

„The Grass is always Greener on the other Side“ – Webbasierte Prozesskontrolle und -analyse in der Pflanzenproduktion

“The Grass is always Greener on the other Side” – Web-based Process Control and Analysis in Plant Production

Steffi Forberig, Torsten Brassat, Marc Jansen, Kai Volland

terrestris GmbH & Co. KG · forberig@terrestris.de

Zusammenfassung: Aktuelle Herausforderungen der Landwirtschaft erfordern objektive Analyse- und Bewertungsverfahren. Die dabei anfallenden enormen Datenmengen sollen durch nutzerfreundliche Web-GIS-Anwendungen für den Erkenntnisgewinn zugänglich gemacht werden. Seit 2016 beschäftigt sich ein interdisziplinäres Konsortium unter dem Kürzel „CropWatch“ in einem von der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) geförderten Forschungsprojekt mit dem Thema „Prozesskontrolle und -analyse in der Pflanzenproduktion“. Im Projektverlauf wurde ein Web-GIS-Demonstrator geschaffen, der diese Kontrolle und Analyse für Nutzer ermöglicht. Im Artikel werden das Forschungsprojekt und die entwickelte Applikation aus Datenimporter, Datenanalyseansicht und Kartenansicht vorgestellt und Weiterentwicklungsoptionen diskutiert.

Schlüsselwörter: Prozesskontrolle, Prozessanalyse, Web-GIS, Datenmanagement

Abstract: Current challenges in agriculture require objective analysis and evaluation methods. The enormous amounts of data generated are to be made accessible through user-friendly WebGIS applications. Since 2016, an interdisciplinary consortium under the acronym “CropWatch” has been working on the topic of “Process control and analysis in plant production” in a research project funded by the Federal Institute for Agriculture and Food (BLE). In the course of the project a WebGIS demonstrator was created, which enables users to control and analyse this process. The article presents the research project and the developed application from data importer, data analysis view and map view and discusses further development options.

Keywords: Process control, process analysis, WebGIS, data management

1 Einleitung

Die immensen Herausforderungen, denen sich die Landwirtschaft heute gegenüber sieht, lassen sich nur mit interdisziplinärer Forschung und Entwicklung bewältigen. Global ansteigende Bevölkerungszahlen, veränderte klimatische Bedingungen und gleichzeitig die Forderung nach einer ökologischen Produktion von Nahrungsmitteln erfordern sowohl geeignete Pflanzensorten (Honecker et al 2018) als auch Verfahren der ortsdifferenzierten und zielgerichteten Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Nutzflächen (Precision Farming; zum Begriff vgl. auch das anschauliche Beispiel in Herring, 2001).

Durch die räumlich und zeitlich hoch aufgelöste, präzise Charakterisierung von Pflanzenbeständen soll der Pflanzenproduktionsprozess objektiv quantifiziert werden. Bisher ist es üblich, dass Landwirte ihre Ackerbestände ‚in Augenschein‘ nehmen und eine sogenannte Bonitierung durchführen. Hierbei kommt die Erfahrung des Landwirtes in Bezug auf die lokalen

Böden, die angebaute Fruchtart, das lokale Wetter und Klima, typische Pflanzenkrankheiten etc. zum Tragen. Bonitierungen werden auch in Züchtungsbetrieben als Grundlage der Sortenbewertung durchgeführt. Objektive Bewertungen spielen dabei eine immense Rolle, sind aber durch den subjektiven Ansatz nicht immer gegeben. Auch werden die bewirtschafteten Einheiten pro Landwirtschaftsbetrieb immer größer, sodass detailliertes Wissen zum Beispiel bei der Hinzupachtung von Flächen nicht immer in ausreichender Qualität vorhanden ist. Des Weiteren kann die persönliche ‚Inaugenscheinnahme‘ bei ständig wachsenden Flächen gar nicht gewährleistet werden, sodass die Unterstützung durch Technik und eine zumindest semi-automatische Analyse von großem Vorteil sein kann. Neue Möglichkeiten für die Phänotypisierung eröffnen u. a. Methoden der Bilderkennung und -analyse, indem relevante Pflanzenparameter aus Sensordaten extrahiert werden, um Aussagen zum Status des Pflanzenbestandes hinsichtlich Vitalität und Stress sowie Wachstum und Ertragsaufbau im Laufe der Vegetation getroffen werden können (Honecker et al., 2018).

Das Fehlen geeigneter, nutzerfreundlicher Anwendungen verhindert oft, dass die in diesem Prozess anfallenden enormen Datenmengen für den Erkenntnisgewinn zugänglich gemacht werden. Der vorliegende Beitrag stellt eine derartige Anwendung vor.

2 Projektbeschreibung

Seit 2016 beschäftigt sich ein interdisziplinäres Konsortium unter dem Kürzel „CropWatch“ in einem von der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) geförderten Forschungsprojekt mit dem Thema „Prozesskontrolle und -analyse in der Pflanzenproduktion“¹.

Ziel des Vorhabens ist die initiale Erzeugung eines Web-GIS-Demonstrators für ein Informationssystem zur Kontrolle und Analyse des Pflanzenproduktionsprozesses für die Beispielfrucht Winterweizen. Das Projektteam besteht aus Forschern der Universität Bonn (Institut für Nutzpflanzenwissenschaften und Ressourcenschutz, Institut für Geodäsie und Geoinformation) und GIS-Fachleuten der Firma terrestris.

Als Grundlage für Kontrolle und Analyse sollen digitale Fotos dienen, die sowohl mit unbemannten Koptern als auch von einer Traktorplattform aufgenommen werden. Die Auswertung dieser zeitlich und räumlich hoch aufgelösten Bilder erfolgt durch die Extraktion geometrischer und radiometrischer Daten. Mittels neuer Algorithmen konnten für die Pflanzenproduktion relevante Vegetationsparameter abgeleitet werden. Auch wichtige Informationen zum Pflanzenstandort und zum Einfluss der Witterungsbedingungen wurden generiert.

Die fachlichen Rahmenbedingungen und Anforderungen an den zu entwickelnden Demonstrator wurden seitens der Wissenschaftler spezifiziert und während der schrittweisen Implementierung in Zusammenarbeit mit terrestris kontinuierlich überprüft, verfeinert und angepasst.

Der entwickelte Web-GIS-Demonstrator zielt darauf ab, verschiedenste relevante Daten zur Prozesskontrolle und -analyse importieren zu können, um sie in einem effizienten Datenmodell abzulegen und später zu visualisieren. Das hierbei entwickelte dynamische Datenmodell ist so flexibel, dass es verschiedene Quellen wie

¹ <https://www.plantbreeding.uni-bonn.de/CropWatch>

- RGB-Bilddaten aus Drohnen,
- Bilddaten aus festmontierten Kameras (angebracht an Traktoren),
- gemessene Daten einer vor Ort befindlichen Wetterstation,
- externen und ggfs. interpolierten Wetterdaten,
- Rahmenbedingungen verschiedener Versuchskonstellationen,
- quantitative Messwerte zu einzelnen Pflanzenwuchsparametern,
- u. v. m

verwalten kann. Allen Daten innewohnend ist eine zeitliche Komponente, da es jeweils um die Betrachtung eines Prozesses geht und nicht ausschließlich einzelne singuläre und voneinander unabhängige Zeitpunkte verwaltet und analysiert werden.

In einem Web-Front-End können die obigen Daten auf vielfache Weise durchsucht, zusammengestellt und gefiltert werden. Die jeweiligen Ergebnisse können anschließend zur weiteren Verwendung exportiert oder zusätzlich auf einer Webkarte geografisch analysiert und visualisiert werden. Insbesondere diese Form der Verwendung der vielfältigen Daten im Web-GIS bildete einen maßgeblichen Schwerpunkt der Entwicklung. Der Demonstrator wurde zu verschiedenen Zeitpunkten und Entwicklungsständen öffentlich vorgeführt.

3 Anwendung

CropWatch ist eine Webanwendung, mit der Daten zu Ackerkulturen erfasst, analysiert, in einen georäumlichen Kontext gesetzt und dargestellt werden können. Die Anwendung basiert vollständig auf Open-Source-Code. In Abbildung 1 ist eine Architekturskizze mit den wesentlichen Komponenten zu sehen.

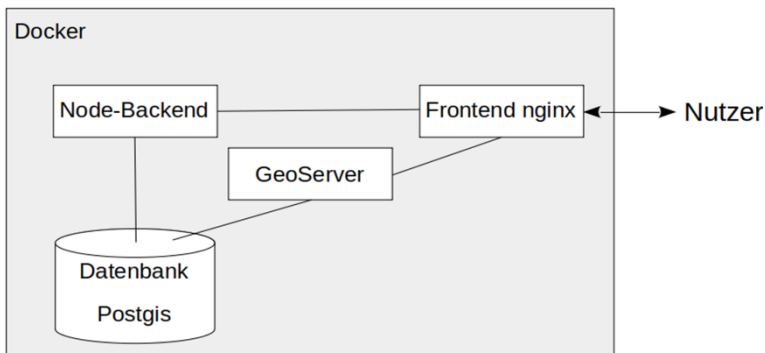


Abb. 1: Architekturskizze

Im Folgenden sind die Hauptbereiche der Anwendung mit ihrer Funktionalität beschrieben.

3.1 Datenimport/Datenpflege

Im Rahmen des Forschungsprojektes sind eine Vielzahl von Daten erhoben worden. Dabei handelt es sich zum einen um numerische Informationen und zum anderen um Bilddaten. Diese Daten so abzulegen, dass sie vor Verlust geschützt sind und gleichzeitig ein effizienter Zugriff auf die Informationen erfolgen kann, war ein wesentliches Ziel des Projektes.

Nachdem die Datenablagestruktur in einem Diskussionsprozess geklärt worden war, sollte ermöglicht werden, die Daten in einem komfortablen Ablauf ins System zu importieren. Zu diesem Zweck wurde eine Benutzeroberfläche entwickelt, die sowohl den Import als auch die dabei notwendigen Anpassungen an den Datenstrukturen der zu importierenden Daten ermöglicht (s. Abb. 2). Außer der Archivierung der Originaldaten soll der Import darüber hinaus so erfolgen, dass die Daten anschließend in der Anwendung sowohl für die Datenanalyse als auch für die Darstellung auf der Karte direkt verfügbar sind.

Unterschieden wird beim Import von Daten, ob es sich um Strukturdaten oder Versuchsdaten handelt. Bei Versuchsdaten wird zudem zwischen Rasterdaten (Bilddaten) und Messdaten unterschieden.

Management

Trails

Edk Import

<input type="checkbox"/>	name*	german*	remarks	unit	type*
<input type="checkbox"/>	TrailsCollections				
<input type="checkbox"/>	Bodendaten LUFA	soiltexture_30	Bodenart_30	239 - Kürzel gemäß Bodenkundl. Ges...	VARCHAR
<input type="checkbox"/>	Bodendaten LUFA	soilpHvalue_30	Boden-pH-Wert_30	241 - 4.0 bis 10.0 - 0-30 cm Tiefe	DOUBLE PRECISION
<input type="checkbox"/>	Bodendaten LUFA	soilP205value_30	Boden-P205-Wert_30	243 - mg/100g Boden - 0-30 cm Tiefe	DOUBLE PRECISION
<input type="checkbox"/>	Bodendaten LUFA	soilP205class_30	Boden-P205-Versorgungsklasse_30	244 - Versorgungsklassen A-E - 0-30 C...	VARCHAR
<input type="checkbox"/>	Bodendaten LUFA	soilK20value_30	Boden-K20-Wert_30	245 - mg/100g Boden - 0-30 cm Tiefe	DOUBLE PRECISION
<input type="checkbox"/>	Bodendaten LUFA	soilK20class_30	Boden-K20-Versorgungsklasse_30	246 - Versorgungsklassen A-E - 0-30 C...	VARCHAR
<input type="checkbox"/>	Bodendaten LUFA	soilMgvalue_30	Boden-Mg-Wert_30	247 - mg/100g Boden - 0-30 cm Tiefe	DOUBLE PRECISION
<input type="checkbox"/>	Bodendaten LUFA	soilMgclass_30	Boden-Mg-Versorgungsklasse_30	248 - Versorgungsklassen A-E - 0-30 C...	VARCHAR
<input type="checkbox"/>	Bodendaten LUFA	soiltexture_60	Bodenart_60	266 - Kürzel gemäß Bodenkundl. Ges...	VARCHAR
<input type="checkbox"/>	Bodendaten LUFA	soilpHvalue_60	Boden-pH-Wert_60	267 - 4.0 bis 10.0 - 30-60 cm Tiefe	DOUBLE PRECISION
<input type="checkbox"/>	Bodendaten LUFA	soilP205value_60	Boden-P205-Wert_60	268 - mg/100g Boden - 30-60 cm Tiefe	DOUBLE PRECISION

74 Trails(s) loaded. Delete Save

Abb. 2: Importer Datenvoransicht

3.1.1 Strukturdaten

Die Strukturdaten umfassen alle Daten, welche die Rahmenbedingungen für die Erfassung und Analyse von Ackerkulturen schaffen. Dazu gehören die Erfassung und Verwaltung von:

- räumlichen Entitäten (Felder, Wetterstationen, Parzellen, ...),
- Merkmalen und Versuchsfaktoren,
- Sortendaten,
- weitere Strukturdaten (Versuchsmanager, ...).

Die Daten können über dynamische Tabellen importiert, bearbeitet und gelöscht werden.

3.1.2 Rasterdaten

Ziel beim Import der zur Überwachung der Ackerkulturen erfassten Bilddaten aus Nutzersicht ist es, diese anschließend direkt in der Kartenanwendung ansehen und damit in den georäumlichen Kontext stellen zu können. Das bedeutet, dass beim Import direkt Layer erzeugt werden. Notwendig ist dazu, dass der Nutzer für die richtige Zuordnung den Versuch auswählt und ein Datum eingibt. Weitere Optionen (z. B. Auswahl des Sensors und das Format) können gewählt werden.

Der Nutzer erhält über ein Ereignisprotokoll Rückmeldung über den Importvorgang und eventuell dabei auftretende Probleme, sodass er direkt in den Vorgang eingreifen kann.

3.1.3 Messdaten

Die Messdaten werden über eine Tabelle importiert. Jeder Messwert erhält dabei eine räumliche und zeitliche Zuordnung. Sind die räumliche und zeitliche Zuordnung für mehrere Messwerte identisch, können diese parallel importiert werden. Da bei Versuchen häufig die gleichen Merkmale in regelmäßigen Zeitabständen erfasst werden, bietet die Applikation die Möglichkeit, benannte Merkmalsammlungen anzulegen. In einer Merkmalsammlung stellt der Nutzer aus der Vielzahl von Merkmalen eine Auswahl zusammen, über die er zukünftig Messreihen durchführen und diese dann analysieren möchte.

3.2 Datenanalyse

Für die Analyse der Daten steht eine Oberfläche zur Verfügung, die es dem Nutzer ermöglicht, aus der Fülle der Messdaten eine Auswahl zu treffen. Am besten gelingt das, indem die im Importer definierten Merkmalsammlungen verwendet werden. Sie stehen in einer Dropdownliste zur Auswahl zur Verfügung.

Darüber hinaus ist es möglich, definierte Abfragen zu speichern, um sie nicht immer wieder von neuem konfigurieren zu müssen. Sobald eine Abfrage so konfiguriert ist, dass entsprechende Daten in der Datenbank gefunden werden, wird das Feld 'Suchen' aktiv und zeigt die Menge der Abfrage entsprechenden Datensätze an. Dadurch hat der Nutzer die Möglichkeit, seine Abfrage weiter zu spezifizieren und damit die Ergebnismenge einzuschränken, wenn sehr viele Datensätze gefunden werden (s. Abb. 3).

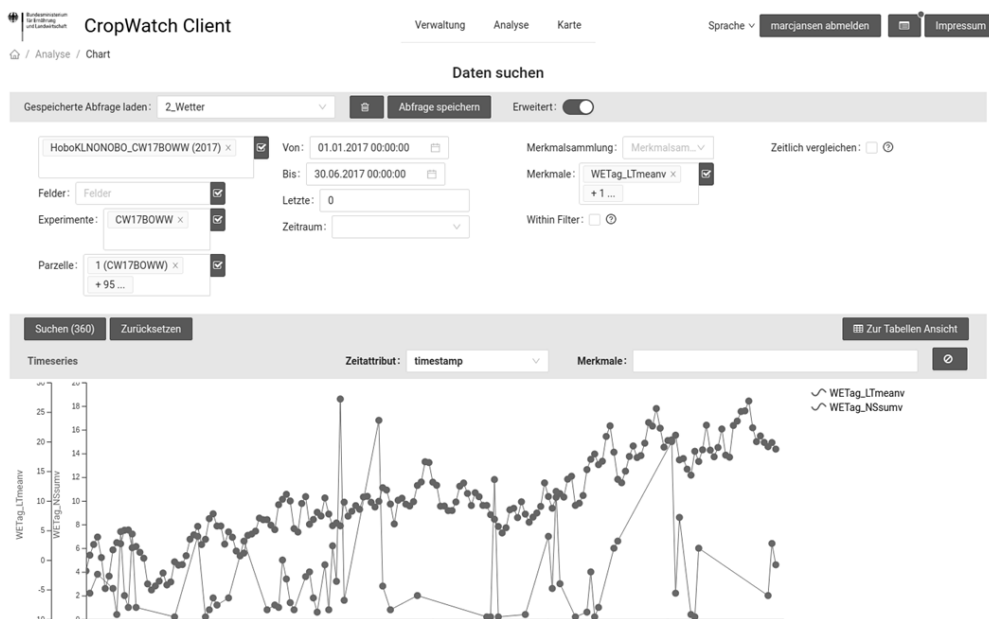


Abb. 3: Ansicht Datenanalyse

Durch Klick auf den Suchen-Button werden die abgefragten Datensätze mit ihren Merkmalen tabellarisch angezeigt. Der Nutzer kann nun die Ansicht für seine Zwecke optimieren und z. B. Tabellenspalten ausblenden, die Inhalte sortieren oder filtern. Auch einfache deskriptive Statistikmethoden stehen für die Auswertung je Zeile und/oder Spalte zur Verfügung.

Die angezeigten Informationen können darüber hinaus dazu verwendet werden, ein Diagramm zu generieren. Hier kann der Nutzer sowohl die dargestellten Inhalte als auch den Zeitraum bestimmen, über den das Diagramm erstellt werden soll. Für weitere Analysezwecke kann die zusammengestellte Datensammlung als csv-Datei exportiert werden.

Um die Informationen im georäumlichen Kontext zu interpretieren, kann die Datensammlung in der Kartenanwendung angezeigt und dort mit weiteren Daten ergänzt werden.

3.3 Kartenansicht

Gefundene Daten aus der Datenanalyse (siehe vorherigen Abschnitt) können in die Kartenansicht übernommen werden. Die Karte fokussiert auf die getroffene Datenauswahl, sodass diese direkt über der Tabelle sichtbar wird (s. Abb. 4).

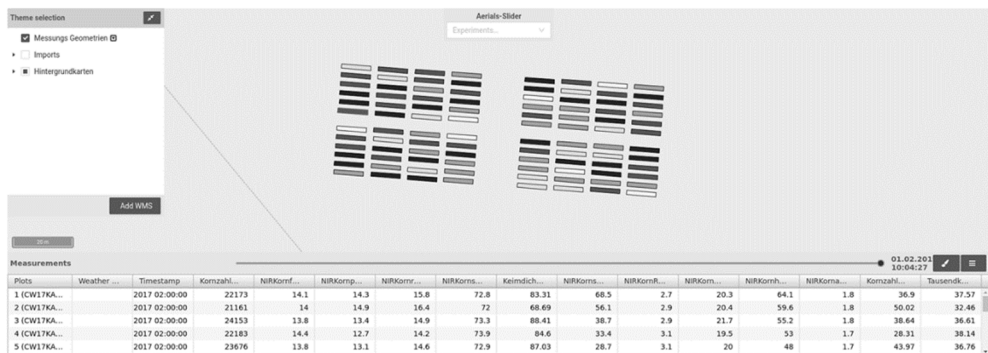


Abb. 4: Kartenansicht importierter Daten

Werden Datensätze mit dem Mauscursor in der Tabelle berührt, wird der entsprechende Datensatz auf der Karte hervorgehoben. Die Messdaten können mithilfe des GeoStylers, einem Werkzeug zur komplexen Ausgestaltung von kartographischen Inhalten, regelbasiert dargestellt werden, um die optische Analyse zu vereinfachen. Hierzu können typische geostatistische Verfahren (Equal-Interval, kMeans, ...) mit zahlreichen vordefinierten Farbräumen kombiniert werden.

Die Ansicht auf der Karte ermöglicht nun die georäumliche Interpretation von Zusammenhängen, die allein durch statistische Analysen nicht erreichbar ist. So können etwa die durch den Nutzer importierten Traktorbilder als Layer in der „Themenauswahl“ hinzugeschaltete werden. Die georeferenzierten Drohnenbilder lassen sich über einen Schieberegler ineinander überblenden, um die Unterschiede einzelner Wachstumsperioden optimal vergleichen zu können. Ergänzt werden können die eigenen Daten z. B. mit externen WMS-Layern, sodass die durch die Open-Data-Initiative der Bundesregierung frei zur Verfügung stehenden Daten genutzt werden können.

3.4 Nutzergruppen

Die *universitäre Forschung* hat offensichtlich ein großes Interesse an der vorliegenden Anwendung, weil sie dabei hilft, den in vielen Bereichen noch analog ablaufenden Pflanzenproduktionsprozess zu digitalisieren und moderne Methoden der Datenanalyse zum Erkenntnisgewinn einzusetzen. Die im Analyseprozess anfallenden großen Datenmengen sind für den Erkenntnisgewinn nur mit modernen Anwendungen zugänglich zu machen.

Das Interesse der *Züchter* liegt in der Beschleunigung und Objektivierung des Züchtungsprozesses begründet. Aktuell dauert die Züchtung und Zulassung einer neuen Sorte in Deutschland ca. zehn Jahre. Die Objektivierung der Erfassung von Pflanzenzuständen durch Bildanalyseverfahren und die Nutzung der Datenmengen in einer Anwendung, die vor allem auch die Einbeziehung der georäumlichen Zuordnung der Ergebnisse erlaubt, sind von großer Bedeutung.

Landwirte, deren Lebensgrundlage ein effizienter Pflanzenproduktionsprozess ist, haben ebenso ein sehr großes Interesse an der Anwendung, weil diese sie dabei unterstützt, Kosten durch den effizienten Einsatz von Ressourcen zu sparen. Objektive Bewertung und die Möglichkeit, auch große Flächen ganzjährig zu beobachten, stellen einen klaren Mehrwert dar.

3.5 Marktvergleich

Andere Anwendungen aus dem Bereich Precision Farming liefern Teilaspekte bei der statistischen und georäumlichen Auswertung. Da es sich bislang um einen Demonstrator handelt, ist ein herkömmlicher Marktvergleich nicht möglich. Ein Vorteil der vorliegenden Anwendung liegt im sicheren Import verschiedenartiger Daten in definierte Strukturen und deren Analysemöglichkeiten. Zudem bietet der Demonstrator mit seiner Kartenanwendung die Möglichkeit, Untersuchungsergebnisse direkt in georäumlichen Bezug zu setzen und dafür auch andere Daten hinzuzuziehen. Durch die Open-Data-Kampagne des Bundes stehen zunehmend wertvolle Geodaten zur Nutzung zur Verfügung, die sehr einfach als WMS in die Anwendung integriert werden können.

4 Entwicklungsaussichten

Zum Zeitpunkt dieses Vortrags befindet sich das Projekt CropWatch in den letzten Monaten der 3-jährigen Projektphase. Nach mehrmaligem gemeinsamen Umarbeiten von Datenbankkonzept, zugrunde liegenden Basistechnologien und Benutzeroberfläche liegt der Demonstrator in einer schlüssigen Form vor. Insgesamt steht das Ziel der Weiterentwicklung des WebGIS-Demonstrators zu flexiblen Produkten an.

Bisher stand eine Optimierung auf die aktuelle Nutzergruppe der universitären Forschung im Vordergrund. Dennoch ist der Demonstrator noch nicht speziell ausgerichtet und enthält noch sämtliche Möglichkeiten. Eine Spezialisierung für weitere Nutzergruppen (Züchter, Landwirte s. o.) würde demzufolge den Ausbau speziell benötigter Funktionen bedeuten, aber auch den Rückbau bzw. die Vereinfachung selten oder gar nicht gebrauchter Funktionen. Hierzu ist es unabdingbar, eine konkrete Anforderungsanalyse durchzuführen, die die Anforderungen sammelt, gliedert und priorisiert. Dies wird ein inhaltlicher Schwerpunkt der Wei-

terentwicklung sein. Damit einhergehend sollte die Usability der Anwendungen einer tiefergehenden Betrachtung bezüglich der Nutzergruppen erhalten.

Inhaltlich will das Konsortium die Verwendung von freien Fernerkundungsdaten als Eingangsdaten prüfen, hier wird ein hoher Return of Investment für alle angedachten Nutzergruppen vermutet. Der bestehende Web-GIS-Demonstrator könnte bspw. dahin gehend erüchtigt werden, bestehende Prozessierungsalgorithmen (Neteler et al., 2019) zur Analyse von Satellitenfernerkundungsdaten für das schlagspezifische Pflanzenwachstumsmonitoring zu nutzen (Lilienthal, 2014; Atzberger, 2013). Eine Datenquelle hierfür könnten Sentineldaten aus dem Europäischen Erdbeobachtungsprogramm Copernicus sein (www.copernicus.eu). Es gibt zwar bereits Web-GIS-Applikationen zum besseren Zugriff auf Fernerkundungsdaten (bspw. <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>), allerdings keine, welche diverse Rasterdaten (z. B. Drohnen und Satellit) spezifisch für das Pflanzenwachstumsmonitoring in der Landwirtschaft in Wert setzen können.

Die entwickelten Komponenten benötigen daneben ein gerichtetes Refactoring, um gewählte Softwareansätze erneut zu hinterfragen, zu überprüfen und zu harmonisieren. Hierzu zählt auch die Extraktion von einzelnen Open-Source-Komponenten, die damit leichter nutz- und wartbar werden.

Literatur

- Atzberger, C. (2013). Advances in remote sensing of agriculture: Context description, existing operational monitoring systems and major information needs. *Remote Sensing*, 5(2), 949–981.
- Honecker, A., Schumann, H., Léon, J., Becirevic, D., Klingbeil, L., Kuhlmann, H., Volland, K., Schmitz, A., Forberig, S., & Paulsen, H. (2018). CropWatch – Informationssystem zur Prozesskontrolle und -analyse in der Pflanzenproduktion. *Bornimer Agrartechnische Berichte I*, (99). ISSN 0947-7314.
- Herring, D. (2001). *Precision Farming*. Retrieved May 6, 2019, from <https://earthobservatory.nasa.gov/features/PrecisionFarming>.
- Lilienthal, H. (2014). Optische Sensoren in der Landwirtschaft: Grundlagen und Konzepte. *Journal für Kulturpflanzen*, 66(2), 34–41.
- Neteler, M., Gebbert, S., Tawalika, C., Bettge, A., Benelcadi, H., Löw, F., Adams, T., & Paulsen, H. (2019). Actinia: a cloud based geoprocessing platform. In: P. Soille, S. Loekken, & S. Albani (Eds.), *Proceedings of the 2019 conference on Big Data from Space (BiDS'19)*. Munich, Germany.