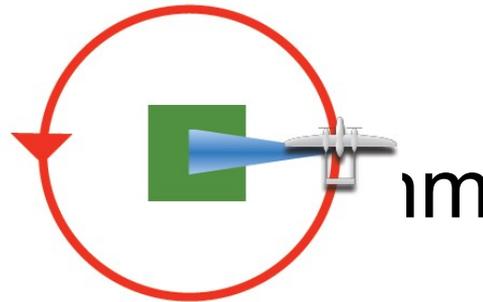
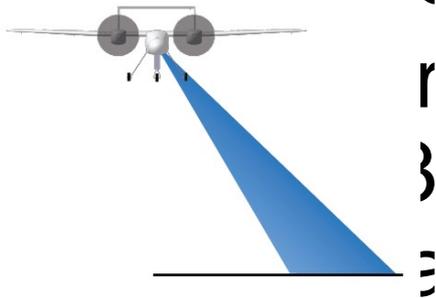
Starrflügler



- HALE-UAV's sollen als „Quasi-stationäre“ Plattformen FE-Aufnahmen mit einer hohen zeitlichen Repetitionsrate und hoher Bodenauflösung ermöglichen
- Forschung für potentielle Precision Farming



- Universität Stuttgart,
Institut für
Raumfahrtsysteme
- Ziele: BRDF-Messungen
+ Erfassung von
Umweltdaten



Konzept für BRDF-Messungen
Spektrometer, TIR in
Planung

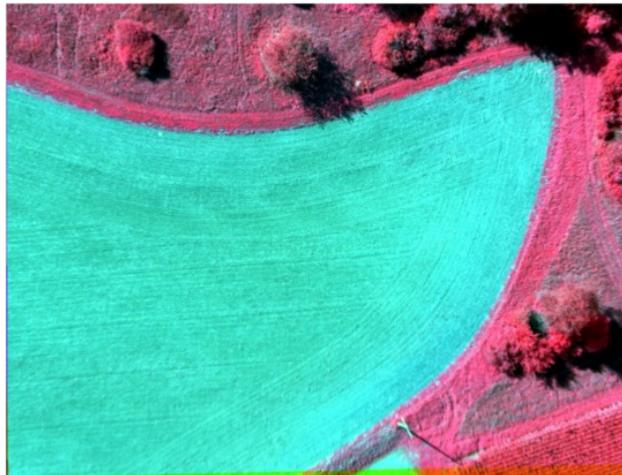


Technische Daten

Spannweite:	4,33 m
Gesamtlänge:	2,66 m
Maximales Startgewicht:	25 kg
Nutzlastkapazität:	4 - 5 kg

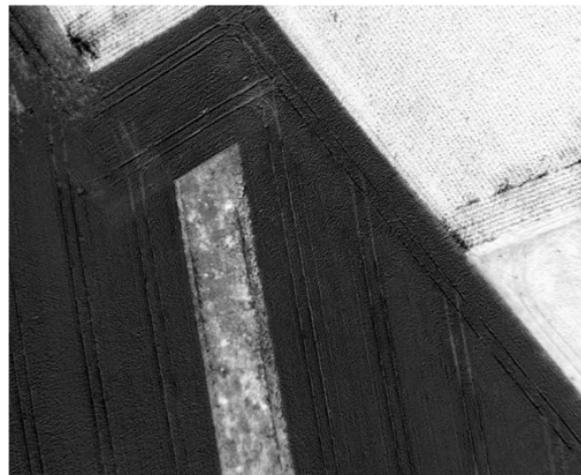
Antrieb

Motoren:	2 x elektrischer Antrieb
Flugzeit:	30+ Minuten
Autopilot:	Paparazzi



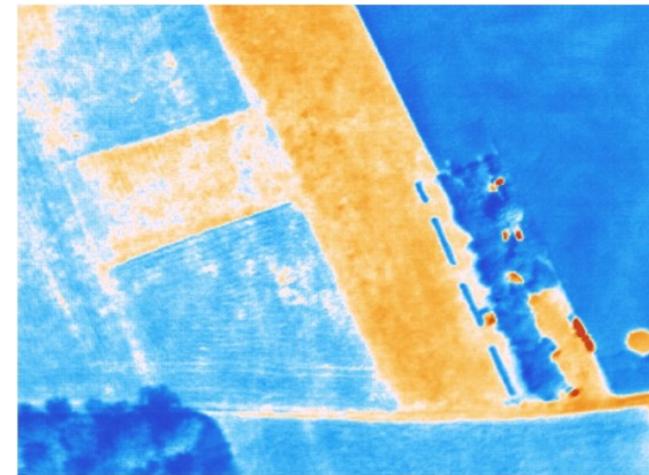
Falschfarben

Überlagerung aus rotem, grünem und nahem infrarotem Farbkanal (blau).



NDVI

Vegationsindex aus rotem und nahem infrarotem Spektralbereich



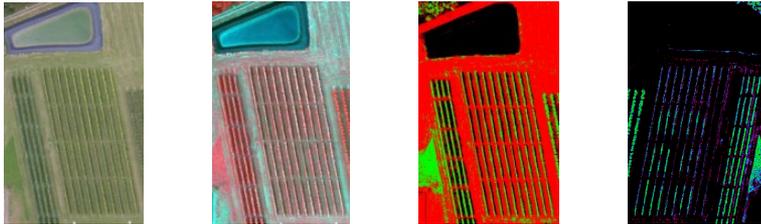
Thermal

Aufnahme des Startplatzes im thermischen Spektralbereich.

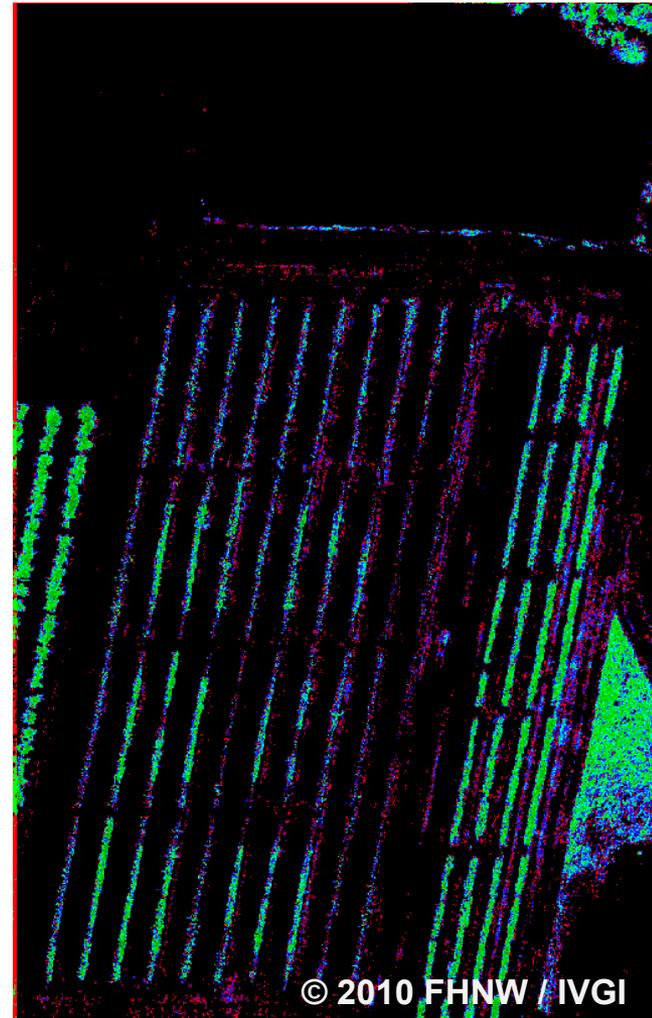
- Agrochemical Research
 - Project Partner Syngenta
 - Plant Health Assessment (Cereals, Wheat etc.)



Grapevine Monitoring



Comparison with Ground Reference



UAV-based Remote Sensing – MSMS (MultiSpectralMicroSensor)



Prototype of light-weight multispectral sensor on microdrones md4-200

- Projekt „ADLER“
(2009 – 2012)
- Kooperationspartner:
HU-Berlin / ATB / Geo
Net Terra GmbH
- Ziele:
 - Low-cost Drohne
(Oktocopter) für den
Landwirt
 - Automatisierte
Bildverarbeitung
Modelle und

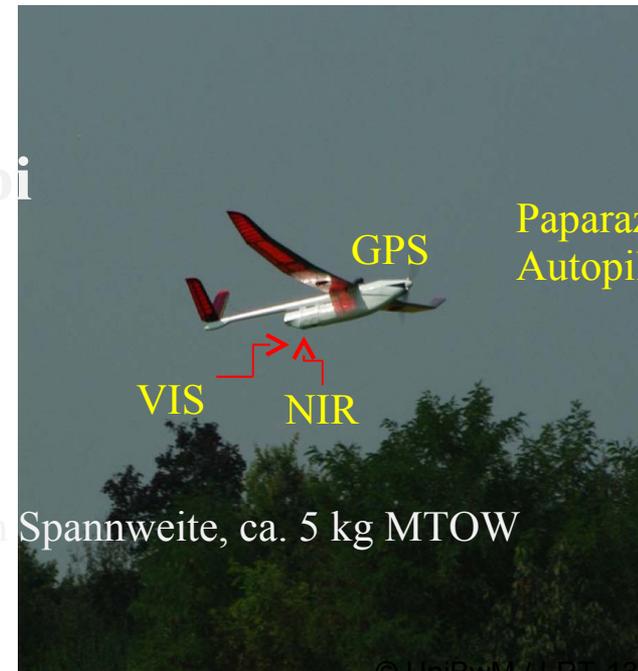


Quelle: <http://agricopter.de/>

- Projekt „UAV für Präzisionslandwirtschaft“ (2008 – 2010)
- Kooperationspartner: UniBW + KDZ Liepen
- Ziel:
Teilflächenspezifische Düngung mit Hilfe von NDVI-Aufnahmen

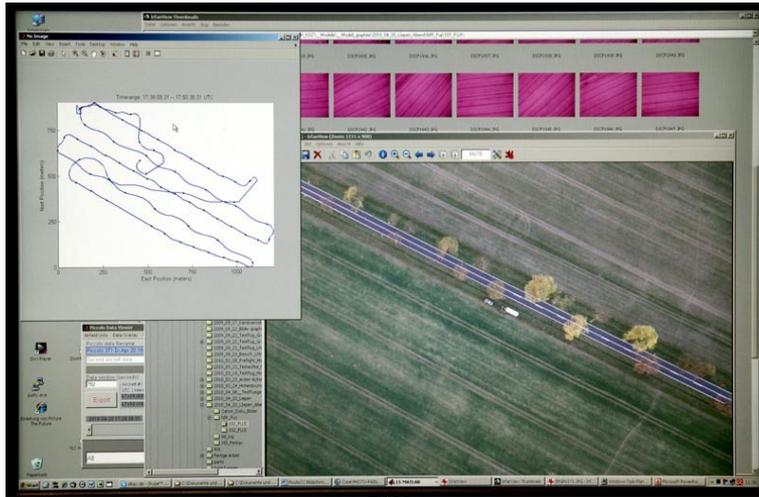
Liepi
1

3.45 m Spannweite, ca. 5 kg MTOW

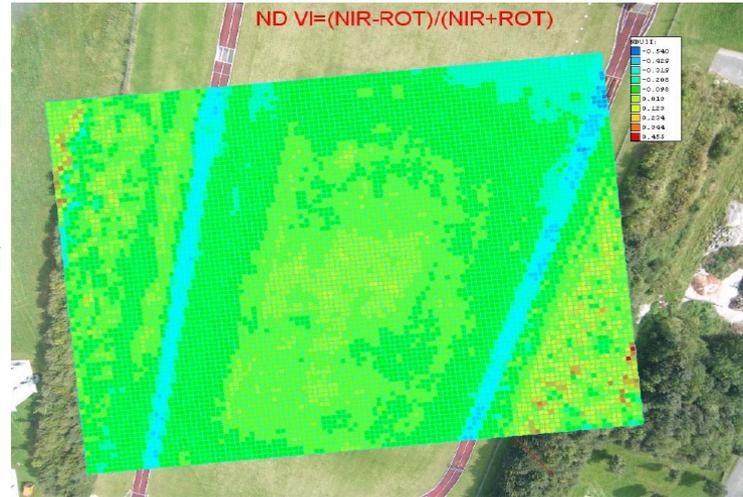


Paparazzi
Autopilot

© UniBW / ERT-15 / 2009



© UniBwM / LRT-13 / 2009



© UniBwM / LRT-13 / 2009

NDVI: Biomasseverteilung
(teilflächenspezifisch verteilt)

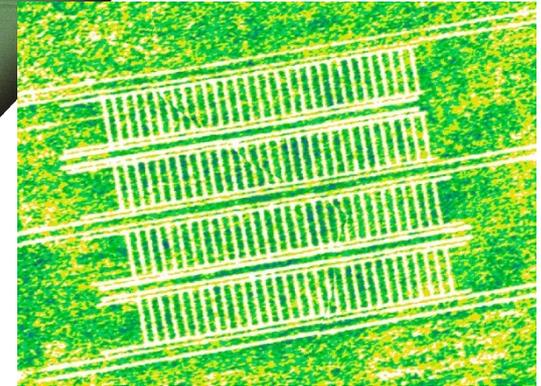
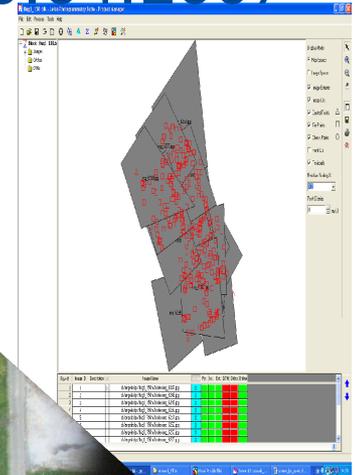
N Versorgung in Pflanzen
(Kalibrierung mittels Stichproben)

Düngebedarfskarte
(teilflächenspezifisch verteilt)

N -Applikationskarte
(für konkretes Düngemittel)

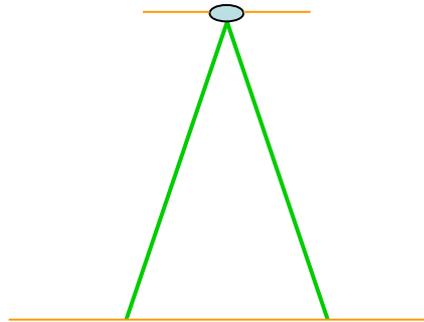


- 1998 – Heute PFIFF – Mittelformatsystem für Precision Farming Anwendungen
- 2007 / 2008 Erste Experimente zur Potentialanalyse und photogrammetrischem Potential von UAS
- 2010 – 2012 Projekt PFIFFikus mit CIS GmbH
- Ziele:
 - Entwicklung eines Mehrkameranasytems für ein UAS
 - BRDF-Modellierung



UAV-Flug für Feldversuchswesen

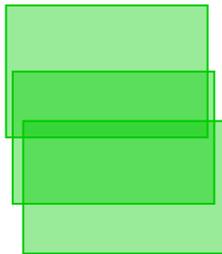
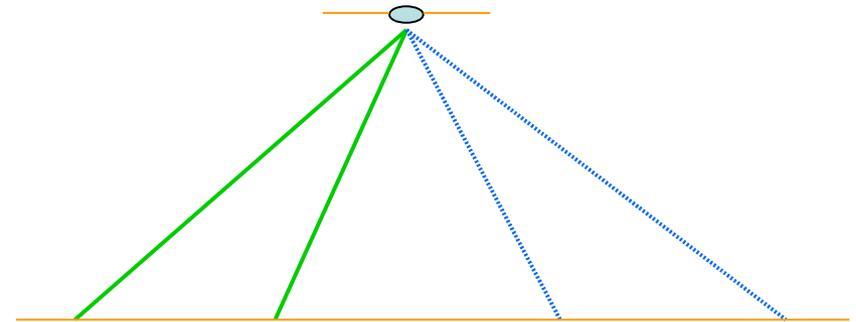
Das Four Vision Konzept



Flugzeug

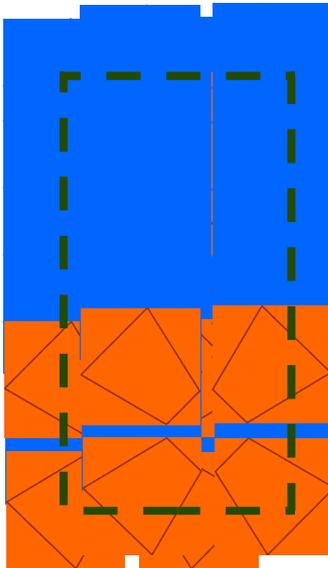
Strahlengang
der Kameras

Boden-
auflösung



Resultierende
Photographien
und
Überlappungs-
bereiche

Bildflug mit Four Vision System

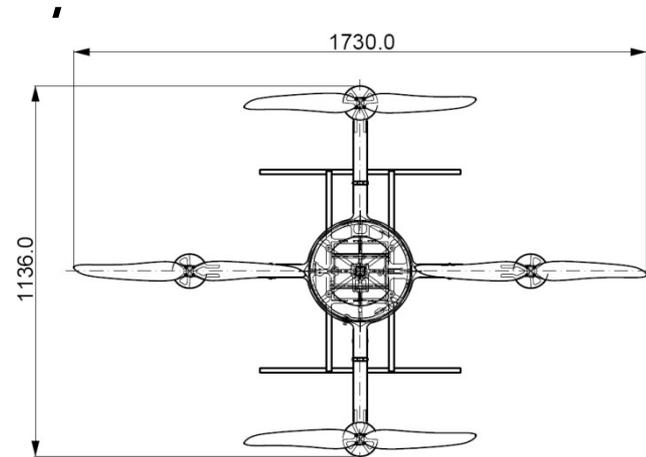


- Bildflug mit stark überlappenden Bildern aus verschiedenen Blickwinkeln
- Längsüberlappung ca. 70 %
- Querüberlappung ca. 60 %

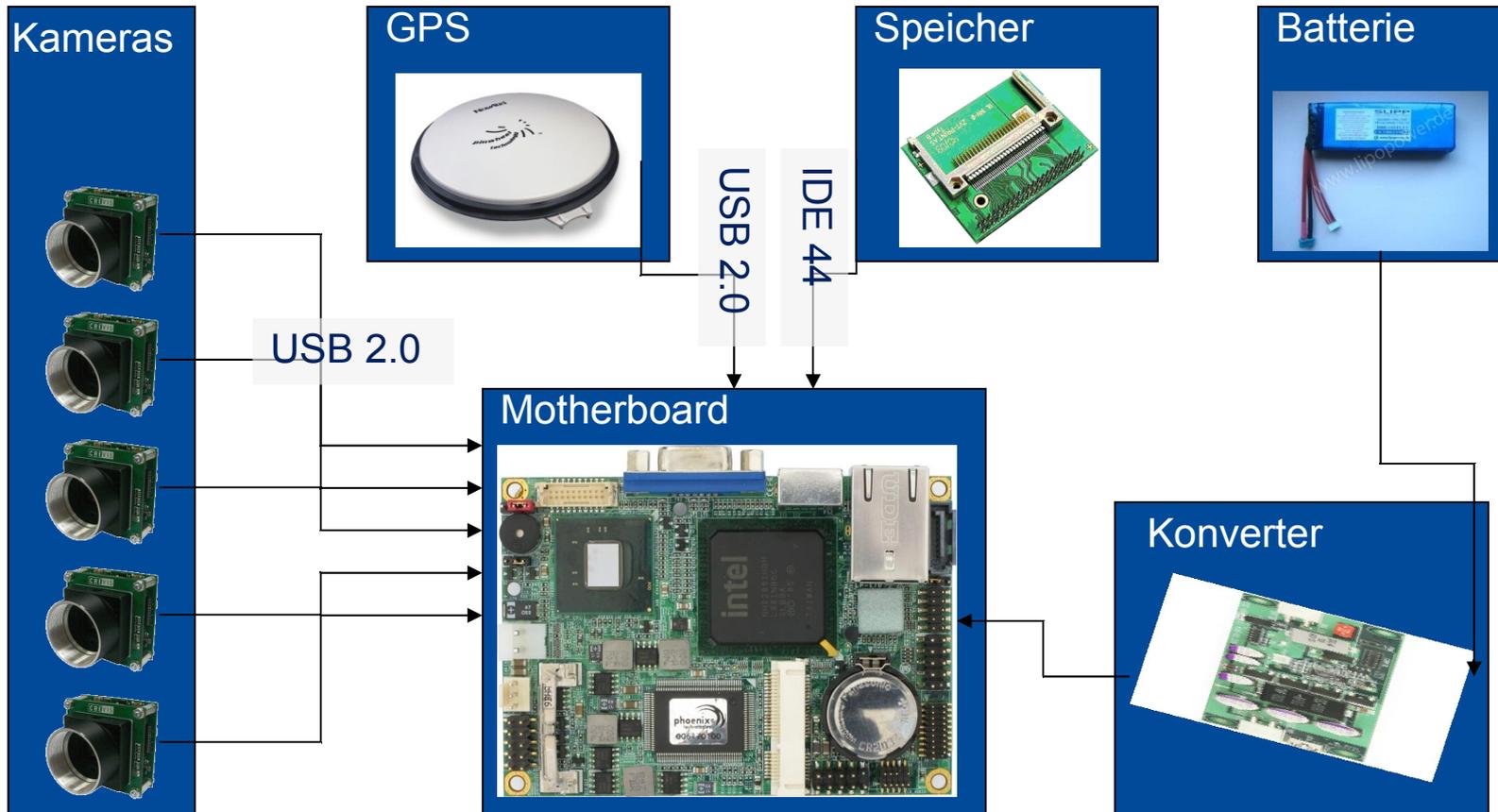
- **Redundante Bilder stützen den Bildverband bzw. Georeferenzierung**
- **Redundante Bilder ermöglichen Modellierung der BRDF**

- Vier Kameras erfordern eine neue Art der Bildflugplanung
- Hohe Redundanz (max. 12) der Bildinformation → Automation bei Georeferenzierung
- Redundanz + Kalibrierung mit PAR-Sensor + Zusatzdaten ermöglicht BRDF-Modellierung
- Keine Richtungs- und Uhrzeitabhängigkeit des UAS beim Bildflug → Wichtig für effiziente Bestimmung biophysikalischer Größen
- Biomasse kann prinzipiell mit VIS-Indizes ermittelt werden, deshalb keine IR-Kameras
- Schrägaufnahmen erhöhen Flächenabdeckung des Sensors
Effizienzsteigerung gegenüber Senkrechtaufnahmen →

- MD4-1000 von Microdrones
- Quadrocopter – 1.04 m Durchmesser
- Payload: ca. 1.000 g
- Flugzeit: max. 70 min. (ca. 1.000 g Payload)
- Fluggeschw. normal 15 m/s
- Abfluggewicht < 5 kg
- Flughöhe: bis 1.000 m
- Autopilot integriert
- Online Datenkommunikation



Aufbauschema des embedded Kamerasystems



- **Komponenten**

- Kameras (5 x 1.3 Mpix. Industriekamera mit Festbrennweite)

- PC für Kamerasteuerung / Flugmanagement /

Gesamtgewicht: ca. 1.000 g

* (GPS Signal kann wahrscheinlich von UAS übernommen werden)

- Datenspeicherung

- Gestell

Batterie (Lipo)

- **Gewicht**

- 80 g pro Kamera □ 400 g

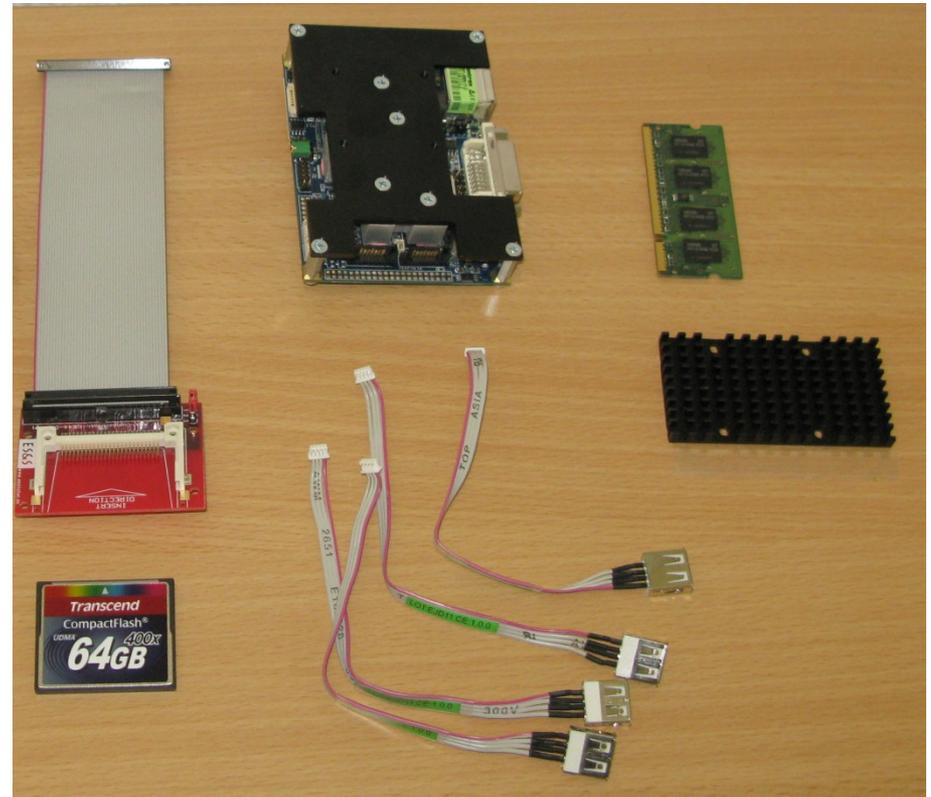
- 240 g

- ca. 100 g

- ca. 200 g (für 30 min. Flugzeit)

- ca. 60 g

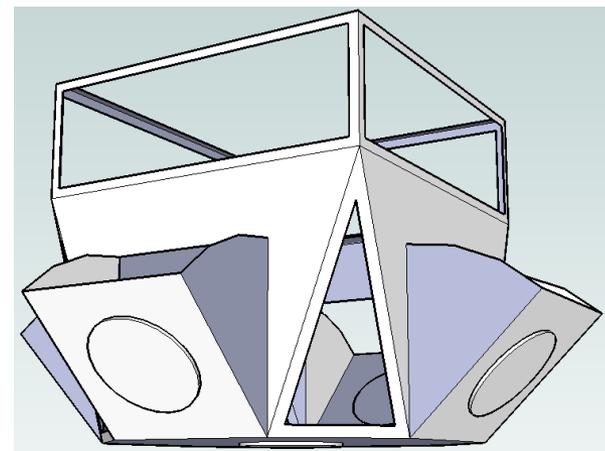
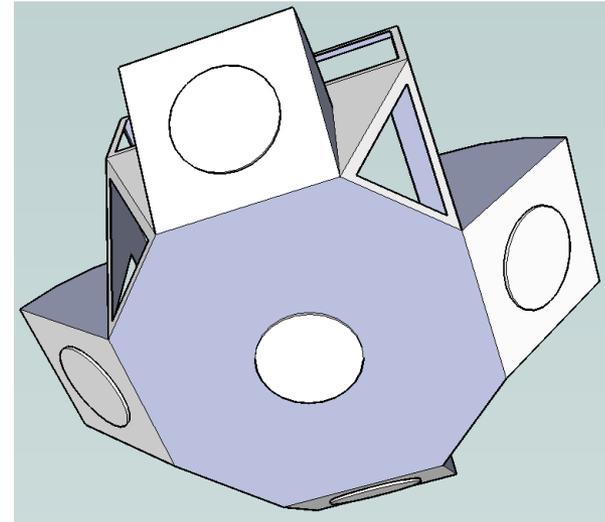
- pITX-SP-1.6
GHz Plus –
Board
 - 1.6 GHz-Intel
Atom Z510 /
Z530 Prozessor
 - 6 * USB 2.0
 - PATA (44 Pin
IDE)
 - 1 GB DDR2-
RAM
 - Stromverbrauch
5 W



- USB-Boardkamera
(Crevis USB 2.0)
 - Sony CCD ($\frac{1}{2}$ inch)
 - Pixelgröße 4,65 μm
 - 15 fps
 - Farb-Version
 - Abmessungen:
29x29x29 mm
 - Gewicht: 38 g
 - Stromverbrauch 2.5
W
- Objektiv



- Gehäuse
 - Leichtbauweise
 - Halterung für Kameras und Steuerungs-PC
 - Variable Schwenkvorrichtung für schrägblickende Kameras



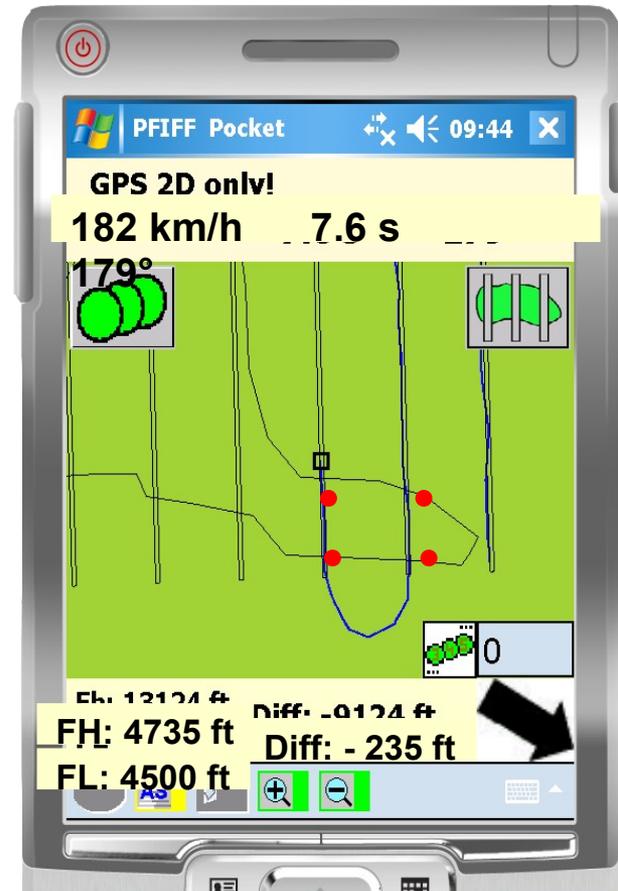
- **Problem**

- Über die genaue Flugplanung wird oft erst Vor-Ort entschieden
- Aufgrund von Wind und anderen unerwünschten Effekten weicht die tatsächliche Flugroute von der geplanten ab
- Für Photogrammetrie sind systematisch aufgenommene Bilder notwendig
- Für die photogrammetrische Prozessierung sind Vorinformationen zur äußeren Orientierung wichtig

- **Lösung**

• Funktionen

- **Automatische Bildauslösung** (TTL-Signal) entsprechend vorgegebener Längsüberlappung (Rolleikamera mit AICControl)
- Berechnet **kontinuierlich die Bildfolgezeit** (Anzeige der kritischen Bildfolgezeit, Ampelprinzip)
- Genauigkeit der **Bildauslösung ± 140 ms**
- **Logdatei** der aufgenommenen Bilder \rightarrow Bildmittenübersicht
- Darstellung der **Bildmittelpunkte** im Display
- **DGM-Integration** zur Bestimmung der Höhe über Grund, besonders wichtig für UAV-Auslösesteuerung
- Zusätzliches **Flugplanungsmodul**



- Das Thema UAS und Landwirtschaft / Precision Farming ist hochaktuell
- Zur Zeit werden UAS hauptsächlich als innovative FE-Forschungsplattform eingesetzt
- Noch ein weiter Weg bis zu kommerziellen Lösungen →
- Zu lösende Probleme:
 - UAS: Zuverlässigkeit / Ausdauer /