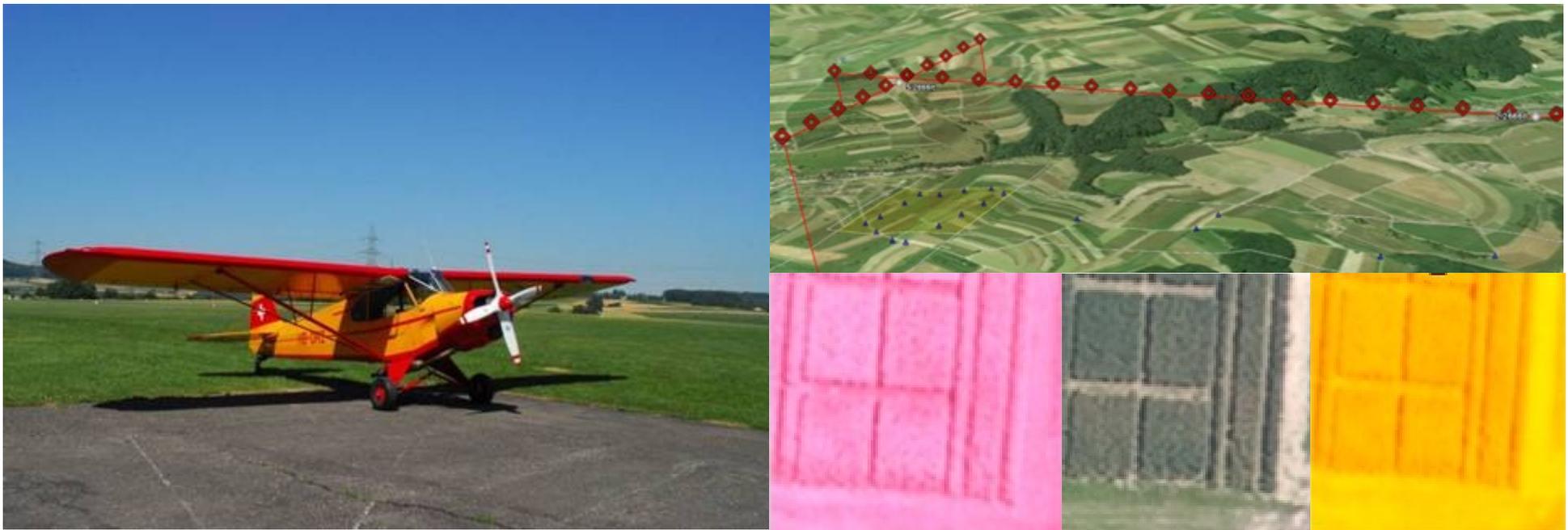


Hochaufgelöste multispektrale Fernerkundung mit Leichtflugzeugen – Erfahrungen und Ergebnisse aus dem airAGro-Projekt

Christoph Koch, KOPA., CH-Laufenburg



Inhaltsverzeichnis



Projektziele/Partner

Anwendungsfälle

Sensorplattform

Befliegungen / Datenerfassung

Ergebnisse

Fazit

Ausblick

Motivation



- **positive Forschungsergebnisse** mit leichtgewichtigen Fernerkundungssensoren auf Minidrohnern
- **Institut Vermessung und Geoinformation (IVGI)** der Fachhochschule Nordwestschweiz (FHNW)
- Publikationen
 - Brosi (2006)
 - Annen et al. (2007)
 - Matti (2008)
- **Teilnahme Ausschreibung Forschungsfonds Aargau**
- ⇒ **Projektstart: Herbst 2009**



Projektziele



Kernpunkte

- **Prototyp-Fernerkundungslösung** zur Detektion von Pflanzenkrankheiten, Bestandesdichten und Ernährungszustand
- **Evaluation und Integration** geeigneter Multispektral-Sensorkomponenten für Leichtflugzeuge (Flächenleistung)
- Konzipierung & Implementierung eines **automatisierten Aufnahme- und Auswerteverfahren**
- **Praktische Eignungsuntersuchungen** anhand konkreter Anwendungsfälle

Projektpartner



Projektpartner

- Koch + Partner Gruppe, Laufenburg (KOPA)
- Landwirtschaftliches Zentrum Liebegg (LZL)
- Abteilung Landwirtschaft (AL),
Departement Finanzen und Ressourcen, Kanton AG
- GGS- Geotechnik, Geoinformatik & Service GmbH (Speyer DE)



Projektdauer

- 1. Oktober 2009 bis 31. Dezember 2010

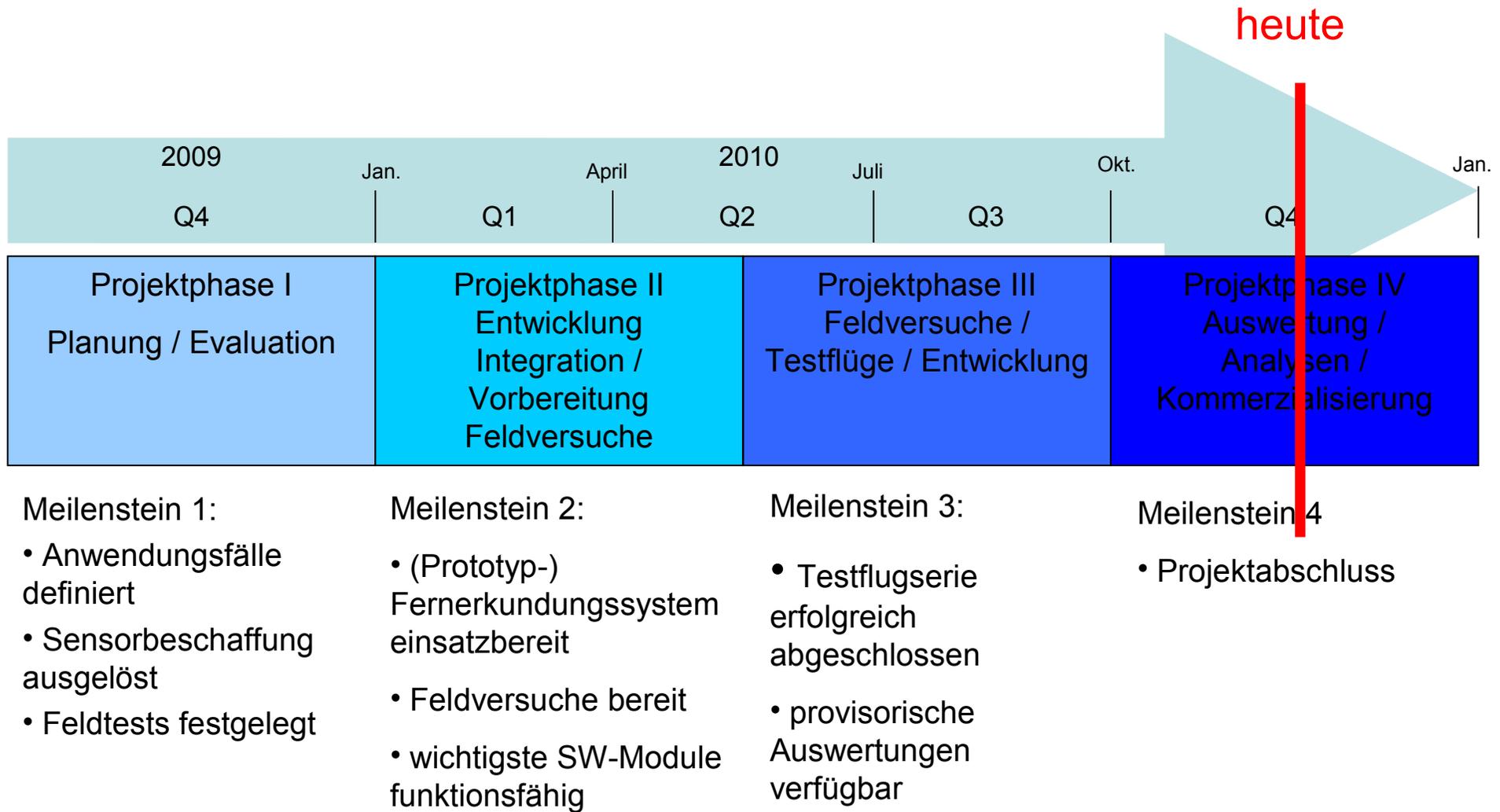


Projektfinanzierung

- Forschungsfonds Aargau (<http://www.forschungsfonds-aargau.ch/>)



Projektplan



Traktanden



Projektziele/Partner

Anwendungsfälle

Sensorplattform

Befliegungen /Datenerfassung

Ergebnisse

Fazit

Ausblick

Anwendungsfälle



- **Unkrautlokalisierung** im Futterbau (z.B. Blacken)
- Monitoring **Ökowiesen** (z.B. Biodiversität, Schnittrife und -zeitpunkt)
- Bestimmung von **Nährstoffversorgung**/Bestandesdichten von div. Kulturen
- Detektion und Kartierung von **eingeschleppten Pflanzenarten** (invasiven Neophyten)
- Erkennung verschiedener **Pflanzenkrankheiten** (z.B. Cercospora, Mehltau, Krautfäule, Feuerbrand)



Anwendungsfälle: airAGro-Team



heute

Anwendungsfall mit Priorität 1 + 2		April					Mai				Juni				Juli				August				
		W 13	W 14	W 15	W 16	W 17	W 18	W 19	W 20	W 21	W 22	W 23	W 24	W 25	W 26	W 27	W 28	W 29	W 30	W 31	W 32	W 33	W 34
Priorität 1a	Unkrauterkennung Futterbau: Kombination mit Blackenroboter	■	■	■																	■	■	■
	Qualitätsbeurteilung Ökowieden, Artenvielfalt: Zeitersparnis, Vorbeurteilung	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■							
	Nährstoffversorgung von Wiesen/Kulturen beurteilen				■	■	■	■															
	Schnittreife Ökowieden einschätzen, Schnittzeitpunkte überwachen										■	■	■	■	■	■	■	■					
	Cercospora Pilzkrankheit																	■	■	■	■	■	■
Priorität 1b	Bestandesdichten abschätzen Mais / Zuckerrüben							■	■														
	Ertragserhebungen von Wiesen							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	

Standorte

■	Liebegg
■	Oberhof
■	Erlinsbach
■	Bünzen, Freiamt
■	Theufental, nahe Liebegg
■	Oensing (evt. Reckenholz und in Westscheiz)

Prio. 1a

Prio. 1b

Anwendungsfälle: Syngenta



Stein: Fungizid- und Herbizidversuche

- Winterweizen
- Kartoffeln
- Mais

Möhlin: Fungizid-Versuche

- Winterweizen
- Sommerweizen



Traktanden



Projektziele/Partner

Anwendungsfälle

Sensorplattform

Befliegungen / Datenerfassung

Ergebnisse

Fazit

Ausblick

Rahmenbedingungen



- Definierte potenzielle **Anwendungsfälle**
 - Bestehendes produktives **Luftbild-Aufnahmesystem**
 - GGS - Geotechnik, Geoinformatik und Service GmbH / Speyer:
 - Mittelformatkamera: **Rollei 6008 P25** mit 51mm Objektiv
 - Flugführungssystem **AeroTopoL**
 - Gesetzliche **Mindest-Flughöhen (300 m über Boden)**
 - Konkrete **Kostenbeschränkung**
 - Kosten-Nutzenverhältnis muss hoch optimiert werden
 - Ausschluss einer kostenintensiven vollständigen Eigenentwicklung oder von sehr teuren Spezialsensoren
- ⇒ bewusste Verwendung von **'low-cost on the shelf'-Komponenten**



Systemanforderungen



- Integration in das **bestehende** Luftbild-Aufnahmesystem
 - physische und software-technische Integration
 - Erzielung einer **gleich hohen geometrischen Auflösung** am Boden (GSD => bis 5cm)
- Hohe **Flächenabdeckung** pro Aufnahme
- Erweiterung um **min. 2 adaptierbare Spektralkanäle** (z.B. im NIR-Bereich)
- Hohe **radiometrische Empfindlichkeit**
 - Pixelgrösse $>7\mu\text{m}$
 - Geringe Bildwinkel / Fokussierung auf zentrale Bildstellen

Multispektrale Erweiterung



- Zwei modifizierte semiprofessionelle **SLR-Kameras** (Nikon D700) **12.1MP**
- **Pixelgrösse 8.4µm**
 - 50mm Objektiv (Bildwinkel von $\approx 50^\circ$)
- **Austauschbare Filter**
 - Bsp. ‚cut-off‘ Filter mit 720nm oder 800nm
 - Bsp. dichroitischen Filtern (Bandpassfilter) mit 700-760nm oder 800-860nm
- **GPS/INS** (Septentrio AsteRx1i HDC) mit 2 Eventeingängen



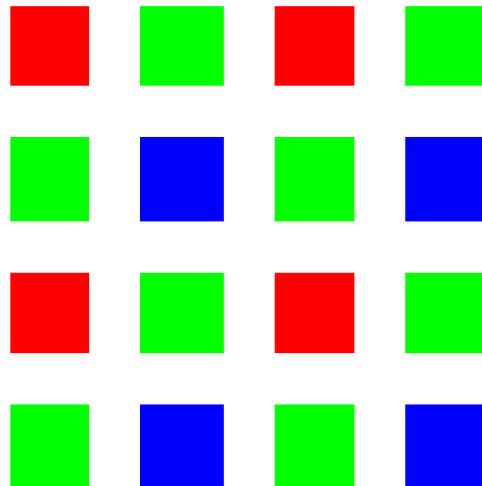
⇒ **Ökonomisch und flugtechnisch positive Begründung**



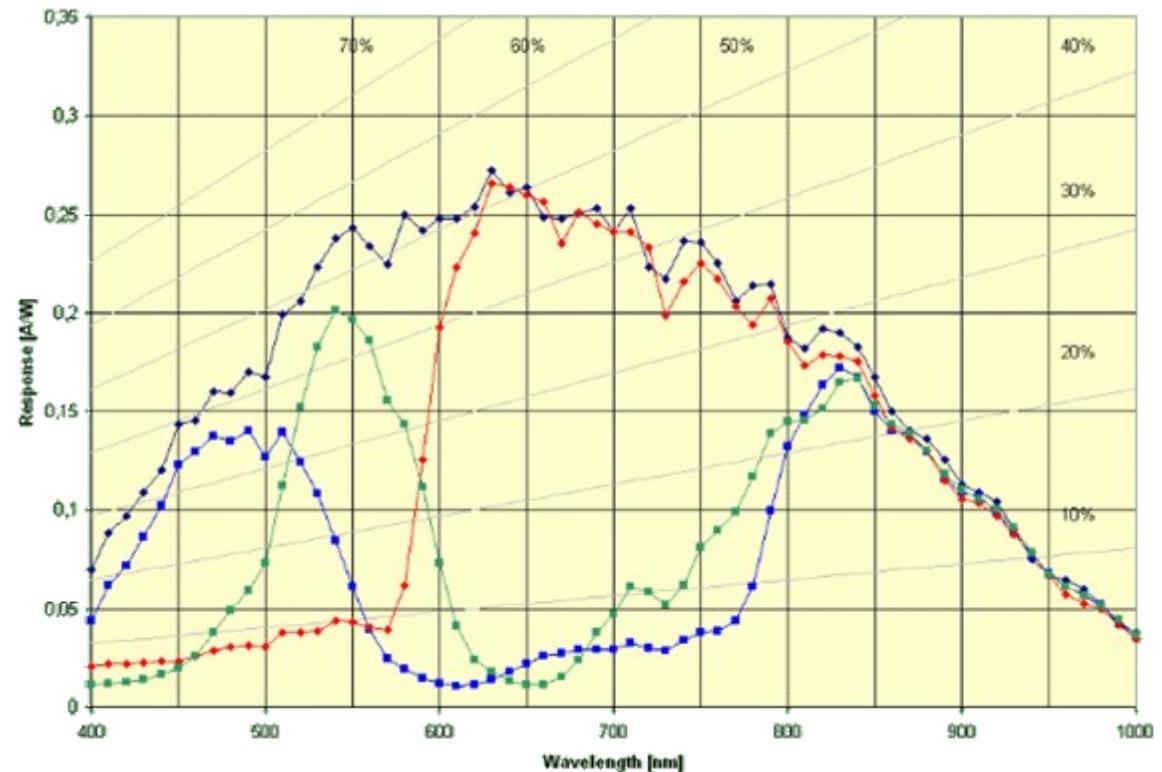
Problematik: Spektrale Empfindlichkeit von Consumer Kameras



Farbempfindlichkeit durch Filteranordnung als **Bayer-Muster**



Bayer-Muster

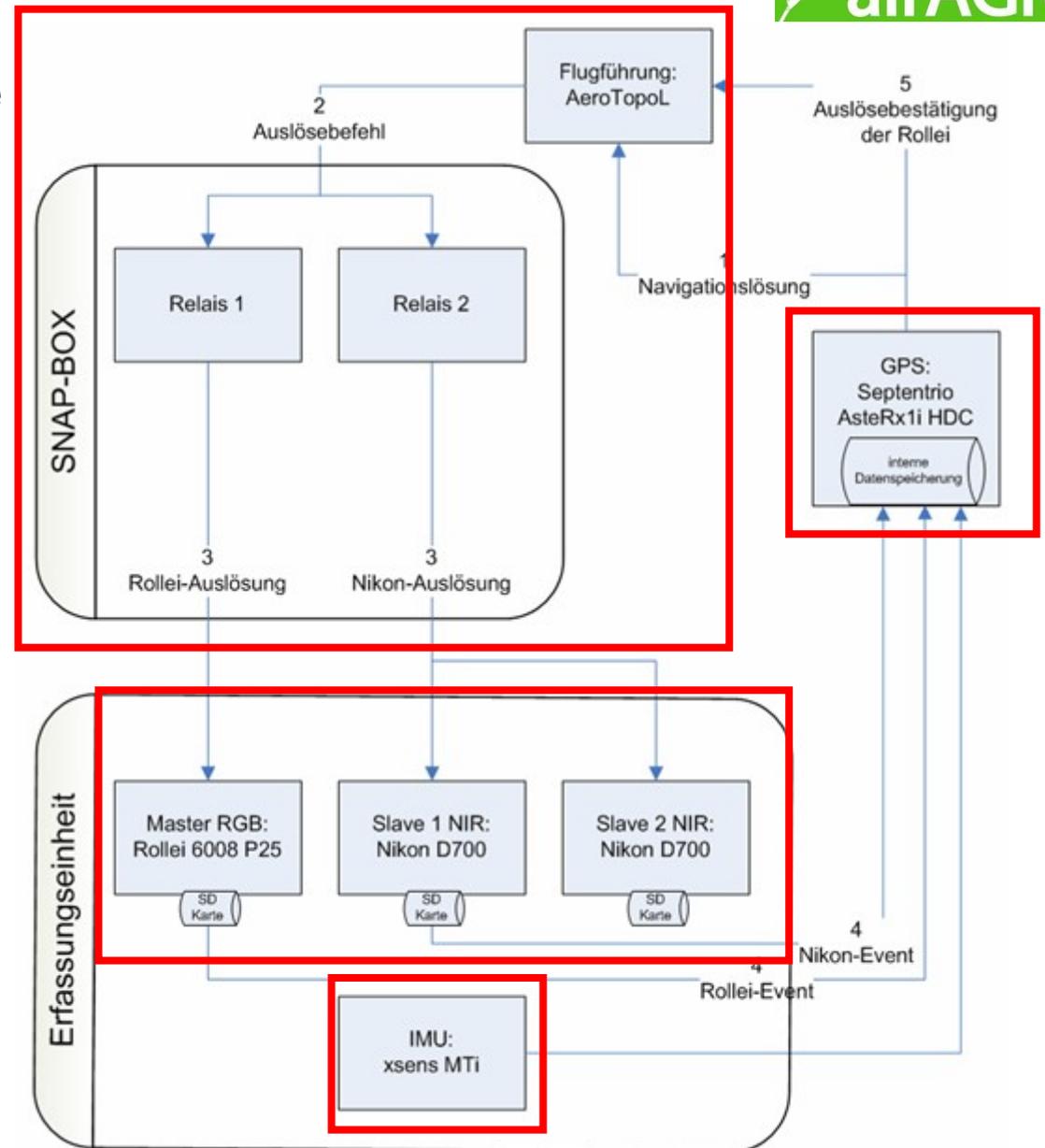


Typische spektrale Signatur von CCD- und CMOS Sensoren

Systemaufbau



- **Fünf** verschiedene Spektralkanäle
- Geometrische **Auflösung** (GSD) bis zu 5cm (300 m ü Grund)
- **Hauptkomponenten**
 - Drei Kameras
 - GPS/IMU
 - Flugführungssystem

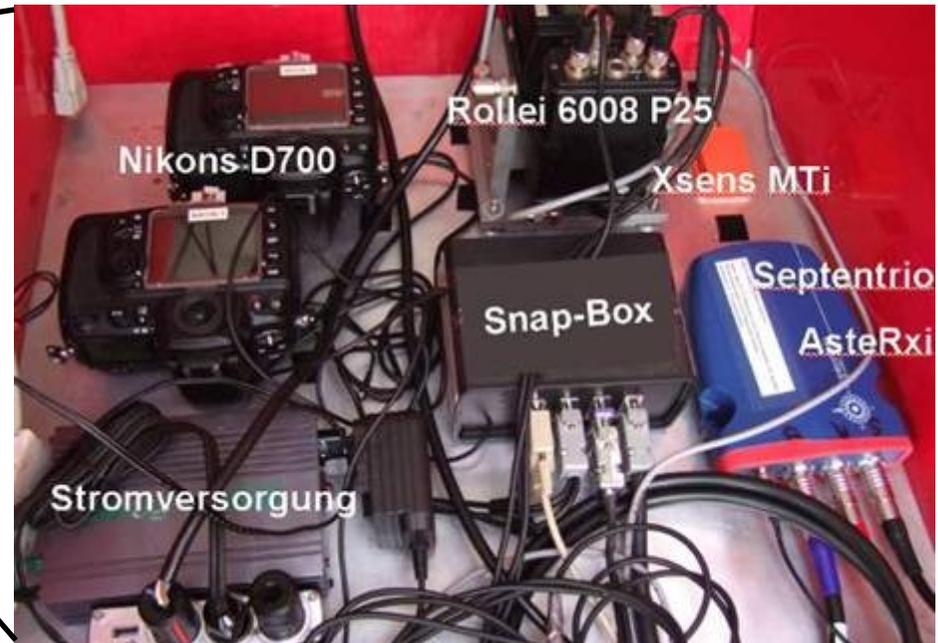


Schematische Systemarchitektur des airAGro-Systems

Systemintegration in Plattform

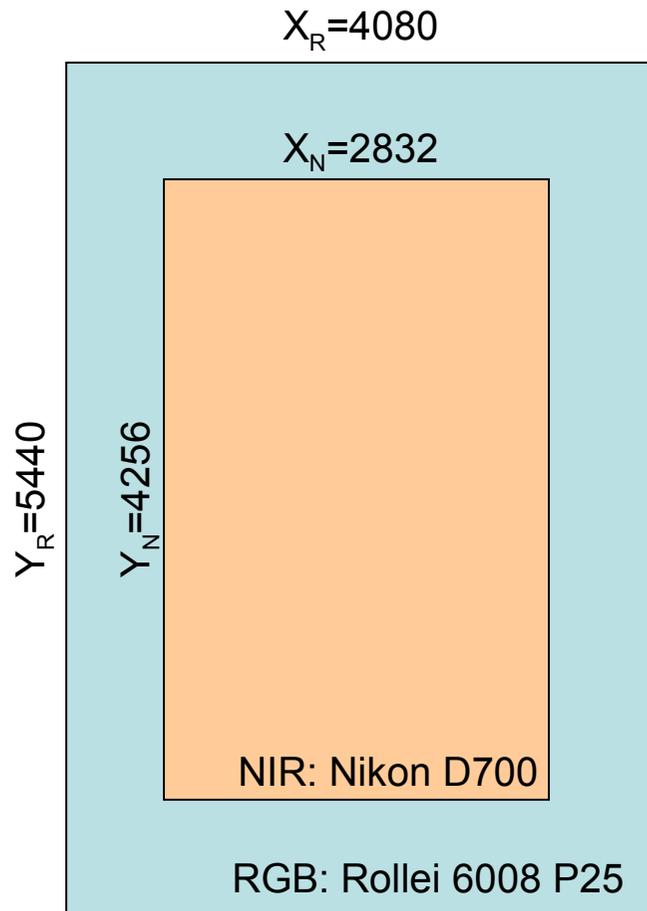


Messflugzeug Piper PA-18 Super Cub



eingebautes airAGro-Aufnahmesystem

Eigenschaften des Sensorsystems: 'Footprints'



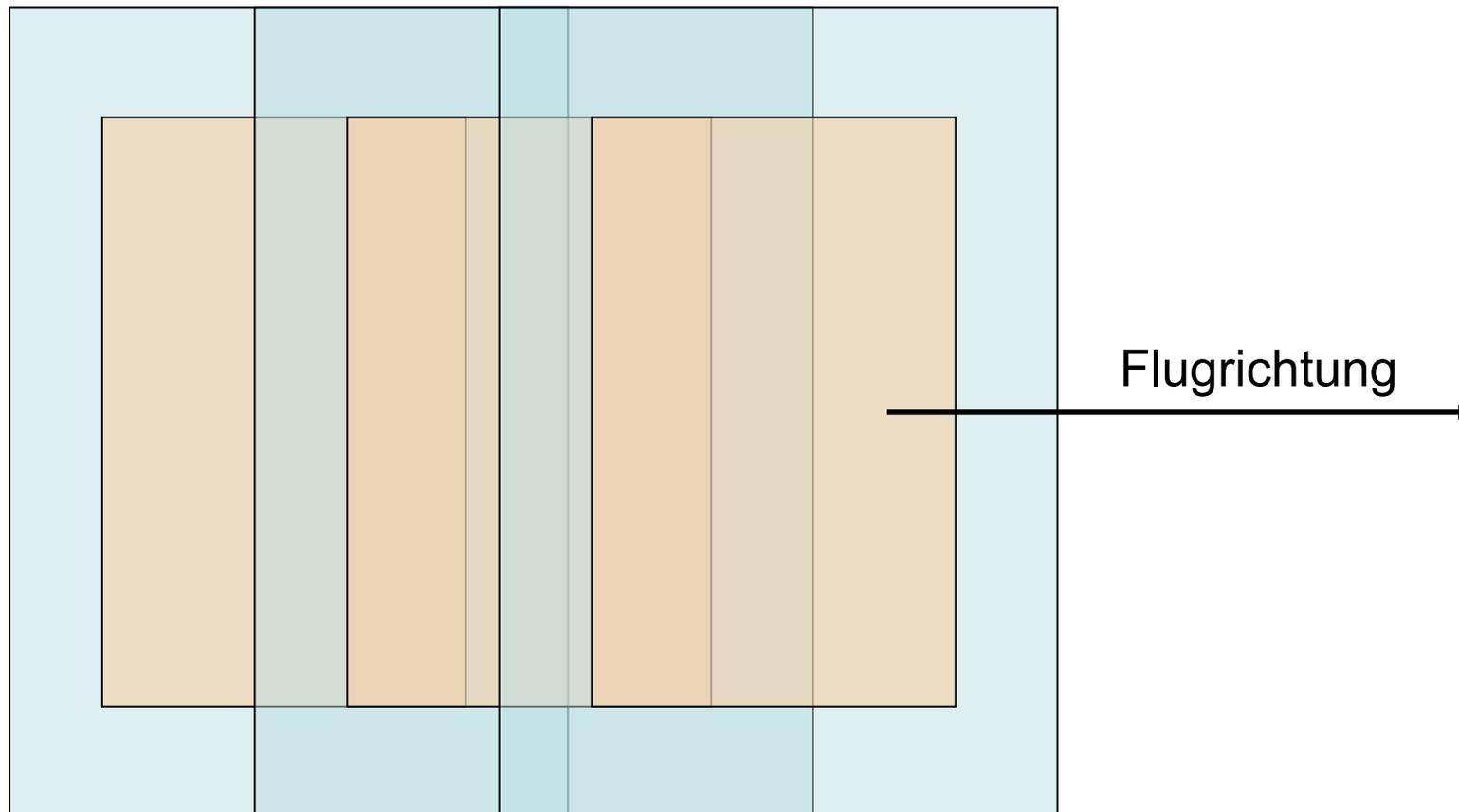
	GSD 5cm	GSD 10cm
h_G [m]	283	566
S_Q (RGB)	273	546
S_L (RGB)	205	410
S_Q (NIR)	204	408
S_L (NIR)	136	271

- Master-Kamera: Rollei (RGB)
- Slave-Kamera: Nikon (NIR)

Eigenschaften des Sensorsystems: Bildstreifen RGB + NIR



— Aerotriangulation: Rolle (RGB) mit 60% Längsüberdeckung

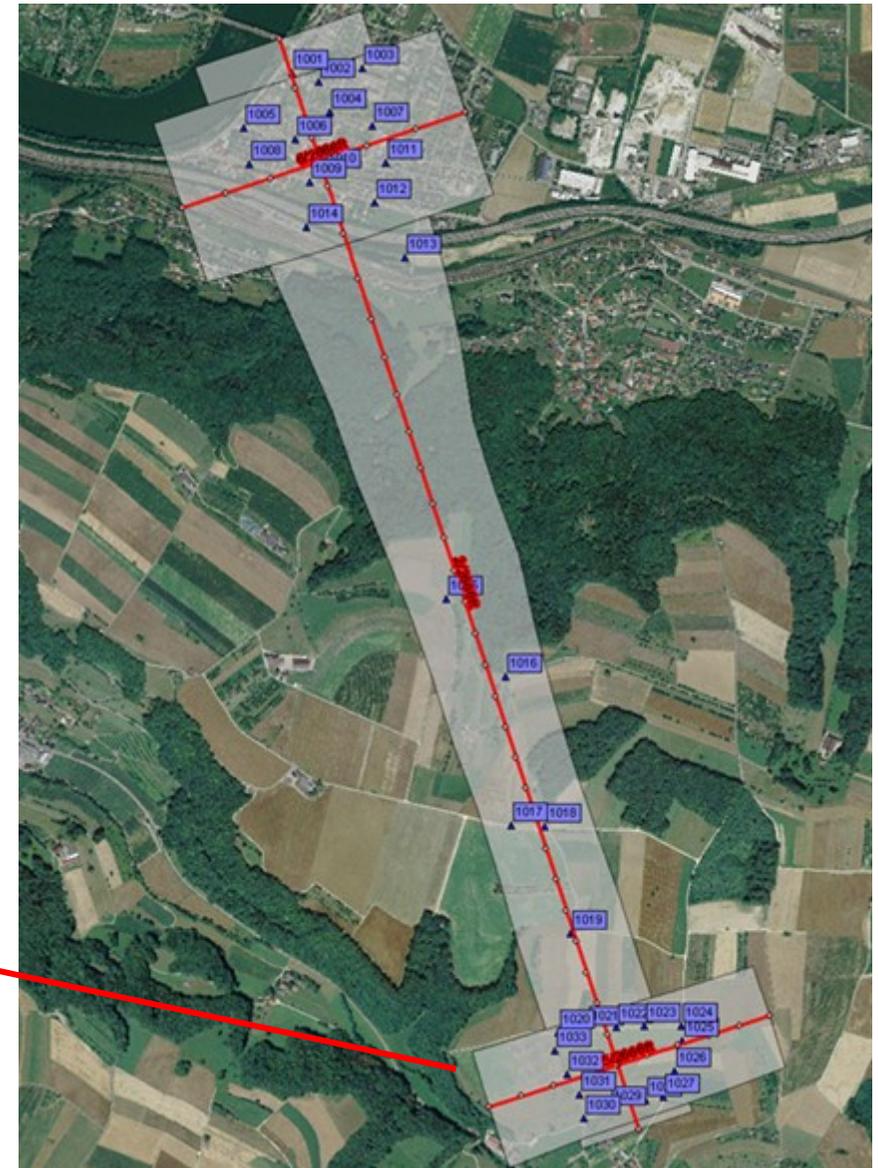


— Master-Kamera: Rolle (RGB)
— Slave-Kamera: Nikon (NIR)

Test- und Kalibrierfeld Eikerberg



- 14 Passpunkte signalisiert + eingemessen
- 4 Bariumsulfattafeln
- Flugplanung: **Boresight-Block**
 - 2 Kreuzflüge ■
 - Unterschiedliche Höhen



Traktanden



Projektziele/Partner

Anwendungsfälle

Sensorplattform

Befliegungen / Datenerfassung

Ergebnisse

Fazit

Ausblick

Datenerfassung



- Bildflüge
- Feldspektrometermessungen
- Laserscan
- Greenseeker
- Feldbonitierungen

Übersicht: Datenerfassung

[Stand: 8. Juli 2010]



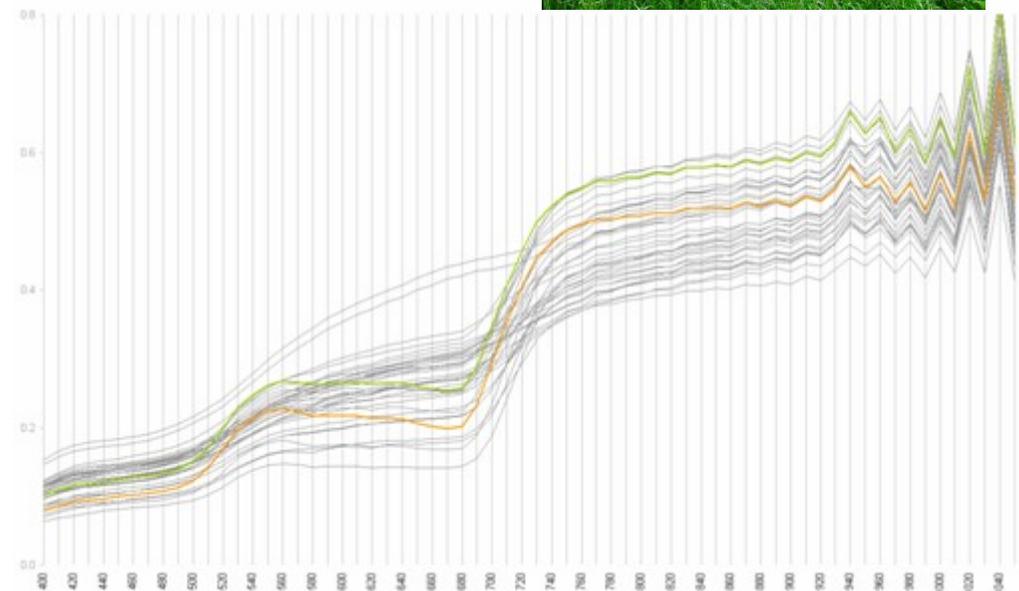
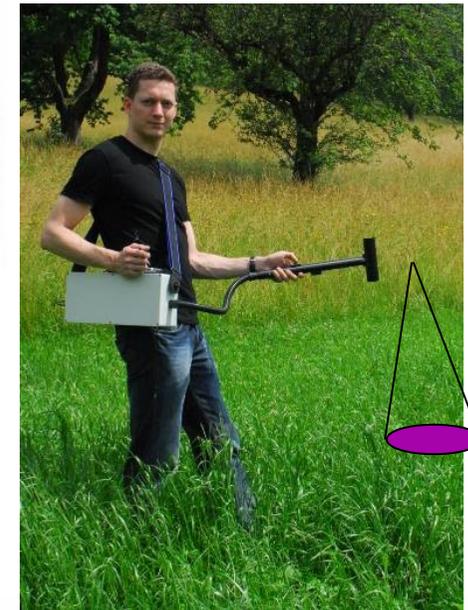
	Standort	Anwendungsfall	Bildflugplanung	Passpunkt-Signalisation	Bildflug	Feldspektrometer Messung	Laserscanning	Bonitierung	Greenseeker Messung	relativ + absolut orientiert	kooregistriert	radiometrische Untersuchung
Priorität 1a	Liebegg	Unkrautererkennung Futterbau: Blacken	FHNW+KOPA	KOPA	-	-	-	-	-	-	-	-
	Erlinsbach Oberhof	Qualitätsbeurteilung Ökowieden, Artenvielfalt	FHNW+KOPA	FHNW+KOPA	24.06.2010	14.06.2010 22.06.2010	-	Fotos 22.06.2010	-	-	-	-
	Bünzen	Nährstoffversorgung von Wiesen/Kulturen beurteilen	FHNW+KOPA	KOPA	01.07.2010	01.07.2010	-	in Abklärung	in Abklärung	-	-	-
	Erlinsbach Oberhof	Schnittreife Ökowieden (Einschätzung, Überwachung)	FHNW+KOPA	FHNW+KOPA	24.06.2010	14.06.2010 22.06.2010	-	Fotos 22.06.2010	-	-	-	-
	Teufental	Cercospora Pilzkrankheit	FHNW+KOPA	KOPA	01.07.2010	01.07.2010	-	-	-	-	-	-
Priorität 1b	Teufental	Bestandesdichten abschätzen Mais / Zuckerrüben	FHNW+KOPA	FHNW+KOPA	01.07.2010	01.07.2010	-	in Abklärung	in Abklärung	-	-	-
	Oensingen	Ertragserhebungen von Wiesen	FHNW+KOPA	KOPA	24.06.2010	23.06.2010	23.06.2010	in Abklärung	in Abklärung	-	-	-
	Reinacherheide	Kartierung Biotop, Naturschutzgebiete (Reinacherheide)	KOPA	KOPA	11.06.2010	-	-	-	-	19.06.2010	-	-
Syngenta	Stein	Winterweizen / Kartoffeln	KOPA	KOPA	11.06.2010 24.06.2010 08.07.2010	25.06.2010	-	in Abklärung	in Abklärung	-	-	-
	Möhlin	Winterweizen / Sommerweizen	KOPA	KOPA	11.06.2010 24.06.2010 08.07.2010	25.06.2010	-	in Abklärung	in Abklärung	-	-	-
	Rheinfeldern	Diverse Versuche	KOPA	KOPA	11.06.2010 24.06.2010 08.07.2010	25.06.2010	-	in Abklärung	in Abklärung	-	-	-
Testfeld	Eikerberg	Kalibrierfeld	KOPA	KOPA	12.05.2010 19.05.2010 07.06.2010 11.06.2010 24.06.2010 01.07.2010 08.07.2010	-	-	-	-	-	-	-
	Stein	Kalibrierfeld	FHNW+KOPA	FHNW+KOPA	12.05.2010 19.05.2010 07.06.2010 11.06.2010	-	-	-	-	07.06.2010 (teilweise)	-	19.05.2010

Farblgende:
 erfolgreich
 teilerfolgreich
 unbrauchbar

Feldspektrometer: HandySpec Field von t



Produktenamen	HandySpec FieldVIS
Hersteller	tec5
Spektralbereich [nm]	400-1.000nm
Auflösung [nm]	3,3nm bzw. 10nm
SingleBeam / DualBeam	DualBeam
Wellenlängengenauigkeit	0.3nm
Erfassungseinheit	FOV
Detektor	Si mit 256 Pixel
Messzeit	1,5ms-6s
Schnittstelle	USB 2.0
Stromversorgung	Akkupack
DGPS-Integration	Ja, DGPS
Gewicht [kg]	ca. 5 kg
Format [cm]	160x360x100mm



Liebegg Teufenthal

Liebegg: Blacken

- 60 Feldspektrometernmessungen
- 1 Bildflug



Teufenthal: Pilzkrankheit

- 45 Feldspektrometernmessungen
- 1 Bildflug



Oekowiesen Oberhof Erlinsbach

Oberhof

- 69 Feldspektromettermessungen
- 1 Bildflug

X



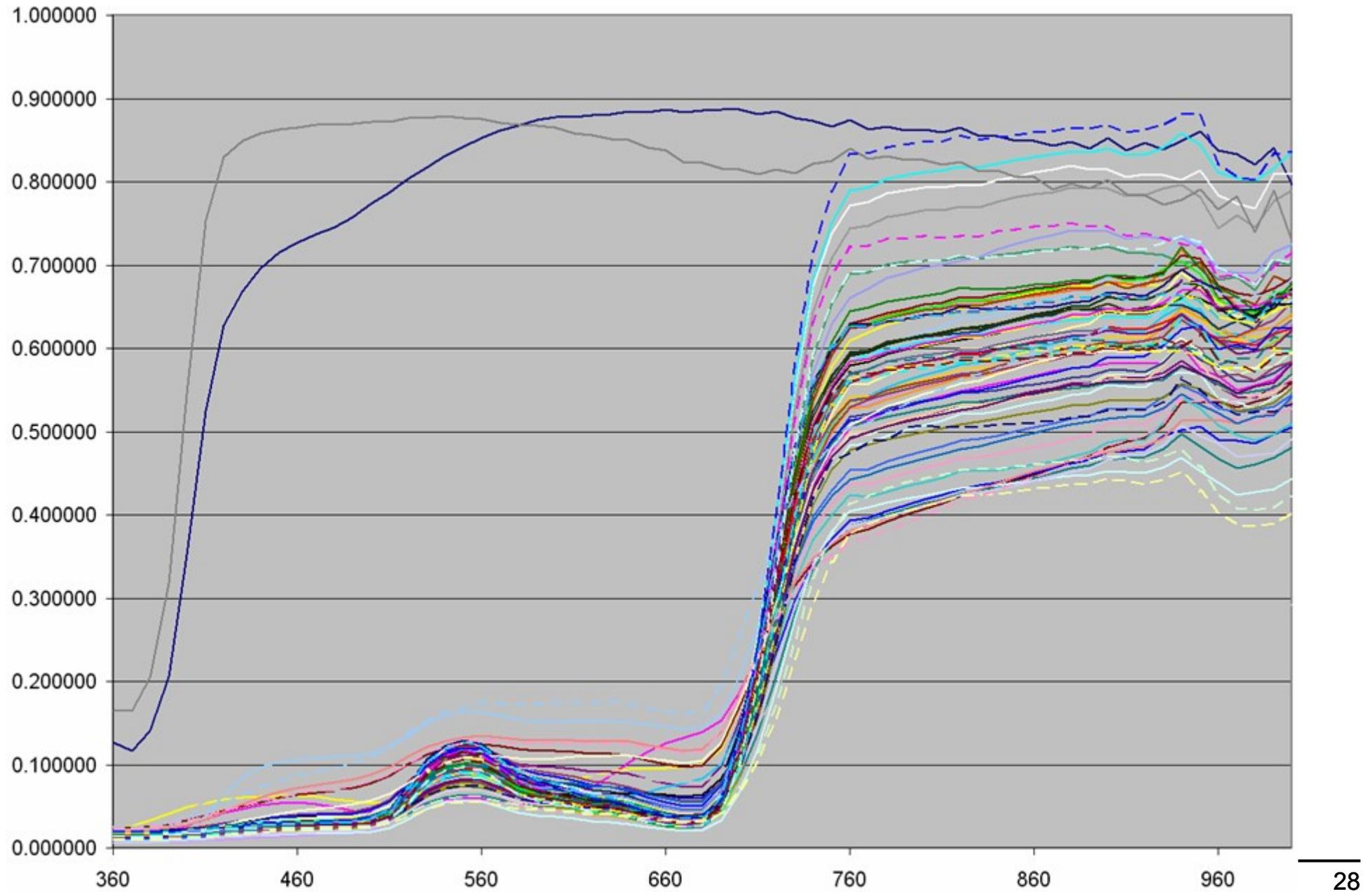
Erlinsbach

- 45 Feldspektromettermessungen
- 1 Bildflug

X



Messanordnung: Oberhof Erlinsbach



Bestandesdichten + Nährstoffversorgung

Liebegg (Mais)

- 208 Feldspektromettermessungen
- 1 Bildflug



Teufental (Zuckerrüben)

- 162 Feldspektromettermessungen
- 1 Bildflug



Bünzen (Weizen)

- 991 Feldspektromettermessungen
- 1 Bildflug



Oensingen

864 Feldspektromettermessungen

272 GPS-Messungen

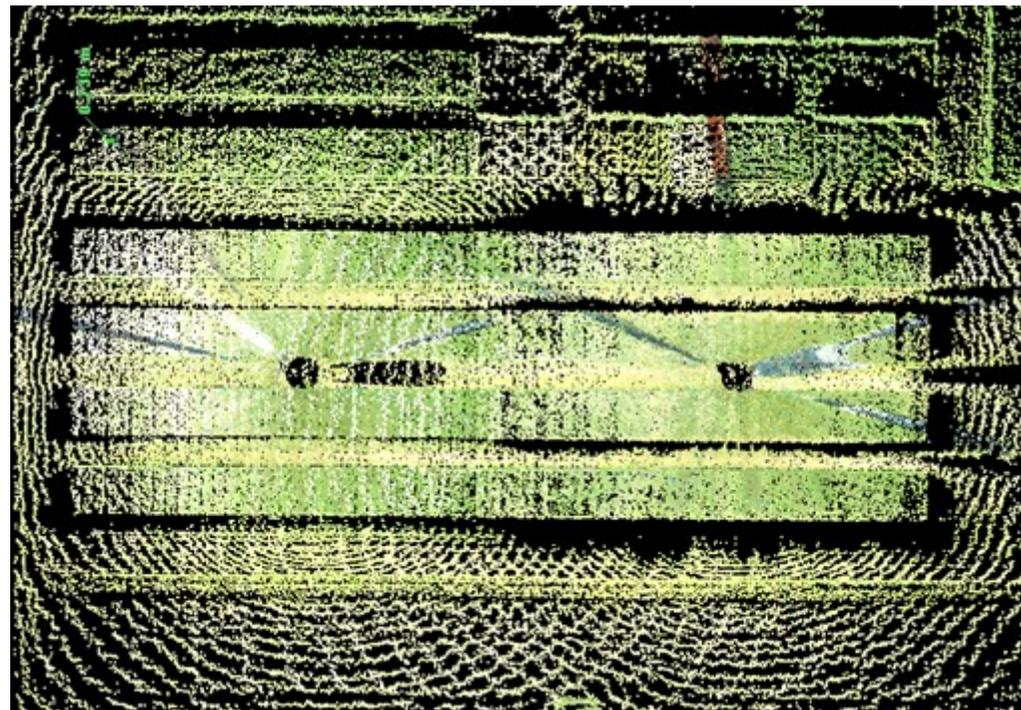
1 Bildflug (Tiefflug)

2 Laserscanner-Stationen

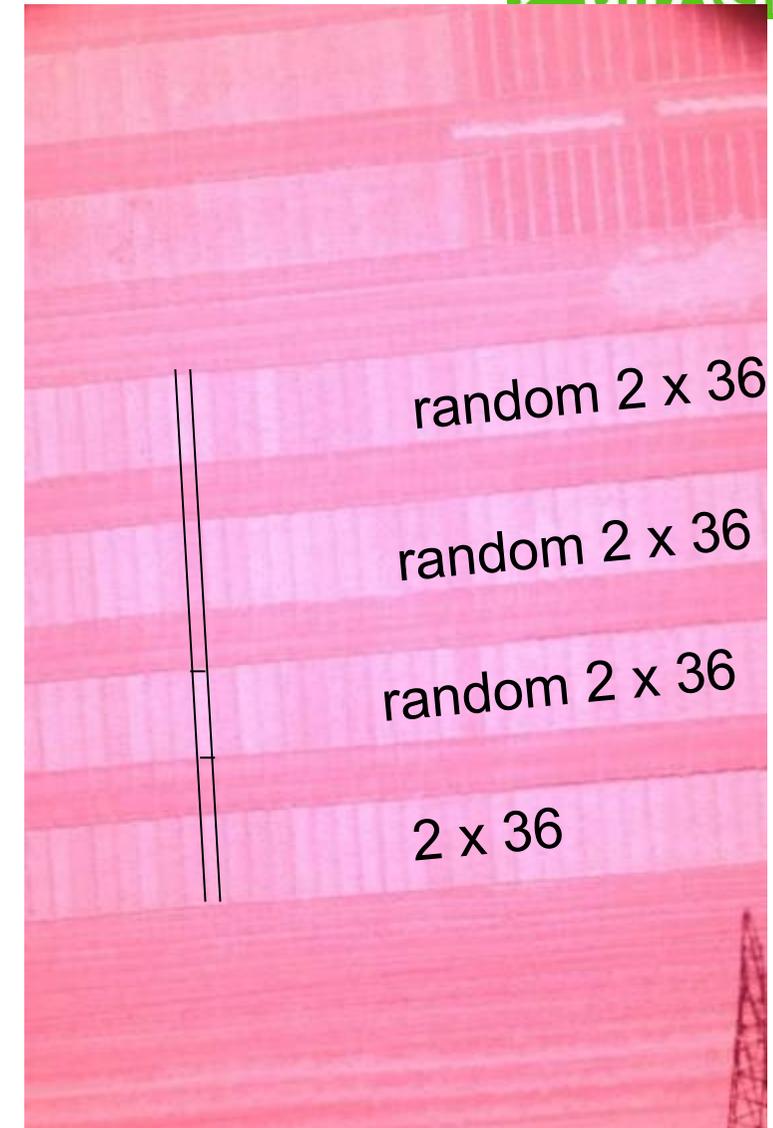
- 1.5 Mio. Punkte
- \varnothing 5 cm Auflösung

Bonitierungsdaten

- viele visuelle Bonitierungen
- Labor-Untersuchungen
- Trockensubstanz (dt/ha)



Messanordnung: Oensingen



Total: 3 x 288 = 864

Total 288

Syngenta: Sisseln, Möhlin und Rheinfelden



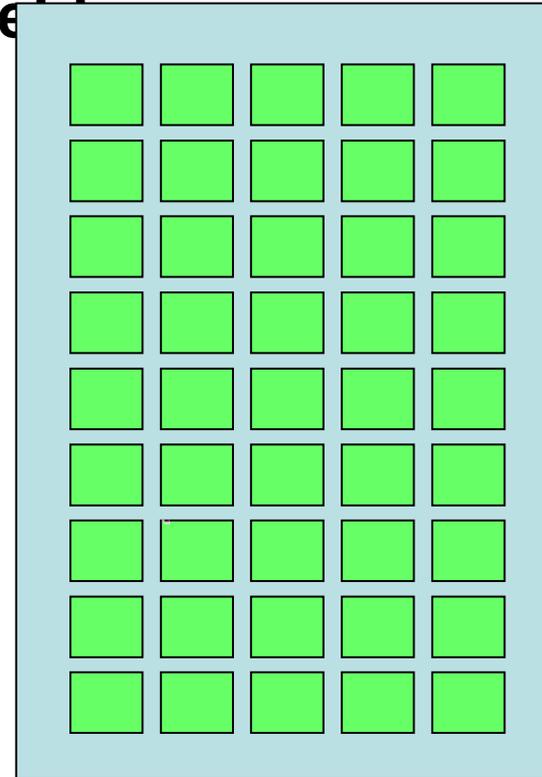
Syngenta: Sisseln, Möhlin und Rheinfelden

Sisseln

- Winterweizen und Kartoffeln

Möhlin

- Winter- und Sommerweizen



Greenseeker NDVI-Werte

Traktanden



Projektziele/Partner

Anwendungsfälle

Sensorplattform

Datenerfassung / Befliegungen

Ergebnisse

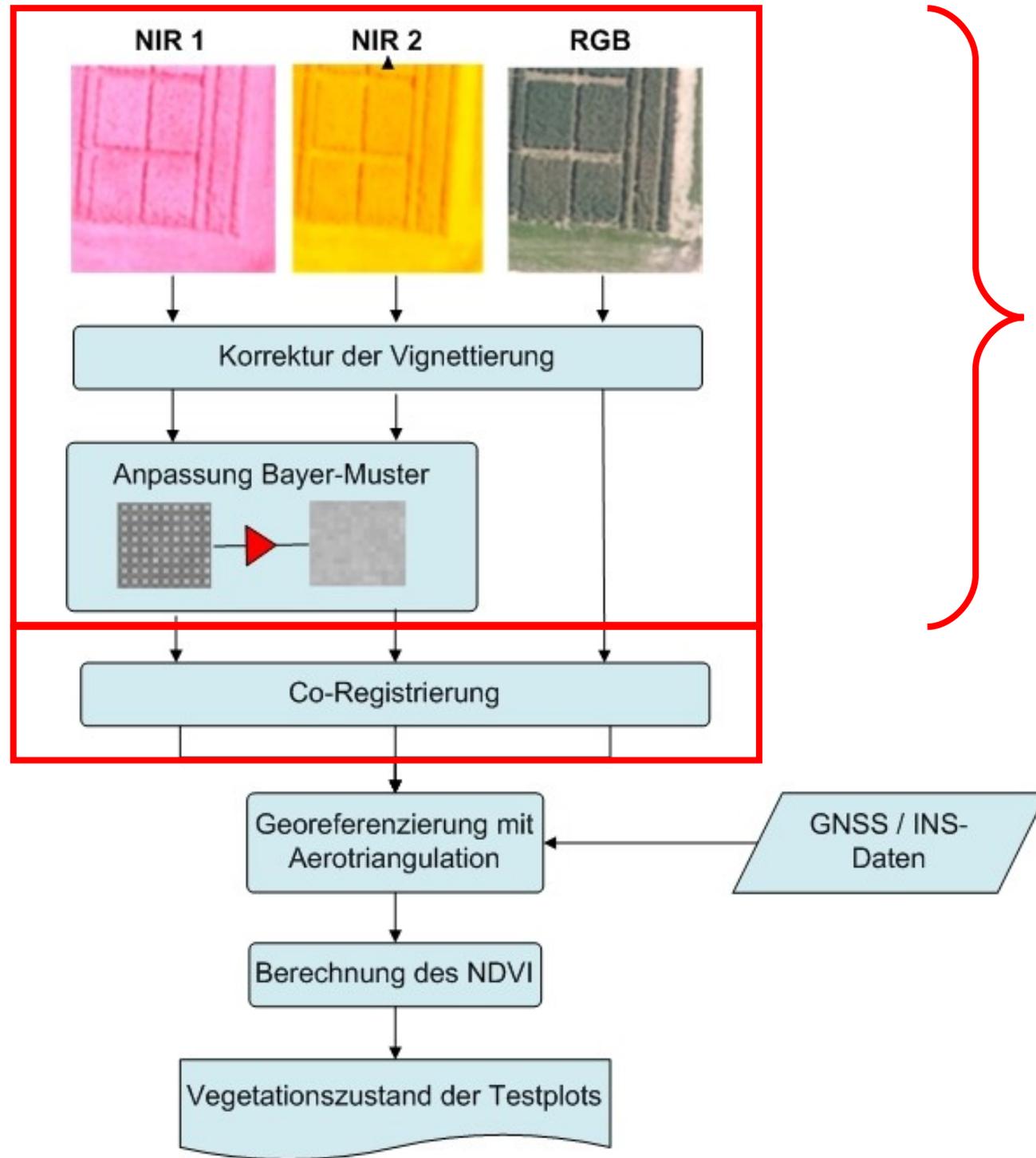
Fazit

Ausblick

Ergebnisse

- Vignettierung
- Bayer Muster
- Geometrische Untersuchungen
- Anwendungsfälle
 - LZL: Blacken >> punktorientiert
 - Syngenta: Weizen >> flächenorientiert

Uebersicht



BTh 2010

MATLAB-
Programme

Vignettierung

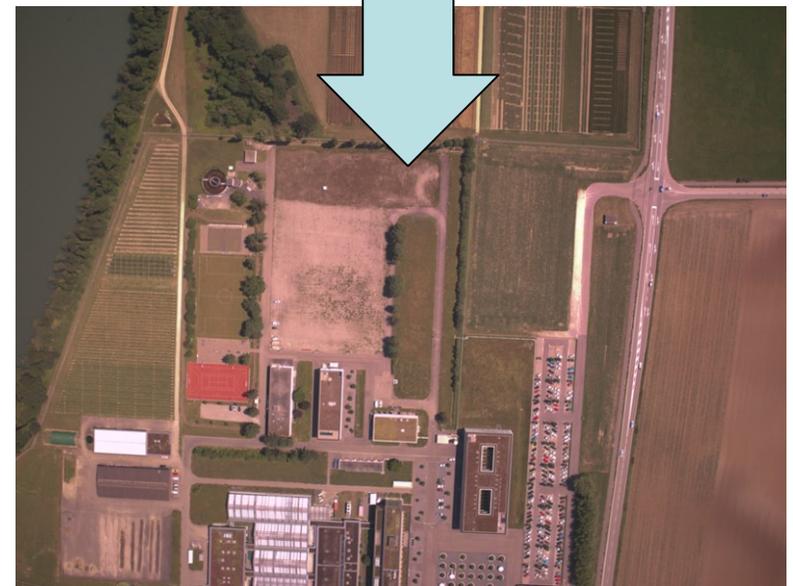


- Randabschattung gegen den Bildrand
- Bestimmung mit überlappenden Bildern und Schnittlinien
- Für alle 3 Kameras bestimmt
 - Rollei; rot, grün, blau
(für jeden Farbkanal)
 - 2 x Nikon; nahes Infrarot
(für jede Farbe des Bayer-Musters)



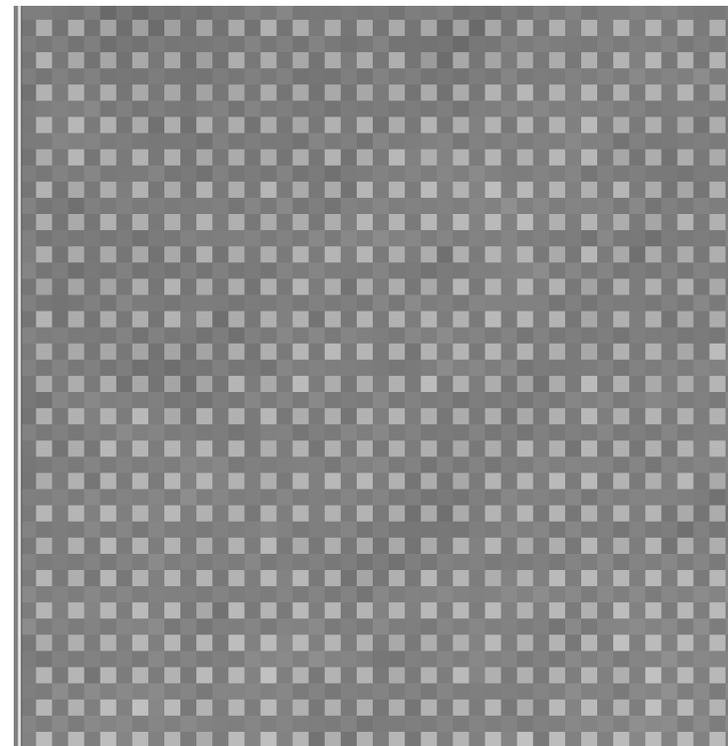
Vignettierung

- Randabschattung gegen den Bildrand
- Bestimmung mit überlappenden Bildern und Schnittlinien
- Für alle 3 Kameras bestimmt
- Erfolgreiche Bestimmung und Korrektur:
 - \emptyset Lichtabfall in den Bildecken von 25%
 - Genauigkeit von $\pm 2\%$
 - Vignettierung abhängig vom Spektralbereich



Bayer-Muster

- Modifizierte Nikon D700 ohne NIR-Blocker
- Bandpassfilter im NIR
- Unterschiedliche Empfindlichkeit in den roten, grünen und blauen Pixeln des Bayer-Musters
- Schachbrettartiges Muster

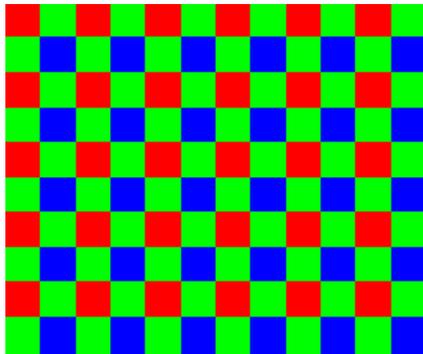


Bayer-Muster

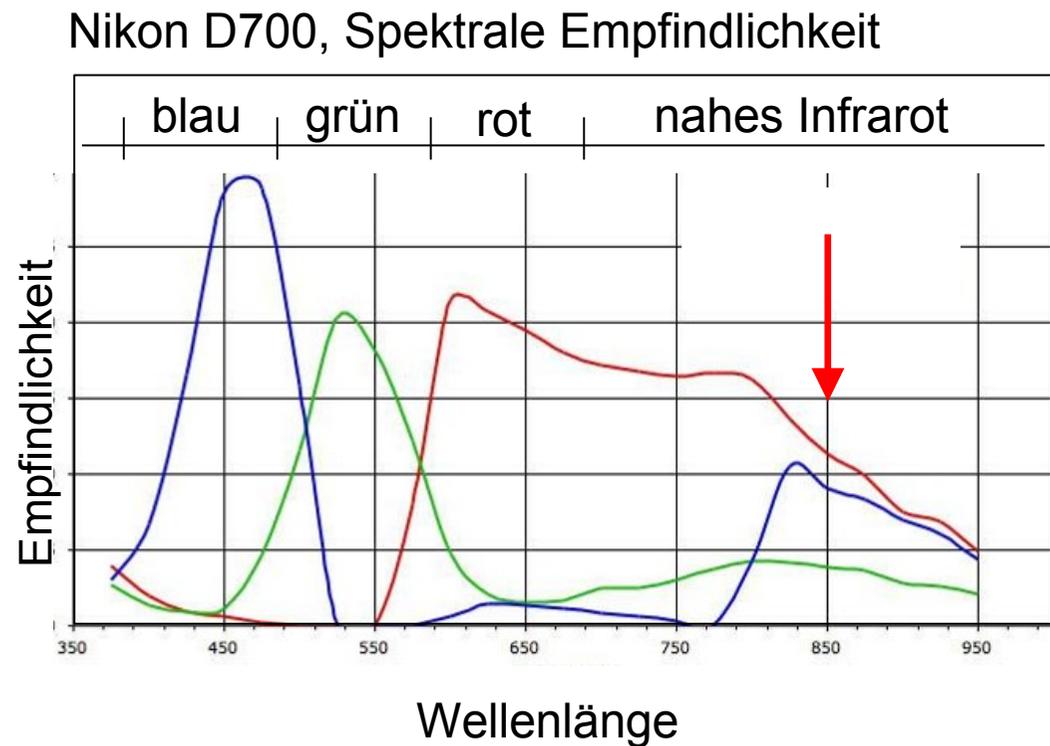


Bilder im nahen Infrarot

- Nikon D700 ohne NIR-Blocker
- Nikon D700 mit Bayer-Muster
- Unterschiedliche Empfindlichkeit im NIR



Bayer-Muster



Bayer-Muster



Bayer-Muster mit roten, grünen und blauen Pixeln

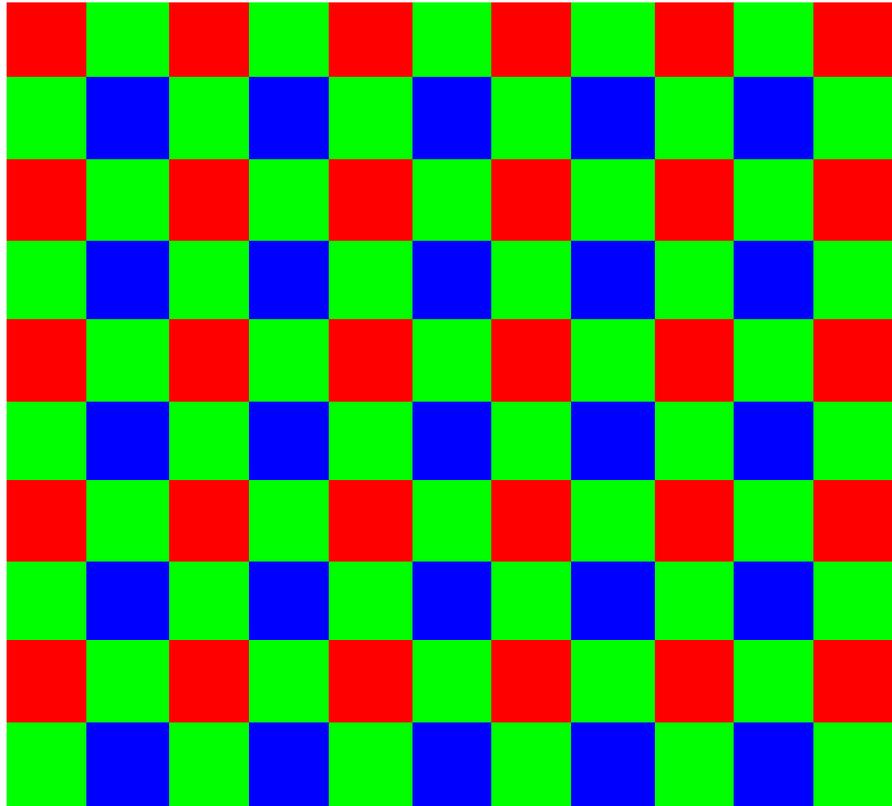
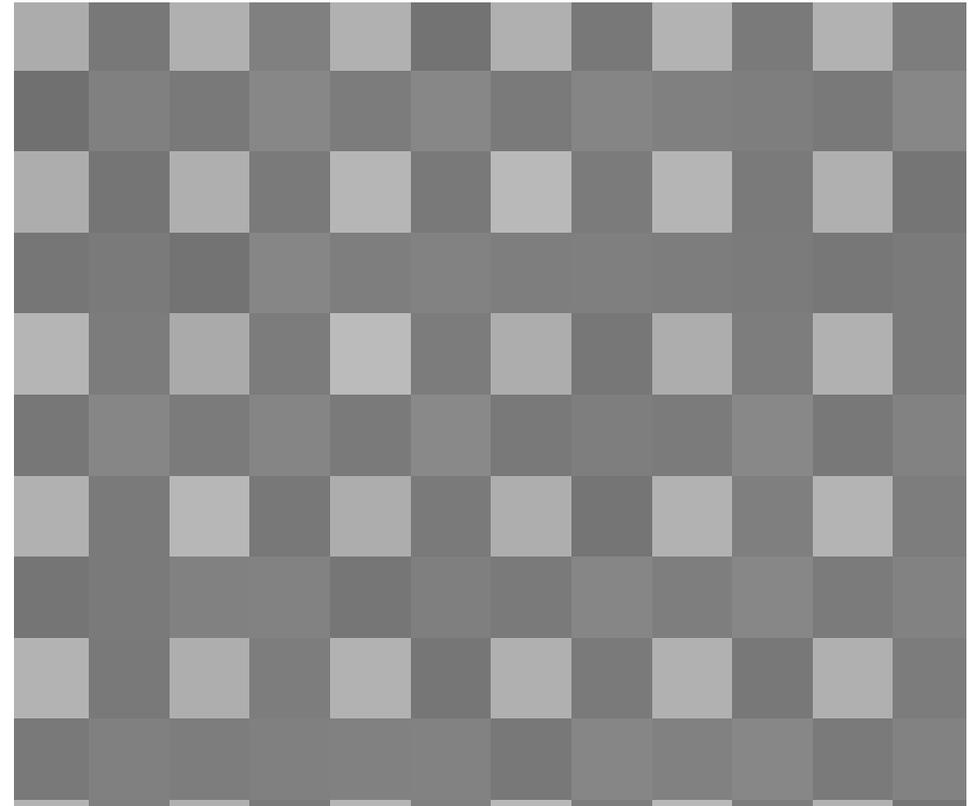


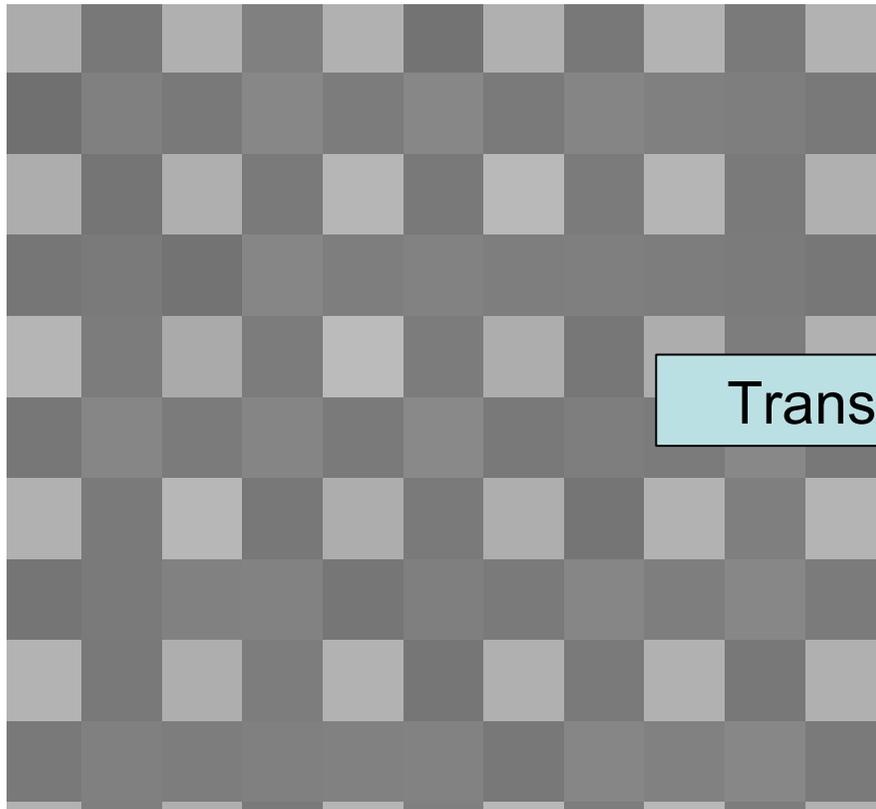
Bild im nahen Infrarot
Nikon D700



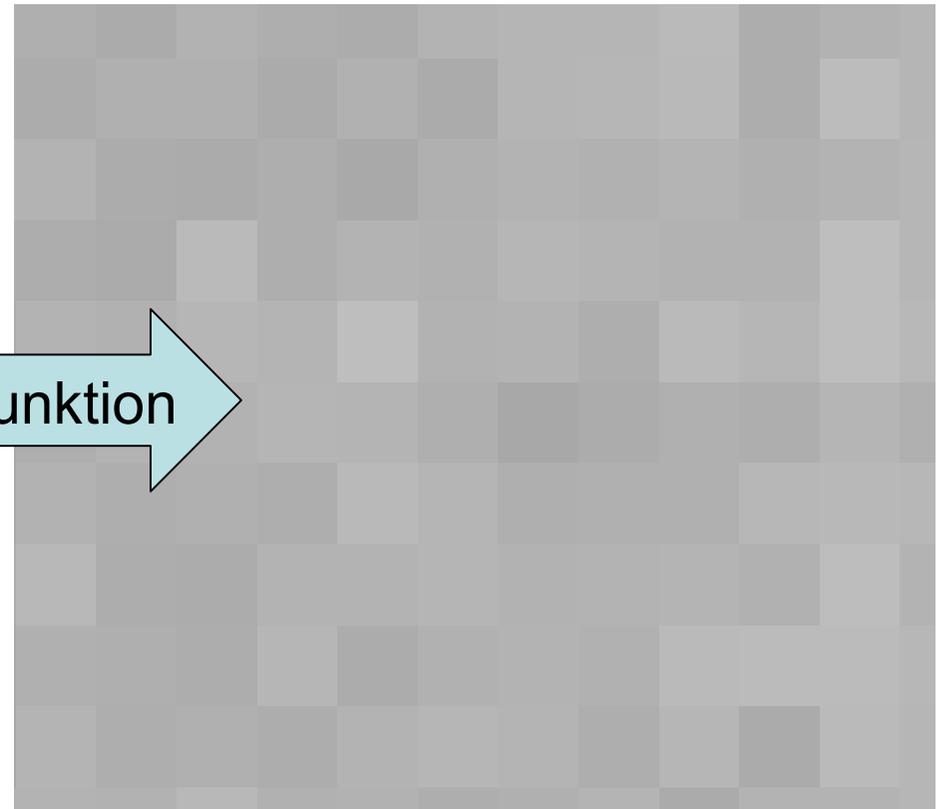
Bayer-Muster



Unkorrigiertes Bild im nahen Infrarot



Korrigiertes Bild im nahen Infrarot

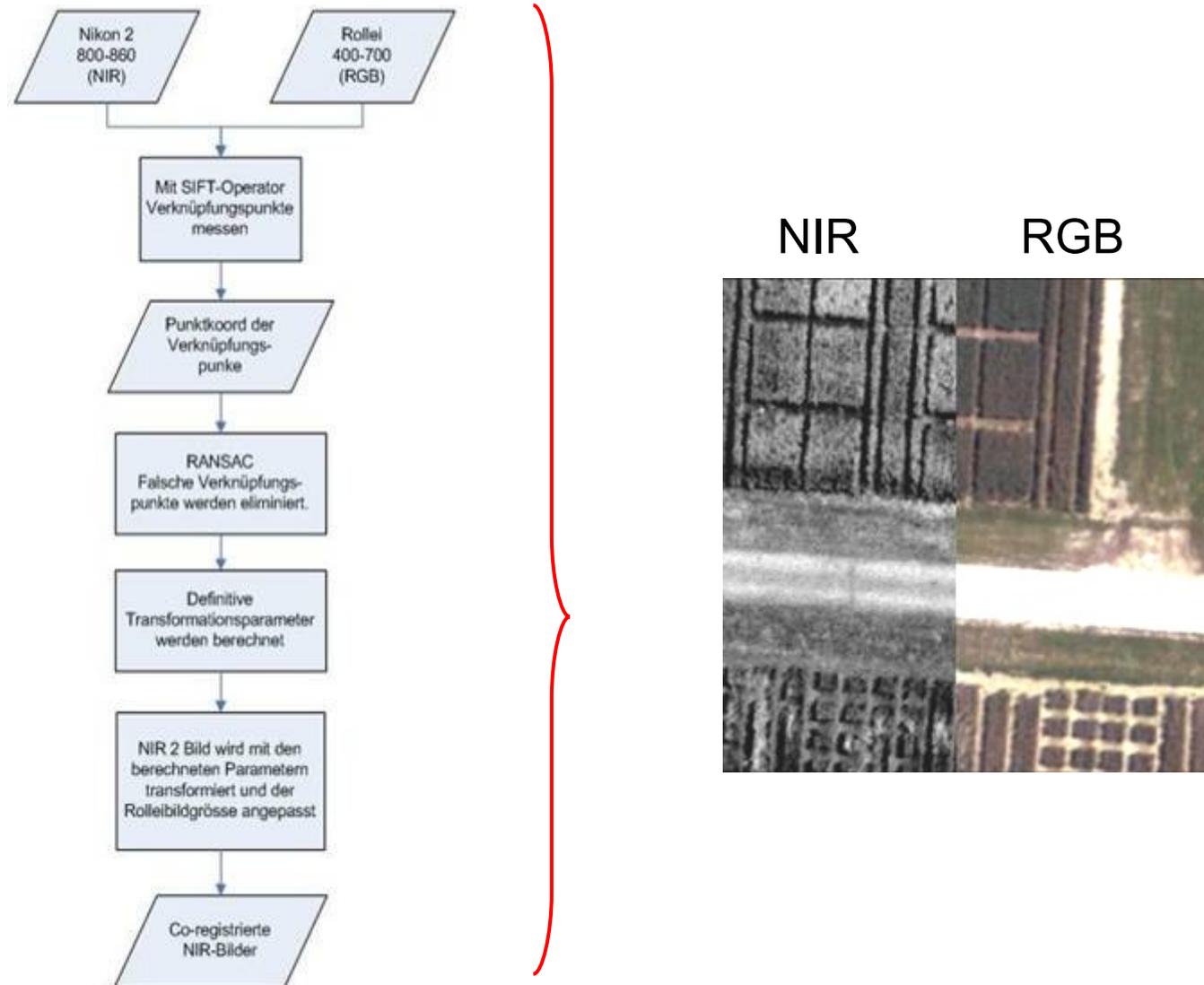


Transferfunktion

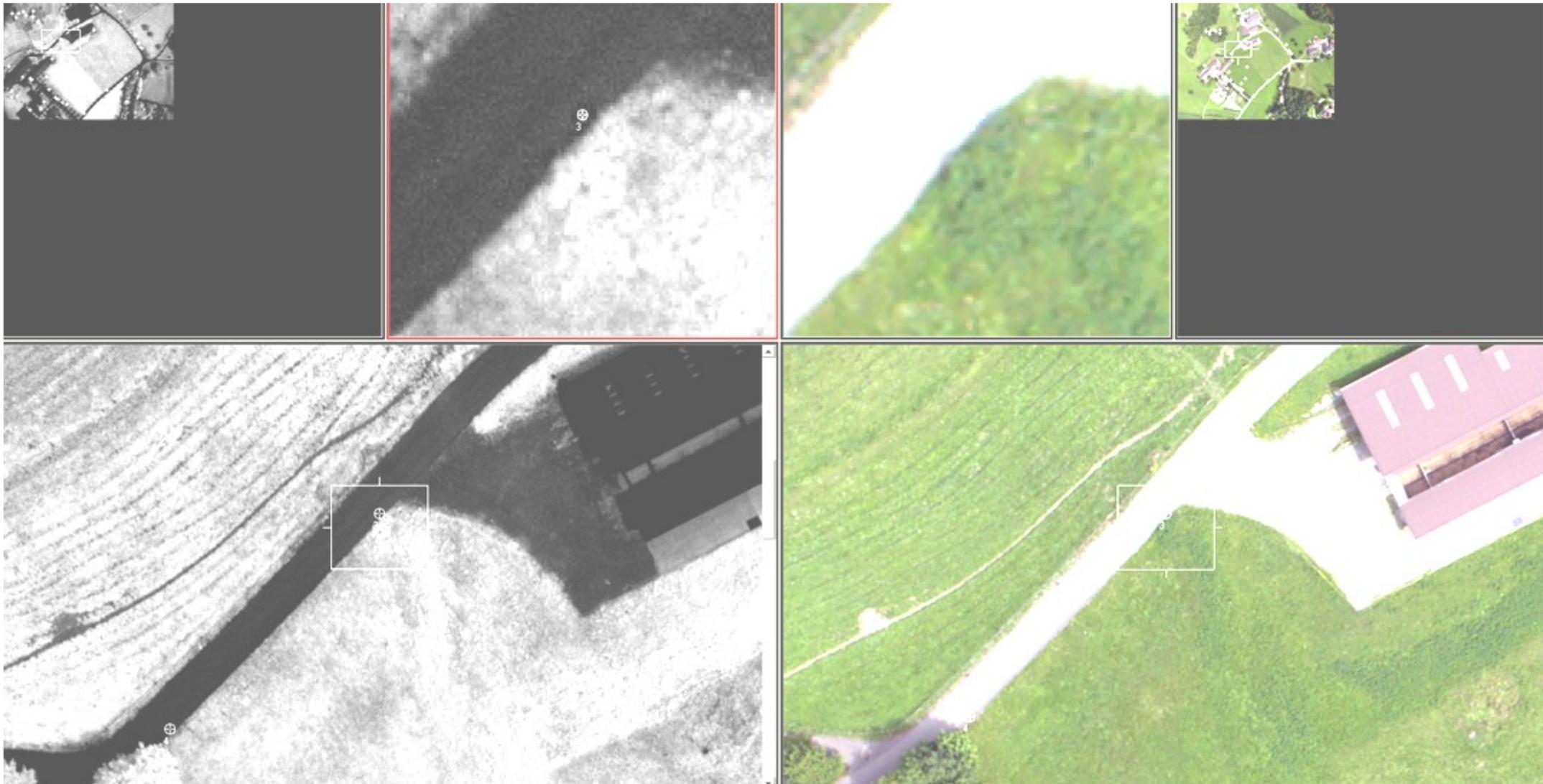
Vignettierung + Bayer-Muster in selbst erstelltem Matlabprogramm korrigiert

Vollautomatische Co-Registrierung

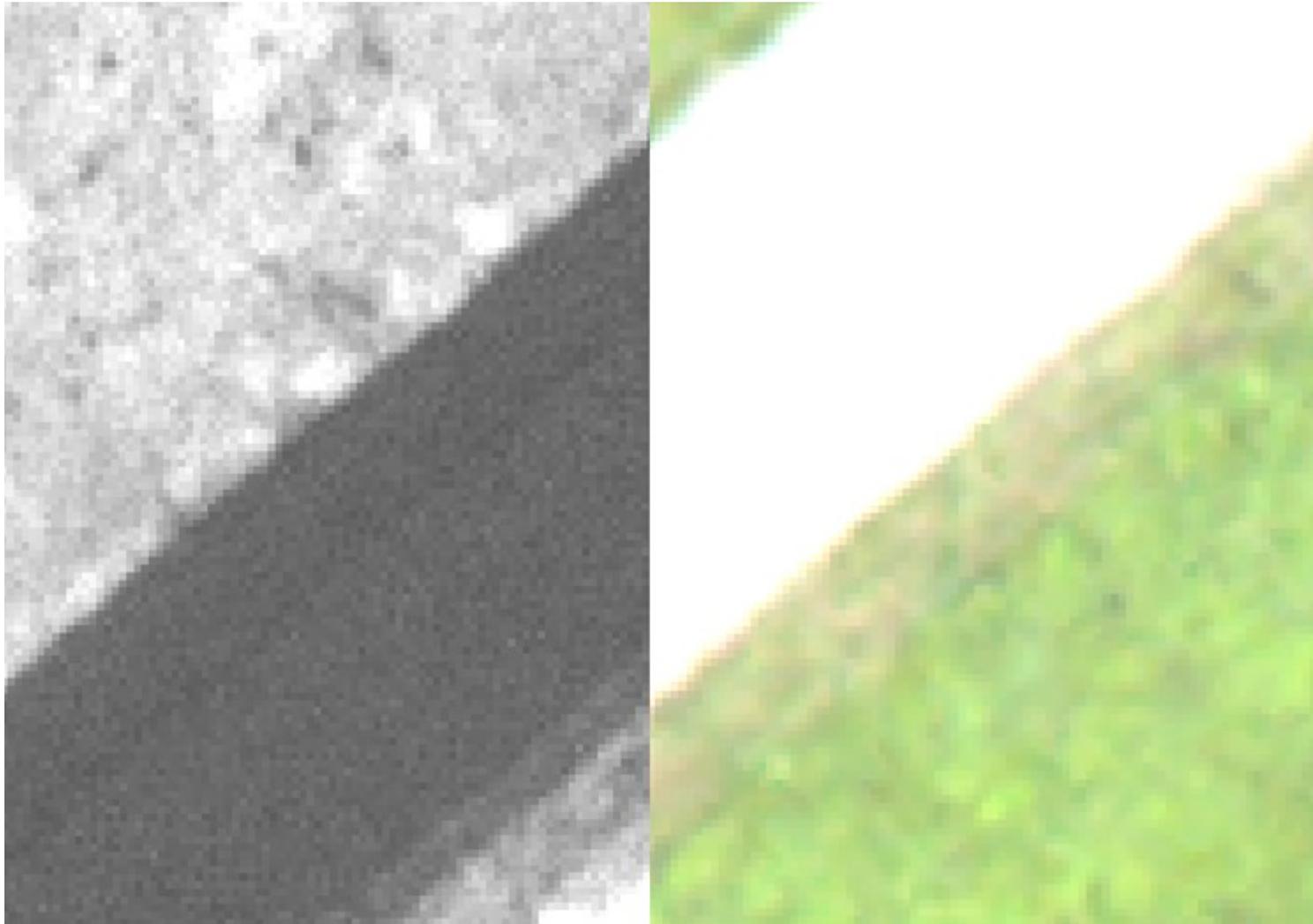
reines Bildmatching ohne Events **nicht möglich!!**



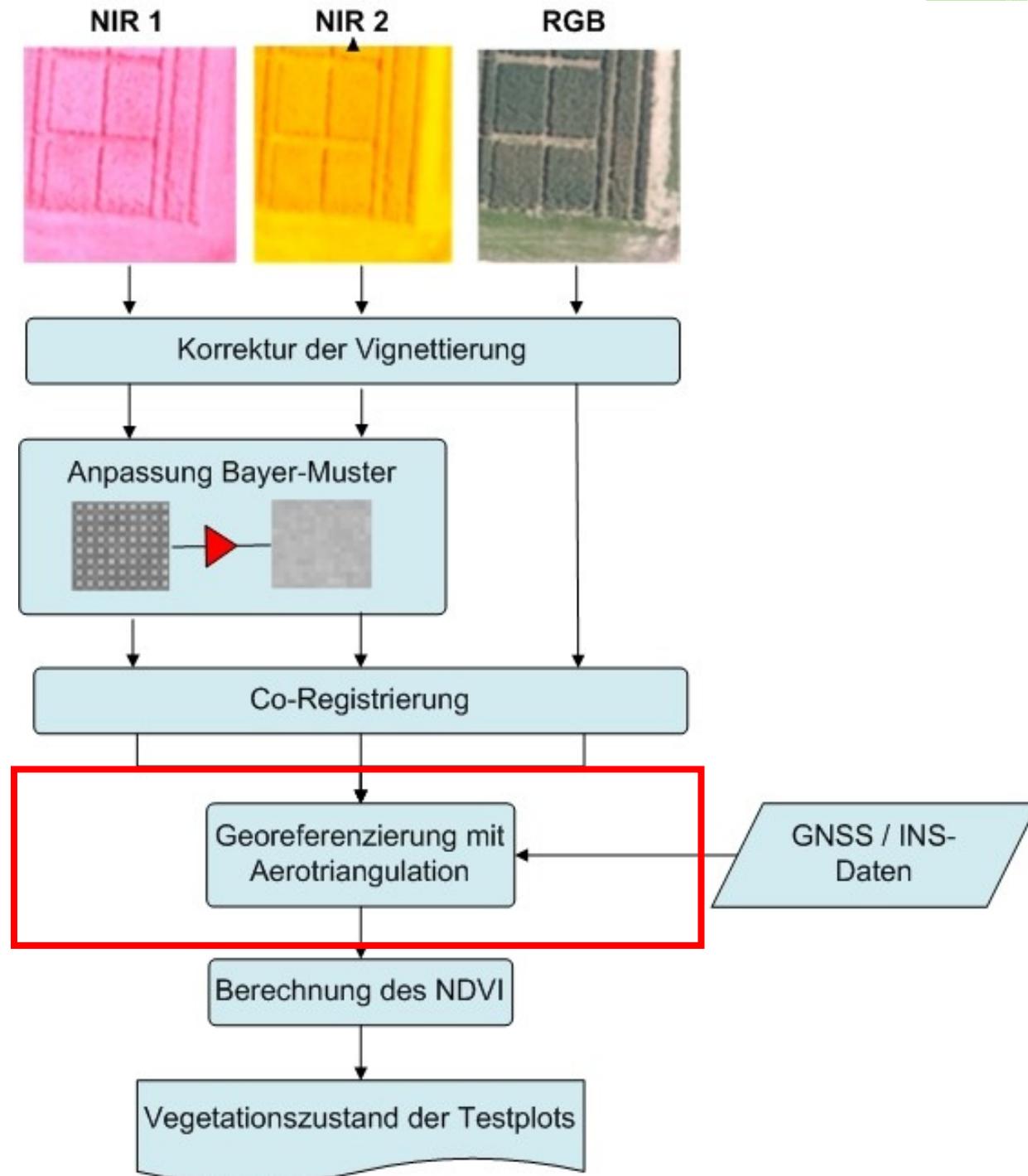
Semi-automatische Co-Registrierung: ERDAS Auto Sync



Semi-automatische Co-Registrierung: Genauigkeiten \approx 0.8 – 1.0 Pixel



Georeferenzierung



Geometrische Untersuchung Reinacherheide



13 Bilder

8 Passpunkte (controll)

Bestehendes Höhenmodell

90 % automatische VP-Generierung

Aerotriangulation

- controll xyz: 2cm (weiche Lagerung)
- check xy: 7cm
- check xy: 15 cm

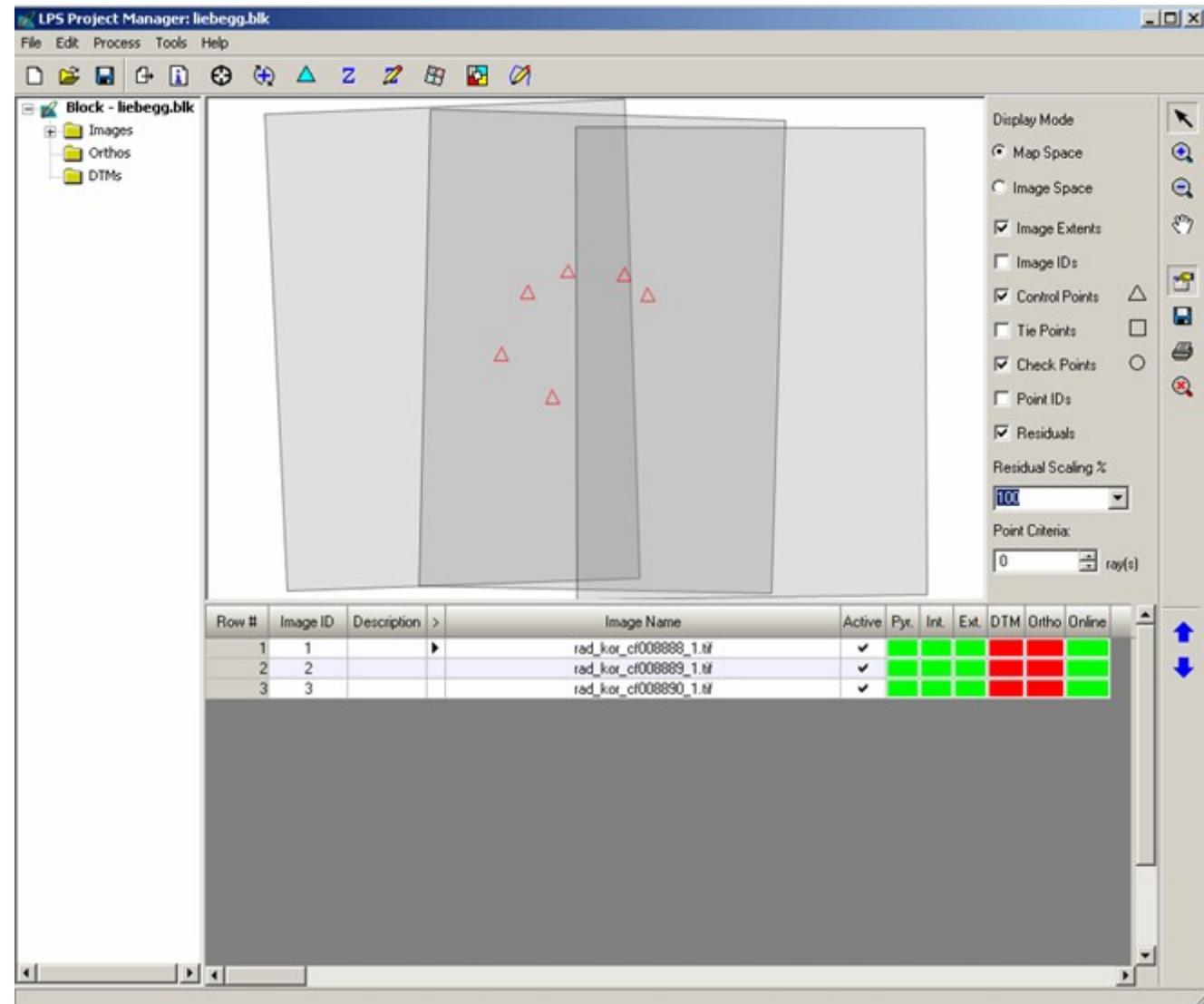


Aerotriangulation von 3 Falschfarbenbilder



Genauigkeiten

- 0.2 Pixel (σ_0)
- $x, y = 2$ cm
- $z = 4$ cm



Geom. Untersuchung

- DOM-Generierung
- 2 Bildblöcke
- 2 Generierungsmethoden
 - Classic ATE
 - eATE

Testgebiet 1

- Winterweizenfeld im flachen Gebiet
- 196 m²



Testgebiet 2

- geerntetes Winterweizenfeld im flachen Gebiet
- 1'840 m²



Testgebiet 3

- eine Woche alte intensiv Graswiese (Raigrass-Klee-Mischung) im flachen Gebiet
- 1'164 m²



Testgebiet 4

- drei Wochen alte intensiv Graswiese (Raigrass-Klee-Mischung) im flachen Gebiet
- 213 m²



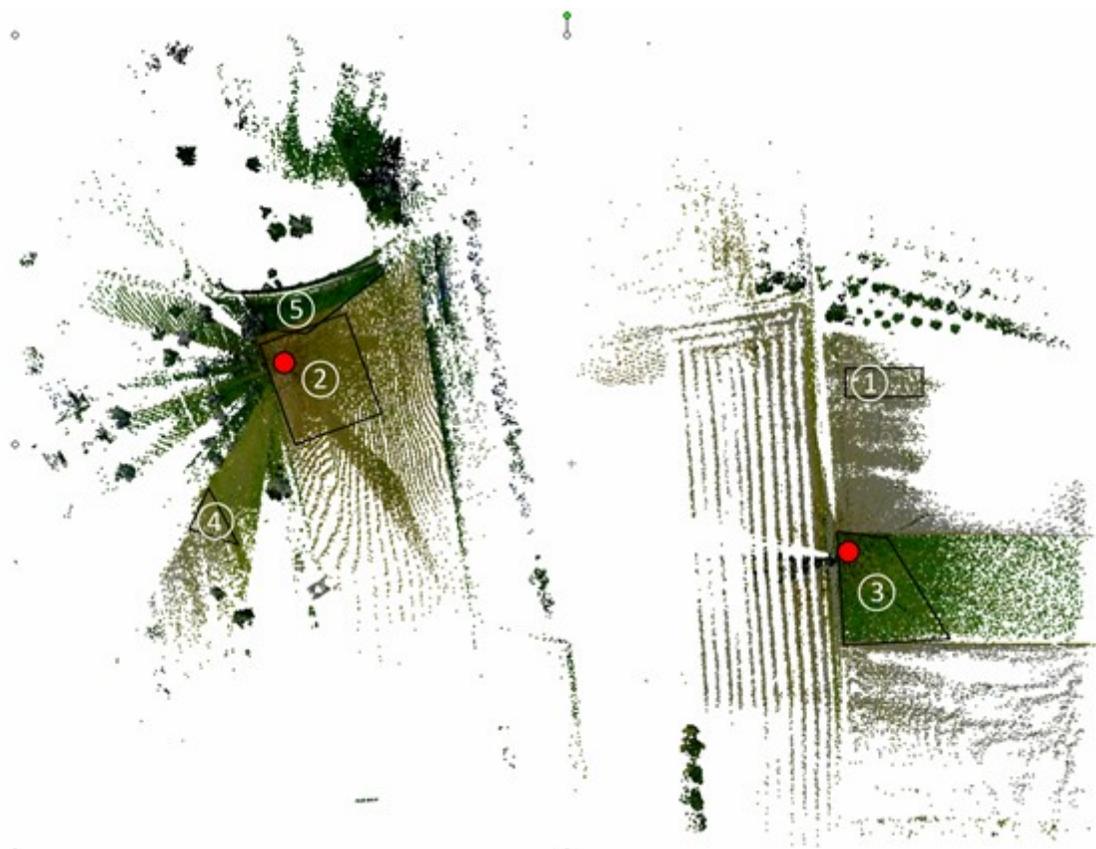
Testgebiet 5

- drei Wochen alte intensiv Graswiese (Raigrass-Klee-Mischung) im 'hügligen' Gebiet mit Strasse
- 782 m²



Oberflächenbestimmung

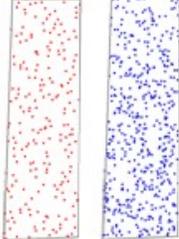
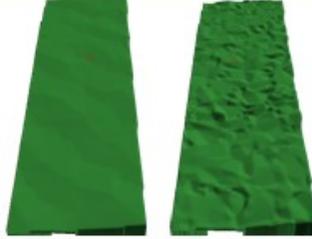
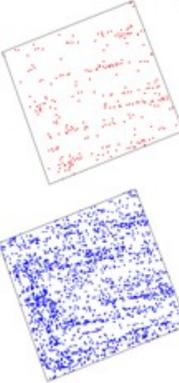
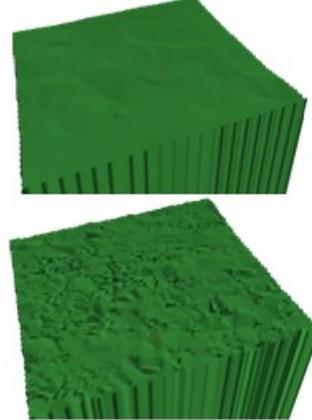
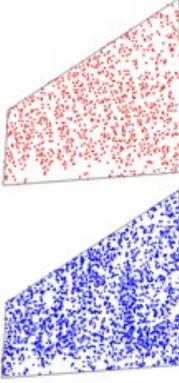
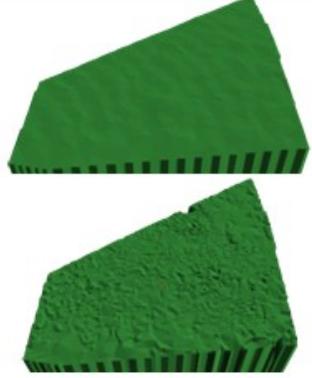
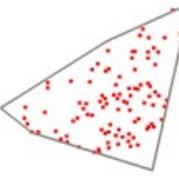
Untersuchung zur Oberflächen-
Rekonstruktionsgenauigkeit



Geometrische Untersuchung

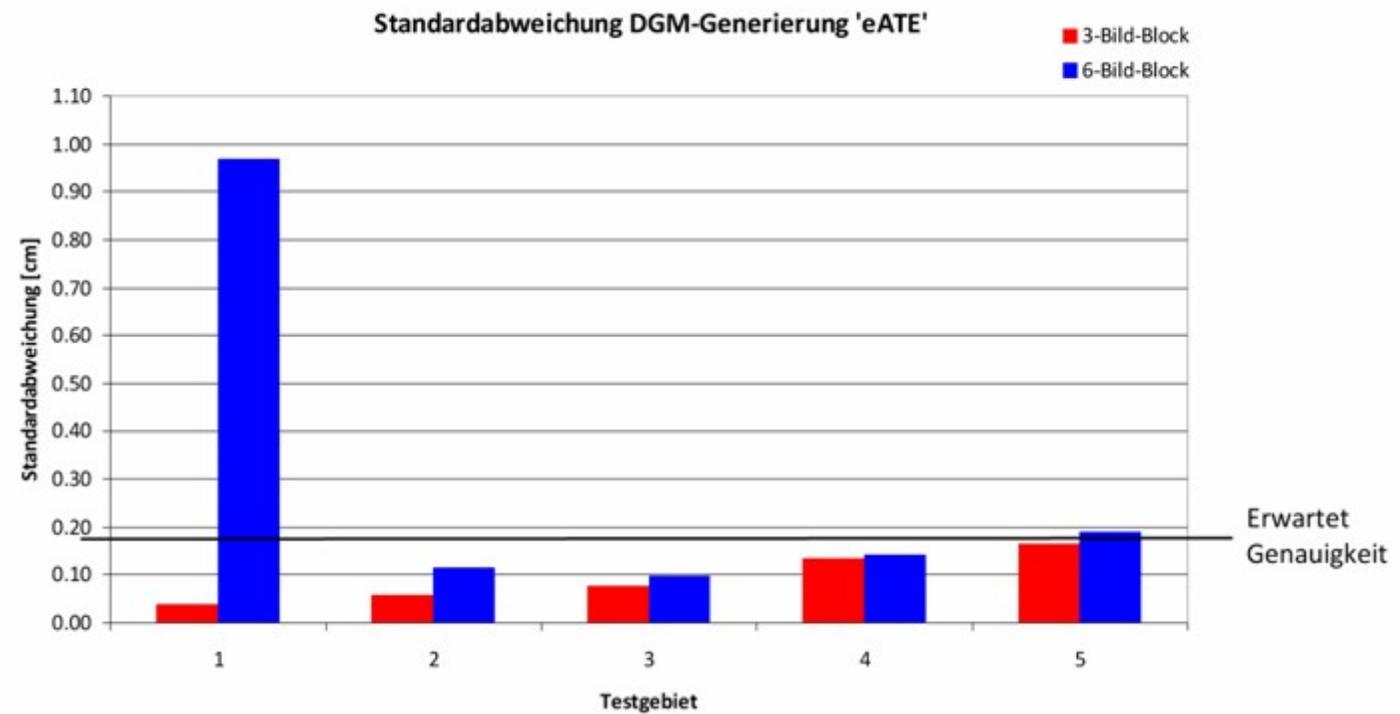
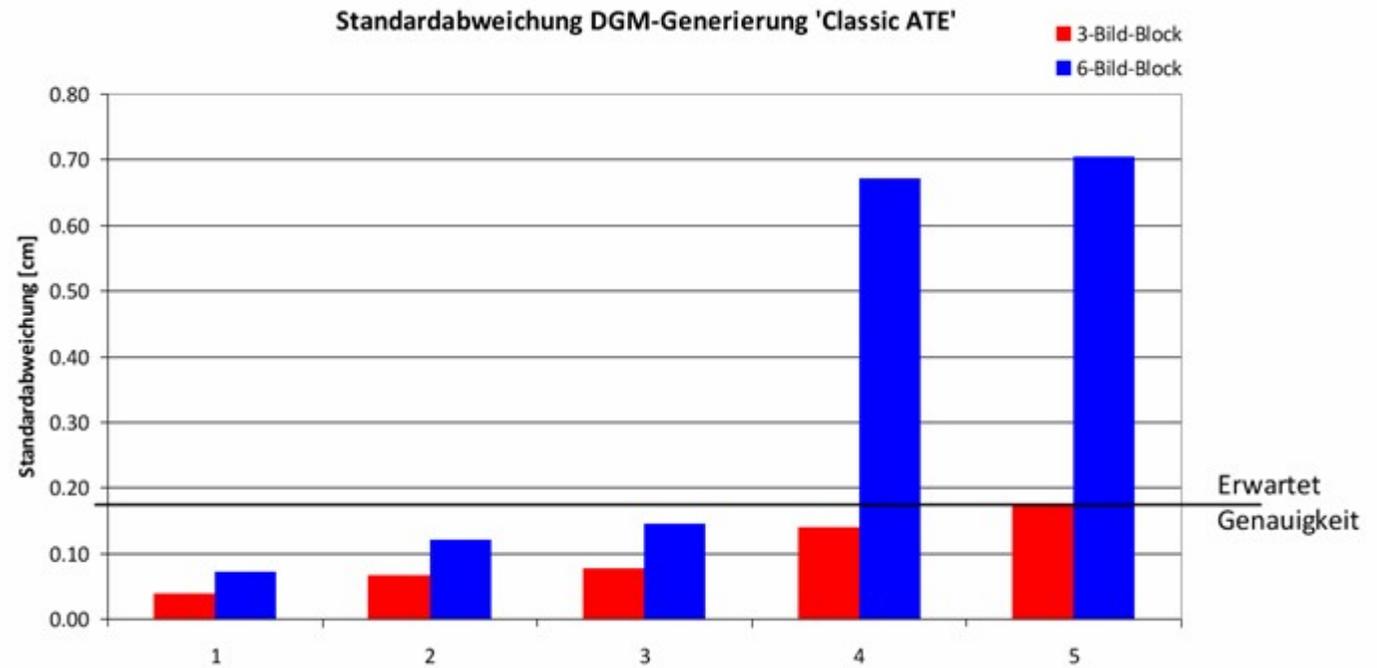


- 2 Methoden
 - Classic ‚ATE‘
 - ‚eATE‘

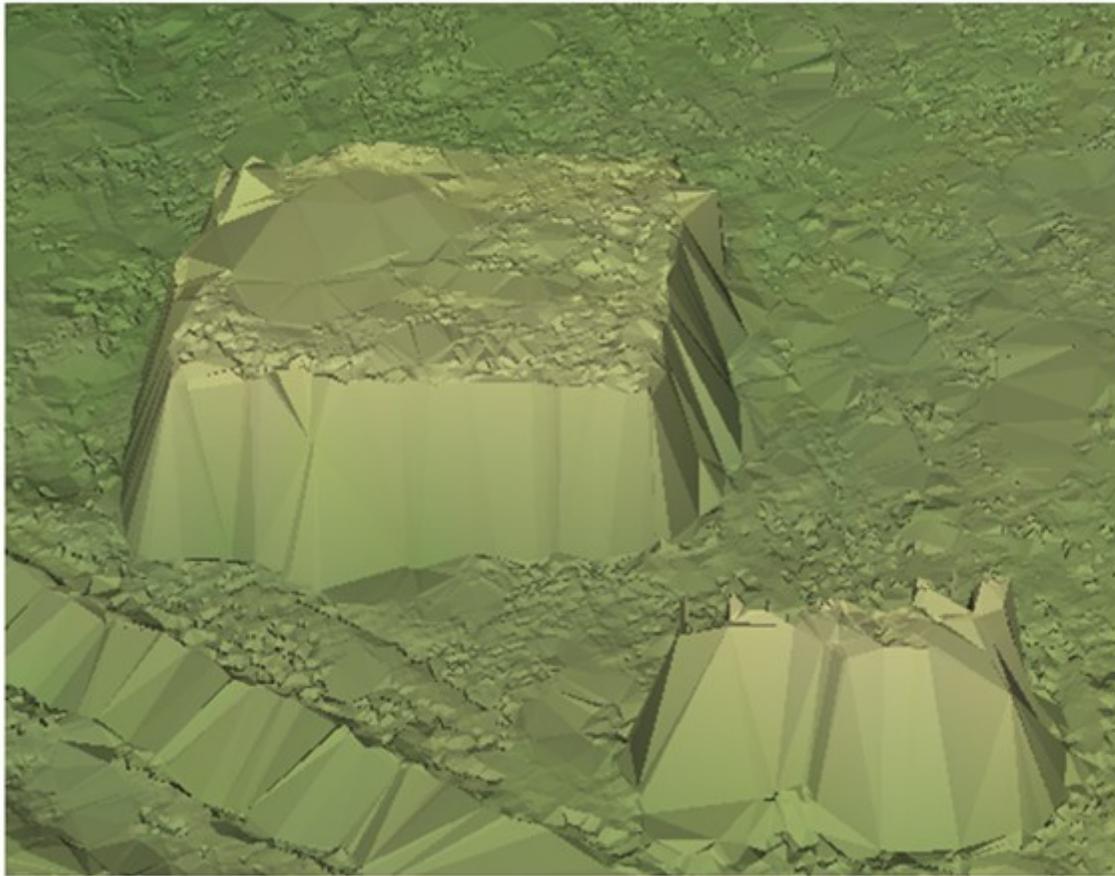
<p>Testgebiet 1</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Winterweizenfeld im flachen Gebiet ▪ 3-Bild-Block (links) ▪ 6-Bild-Block (rechts) 		
<p>Testgebiet 2</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ geerntetes Winterweizenfeld im flachen Gebiet ▪ 3-Bild-Block (oben) ▪ 6-Bild-Block (unten) 		
<p>Testgebiet 3</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ eine Woche alte intensiv Graswiese (Raigrass-Klee-Mischung) im flachen Gebiet ▪ 3-Bild-Block (oben) ▪ 6-Bild-Block (unten) 		
<p>Testgebiet 4</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ drei Wochen alte intensiv Graswiese (Raigrass-Klee-Mischung) im flachen Gebiet ▪ 3-Bild-Block (oben) ▪ 6-Bild-Block (unten) 		

Geometrische Unters

- 2 Methoden
 - Classic ,ATE'
 - ,eATE'



Geometrische Untersuchung: Potenzial eATE (dense matching)



Grundlagen für Anwendungsfälle



1 Bildflug

- 2 Bildstreifen à 3 Bilder
- 6 RGB-Bilder
- 6 Nikon 1
- 6 Nikon 2

Total 18 Bilder

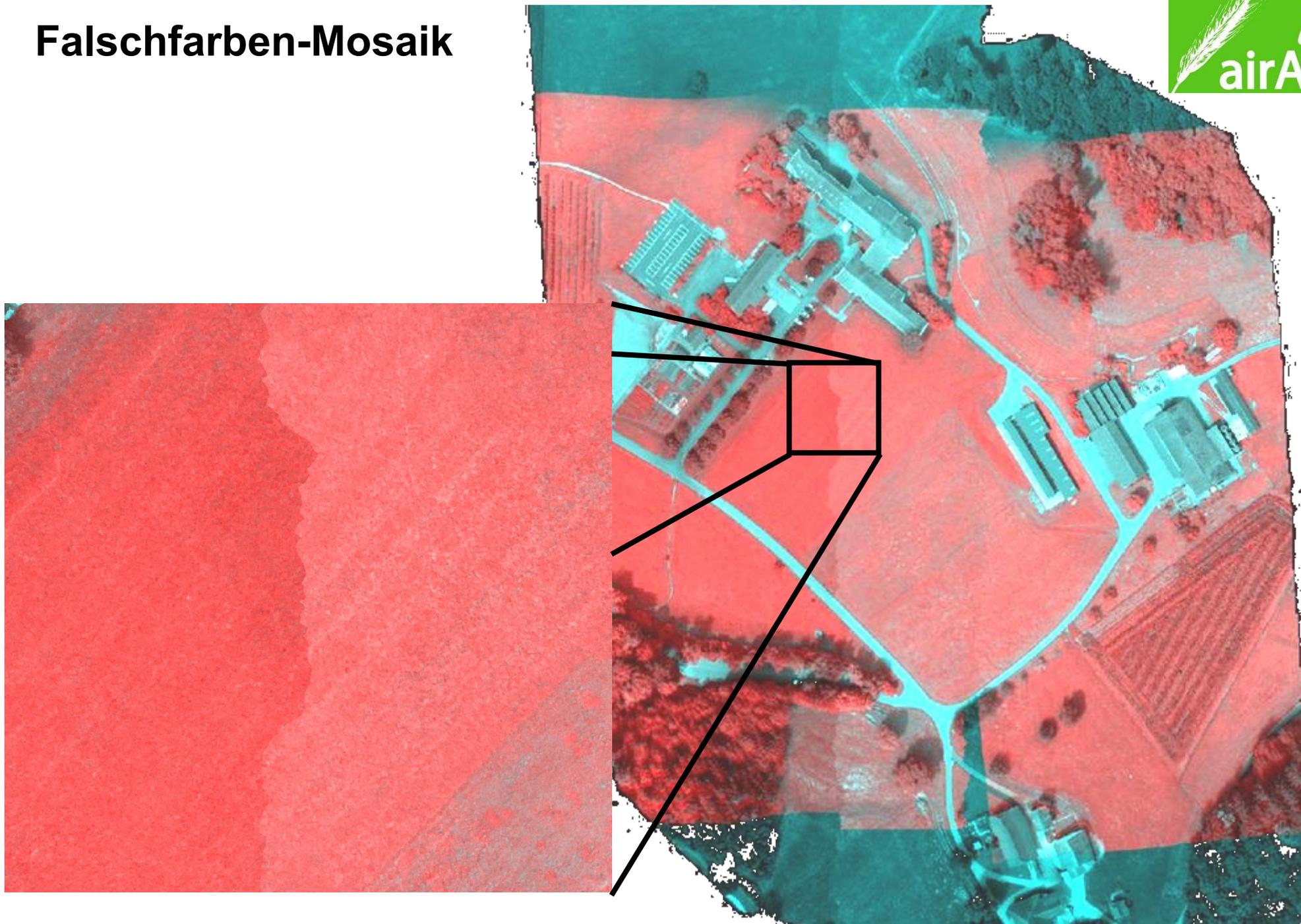




Falschfarbenbilder



Falschfarben-Mosaik



Falschfarben-Mosaik



Nur 1 Falschfarbenbild

NDVI-Bild



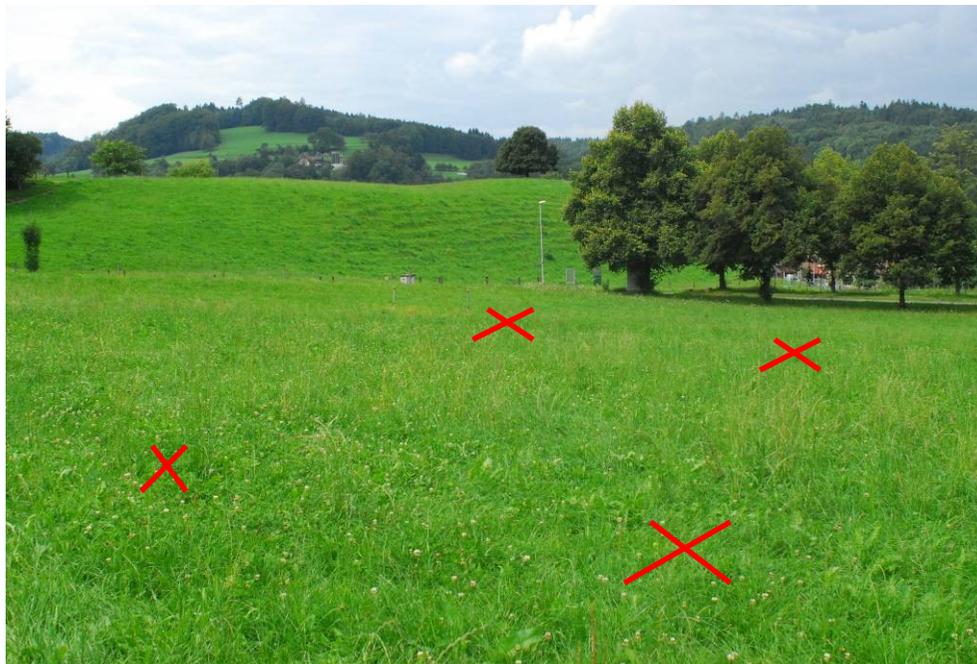
Anwendungsfall: Blacken (*Rumex obtusifolius*, Ampfer)



Feldmessungen

- 60 Feldspektromettermessungen
- 1 Bildflug

- 42 Blacken
- **10 Nicht Blacken**



Feldspektromettermessungen

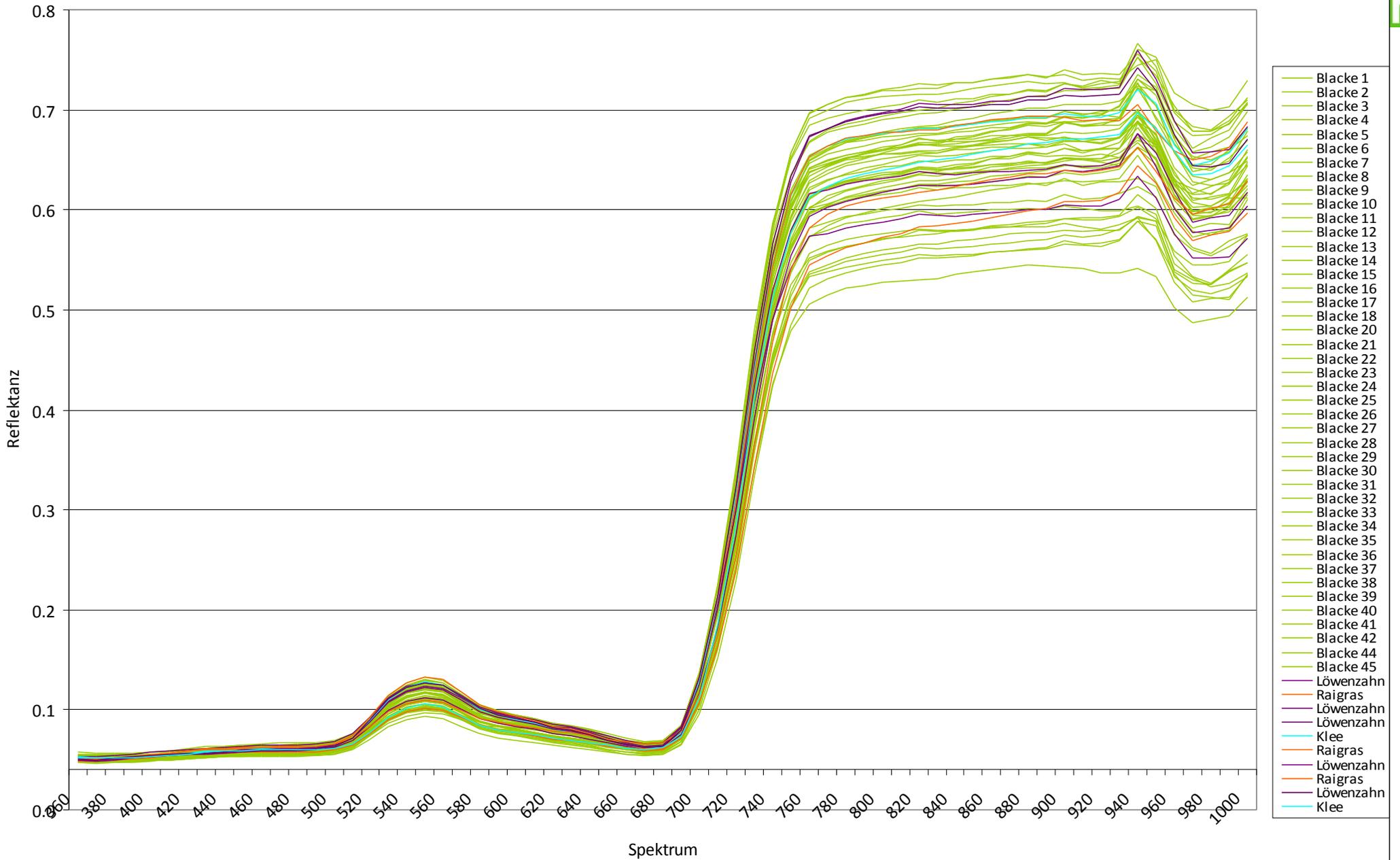


- 42 Blacken ●
- 10 Nicht Blacken ●





Signaturen NichtBlacken und Blacken



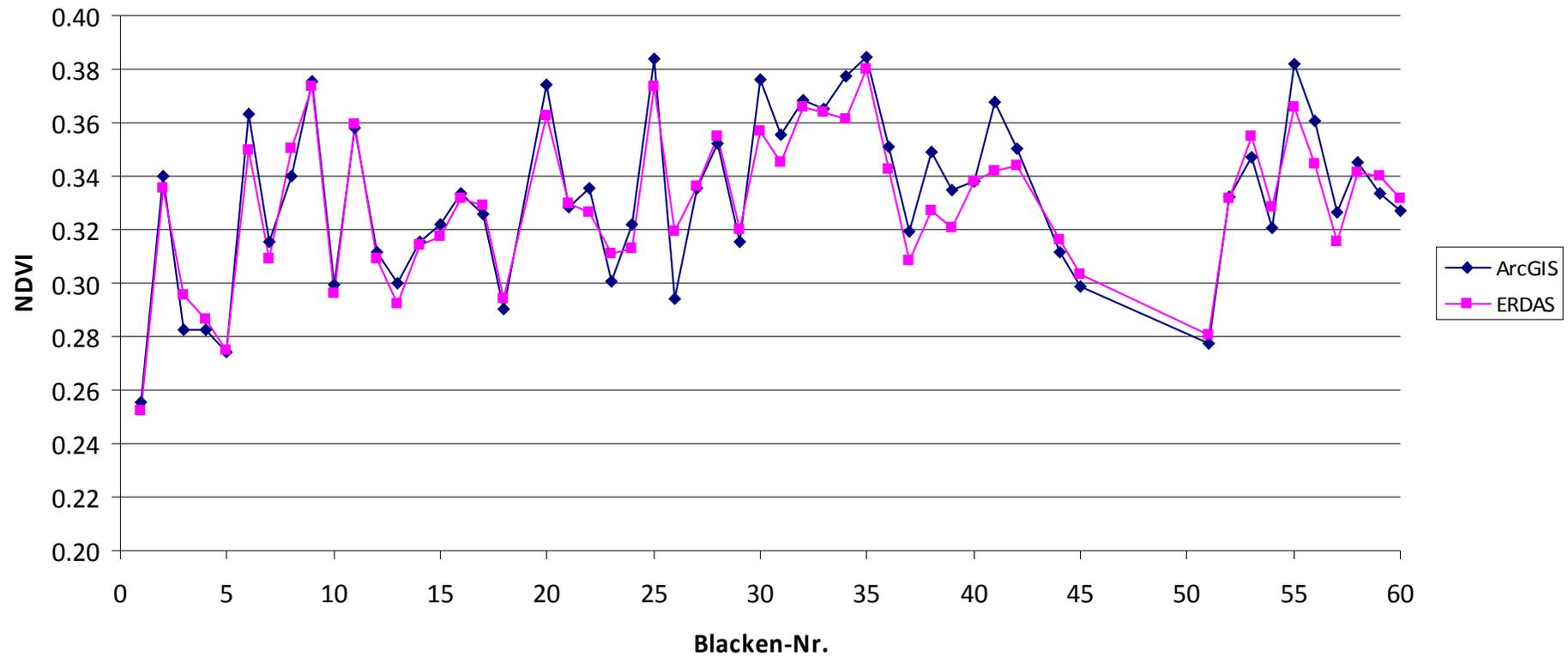
Stichprobenumfang 3 – 20 Pixel



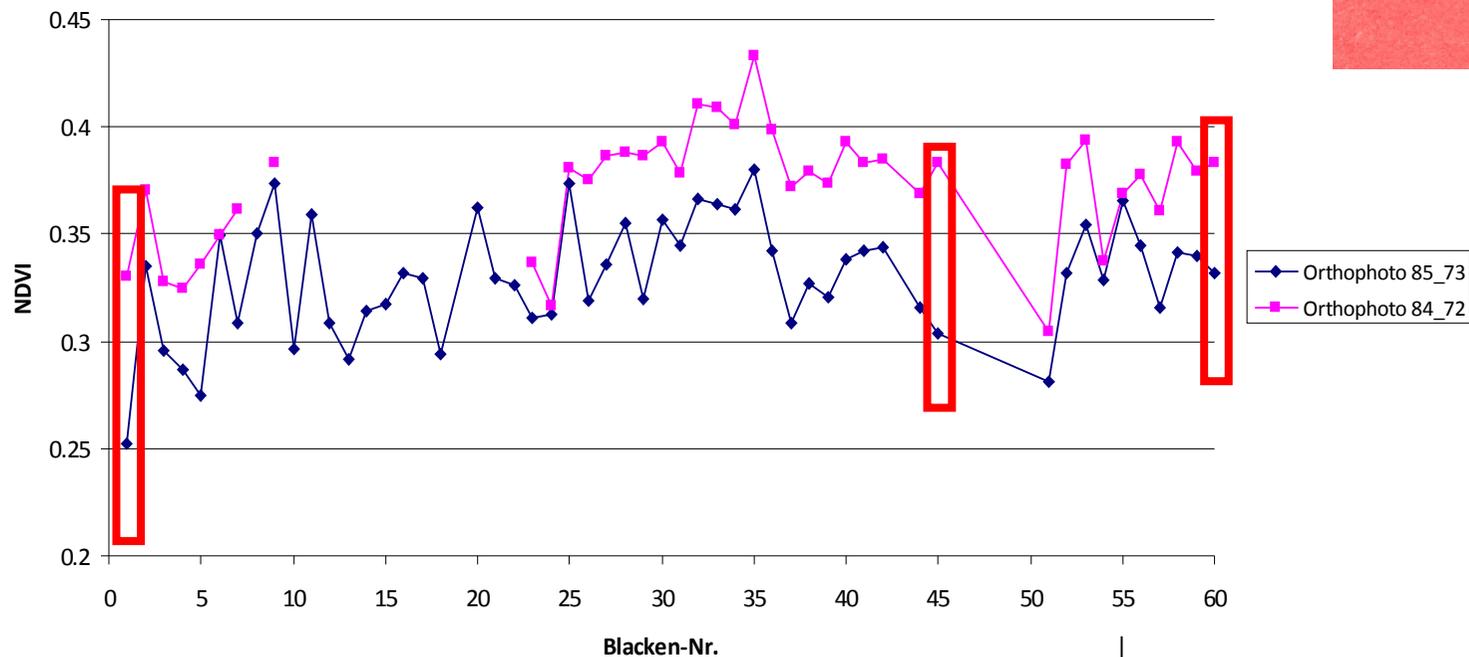
NDVI-Vergleich ERDAS - ArcGIS



Vergleich NDVI-Werte aus ERDAS und ArcGIS



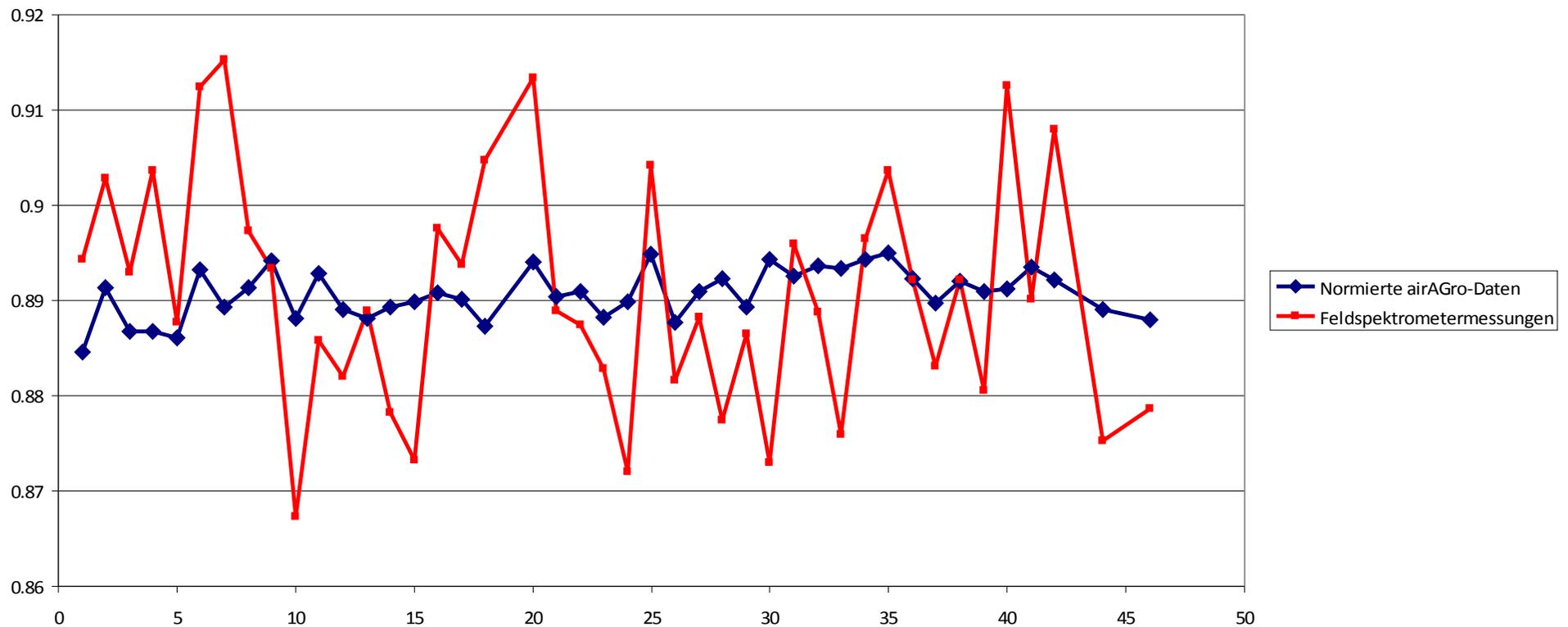
ERDAS: NDVI-Vergleich benachbarte Orthophoto



- 3 Überschreitungen des Signifikanzniveaus 95%
- Größenordnung 0.07 [NDVI]
- Shift von 0.04 [NDVI]

- Gründe
 - Restfehler Vignettierung
 - Blickrichtung

Vergleich airAGro-Daten mit Feldspektrometermessungen



Korrelation: **unbrauchbar!**

Resultat-Beurteilung: Blacken Liebegg



Problem

- Spektrale Trennung Blacken vs. Nicht-Blacken schwierig
- Auflösung 10 cm zu gering

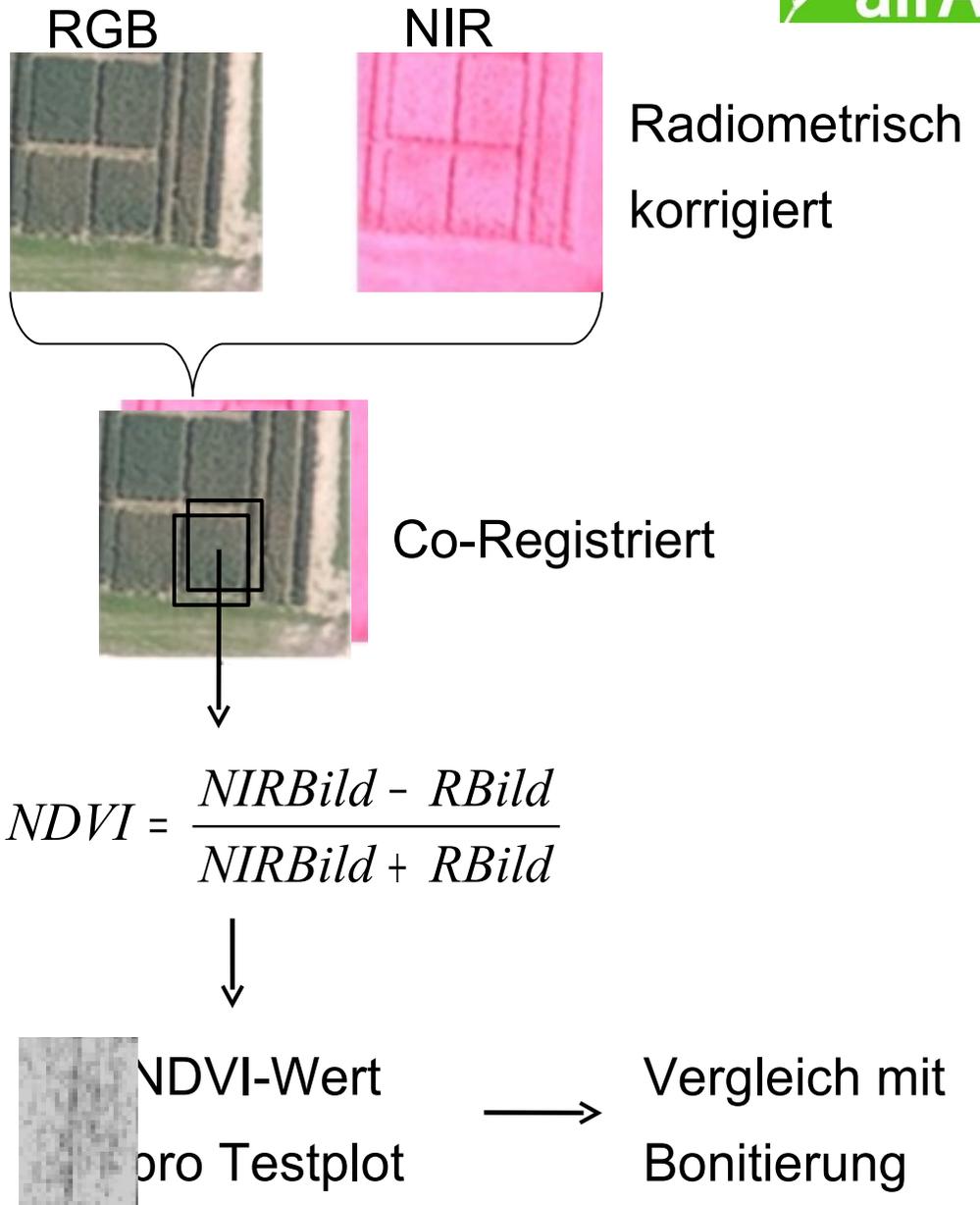
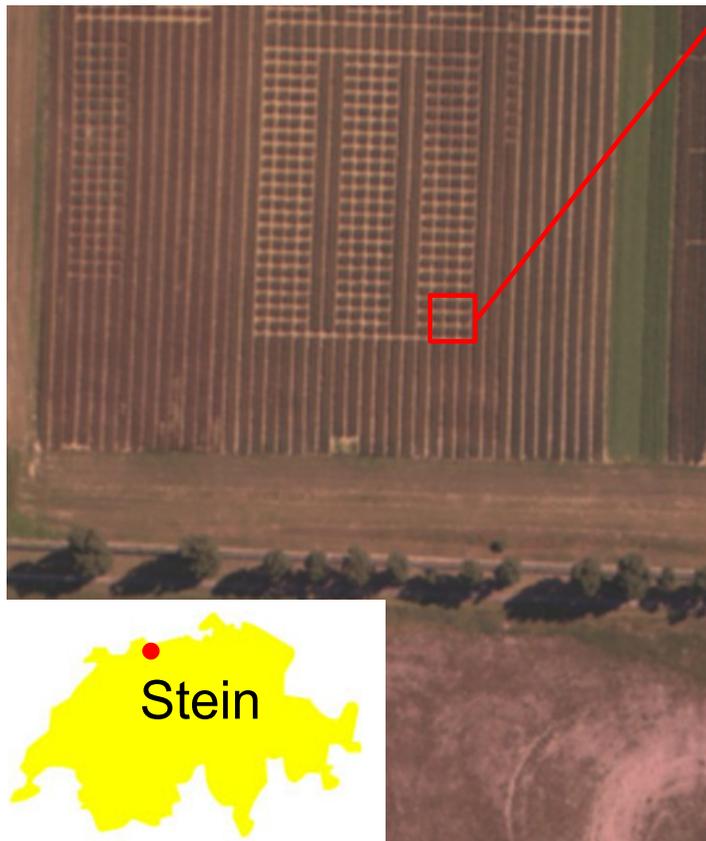
Lösungsvorschläge

- Spektralbereich erweitern 400nm – 2'500nm (für airAGro eher NEIN)
- Auflösung erhöhen (möglich durch Umbau des Systems)
- Strukturbasierter u/o Objektbasierter Klassifikationsansatz wird durch erhöhte Auflösung möglich
- Bestimmung des optimalen Zeitpunkt für Befliegung
 - Blacken deutlich aus der Luft erkennbar

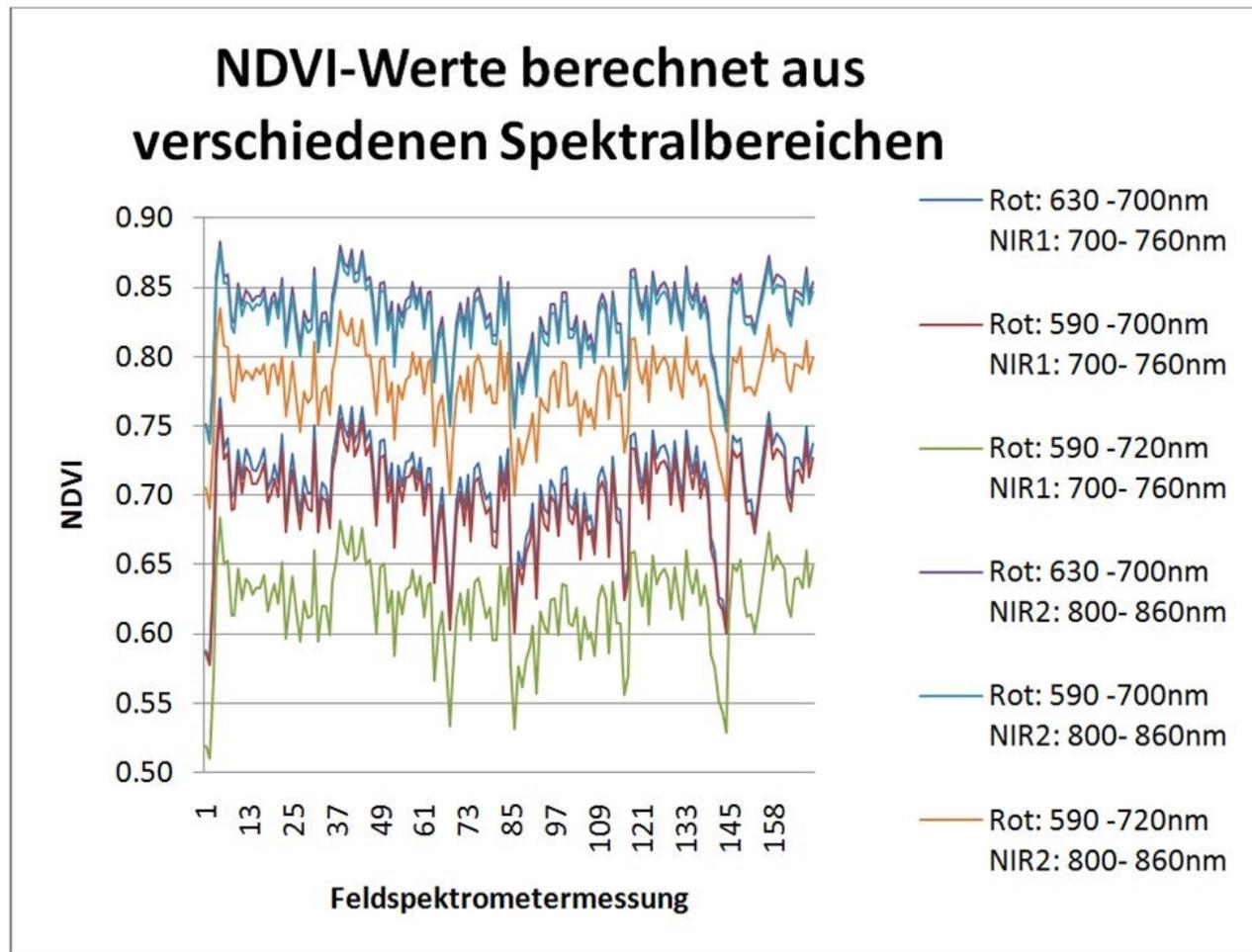
Syngenta Vitalitätsbestimmung



Testgebiete
Syngenta Crop Protection AG



Vergleich NDVI in verschiedenen Spektralbereichen



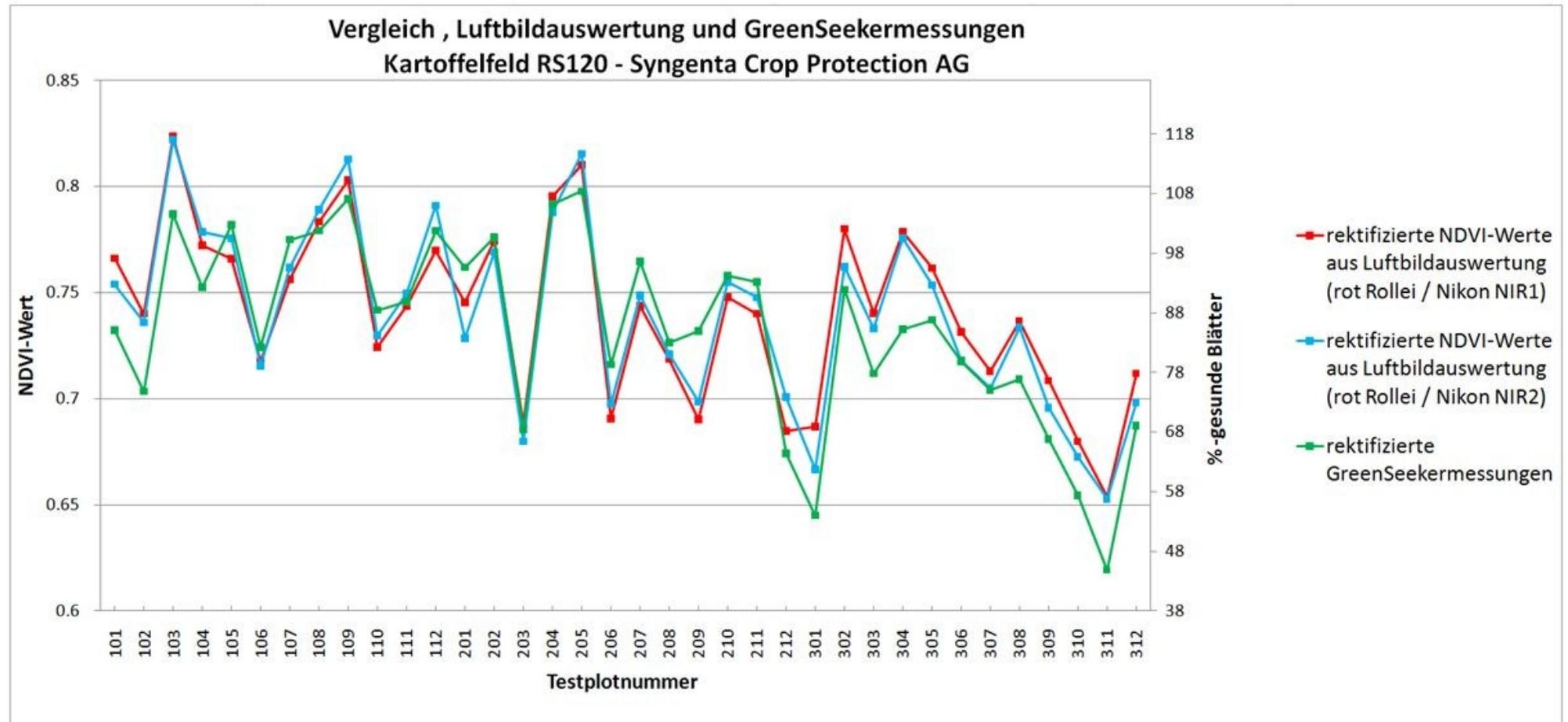
Fazit: ein NIR Sensor genügt!

Syngenta Vitalitätsbestimmung



Vergleich der NDVI-Werten mit den Bonitierungswerten

Kartoffelfeld RS120 - Syngenta Crop Protection AG



Syngenta Vitalitätsbestimmung



- Vitalitätsbestimmung aus Luftbildern liefert gleichwertige Resultate wie die Bonitierung
- Schnelles Verfahren mit hoher Flächenleistung
- Objektive Bestimmung, anstelle 1 (menschlichen) Beobachtung liefert Luftbild ca. 1000 neutrale Messwerte für die gleiche Untersuchungsfläche (Plot)
- Flächenorientierte Bestimmung funktioniert

Fazit: Wissenschaftlich-technische Zielsetzung 1



- 😊 Evaluation und Praxistests eines hoch auflösenden, **leichtgewichtigen Multispektralsensors für Leichtflugzeuge**

Erweiterung bereits bestehender sowie Konzeption, Implementierung und Integration neuer **Softwarekomponenten:**



- 😊 – geometrische und radiometrische (Feld-) Kalibrierung
- ☹️ – exakte Co-Registrierung der Bildkanäle
- ☹️ – direkte Georeferenzierung (GPS/INS-Daten) – allenfalls integrierte Georeferenzierung
- 😊 – geometrische Entzerrung + Orthophotomosaik-Generierung
- 😊 – Auswertung / Klassifizierung

Fazit: Wissenschaftlich-technische Zielsetzung 2



Systemerprobung und -validierung

- 😊 – für spezifizierte Anwendungsfälle
- 😊 – u.a. Praxisversuche des LZL mit simultaner Bonitierung
- 😊 – Eignungsuntersuchungen für unterschiedliche Kulturen, Wachstumsstadien und allfällige Krankheiten



Wissenschaftliche Herausforderungen

- 😊 – Analyse und Klassifizierung sehr hoch aufgelöster Multispektraldaten (Pixelgrößen im (Sub-) Dezimeterbereich)
- 😐 – Implementierung robuster integrierter Georeferenzierungsansätze
- 😊 – Realisierung praxistauglicher Verfahren zur genauen geometrischen Kalibrierung des Multispektralsensors

Fazit: Wirtschaftliche Zielsetzung



KOPA

- ☺ – Dienstleistungsangebot für luftgestützte Fernerkundung
- Prio 1: Zielmarkt AG / Nordschweiz und Agronomie / Agrochemische Forschung
- ☺ – Pilotdienst ab Sommer 2010



LZL & AL

- Know-how Gewinn & mögliche Effizienzsteigerung im Bereich
- ☹ – Versuchswesen (LZL)
- ☺ – Fachstellenvollzug (LW)
- ☹ – evtl. Flächenkontrollen bei Feuerbrand und Neophyten

Allgemein

- ☺ – Chance für engere wissenschaftliche Zusammenarbeit in CH

Fazit: Allgemein

Herausforderungen

- Organisation (Vegetation gibt vor)
 - Reifegrad
 - Krankheitsbefall
 - Unwetter, Hagelschäden

- Technik
 - Prozessierung
 - Semi-automatische Co-Registrierung von RGB-NIR-Bildern
 - Nicht identischer Bildinhalt
 - Grenzen ausgelotet
 - Geometrische Auflösung
 - ☹ – Einzelne Pflanzen eher schwierig
 - ☺ – Flächenhafte Ausprägungen geeignet



- **Prozessierung** optimieren bzw. **automatisieren** mit Events
- Weitere Anwendungsfälle eher auf **flächenbasierte Kriterien** ausrichten
- **Wirtschaftliche** Umsetzung mit Kunden