

Fernerkundung und GIS – die neuen digitalen Werkzeuge der Landwirtschaft 4.0

Von Ole Spickermann, Bernburg

Zusammenfassung

Die rasante Entwicklung von IT- und Fernerkundungstechnik eröffnete in den letzten Jahren dem modernen Landwirt viele neue Wege, seine Schläge noch effektiver zu bewirtschaften und knappe Betriebsmittel einzusparen. Von besonderem Interesse für die Pflanzenproduktion sind die bildgebenden Verfahren der Fernerkundung, welche optimal in Geoinformationssysteme eingebunden werden können, um so ein enormes Spektrum neuer Informationen zu generieren.

I Von den Anfängen bis zur Landwirtschaft im 21. Jahrhundert

Die Landwirtschaft hat im Laufe ihrer Jahrtausende währenden Entwicklung immer wieder entscheidende Impulse erhalten und verschiedene Entwicklungsstufen absolviert, bis sie zu der hochmodernen und leistungsstarken Wirtschaftskraft wurde, wie wir sie heute kennen. Der Ackerbau, als einer der ältesten Wirtschaftsbereiche der Menschheit überhaupt, etablierte sich vor ca. 10.000 Jahren parallel auf verschiedenen Kontinenten und stellt seit dato die Grundversorgung der Menschen an Nahrungsmitteln weltweit sicher [Odenbach 1997].

Die Entwicklung des Ackerbaus lässt sich je nach Betrachtungswinkel (politisch, technisch, sozial, wirtschaftlich) unterschiedlich gliedern [Krombholz 2018]. Wird der Aspekt der technischen Entwicklung betrachtet, drängen sich vier große Entwicklungssprünge auf. Die Anfänge des Pflanzenbaus waren bis ins späte Mittelalter durch vorwiegend menschlichen Arbeits- und Kraftaufwand geprägt. Technische Errungenschaften wie der Pflug und der verstärkte Einsatz von Nutztieren änderten allmählich das Bild der Landwirtschaft. Ein zweiter großer Sprung erreichte die landwirtschaftliche Produktion im Nachgang der Industriellen Revolution zum Ende des 19. bis zur Mitte des 20. Jahrhunderts. In dieser Zeit war die Geburtsstunde der ersten Traktoren zu verzeichnen, welche die Produktivität um ein Vielfaches erhöhten. Zum Ende des 20. Jahrhunderts hielt die GPS-Navigation Einzug in die Landwirtschaft. Die Maschinen konnten von nun an mit zuvor nie dagewesener Präzision gesteuert werden, was vor allem in den Bereichen des Umweltschutzes und der Produktionseffizienz große Vorteile brachte. Seit der Einführung eines flächendeckenden Internetzugangs befindet sich die Landwirtschaft bis heute erneut in einer besonderen Phase ihrer Entwicklung.

Im Rahmen der Landwirtschaft 4.0 gilt es, Prozesse und Maschinen bestmöglich zu vernetzen, um auf der einen Seite die Produktivität zu steigern, aber gleichzeitig die Umwelt bestmöglich zu schützen und natürliche Ressourcen sowie die natürlichen Regulationsmechanismen von Agrarökosystemen zu schonen und zu fördern. Der Schutz der Umwelt stellt jedoch nur eine von zahlreichen Herausforderungen dar, welchen sich die Landwirtschaft im 21. Jahrhundert widmen muss. So stellen ver-

schärfte Gesetzgebungen über den Einsatz von Pflanzenschutz- und Düngemitteln für den modernen Landwirt genauso ein Problem dar, wie stetig steigende Kosten für Boden und Betriebsmittel. Ein besonders aktuelles aber auch gravierendes Problem, für das eine Lösung gefunden werden muss, bringt der Klimawandel mit sich. Auch in zuvor von Extremwittersituation nicht betroffenen Regionen kommt es jetzt immer wieder zu Ernteausfällen. Die intelligente Vernetzung gewonnener Daten soll hier helfen, die Entscheidungsprozesse des Landwirtes zu unterstützen [Balmann 2017; Isermeyer 2014]. Trotz dieser großen Herausforderungen gilt es, das oberste Gut der landwirtschaftlichen Produktion, die Sicherung der Grundversorgung der Menschen, stets zu gewährleisten.

Der Landwirtschaft 4.0 stehen hierfür drei große sich überschneidende Bereiche mit unterschiedlichen Werkzeugen zur Verfügung (Abb. 1).

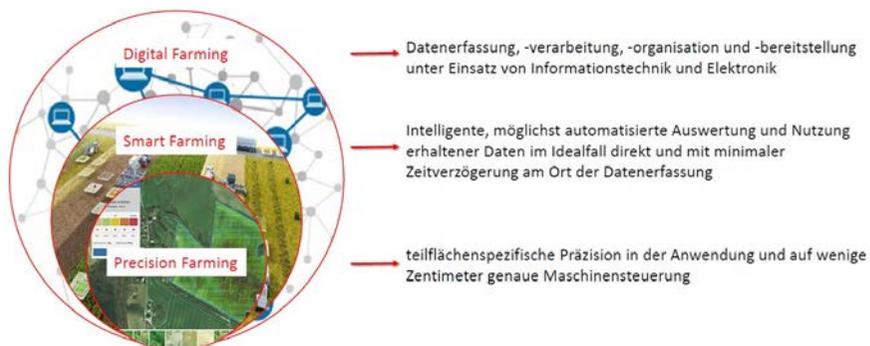


Abb. 1: Die drei Teilbereiche der Landwirtschaft 4.0

Besonders in den Bereichen des Digital und Smart Farmings liegt ein besonderes Augenmerk auf der Datenerfassung, -verarbeitung und -bereitstellung für den Agrarmanager. Aufgrund der steigenden Lohnkosten gilt es, in diesen Bereichen möglichst viele Prozesse miteinander zu verknüpfen und zu automatisieren, damit diese schnell bei Entscheidungsprozessen, von welchen mehrere 100 Stück pro Saison anfallen, genutzt werden können. In der folgenden Abbildung ist ein solches Schema beispielhaft dargestellt.

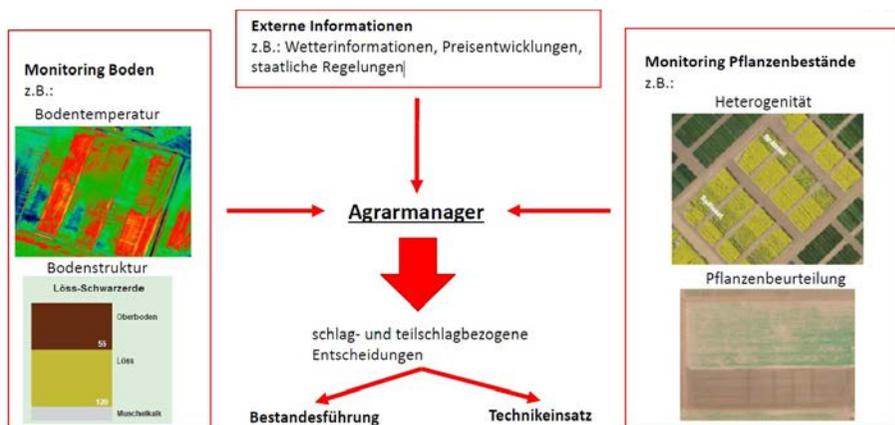


Abb. 2: Informationsschema des Agrarmanagers

Die Abbildung 2 zeigt deutlich auf, dass der Agrarmanager nicht nur in der Verantwortung steht, externe Daten sinnvoll zu bündeln, sondern auch sämtliche interne Daten

zu Boden und Pflanzen zu erfassen und diese mit den externen Informationen zu verknüpfen, sowie sämtliche daran gebundenen Prozesse zu dokumentieren. Damit dies gelingt, wird bereits jetzt auf die Werkzeuge der Fernerkundung in Kombination mit Geoinformationssystemen zurückgegriffen.

2 Werkzeuge der digitalen Landwirtschaft

Die Werkzeuge der digitalen Landwirtschaft umfassen ein breitgefächertes Spektrum verschiedener Methoden und Techniken, weshalb im Folgenden nur auf eine kleine Auswahl eingegangen wird und hier besonders auf die Methoden der Datenerhebung mittels Fernerkundung und deren Organisation in Geoinformationssystemen.

Moderne Fernerkundungstechniken beschränken sich im Allgemeinen auf die bemannte und unbemannte Luftfahrt (unmanned aerial vehicle, UAV) sowie den Einsatz von Satelliten (Abb. 3).



Abb. 3: Forschungs-UAV der AG Feldversuche (links) und Forschungs gyrokopter des Instituts für Geoinformation und Vermessung (rechts) der Hochschule Anhalt

Besonders seit der Jahrtausendwende rückten aber auch immer mehr die eigentlichen Arbeitsmaschinen als Sensorträger in den Vordergrund, da so der Aspekt der online Datenerfassung und -nutzung besser bedient werden kann. Bereits jetzt sind Sensoren im alltäglichen Einsatz, welche bspw. eine Abschätzung des Ernährungszustandes der Pflanzen zulassen und direkt die ermittelten Daten an einen angebauten Düngestreuer übermitteln, welcher dann vollautomatisch bedarfsgerecht düngt. Diese verschiedenen Techniken der Datenerfassung weisen ganz unterschiedliche Vor- und Nachteile auf und finden daher in unterschiedlichen Bereichen der Landwirtschaft Anwendung (Tab. 1).

	Schlepper	UAV	Flugzeug	Satellit
Vorteile	anwenderfreundlich	kostengünstig	hohe Auflösung	Teilweise kostenlos
	gut vernetzt mit anderen Maschinen des Fuhrparks	sehr schneller und flexibler Einsatz	große Flächenleistung	höchste Flächenleistung und größte Schwadbreite
Nachteile	geringe Flächenleistung	zahlreiche Beschränkungen vom Gesetzgeber	kostenintensiv	niedrige Auflösung
	Aussagen über Bestände nur im engen Rahmen der Programmierung möglich	geringe Flächenleistung bei Koptern bzw. schlechtere Auflösung bei Starrflüglern	Hoher Planungsaufwand daher wenig flexibel	stark wetter- (Bewölkung) und zeitabhängig (Häufigkeit der Überfliegungen)

Tab. 1: Überblick der Vor- und Nachteile verschiedener Sensorträgersysteme

DGPS-Dienste (Differential GPS, optimierte GPS-Präzision dank Korrekturdaten) helfen dabei, diese gesammelten Daten auf den Schlägen des Landwirtes zu lokalisieren und unterstützen im Nachgang, bei Bedarf, die Maschinen auf wenige Zentimeter genau zu steuern z. B. beim Halten der Fahrspuren oder bei der Ertragskartierung wäh-

rend der Ernte. Die Vielzahl der Dienste ermöglichen es, dem Landwirt auf seine Bedürfnisse perfekt zugeschnittene Anwendungen zu wählen. So besteht beispielsweise die Möglichkeit, hochpräzise Referenzstationen direkt auf dem Betriebsgelände zu installieren oder, wenn eine größere Mobilität und Reichweite im Vordergrund steht (wie bei Lohndienstleistern), Netzwerkdienste via Mobilfunk zu nutzen. Im Bereich der Luftfahrt können zur Nachbearbeitung der Orthofotos mittlerweile verschiedenste kostenfreie und kostenpflichtige Lösungen verwendet werden. Aufgrund der hohen Präzision und der guten Flächenabdeckung ist hier besonders der Satellitenpositionierungsdienst der deutschen Landesvermessung (SAPOS) zu erwähnen, der entweder im Rahmen von Open Data gebührenfrei oder für Nutzer im Agrarbereich konfektioniert in Form von anwendungsspezifischen Korrekturdaten für Satellitensignale zur Verfügung steht. Zusätzlich liefern die, mittels Fernerkundung oder durch die Arbeitsmaschinen, gesammelten GPS-Koordinaten Daten über das Terrain (Lagekoordinaten) oder z. B. das Fuhrparkmanagement (Fahrzeiten und Strecken). GPS-Koordinaten bilden somit ein bedeutsames Bindeglied zwischen Datenerfassung und der anschließenden Datenverarbeitung.

Die Mengen der erfassten Daten wie auch ihre Vielfalt machen es mittlerweile unmöglich, diese manuell zu überblicken und zu dokumentieren. Deshalb nimmt auch die Bedeutung von Softwarelösungen, welche Daten organisieren, zu. Die Vermessung und Dokumentation von Flurstücken und Liegenschaften ist bereits seit Jahrhunderten fester Bestandteil der Landwirtschaft. Derartige Informationen bilden heute den Ausgangspunkt, um vor allem die gesammelten Daten über die Böden und Pflanzenbestände mit Hilfe von Geoinformationssystemen sinnvoll zu organisieren und zu verarbeiten. GIS dienen dabei bspw. als Basis für die Schlagkartierung sowie zur Dokumentation der historischen Schlagentwicklung und unterstützen auch bei der Erzeugung von Applikationskarten.

Die von den Betrieben gesammelten Informationen können zusätzlich durch Geobasisdaten der Vermessungs- und Geoinformationsverwaltungen der Länder, in Sachsen-Anhalt vom Landesamt für Vermessung und Geoinformation, ergänzt werden. Mittlerweile wird ein breites Spektrum an Geobasisdaten auch kostenfrei zur Verfügung gestellt und die landwirtschaftlichen Betriebe können so auch Daten nutzen, welche sonst nur sehr schwer bzw. durch einen hohen monetären Aufwand erfasst werden können. Darunter fallen topographische Informationen und Geländemodelle, welche

Abb. 4: Darstellung verschiedener Bodenklassen am Standort der Hochschule Anhalt in Strenzfeld basierend auf den Basisdaten der Böden des Landesamts für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalts (Hintergrund: Google Satellite Image)



besonders bei der Erstellung von Applikationskarten (Sollwertkarten) zunehmend eine größere Rolle spielen. Je nach geforderter Auflösung der Modelle und Karten werden dann aber auch Gebühren erhoben. Auch die von den Ländern bereitgestellten Basisdaten der Böden können die betriebsinternen Bodenschätzungen und Beprobungen erheblich ergänzen und effizienter gestalten (Abb. 4).

3 Landwirtschaft 4.0 in Wissenschaft und Praxis

Ein entscheidender Vorteil, den die Fernerkundung für die Landwirtschaft bringt, ist ein deutlich verbesserter Überblick über die Schläge und Pflanzenbestände. So ist es jetzt möglich, Schäden besser zu beurteilen und zu dokumentieren, was besonders im Rahmen von Ertragsschätzungen von Bedeutung ist. Auch die Bewirtschaftungsintensität eines Schlages richtet sich stark nach dem Zustand des Pflanzenbestandes (Abb. 5).



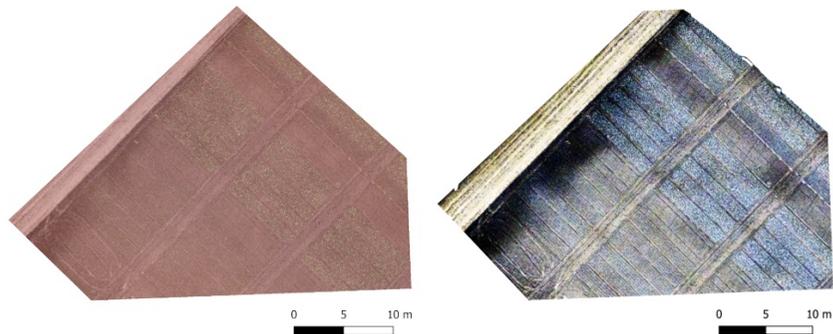
Abb. 5. Ausblick vom Feldrand im Januar 2020 (l) und das dazugehörige Orthofoto in RGB-Farbschema (r) nach UAV-Befliegung mit deutlichen Defiziten im Wintertraps

Die Abbildung 5 lässt erkennen, dass mittels der Betrachtung des Bestandes vom Boden aus, wie sie noch oft von Landwirten durchgeführt wird, nur sehr wenige Informationen über den Schlag entnommen werden können. Dies stellt vor allem bei großen oder unübersichtlichen Schlägen den Landwirt vor Herausforderungen, z. B. bei der Einschätzung des Gesundheitszustandes oder der Nährstoffversorgung der Pflanzen. Vom Boden aus lassen sich defizitäre Stellen im Bestand nur sehr schwer oder zu spät erkennen, was dann wiederum erhebliche Auswirkungen auf die Erträge haben kann. Diese Problemstellung lässt sich aber durch Einsatz von Fernerkundungstechniken wie bspw. Befliegungen mit UAVs und den Einsatz von Sensortechnik an den Arbeitsmaschinen (z. B. Stickstoff-/ Chlorophyllsensoren) gut umgehen.

Zusätzlich bieten diese technischen Lösungen die Möglichkeit, Pflanzen und Böden in einem breiteren optischen Spektrum zu untersuchen, als es das menschliche Auge zu leisten vermag. In der bildgebenden Fernerkundung sind für die Landwirtschaft besonders die Bereiche des visuellen Lichtes (ca. 400-750 nm) bis in den nahen infraroten Bereich (ca. 780-1200 nm) von Bedeutung. In diesen Bereichen weisen Pflanzen ein charakteristisches Absorptions- und Reflexionsverhalten der Sonnenstrahlung auf, was als Basis für die Erstellung zahlreicher Vegetationsindizes (z. B. NDVI, NDRE, MSAVI) dient. Diese Indizes können dann wiederum die Grundlage für Applikationskarten, Biomasseschätzungen oder Schadensbeurteilungen sein. Ein weiterer für den Pflanzenbau bedeutsamer Bereich des Lichtes ist die Thermalstrahlung (ab ca. 3 μ m). In diesem Wellenlängenbereich lassen sich besonders Aussagen zur Wasserversorgung

des Bodens aber auch der Bestände treffen. Andere Techniken der Fernerkundung wie Laserscanner oder Mikrowellensensoren finden hingegen bislang nur selten Anwendung in der agrarwirtschaftlichen Praxis. Zu guter Letzt sollen hier auch Softwarelösungen Erwähnung finden, welche durch digitale Bildbearbeitung selbst einfachen RGB-Aufnahmen Informationen entlocken, welche bei Betrachtung mit bloßem Auge unentdeckt geblieben wären. Abbildung 6 veranschaulicht die unterschiedliche Aussagekraft über eine landwirtschaftliche Versuchsfläche je nach eingesetzter Sensorik.

Abb. 6: RGB-Orthofoto eines Parzellenversuchs an der Hochschule Anhalt (links) und Color-Infrarot (CIR)-Aufnahme (rechts)



Die unbearbeitete RGB-Aufnahme lässt die Versuchspartellen im rechten Bereich der Aufnahme nur vermuten, wie auch den leicht dunkleren Ton des Bodens am oberen Weg. Im CIR-Orthofoto ist der frühe Gerstenbestand deutlicher zu erkennen und ein dunkler Streifen unterhalb des Weges weist auf einen starken Feuchtigkeitseintrag vom Weg ausgehend hin, weshalb die Partellen dort gegebenenfalls abweichende Erträge erbringen könnten.

Ein weiterer entscheidender Vorteil, den die Fernerkundung in Kombination mit GIS für den Pflanzenbau mit sich bringt, ist die Möglichkeit einer langfristigen Dokumentation des Entwicklungszustandes der Kulturen. Die historische Schlagentwicklung kann auf diese Weise über Jahre dokumentiert und vergleichbar gemacht werden. Bei-

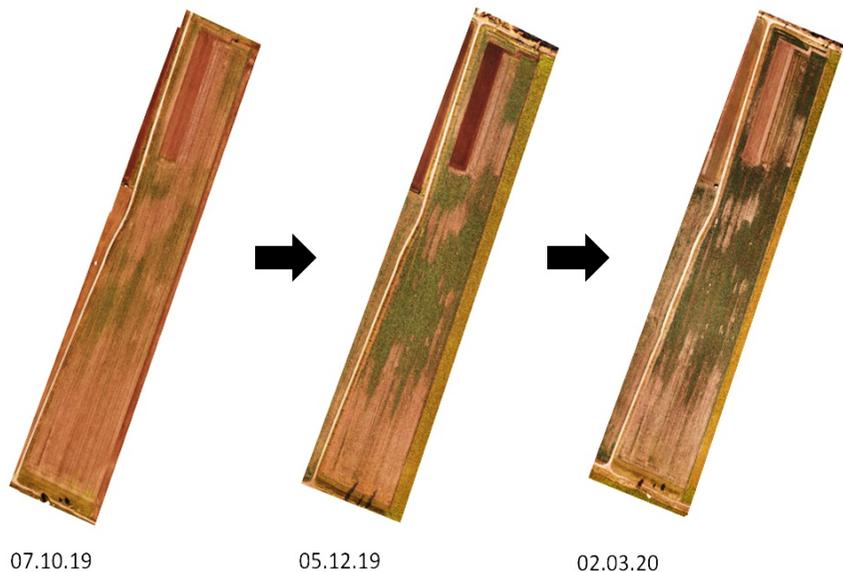


Abb. 7: Monitoring der Bestandsentwicklung am Beispiel eines Produktionsversuches in Direktsaat bei Winterraps

spielsweise können Wuchsunterschiede innerhalb einer Kultur über die Vegetationsperiode hinweg beobachtet und in Entscheidungsprozesse mit einbezogen werden. Dadurch ist es möglich, zum einen Betriebsmittel zu sparen, zum anderen aber auch Erträge zu optimieren. Ein Beispiel zeigt die Abbildung 7.

Einen Monat nach der Aussaat lassen sich auf dem RGB-Orthofoto die ersten Pflanzen erkennen. Die Aufnahme zeigt deutlich, dass sich zu diesem Zeitpunkt der Bestand unregelmäßig entwickelt hat und besonders im unteren Drittel Defizite aufweist. Bis zum Dezember konnten einige Bestandslücken geschlossen werden, das untere Drittel befindet sich aber nach wie vor im Rückstand. Auch nach der ersten Stickstoffgabe im Februar konnte sich das Gesamtbild des Schlags bis März nicht wesentlich verbessern. Diese über mehrere Monate dokumentierte Entwicklung lässt jetzt verschiedene Schlüsse für die weitere Bestandsführung zu. Damit künftig die Erträge auf dieser Fläche gesichert bzw. besser abschätzbar sind, sollte der Boden beprobt und die Pflanzen bonitiert und somit auf Unregelmäßigkeiten untersucht werden. Die Bewirtschaftungsintensität für das untere Drittel sollte dann in Abhängigkeit der Analyseergebnisse angepasst werden. Dies kann bspw. bedeuten, die Gabe von Dünger zu erhöhen, um Nährstoffmangel im Boden auszugleichen. Sollte die Ursache eine zu geringe Tiefgründigkeit des Bodens verbunden mit Wassermangel sein, wäre es hingegen sinnvoll, die Gabe von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln zu reduzieren und somit an die veränderten Ertragserwartungen anzupassen. Die Entwicklung anderer Kulturen nach dem Fruchtwechsel sollte bei diesem Beispiel näher beobachtet und dokumentiert werden.

Schäden, wie sie bei der vorhergehenden Problemstellung aufgetreten sind, können mit Hilfe der Fernerkundung nicht nur dokumentiert, sondern auch konkret beziffert werden, was wiederum bei der Ertragsschätzung oder bei Ernteausfallversicherungen von Bedeutung ist. Ein Beispiel von Parzellenversuchen verdeutlicht dies (Abb. 8).

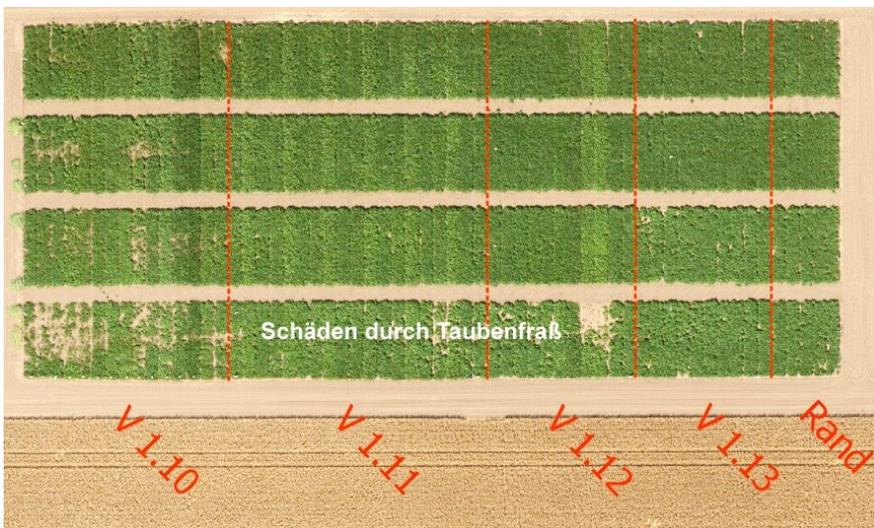


Abb. 8: Fraßschäden in unterschiedlichen Versuchsvarianten bei Sojabohnen im Juli 2019

Die unterste Versuchswiederholung zeigt aus der Luft gut erkennbare Schäden durch Tierfraß. Digitale Bildbearbeitung und eine Klassifizierung am PC machen diese Schäden noch deutlicher und es können dank DGPS sehr exakte Schadareale ausgegeben werden (s. Abb. 9).



Abb. 9: Bestimmung der Schadareale nach Maximum Likelihood Classification mit der Software ENVI

Neben einer abgestuften Einfärbung der Schadareale konnte die Software für die Versuchspartellen (insgesamt 732 m²) eine Bodenbedeckung von 632 m² durch die Sojapflanzen und einen Bodenanteil von 100 m² für die Versuchswiederholung ermitteln. Es kann somit ein Schaden von ca. 14 % der Anbaufläche durch Tierfraß beziffert werden. Die Berechnung zeigt aber nur den reinen Bedeckungsgrad auf. Das bedeutet, dass bei den betroffenen Bereichen noch eine gewisse Randwirkung einbezogen werden muss. Geschädigte Stellen werden relativ schnell von der Vegetation der angrenzenden Parzellen bedeckt. Berücksichtigt man dies, müssen noch ca. 5 % aufgeschlagen werden. Insgesamt bedeutet dies ein Schadareal von ca. 19 %, fast einem Fünftel der Gesamtfläche. Im Bereich der Ernteausfallversicherungen, die auch oft auf Schätzungen basieren, kann somit die Objektivität stark gesteigert werden. Natürlich kommen diese Entwicklungen auch dem wissenschaftlichen Feldversuchswesen zugute. Hier spielen objektive Erfassungs- (Bonitur) und Beurteilungsmethoden eine übergeordnete Rolle und durch technische Neuerungen können bestehende Verfahren optimiert und neue etabliert werden (z. B. Erfassung des Leaf-Area-Index oder Bestimmung des Bedeckungsgrades sowie von Volumina der Versuchspartellen).

Leistungsfähige Geoinformationssysteme bieten dem Agrarmanager die Option, die zahlreichen Daten zu bündeln und durch deren Kombination neue Informationen und Anwendungen zu generieren. Dadurch können beispielsweise Sollwertkarten für Dünger- und Pflanzenschutzmittelapplikationen erstellt werden, welche nicht nur pflanzenbauliche, sondern auch diverse topographische und geologische Faktoren wie z. B. Geländeprofil (Be- und Entwässerung), Bodenarten, Untergrundmaterial usw. mit einbeziehen. Dies kann dazu beitragen, Betriebsmittel noch effektiver und somit umweltschonender einzusetzen. Weniger komplexe Applikationskarten werden bereits seit einigen Jahren genutzt. Durch das Voranschreiten der Landtechnik begünstigt, können heute auch sehr feingliedrige und präzise Karten verwendet werden. Wie eine solche Karte erstellt wird, soll im nachfolgenden Beispiel demonstriert werden (Abb. 10-12).

Der Beispielschlag der Agrargesellschaft Priebnitz weist eine starke Heterogenität bei den topographischen Gegebenheiten auf. Helle, weniger dicht bewachsene Kuppen wechseln sich mit dunkelgrünen, nährstoffreichen und dicht bewachsenen Senken ab (Abb 10).

Auf dem RGB-Orthofoto, im Hintergrund der Abbildung, sind die topographischen Besonderheiten bereits gut zu erkennen. Die topographische Karte (im Vordergrund

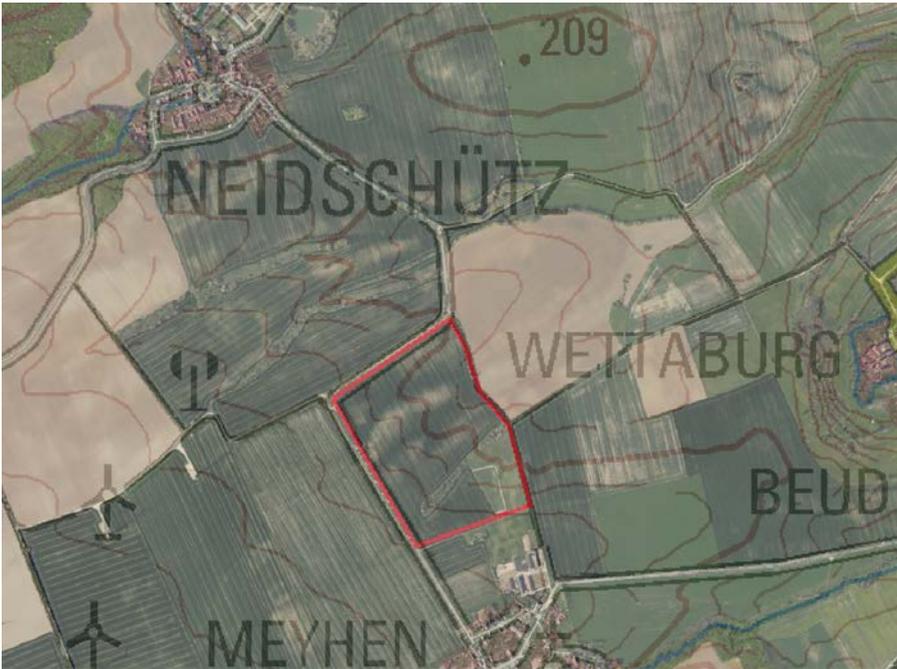


Abb. 10: Feld der Agrargesellschaft Prießnitz (rot markiert) auf einem RGB-Orthofoto aus 2019 mit Topographie (entnommen den kostenfreien Geobasisdaten des Landes Sachsen-Anhalt © GeoBasis-DE/LVermGeo LSA 2019)

der Abbildung) unterstützt die Aussagen des Orthofotos mit den geschwungenen Höhenlinien deutlich. Basierend auf der Darstellung können Kenntnisse zu den Nährstofftransporten abgeleitet werden. So werden bei Regen Nährstoffe aus den oft wenig tiefgründigen Kuppen gespült, welche sich zusammen mit Wasser in den Senken sammeln. Die mittels Stickstoffsensoren erstellte Biomassenkarte belegt diese Theorie (Abb. 11).

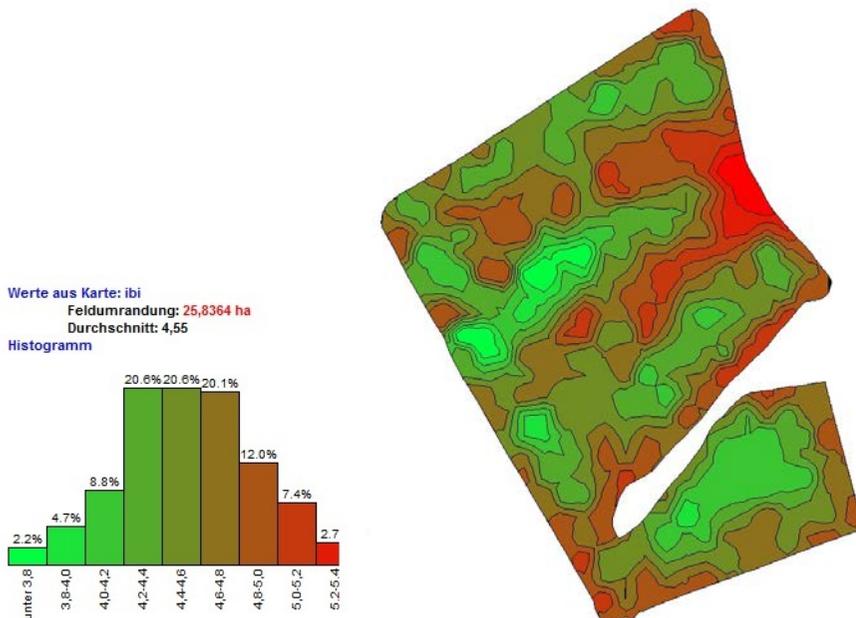
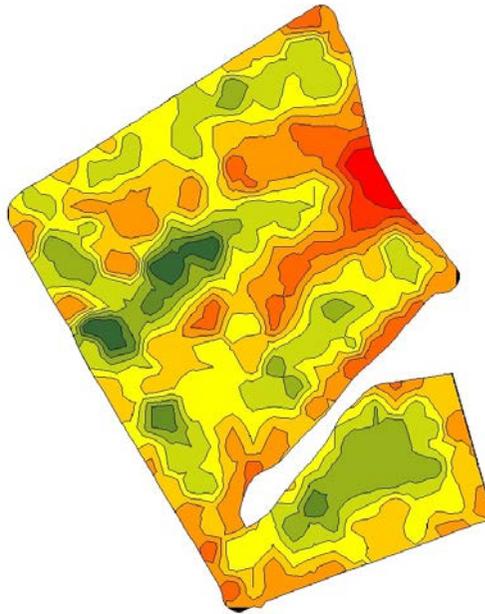


Abb. 11: Bestandsdichtenkarte (Einzelpflanzenzahl bzw. Zahl der ährentragenden Halme pro m²) ermittelt bei Überfahrt mit einem Isaria-N-Sensor (rot hoch und grün niedrig); zur Verfügung gestellt von der Agrargesellschaft Prießnitz mbH

Mittel:	Camposan Extra
Wert	Fläche
0 V/ha	0,6537 ha
50 V/ha	0,5762 ha
75 V/ha	2,3052 ha
90 V/ha	4,6584 ha
110 V/ha	5,9559 ha
130 V/ha	5,4885 ha
150 V/ha	3,9474 ha
160 V/ha	1,3622 ha
170 V/ha	0,2869 ha
180 V/ha	0,2620 ha
Gesamtfläche:	25,4964 ha
Gesamtmenge:	2.895,61 l
Durchschnitt:	113,57 V/ha

Abb. 12: Sollwertkarte für Wachstumsreglerapplikation basierend auf der erstellten Bestandsdichtenkarte von Grün keine bis Rot höhere Applikationsmengen von der Agrargesellschaft Prießnitz mbH

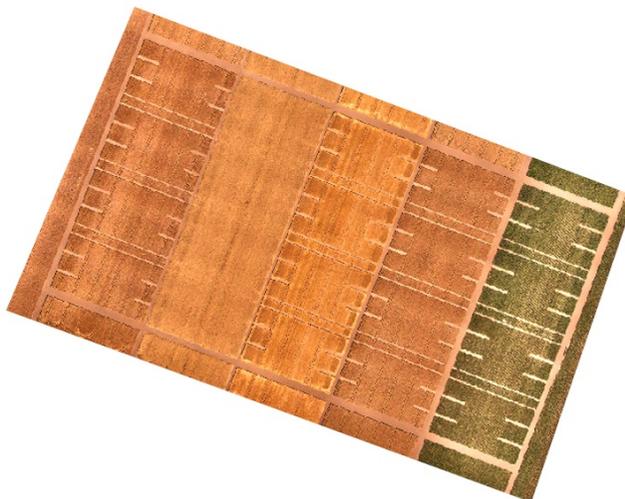
Dunkelrote Zonen in den Senken verweisen auf dichte Pflanzenbestände. Die grünen Kuppenregionen belegen den Nährstoffaustrag durch den weniger stark ausgeprägten



Bewuchs. Diese Art der Bestandskartierung kann als Basis für die Erstellung von Sollwertkarten genutzt werden. In den Bereichen der Kuppen kann von niedrigeren Erträgen ausgegangen werden, da hier aufgrund der verschiedenen Faktoren die Bestandsdichte geringer ist. Daher sollte die Applikation von Düngemitteln angepasst werden, um einerseits Betriebsmittel zu sparen, andererseits aber auch einen zu hohen Nährstoffeintrag in den Senken zu vermeiden. Pflanzenschutzmittel wie Fungizide und Insektizide können hier ebenfalls eingespart werden, was einem artenreichen Agrarökosystem zuträglich ist. Die Abbildung 12 zeigt eine mögliche Strategie beim Einsatz von Wachstumsreglern.

Neben der Optimierung bereits bestehender Verfahren und Anwendungen im Pflanzenbau können, wie bereits erwähnt, auch viele neue Techniken etabliert werden. Für künftige Anwendungen ist die 3D-Modellierung und die Erstellung digitaler Oberflächenmodelle (DOM) besonders interessant. Mit diesen Techniken können nie dagewesene Einblicke in den Feldbau gewonnen werden. Die Erfassung der Wuchshöhe ist ein klassischer Bestandteil wissenschaftlicher Untersuchungen, welcher aber nur sehr schwer flächendeckend analysiert werden kann. Wuchshöhen können zusätzliche Auskünfte zur Vitalität der Pflanzen liefern und spielen besonders bei Biomasseschätzungen eine große Rolle. So hängt beispielsweise der Hektarertrag von Silomais für Tierfutter und Biogas neben der Bestandsdichte und dem Kolbenbesatz auch stark von der Wuchshöhe ab [Gruber und Hein 2006].

Abb. 13: RGB-Aufnahme eines Versuchsfeldes vom 27.06.19. Auf dem Areal werden die Auswirkungen unterschiedlicher Bodenbearbeitungs- und Pflanzenschutzmaßnahmen in Abhängigkeit von der Kultur bzw. Fruchtfolge untersucht.



Auf dem Orthofoto der Abbildung 13 weist der Körnermaisbestand rechts in den mittleren Parzellen einen geringeren Bedeckungsgrad auf. Dies ist optisch bereits zu erkennen. Die Versuchspartellen der übrigen Kulturen (von rechts nach links: Winterweizen, Wintergerste, Wintererbsen und Winterweizen) sind unauffällig.

Auch viele UAV-Lösungen bieten bereits die Möglichkeit an, DOMs zu erstellen. Je nach verwendetem System und GPS-Dienst sind diese auf wenige Zentimeter genau (Abb. 14).

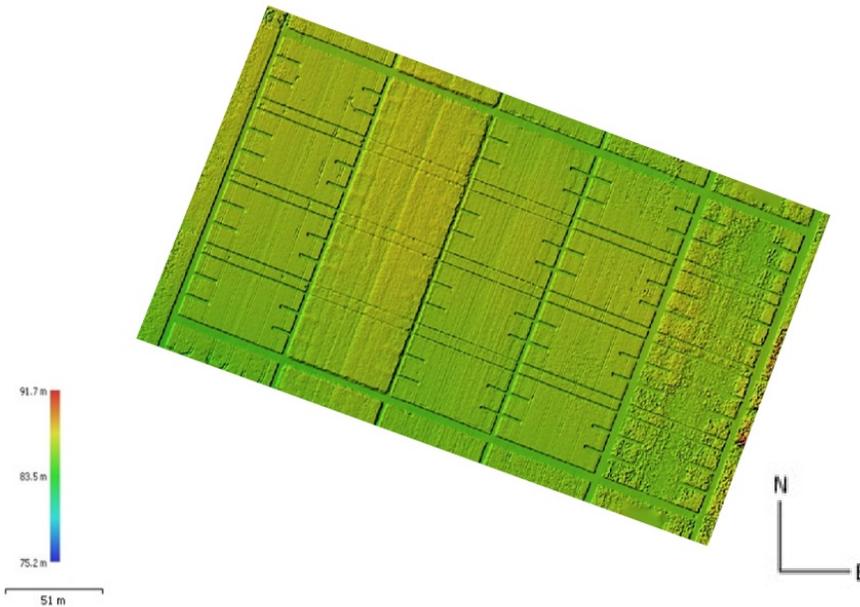


Abb. 14: Digitale Oberflächenmodelle (DOM) veranschaulichen sehr gut Wachstumsunterschiede im Bestand und können auch erste Auskünfte über das Gelände geben.

Das DOM des Versuchsfeldes liefert nun neue Erkenntnisse, welche zuvor aus dem Orthofoto nicht entnommen werden konnten. Es ist zu erkennen, dass der Maisbestand in den mittleren Parzellen eine erheblich geringere Wuchshöhe aufweist. Bei dieser Versuchsanlage könnte dies in der unterschiedlichen Bewirtschaftung begründet liegen. Die mittleren Versuchspartellen jeder Versuchsanlage wurden intensiv bewirtschaftet. Dies bedeutet Dünge- und Pflanzenschutzmaßnahmen in optimaler Intensität für die jeweilige Kultur. In besonders niederschlagsarmen Jahren wie 2018 und 2019 wird über die Wintermonate weniger Wasser im Boden gespeichert. Eine intensiv bewirtschaftete Vorkultur entzieht dem Boden das restliche Wasser. Dieses Wasser steht dann, nach einem erneut trockenen Winter, wiederum der nachfolgenden Kultur wie im Beispiel dem Mais nicht mehr zur Verfügung. Eine extensive Bewirtschaftung mit niedrigeren Erträgen verbraucht entsprechend weniger Wasser, wovon die nachfolgenden Kulturen profitieren können (s. Randpartellen Mais).

4 Schlussfolgerungen

Die Kombination von Fernerkundung und Geoinformationssystemen bietet viele innovative Möglichkeiten, Betriebsmittel im Pflanzenbau effizienter einzusetzen. Besonders hervorzuheben ist die Unterstützung des Agrarmanagers bei der Entscheidungsfindung. Die Vielzahl der gewonnenen Daten können jetzt im Rahmen der Digitalisierung effektiv organisiert und ausgewertet werden, um so auch neue Informationen zu generieren und dies in vielen Fällen bereits online. Dies spart Zeit, was die angespannte Arbeitssituation mit Fachkräftemangel entschärft und ermöglicht dem Landwirt gleichzeitig, schneller auf die verschiedensten Situationen mit einer optimierten Bestandsführung zu reagieren (z. B. bei Erkennung von Wasser- oder

Nährstoffmangel). So wird auch die Abschätzung des Ertragspotentials von Schlägen und Teilschlägen vereinfacht und der Einsatz von Betriebsmitteln kann schneller und flexibler angepasst werden.

Ein weiterer positiver Effekt ist die Einsparung von Pflanzenschutz- und Düngemitteln. Die Kombination vieler verschiedener Faktoren in einem GIS mit einer auf wenige Zentimeter genauen Maschinensteuerung ermöglicht präzise und maßgeschneiderte Applikationskarten. Diese Entwicklung wird durch technische Innovationen wie Einzeldüsenschaltung bei Feldspritzen oder präzisere Düngerstreuer, sowohl bei pneumatischen wie auch bei Tellerstreuern, gefördert, sodass die hohen GPS-Präzisionen bestmöglich ausgenutzt werden können. Der effizientere Einsatz von Betriebsmitteln kommt aber nicht nur dem Landwirt, sondern auch der Umwelt zugute. Eine optimale Nutzung von Pflanzenschutzmitteln trägt zu gesünderen Agrarökosystemen mit stabileren Regulationsmechanismen bei. Auch die optimierte Anwendung von Düngemitteln schont natürliche Ressourcen durch Schutz des Grundwassers und von Oberflächengewässern, z. B. vor Eutrophierung.

Im Bereich der Interpretation der gewonnenen Fernerkundungsdaten fehlen allerdings noch Automatismen, welche dem Endanwender die gewonnenen, meist sehr komplexen, Informationen besser zugänglich machen und eine schnelle Einbindung in die Entscheidungsprozesse gewährleisten. Daher wäre es künftig interessant, verstärkt Entwicklungen aus dem Machine Learning und der künstlichen Intelligenz in die Produktionsabläufe des Pflanzenbaus einzubinden.

Anschrift des Autors

Ole Spickermann

Hochschule Anhalt

Strenzfelder Allee 28

06406 Bernburg

E-Mail Ole.Spickermann@hs-anhalt.de

Literaturverzeichnis

Balmann, A. 2017:

Herausforderungen für die Landwirtschaft nach 2020 aus der Sicht der Wissenschaft, 18. Jahrestagung Thüringer Landwirtschaft, Erfurt, 19.10.2017, http://www.tl.de/www/daten/veranstaltungen/materialien/jata/jata17_plenar_balmann.pdf, 02.04.2020

Gruber, L., Hein, W.: 2006:

Ertrag und Futterqualität von Silomais in Abhängigkeit von Vegetationsstadium, Sorte und Standort, 118. VDLUFA-Kongress, 19.-22.09.2006, Freiburg im Preisgau, S. 244 f.

Krombholz, K. 2019:

Gedanken zur Vorgeschichte von Landwirtschaft 4.0, Jahrbuch Agrartechnik 2018, Braunschweig, S. 7-16

Isermeyer, F. 2014:

Künftige Anforderungen an die Landwirtschaft - Schlussfolgerungen für die Agrarpolitik, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Thünen Working Paper 30, Braunschweig, S. 3 f.

Odenbach, W. 1997:

Biologische Grundlagen der Pflanzenzüchtung, Parey Verlag, Berlin, S. 1-4

Bildquellen:

Abb. 1: <https://www.intecsoft.com/de/hardware/hardware-netzwerke>, 02.04.2020
<https://www.elektroniknet.de/markt-technik/automation/hoehere-effizienz-fuer-die-landwirtschaft-170935.html>, 02.04.2020
<https://www.eilbote-online.com/artikel/sentinel-satelliten-hilfreiche-schnappschuesse-aus-dem-orbit-34430/>, 02.04.2020