

Abschlussbericht FarmFUSE

„Fusion of multi-source and multi-sensor information on soil and crop for optimised crop production system“ (FarmFUSE),
Universität Rostock, im Rahmen von ERA-NET ICT-AGRI

Ralf Bill* Jens Wiebensohn†

5. August 2016

Auftragnehmer: Universität Rostock, Professur Geodäsie und Geoinformatik

Kennzeichen: 2812ERA062

Auftragsbezeichnung: FarmFUSE

Laufzeit des Auftrags: 01.03.2013–28.02.2016

Berichtszeitraum: 01.03.2013–28.02.2016

*Prof. Dr.-Ing. Ralf Bill, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Professur Geodäsie und Geoinformatik, Universität Rostock, 18059 Rostock, Tel.: 0381-4983200, Mail: ralf.bill@uni-rostock.de

†M.Sc. Jens Wiebensohn, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Professur Geodäsie und Geoinformatik, Universität Rostock, 18059 Rostock, Tel.: 0381-4983210, Mail: jens.wiebensohn@uni-rostock.de

1 Aufzählung der wichtigsten wissenschaftlich-technischen Ergebnisse und anderer wesentlicher Ereignisse

Alle Projektpartner haben an den verschiedenen Workpackages gearbeitet und die selbstgesetzten Ziele erreicht. Die Professur für Geodäsie und Geoinformatik der Universität Rostock (RU) hat zu den einzelnen Workpackages die im Folgenden skizzierten Beiträge geliefert.

Workpackage 0: Project management

Dieses Arbeitspaket wurde im Wesentlichen von CU bearbeitet. RU unterstützte CU durch den Betrieb und die Verwaltung der Projektwebsite (<http://www.farmfuse.eu>) und eines gemeinsamen Dokumenten- und Datenspeichers.

Workpackage 1: Soil sensing

Task 1.1 Data acquisition

Die Arbeiten zur Gewinnung hochauflösender Daten der Bodenfruchtbarkeit auf dem Testfeld in Premslin wurden in 2013 und 2014 durchgeführt. Dazu wurde das vis-NIR Sensorsystem von CU nach Premslin transportiert und in Zusammenarbeit mit Mitarbeitern von CU und des Landwirtschaftsbetriebes auf dem deutschen Testfeld eingesetzt, die Messungen durchgeführt und kleinräumig Bodenproben entnommen. Dabei wurde die Trägerplattform des Sensorsystems an einen auf dem Landwirtschaftsbetrieb vorhandenen Schlepper montiert. Der Boden wurde während der Fahrt mit einem Schar in einer wählbaren Tiefe (hier: 15 cm) aufgeschlossen und auf der hinterlassenen Bodenoberfläche die Spektren detektiert. Die Fahrgeschwindigkeit betrug ca. 2-3 km/h und es wurden 2 Arbeitskräfte zum Fahren und Überwachen des Sensorsystems eingesetzt. Diese Arbeiten wurden jeweils nach der Ernte im August durchgeführt. Die Bodenproben zur weiteren Kalibrierung der Bodenmodelle wurden zur chemischen Laboranalyse an CU übergeben. Zusätzlich wurde einmalig am 29.08.2013 durch einen Dienstleister die elektrische Leitfähigkeit des Bodens auf dem deutschen Testfeld gemessen. Die Messwerte wurden CU zur weiteren Verarbeitung zur Verfügung gestellt.

Zusätzlich zu den Messungen mit dem vis-NIR Sensorsystem wurden ein zweiter Sensor zur Ermittlung des Zugwiderstandes getestet und Proben zur Ermittlung der Lagerungsdichte entnommen. Diese Proben wurden durch Mitarbeiter und Studenten von RU labortechnisch bearbeitet und analysiert. Im Jahr 2015 wurden keine weiteren Bodenmessungen durchgeführt.

Workpackage 2: Crop sensing

Task 2.1 Data acquisition

Die Arbeiten zur Gewinnung hochauflösender Daten des Pflanzenbestandes auf dem Testfeld in Premslin wurden in 2013, 2014 und 2015 durchgeführt. Die Biomassekartierung erfolgte zu 2 Zeitpunkten im Frühjahr und einmal zur Ernte. Zum Projektbeginn

im Jahr 2013 erfolgte aus organisatorischen Gründen eine testweise Biomassekartierung erst am 05.07.2013. Für die Biomassekartierung wurde ein kameragestütztes unbemanntes Flugsystem (UAS) durch RU bzw. einen Dienstleister eingesetzt. Durch den Einsatz des UAS in einer Flughöhe von 70 m wurden flächenhafte Aufnahmen des gesamten Testfeldes mit einer Bodenauflösung von 2 cm pro Pixel realisiert. Die Kartierung der Ernteerträge erfolgte durch den Landwirtschaftsbetrieb mit Hilfe eines werksseitig mit einer Ertragsmesseinrichtung ausgestatteten Mähdreschers erfolgte am 24.07.2013, 21./22.08.2014 und 31.08.2015.

Task 2.2 Prediction of NDVI, stress, pest and disease presence

Die Daten der unter Task 2.1 beschriebenen Messungen wurden zunächst nachbearbeitet, d.h. es wurde eine Fehlereliminierung durchgeführt und anschließend die Einzelaufnahmen zu einem Mosaik des gesamten Testfeldes zusammengeführt. Basierend auf dem Bildmosaik des Pflanzenbestandes (Rasterbild) wurde der Visible Atmospherically Resistant Index (VARI) auf Basis der Messwerte der Kanäle rot, grün und blau errechnet. In den Fällen, inbei denen zusätzlich zur RGB-Kamera auch eine NIR-Kamera zur Verfügung stand, wurde auch der Normalized Differenced Vegetation Index (NDVI) errechnet. Die ermittelten Werte wurden CU in Form einer Matrix zur Verfügung gestellt.

Auf die Ermittlung von Pflanzenstress und Krankheitssymptomen wurde in Abstimmung mit der Projektleitung verzichtet.

Task 2.3 Mapping

Die Daten der einzelnen Messungen wurden mit Hilfe der GPS-Positionsangaben in standardisierte Geodatenformate überführt und in einem Geodatenbanksystem gespeichert. Die Kartenbereitstellung erfolgte nach den Vorgaben der Partner (Koordinatensystem, Datenformat etc.) unter Nutzung des gemeinsamen Dokumentenspeichers. Als Lagebezugssystem der Karten wurde ETRS89 UTM 33 (offizielles Bezugssystem im Bundesland Brandenburg) genutzt.

Workpackage 3: Data fusion

Task 3.1 Development of architectures for fusion

Diese Aufgabe wurde von AUTH bearbeitet.

Task 3.2 Development of data fusion algorithms

Diese Aufgabe wurde von AUTH und CU bearbeitet.

Task 3.3 Real-time operation and validation of data fusion algorithms

Diese Aufgabe wurde von AUTH bearbeitet.

Workpackage 4: Geostatistical analysis and modelling

Task 4.1 Correlations between parameters and effect on yield

Ein Geodatenbanksystem auf Basis von PostgreSQL mit der räumlichen Erweiterung PostGIS wurde durch RU eingerichtet. Die Messdaten der Arbeitspakete 1 und 2 wurden in jeweils eine Datenbank für jeden Landwirtschaftsbetrieb integriert und über OGC-konforme Web-Schnittstellen zur geostatistischen Auswertung für die Partner bereitgestellt.

Task 4.2 Delineation of management zones with clustering techniques

Diese Aufgabe wurde von CU bearbeitet. Die benötigten Eingangsdaten für das deutsche Testfeld wurden durch RU als OGC-konforme Geodaten bereitgestellt.

Task 4.3 Recommendation map creation

Für den standardisierten Austausch von N-Düngeempfehlungen über das Internet wurde die OGC Spezifikation Web Feature Service - Transaktional (WFS-T) mit Daten des Landwirtschaftsbetriebes und der Messwerte aus WP 1 und WP 2 getestet und realisiert. Die Übertragung der N-Düngeempfehlungen auf das Maschinenterminal erfolgte schrittweise per Shape-Datei, wobei zunächst Shape-Dateien vom WFS auf einen PC und anschließend per USB-Stick auf das Maschinenterminal geladen wurden.

Workpackage 5: Farm management information system

5.1 FMIS architecture and interface definitions

Die Architektur einer landwirtschaftlichen Geodateninfrastruktur auf Basis von OGC Webdiensten wurde beschrieben und Prototypen der Dienste Web Feature Service (WFS) und Web Coverage Service (WCS) wurden aufgesetzt.

Die OGC-Webdienste Web Feature Service (WFS) und Web Coverage Service (WCS) wurden mit den Daten der aktuellen Messkampagne aktualisiert. Darüber hinaus wurden Verarbeitungsdienste nach dem Web Processing Service (WPS) Standard eingerichtet und getestet. Hierbei kam verschiedene Clientsoftware zum Einsatz, u.a. ArcGIS, QGIS und ein Web-Client für die FarmFUSE-Website.

5.2 FMIS data fusion and integration

Ein Geodatenbanksystem auf Basis von PostgreSQL mit der räumlichen Erweiterung PostGIS wurde durch RU eingerichtet. Die Daten für Boden- und Pflanzenbestandsmessungen wurden bis zum jetzigen Zeitpunkt in jeweils eine Datenbank für jeden Landwirtschaftsbetrieb integriert.

Für die Integration von Geodaten untereinander haben sich OGC-Webdienste als ein flexibles Werkzeug im Einsatz bewährt. Zur Integration von nicht-räumlichen Daten mit Geodaten wurden die Daten von FMIS und GIS in das Resource Description Framework

(RDF) überführt und stehen für eine einheitliche, datenbankübergreifende Abfrage und Verarbeitung mittels SPARQL und ggf. zusätzlichen Reasonern (siehe 5.3) bereit. Dabei wurden u.a. Vokabulare für die in FarmFUSE verwendeten Precision Farming-Daten erstellt, die bisher nicht existiert haben. Diese können in nachfolgenden Projekten weitergeführt und vervollständigt werden. Für die Integration von Daten aus anderen Domänen wurden einschlägige Vokabulare (z.B. ChEBI, GeoSPARQL) evaluiert und nachgenutzt.

5.3 FMIS Rule interpretation

Ziel eines FMIS mit Regelunterstützung ist die effektive Unterstützung des Landwirtes durch die automatische Ableitung von Schlussfolgerungen aus den im FMIS und in externen Quellen gespeicherten Daten. Charakteristisch für die Nutzung von Regelsprachen ist die getrennte Haltung von Applikationslogik und benutzerspezifischen Regeln, d.h. die Regeln können unabhängig von der Applikation durch den Nutzer erstellt und verwaltet werden. Dadurch können z.B. Routinetätigkeiten der Datenverarbeitung (Datenerfassung, Konvertierungen) automatisiert und Fehler bei der manuellen Datenverarbeitung vermieden werden. Die für die Interpretation von Regeln in standardisierten Formaten benötigten technischen Standards und Werkzeuge (z.B. Reasoner) wurden evaluiert und anhand von praktischen Beispielen getestet, z.B. Klassifizierung von Pflanzenschutz- und Düngemitteln, räumliche Restriktionen beim Einsatz von Pflanzenschutz- und Düngemitteln, einheitliche Gestaltung von Karten usw. Dabei wurden einerseits allgemeine, auf RDF basierende Regelsprachen und andererseits auch spezielle, räumliche Regelsprachen untersucht. Die Unterstützung durch entsprechende Werkzeuge ist hierbei unterschiedlich gut. Für RDF-S und häufig benutzte Axiome aus OWL stehen nutzbare Werkzeuge frei zur Verfügung, die Unterstützung für SWRL-Regeln ist ausreichend und für RIF-Regeln ungenügend. Es existieren wenige kommerzielle Werkzeuge (z.B. Stardog), die aufgrund von Kostenrestriktionen jedoch nur im eingeschränkten Testbetrieb genutzt werden konnten. Abgesehen von diesen Einschränkungen konnte die grundsätzliche Eignung dieser Technologien für den Einsatz im Precision Farming nachgewiesen werden.

5.4 FMIS Map generation

Die Karten der Bodeneigenschaften, Biomasse und Ertrag wurden über die o.g. Diensteschnittstellen bzw. kompatible Dateiformate in ein FMIS mit GIS-Unterstützung bzw. in eine eigenständige GIS-Komponente mit OGC-Webdiensteschnittstellen integriert. In Kooperation mit CU und den landwirtschaftlichen Partnerbetrieben wurden teilflächen-spezifische Düngeempfehlungskarten auf Basis der ermittelten Sensordaten und Ableitung von Managementzonen erstellt. Diese wurden mit Hilfe von OGC WFS zwischen den beteiligten Partnern ausgetauscht und flexibel im für die entsprechende Aufgabe am besten geeigneten Datenformat bereitgestellt.

Workpackage 6: Global system integration and demonstration

Im Rahmen der Dissemination der Projektergebnisse fand am 10.09.2015 ein Treffen in Cranfield statt, an dem auch der Vertreter des deutschen Partnerbetriebes teilnahm.

Dort wurde u.a. der aktuelle Stand der Bodensensorentwicklung vorgestellt, als auch praktische Erfordernisse für einen effektiven Einsatz moderner Sensortechnologie in Landwirtschaftsbetrieben diskutiert.

Zum Abschluss des Projektes wurden die im Projekt erzielten Ergebnisse im Rahmen eines ICT-AGRI Workshops im Februar 2016 in Dublin mit Wissenschaftlern anderer Projekte ausgetauscht und diskutiert.

6.1 Implementation of recommendation maps

Für die Implementierung bei den landwirtschaftlichen Partnern wurden Möglichkeiten des Datenaustausches zwischen FMIS und MICS (Maschine) untersucht, wobei der ISO 11783 (ISOBUS)-Standard eine genormte Übertragungsmöglichkeit für kompatible Maschinen bietet. Eine automatisierbare Softwareschnittstelle für den Datenaustausch zwischen Geodateninfrastruktur (ISO 191XX) und ISOBUS (ISO 11783) muss noch entwickelt werden.

Die Implementation der unter 5.4 erstellten Düngeempfehlungskarten wurde in mehreren Versuchen untersucht. Die Daten wurden von einem OGC Web Feature Service im weit verbreiteten Shape-Format empfangen, welches im Moment a) die größtmögliche Flexibilität bezüglich der eingesetzten Landtechnik liefert und b) keine weiteren Schnittstellenkosten verursacht hat. Die Düngemaßnahmen auf dem deutschen Testfeld wurden mit Hilfe einer ISO 11783 kompatiblen Feldspritze durchgeführt, auf deren Terminal Applikationskarten im Shape-Format importiert werden können. In Abhängigkeit von den Beschränkungen der eingesetzten Technik ist die Realisierbarkeit der Empfehlungskarte zu prüfen (z.B. durch den Austausch von Regeln) und diese ggf. anzupassen. Diese Vorgehensweise kann auch mit Terminals anderer Hersteller realisiert werden.

6.2 Economic viability

Diese Aufgabe wurde von UU bearbeitet. Die benötigten Daten (Düngerpreise, Erträge, Verkaufspreise) wurden UU zur Verfügung gestellt.

6.3 Demonstration and farmer feedback

Der deutsche Partnerbetrieb war an allen bisherigen Messungen beteiligt, eine laufende Diskussion und Feedback sind erfolgt.

2 Vergleich des Standes des Auftrags mit der ursprünglichen (bzw. mit Zustimmung des Auftraggebers geänderten) Arbeits-, Zeit- und Ausgaben-/Kostenplanung

Das Projekt wurde im Jahr 2013 aus organisatorischen Gründen verspätet gestartet, was aber zu keinen wesentlichen Änderungen geführt hat. Für die eigenen Arbeiten ergaben sich dadurch hier keine Wartezeiten.

3 Haben sich die Aussichten für die Erreichung der Ziele des Auftrags innerhalb des angegebenen Ausgaben-/Kostenzeitraums gegenüber dem ursprünglichen Angebot geändert (Begründung)?

Nein.

4 Sind inzwischen von dritter Seite FE-Ergebnisse bekannt geworden, die für die Durchführung des Auftrags relevant sind (auch Darstellung der aktuellen Informationsrecherchen nach § 2 Abs. 1 BEBF-ZE 98)?

Nein.

5 Waren Änderungen in der Zielsetzung notwendig?

Nein. Das Ziel, ein marktfähiges On-the-go Bodensensorsystem zu entwickeln, wurde bis zum Projektende nicht erreicht. In diesem Punkt wurden die Ziele angepasst.

6 Erfindungen/Schutzrechtsanmeldungen

Bezüglich des Bodensensorsystems existieren Schutzrechte bei CU bzw. Abdul Mouazen. Die im Rahmen von FarmFUSE verwendeten Softwarestandards sind frei und allgemein verfügbar, so dass bei verwendeter und weiterentwickelter Software keine Patentanmeldungen vorgenommen worden sind.

7 Evtl. wirtschaftliche Erfolgsaussichten nach Projektende

Die Einführung eines maschinen-gestützten vis-NIR-Bodensensorsystems wird die Datengrundlage für die Planung von teilflächenspezifischen Düngungsmaßnahmen im Gegensatz zur gegenwärtigen Praxis der (manuellen) Probenahme wesentlich verbessern. Von Seiten der landwirtschaftlichen Praxis wurde aus arbeitswirtschaftlicher Sicht der Wunsch geäußert, die Erfassung der Bodenparameter möglichst in den Prozess der Bodenbearbeitung zu integrieren. Dies könnte z.B. durch eine flexible Montagemöglichkeit des Sensorsystems an bestehende Bodenbearbeitungsgeräte unterstützt werden. Des Weiteren wurde eine Überwachung des Messprozesses des Sensors hinsichtlich Messgenauigkeit und Verschmutzung von der Kabine des Operators der Zugmaschine aus gewünscht. Dies könnte durch einen Anschluss des Sensorsystems an den bestehenden ISOBUS oder CAN-BUS erfolgen, um die Überwachung über bestehende virtuelle Terminals zu realisieren. Da die ermittelten räumlichen Bodenmesswerte Eingangsparmeter nachfolgender Düngungsmaßnahmen darstellen, erfordert dies wie auch bei anderen Technologien des Precision Farming ein weitgehend automatisiertes Datenmanagement. Ein aufwendiges Datenmanagement läßt teilflächenspezifische Maßnahmen neben hohen Hard- und Softwarekosten schnell unwirtschaftlich werden. Landwirte arbeiten bereits vielfältig mit GIS-Technologien, z.B. durch die Nutzung der Normbasierten Austauschschnittstelle (NAS) zur Verwaltung von Flurstücken bei Pachtflächen oder die geodatenbasierte

Beantragung der Betriebsprämie (Shape-Dateien). Dabei profitieren Datenbereitsteller und -nutzer von der Nutzung von offenen Standards für räumliche Daten. Dies zeigt sich auch zunehmend bei der Ausführung von Precision Farming-Operationen, die vor der Ausführung mit Hilfe von GIS-Technologien geplant werden (müssen). Deshalb sind die ökonomischen Aussichten einer Geodateninfrastruktur für landwirtschaftliche Maschinen und Farm Management Informationssysteme im gleichen Maße als sehr gut zu beurteilen, ähnlich wie ISOBUS-Kompatibilität zur Verbesserung der Interoperabilität zwischen Maschinen verschiedener Hersteller als Qualitätsmerkmal vermarktet und von den Kunden nachgefragt wird. Dabei sollte die Landtechnik, insbesondere die Steuerungsterminals, integraler Bestandteil einer solchen Geodateninfrastruktur werden und direkt moderne OGC-Standards unterstützen. Durch internationale Harmonisierungsbestrebungen (z.B. INSPIRE-Richtlinie, Open Geospatial Consortium, W3C) ist zukünftig von einem großen Angebot an standardisierten Geoinformationen mit Relevanz für den Bereich der Landwirtschaft auszugehen. Für den Bereich des Precision Farming bietet sich durch diese Entwicklungen die Möglichkeit, informationsintensive Applikationen in wirtschaftlich sinnvoller Weise in die Entscheidungsprozesse einzubinden und dauerhaft ökonomische und ökologische Vorteile gegenüber klassischen landwirtschaftlichen Bewirtschaftungsformen zu realisieren.

8 Evtl. wissenschaftliche und/oder technische Erfolgsaussichten nach Projektende

Im Bereich der Geodatenforschung hat der landwirtschaftliche Bereich bisher eine eher untergeordnete Rolle gespielt. Es ist davon auszugehen, dass die Arbeiten des Projektes die Nutzung und Integration neuer Sensoren innerhalb des Precision Farming begünstigt. Dies gilt insbesondere für Hersteller und Diensteanbieter, die bisher nicht im Bereich Precision Farming tätig waren. Für Hersteller und Diensteanbieter, die bereits im Bereich Precision Farming aktiv sind, könnten durch die Anwendung der Projektergebnisse neue Marktsegmente erschlossen werden. Insbesondere die Schnittstelle zwischen Landmaschine und Geodateninfrastruktur sollte weiterentwickelt werden.

9 Evtl. wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit für eine mögliche notwendige nächste Phase bzw. die nächsten innovatorischen Schritte zur erfolgreichen Umsetzung der FuE-Ergebnisse

Aus Sicht der Geodatenverarbeitung werden die Ergebnisse des Projektes "FarmFUSE" in das Projekt "GeoWebAgri 2" einfließen. In dieses Projekt ist auch das Open Geospatial Consortium (OGC) involviert, was die Bildung einer permanenten OGC Working Group mit Schwerpunkt Precision Farming zum Ziel haben sollte. Eine Annäherung dieser Gruppe an die Aktivitäten der ISO 11783-10 (Tractors and machinery for agriculture and forestry - Serial control and communications data network - Part 10: Task Controller and management information system data interchange) könnte zu einer verbesserten Marktsituation aus Sicht des Landwirtes und nicht zuletzt zu einer höheren Effektivität des Precision Farming führen.

Rostock, den 5. August 2016

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'R. Bill'. The signature is written in a cursive style with a large initial 'R' and a long horizontal stroke.

Prof. Dr.-Ing. R. Bill

