

Biomasseermittlung mit Leichtbaukopter und Integration in ein Agrarmanagementsystem

Biomass monitoring with unmanned lightweight copter and integration into an agricultural management system

Ludwig Schrenk

CiS GmbH Hansestraße 21, 18182 Bentwisch

E-Mail: lschrenk@cis-rostock.de

Zusammenfassung: Unser Kopter für diese Zwecke ist besonders leicht und deshalb sehr effektiv. Er trägt eine RGB- und eine NIR-Kamera oder eine einfache Multispektralkamera. Mit angeheizten Akkus (40°C) fliegt er auch in der kalten Jahreszeit 30min. In dieser Zeit sind bei 200 m Höhe 100 ha erreichbar.

Nach einer einfachen Flugplanung (Flächenumriss antippen, Flughöhe in m, Überdeckung der Bilder in %) erfolgt der Automatikflug inklusive Start und Landung, gegebenenfalls mit automatischer Unterbrechung zum Akkuwechsel.

Die Automatisierung der Bildauswertung reicht bis zu einer NDVI-Karte des beflogenen Schlages. Diese wird im Fahrspurraster des Schlages zu einer Karte der aktuellen relativen Biomasse, die in unser Agrarmanagementsystem ADAM einfließt. Will man die reale Biomasse ermitteln, werden einige wenige quadratmetergroße Testflächen am Boden abgeschnitten und die gewogenen Massen zur Umrechnung der relativen zur absoluten Biomassekarte genutzt. Diese Biomassekarte kann im ADAM zur Berechnung der eingelagerten Stickstoffmenge und damit zu Stickstoffeinsparungen bei Raps und letztlich zur Applikationskartenermittlung für das Frühjahr genutzt werden (französische Methode).

Für das Getreide wird ähnlich verfahren. Im Agrarmanagement wird aus der relativen Ertragserwartung und dem für den Schlag anvisierten durchschnittlichen Erntemenge pro ha unter Einhaltung der gesetzlichen Bedingungen und Vorschriften die Karte mit dem Gesamtstickstoffbedarf ermittelt. Vor den einzelnen Stickstoff-Gaben wird dann mit dem Kopter die aktuelle relative Biomasse ermittelt und danach die Applikationskarte für diese Gabe unter Beachtung der bereits gemachten Gaben wieder im Fahrspurraster erstellt.

Deskriptoren: UAV, UAS, Drohne, NDVI, relative Biomasse, N-Einlagerung, Applikationskarte, Düngung, Pflanzenschutz

Abstract: *For these purposes, we offer a copter which is extremely lightweight and therefore very efficient. It carries a RGB- and a NIR-camera or a simple multispectral camera. Pre-heated batteries (40°C) allow up to 30 min flight time even during the cold season. During this time and at flight altitudes of 200 m, area coverage of 100 hectare is possible.*

After easy flight planning (tap area polygon, determine flight height and area overlap in percent), automatic flight including takeoff and landing, optionally with automatic interruption for battery replacement, is carried out.

Automated image processing and analysis leads to NDVI maps of the surveyed agricultural field. Our agricultural management system ADAM uses these NDVI values to map the current relative biomass on a driving lane grid of the field. To determine the real biomass, it is necessary to cut crop on test areas of few square meters, weigh the yield and use the results to convert relative biomass to absolute biomass. The software ADAM calculates on the base of this biomass map the stored quantity of nitrogen which can be used to save nitrogen in rape or calculate application maps for spring (French method).

A similar procedure is used for grain. Ensuring compliance with the legal requirements and regulations, the agricultural management system calculates a map for total nitrogen nutrient requirement of the cereal crop type based on varying relative yield expectation and average absolute yield expectation of the field (yield expectation zones). Before applying nitrogen fertilization in the field, the current relative biomass is determined using the copter. Then, the application map is calculated to a driving lane grid considering already realized fertilization.

Keywords: *UAV, UAS, drone, NDVI, relative biomass, N-storage, application map, fertilization, plant protection*

1 Einleitung

Problemstellung, Wissensstand und Ziele der Arbeit

Mit Autopiloten ausgestattete Multicopter gestatten dem Landwirt oder seinem Dienstleister Feldstücke kurzfristig zu befliegen und innerhalb weniger Stunden über den ganzen Schlag und dessen gegebenenfalls auch sehr kleine Teilflächen Aussagen zu treffen [1]. Solch detaillierten, flächendeckenden Auswertungen sind mit terrestrisch betriebenen Sensoren nicht möglich, und weder von Satelliten noch von bemannten Fliegern ähnlich effektiv und schnell erhältlich. Hier soll am Beispiel der Düngung eine Methode und das Zusammenwirken von Agrarmanagementsystem und Flugsystem dargestellt werden.

2 ADAM, das Alternative Digitale Agrar-Management System

Das Programmsystem ist in den letzten 20 Jahren als Grafik- und Sachdatenorientiertes Datenhaltungs- und Verarbeitungssystem für den Precision Farming-Einsatz in Feldbaubetrieben entwickelt worden. Die Entwicklung erfolgte im ständigen Kontakt mit Anwendern, Ämtern und Hochschulen. Es umfasst eine Schlagkartei und sehr hilfreiche und effektive GIS-Funktionen sowie spezielle landwirtschaftliche Funktionalitäten von der Anbauplanung bis zur Düngungsberechnung und teilflächenspezifischem Pflanzenschutz (**Abbildung 1**). In der Datenstruktur werden alle relevanten Daten der Feldstücke getrennt nach allgemeinen und Jahresdaten gehalten.

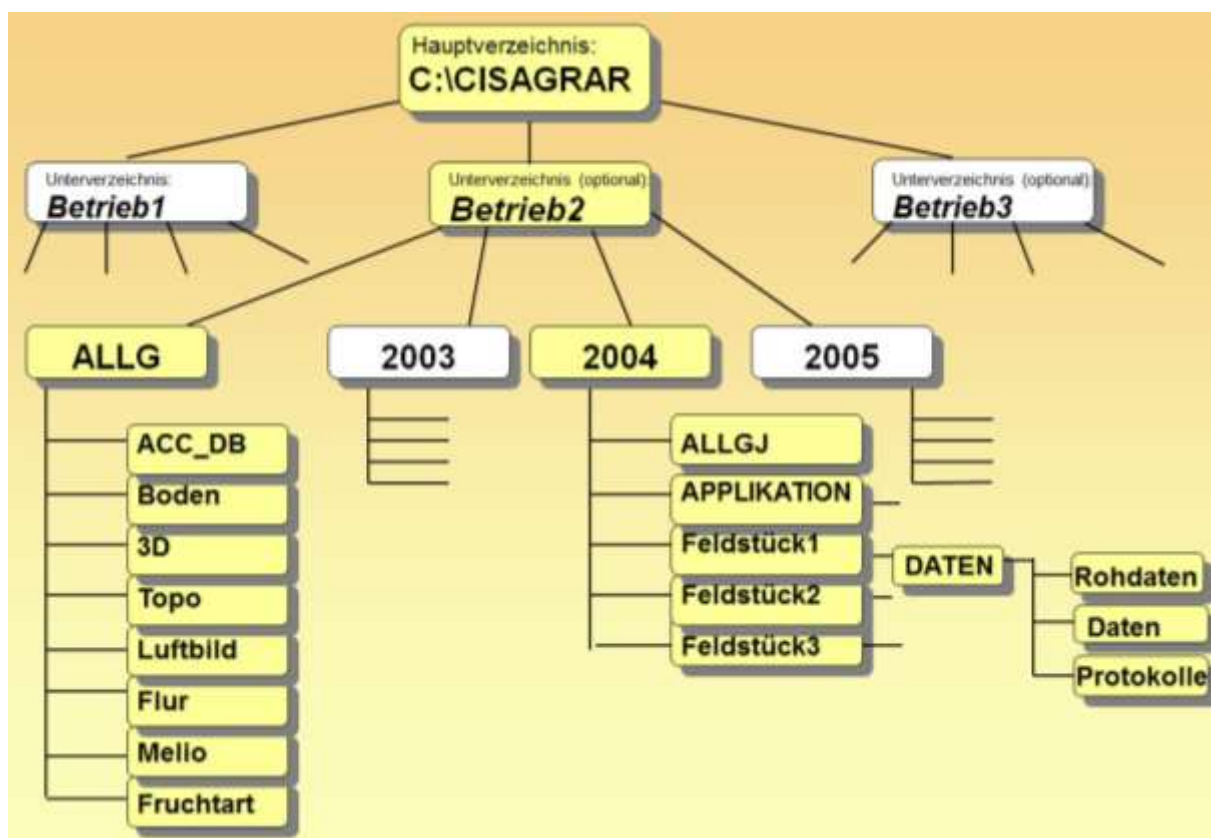


Abbildung 1 Datenstruktur des Agrar-Management.Systems

Eine Methode für die Festlegung der Düngermenge ist die Ermittlung einer teilflächenspezifischen Ertragserwartungskarte aus den Erträgen der Vorjahre die teilflächenspezifisch durch die Mähdrescher aufgezeichnet wurden (**Abbildung 2**). Diese Ertragserwartung ist eine wichtige Kennzahl, aber im Jahresverlauf kann sie sich oft drastisch verändern und mit ihr der Stickstoffbedarf auf den Teilflächen und auf dem Schlag insgesamt.

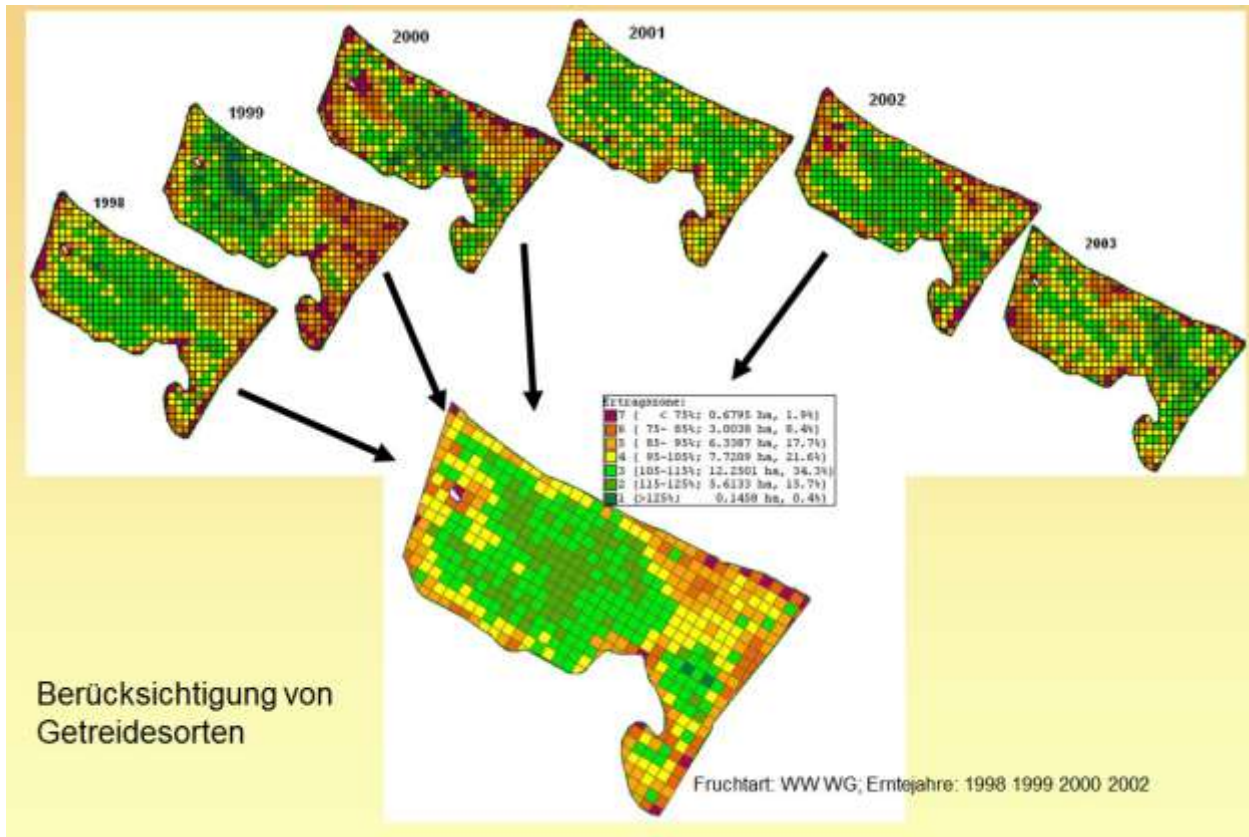


Abbildung 2 – Ertragserwartungszonen ermittelt aus Erträgen früherer Jahre

3 Ermittlung der Biomasse

Die Veränderungen des Stickstoffbedarfes wollen wir aus der Biomasse oder der Pflanzenvitalität ableiten und zu deren Bestimmung die Luftbilder des Oktokopters nutzen.



Abbildung 3 – Der CiS-Oktokopter

Funktionsumfang des Oktokopters im Automatikflug:

- Start,
- Landung,
- Fläche,
- Polygon,
- Kontur,
- Einzelpunkte und
- Kombinationen

Die Software der Bodenstation

- Flugplanung für die Funktionalitäten des Oktokopters
- Überwachung des Fluges
- Protokollierung des Fluges

Die Flugauswertung

- Bilder zuordnen
- Mosaikieren,
- Geländemodell erarbeiten,
- Orthofotos,
- Fahrspurraster bilden, Wachstumsindizes ermitteln.

Tabelle 1 - Wichtige Parameter des UAS

Rotorenzahl	8
Gewicht ohne Zuladung	~2000 g
Flugzeit ohne Zuladung	~45 Min
Flugzeit mit Zuladung	~30 Min
Techn. Flughöhe	~1000 m
Wegpunktanzahl	200
Geschwindigkeit	bis 10 m/s
Windresistenz	bis 10 m/s
Fernsteuerungreichweite	~ 1000 m
Live-View Funkstrecke	5,8 GHz ~500m Reichweite
Live View Bildschirm	7" TFT mit internem Akku
Kameragimbal	2 Achsen-Servogimbal
(wechselbar gegen Gimbal für andere Sensorsysteme z.B. multispektral)	
Kamera	SONY NEX 5T präpariert u. kalibriert Foto /Video umschaltbar
Motorarme	abnehmbar und steckbar, Motore 50 g

Die Bildung der relativen Biomassekarte

Die Reflexion eines grünen Blattes ist im sichtbaren Wellenlängenbereich (400 – 600 nm) relativ gering und liegt bei ca. 10% (Grünlücke). Auffällig ist der Reflexionsanstieg im sichtbaren Grün (ab etwa 550 nm). Das Reflexionssignal steigt im nahen Infrarot (750 – 1300 nm) auf den Maximalwert von ca. 50% und nimmt dann stetig im Bereich des mittleren Infrarot (1300 – 3000 nm) ab.







Auf Basis dieser Reflexionseigenschaften lassen sich verschiedene Vegetationsindizes ableiten. Häufig angewendet ist der NDVI (Normalized Differenced Vegetation Index). Dieser ist ein "künstlicher" Kanal, der aus den Spektralkanälen berechnet wird. Er repräsentiert die Reflexionsintensität der Vegetation. Man zieht ihn beispielsweise zur Feststellung der Biomasse heran: $NDVI = (NIR - ROT) / (NIR + ROT)$

Es werden neben dem NDVI verschiedene andere Vegetationsindizes berechnet (**Tabelle 2**).

Tabelle 2 Berechnete Vegetationsindizes

$NDVI = (NIR - Rot) / (NIR + Rot)$ <i>Normalized Differenced Vegetation Index</i>	$ENDVI = ((NIR + Green) - 2*BLUE) / ((NIR + Green) + 2*BLUE)$ <i>Enhanced Normalized Differenced Vegetation Index</i>
$BNDVI = (NIR - Blau) / (NIR + Blau)$ <i>Blue Normalized Differenced Vegetation Index</i>	$GNDVI = (NIR - Grün) / (NIR + Grün)$ <i>Green Normalized Differenced Vegetation Index</i>
$VARI = (Grün - Rot) / (Grün + Rot - Blau)$ <i>Variable Atmospherically Resistant Index</i>	
$DVI = NIR - Rot$ <i>Difference Vegetation Index</i>	$RVI = NIR / Rot$ <i>Ratio Vegetation Index</i>

Tabelle 3 - Ablauf des Zusammenspiels bei der Ermittlung der Biomasse

Landwirt	Agrarmanagementsystem (bei uns ADAM)	UAV
Zeitpunkt und Flächen für eine biomasseabhängige Düngungs- oder Pflanzenschutzmaßnahme festlegen		
Entscheidung ob relative oder absolute Biomasse erforderlich		
	Bereitstellung von Schlagrändern	
	Bereitstellung von Fahrspurrastern oder Teilflächen-grenzen	
		Flugplanung nach Schlagrand und gewünschter Auflösung
		Einhaltung der gesetzlichen Bestimmungen
		Festlegung von Flughöhe Richtung, Überlappung der Teilbilder
		Flugdurchführung, Automatikflug nach Planung, Überwachung des Fluges und Protokollierung
		Flugauswertung, Bilder zusammensetzen, georeferenzieren
		Ermittlung der relativen Biomasse für die vorgegebenen Teilflächen/Raster
	Errechnen der Applikationskarten nach den teilflächenspezifischen Informationen (Bodenart, Anbau, Ertragserwartung,...) und der aktuellen Biomasse zum Schlag	
Realisieren der Applikation mit einer ISO-Bus-Ausbringmaschine oder unserer Feldsoftware ANVINA einschließlich Ist-Wert-Protokollierung		
	Istwertkarte integrieren und auswerten	

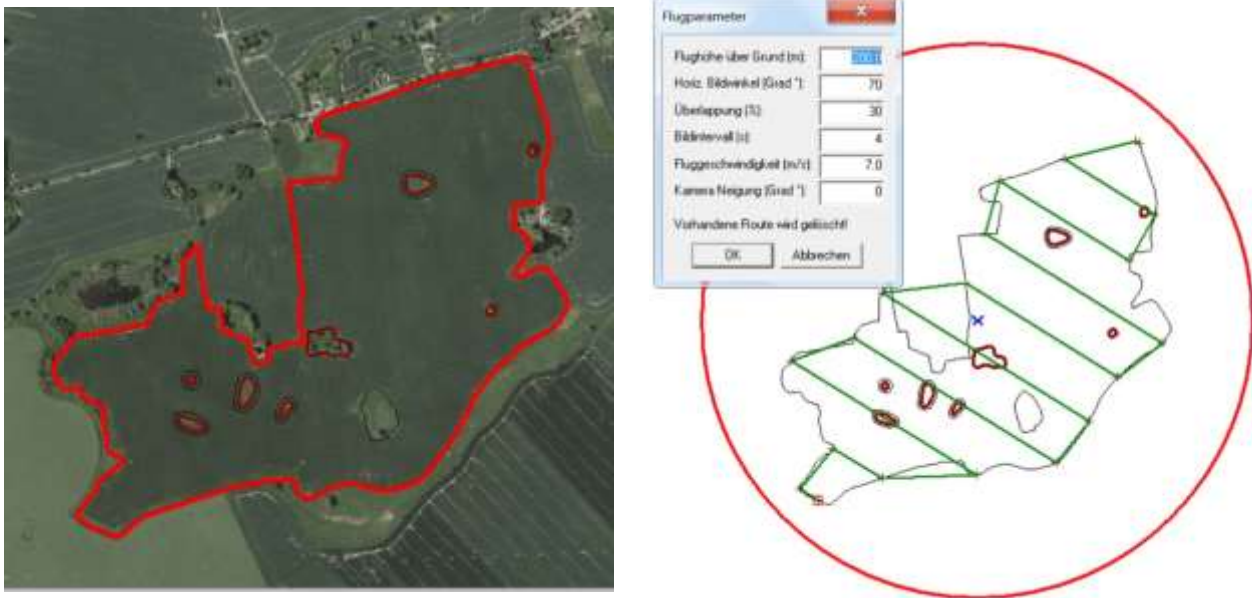


Abbildung 4 - Bild von der Flugplanung auf WMS Hintergrund und der möglichen Angaben



Abbildung 5 - Bild von der Flugdurchführung

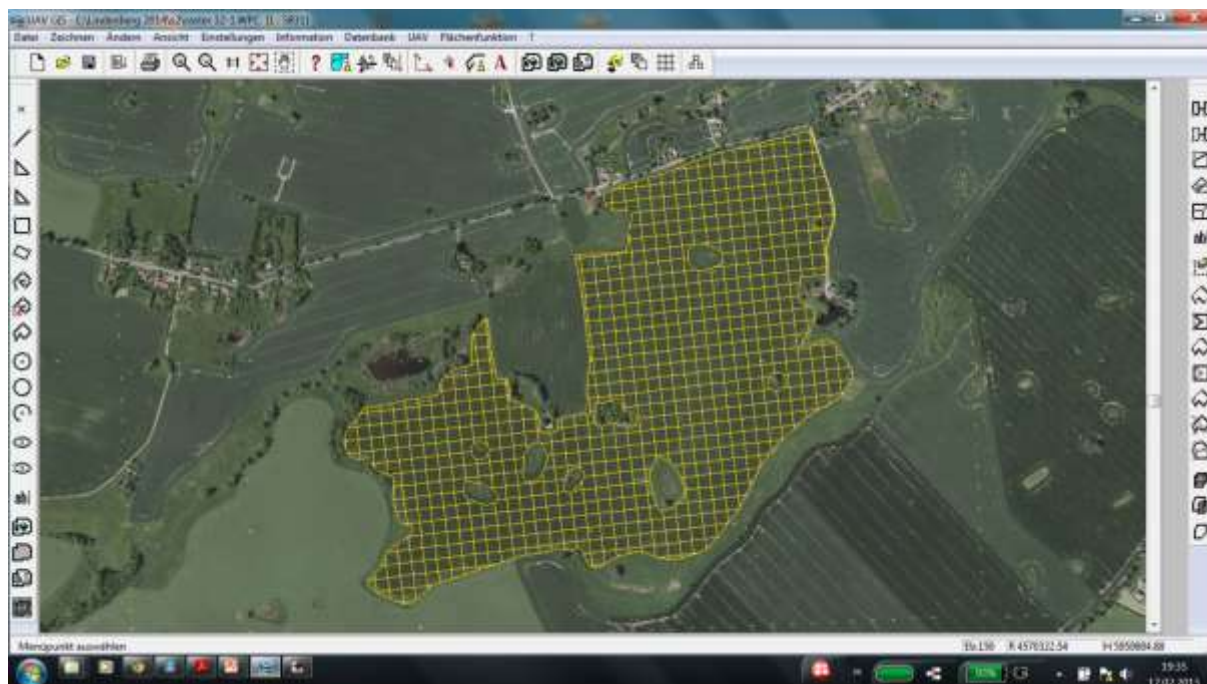


Abbildung 6 - Fahrspurraster aus ADAM

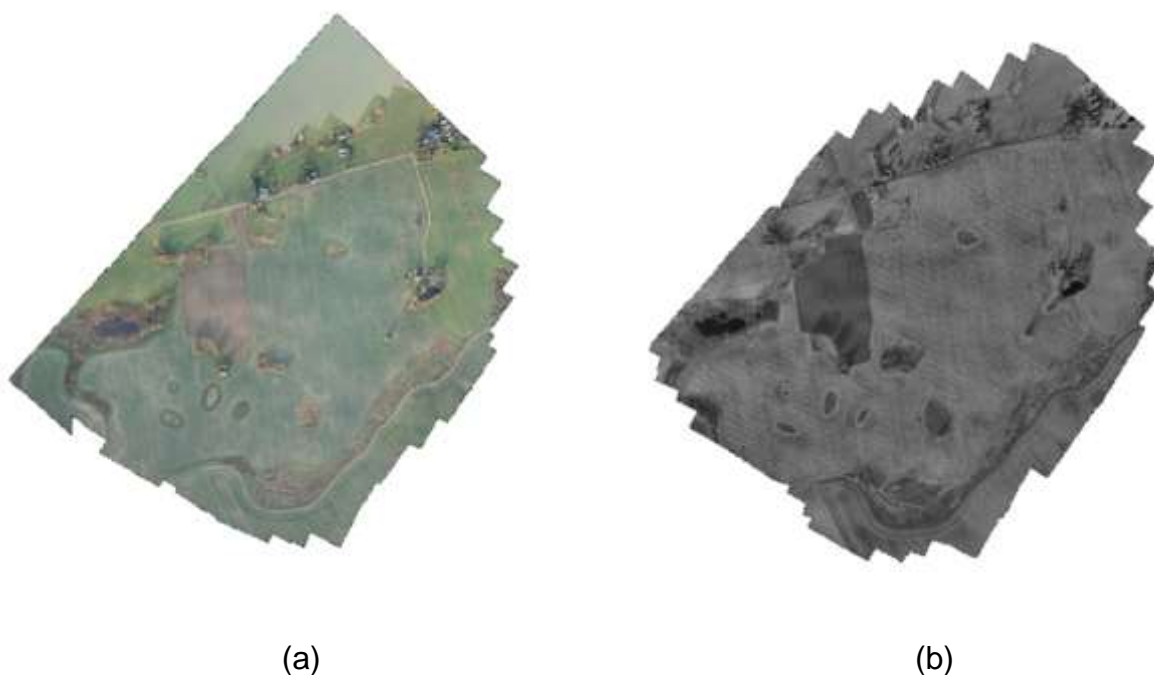


Abbildung 7 - Aus den Einzelbildern zusammengesetztes (a) RGB und (b) NIR-Bild in Graustufen.

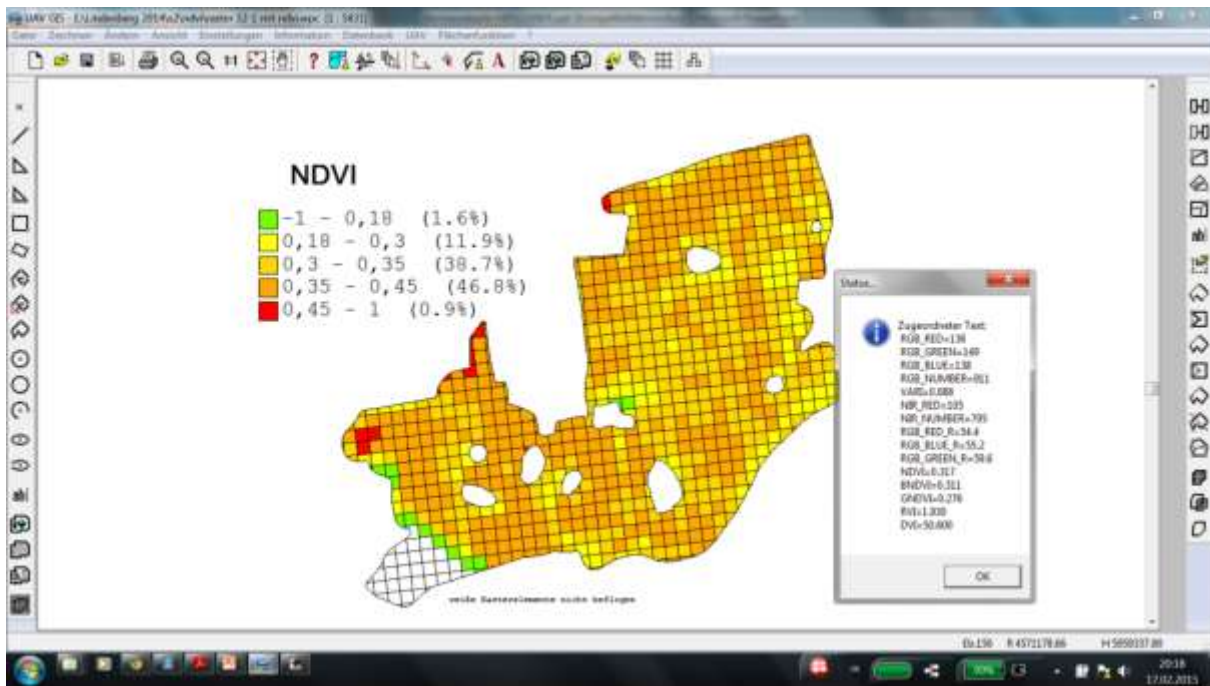


Abbildung 8 - Aus beiden Bildern verrechnete Werte im Fahrspurraster



Abbildung 9 - Die Weiterverarbeitung zur absoluten Biomassekarte.

4 Stickstoffeinsparung im Frühjahr

Nach dem französischen Modell kann ADAM den N-Bedarf des Raps im Frühjahr aus der absoluten Biomasse ermitteln, weil der im Herbst eingelagerte Stickstoff sich proportional zur Biomasse verhält [2],[3] und zu 70% im Frühjahr angerechnet werden kann (**Abbildung 10**).

Weiter kann ADAM die Applikationskarten nach Vorgabe für die einzelnen N-Gaben berechnen, an die Ausbringmaschine geben und letztlich das Protokoll der Ist-Werte in das Datenmodell aufnehmen.

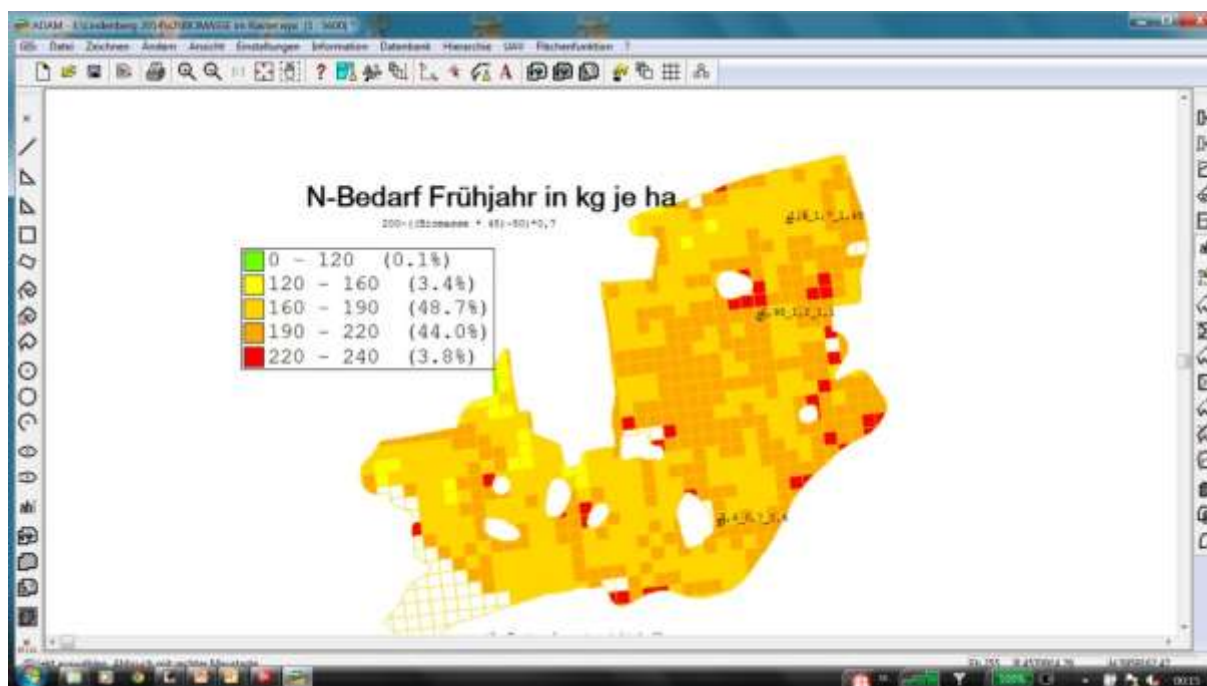


Abbildung 10 – Finale Applikationskarte aus der Basis des N-Bedarfs nach dem französischen Modell

Literaturverzeichnis

- [1] **BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR UND DIGITALE INFRASTRUKTUR (2014):** „Kurzinformation – über die Nutzung von unbemannten Luftfahrtsystemen“, Januar 2014.
- [2] **KAGE H. (2008):** Institut f. Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung Kiel, Aktuelle Ergebnisse zur Rapsdüngung unter Berücksichtigung der Frischmasse, Februar 2008
- [3] **MEHL D., STEINHÄUSER A., KOCH F., KÜCHLER A. (2009):** Regionalisierung der Nährstoffbelastung in Oberflächengewässern in Mecklenburg-Vorpommern. - Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 53 (5): 336-341.