

Abschlussbericht EIP AGRI Projekt

MR DIGITAL – ÜBERBETRIEBLICHER EINSATZ VON INFORMATIONSGESTÜTZTER LANDTECHNIK



In dem vorliegenden Abschlussbericht sind die wichtigsten Ergebnisse und Tätigkeiten aus dem Projekt MR digital beschrieben und zusammengefasst.

Detaillierte Ausführungen und Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitforschung sind in den Anlagen enthalten.

Berichtszeitraum: 11.09.2018 – 30.06.2023

Abgabe: 31. Oktober 2023

Der Abschlussbericht wurde erstellt vom Projektkoordinator:
Landesverband der Maschinenringe in Baden-Württemberg e.V.,
Dr. Hansjörg Weber

INHALTSVERZEICHNIS

1 Kurzdarstellung.....	5
1.1 Ausgangssituation und Bedarf.....	5
1.2 Projektziel und konkrete Aufgabenstellung.....	6
1.3 Mitglieder der OPG.....	7
1.4 Projektgebiet.....	7
1.5 Projektlaufzeit und -dauer.....	7
1.6 Budget.....	7
1.7 Ablauf des Vorhabens.....	8
1.8 Zusammenfassung der Ergebnisse.....	8
2 Eingehende Darstellung.....	10
2.1 Verwendung der Zuwendung.....	10
2.2 Detaillierte Erläuterung der Situation zu Projektbeginn.....	12
2.2.1 Ausgangssituation.....	12
2.2.2 Projektaufgabenstellung.....	12
2.3 Ergebnisse der OG in Bezug auf.....	15
2.3.1 Zusammenarbeit.....	15
2.3.2 Mehrwert der OPG.....	15
2.3.3 Weitere Zusammenarbeit.....	16
2.4 Ergebnisse des Innovationsprojektes.....	17
2.4.1 Zielerreichung.....	17
2.4.2 Abweichungen zwischen Projektplan und Ergebnissen.....	20
2.4.3 Projektverlauf (in zeitlicher abfolge mit Fotodokumentation).....	20
2.4.4 Beitrag des Ergebnisses zu förderpolitischen EIP Zielen.....	41
2.4.5 Nebenergebnisse.....	41
2.4.6 Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben.....	41
2.5 Nutzen der Ergebnisse für die Praxis.....	42
2.6 (Geplante) Verwertung und Nutzung der Ergebnisse.....	42
2.7 Wirtschaftliche und wissenschaftliche Anschlussfähigkeit.....	42
2.8 Kommunikations- und Disseminationskonzept.....	43
2.8.1 Verbreitung der Projektergebnisse.....	43
2.8.2 Vorschläge zur Weiterentwicklung der EIP AGRI.....	44
Anlagen.....	46

TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 1: Bewilligte und abgerufene Fördergelder	10
Tab. 2: Anzahl und Umfang der Zahlungsanträge	11

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1: "Clustering" von Felddaten und Erstellung von Applikationskarten	17
Abb. 2: Kartierung von Versuchsflächen	18
Abb. 3: MR digital Billing Feature	18
Abb. 4: Workflow des MR digital Billing Features	19
Abb. 5: Datenhaltung und Datenaustausch eines Betriebs mit Hofbox	19
Abb. 6: Lage der Versuchsbetriebe	21
Abb. 7: EM38 Kartierung	22
Abb. 8: Ertragserfassung bei der Ernte	23
Abb. 9: Ertragskarte	23
Abb. 10: NIR-Sensor von John Deere	24
Abb. 11: Einteilung in Ertragszonen	25
Abb. 12: Gülleausbringung nach Applikationskarte	27
Abb. 13: Bodenprobe 0 – 30 cm	29
Abb. 14: Korngrößenanalyse	30
Abb. 15: Hofbox	31
Abb. 16: LoRaWan-Netzwerk Technik – Betrieb – Dienstleister	32
Abb. 17: Befliegung der Versuchsfläche mit Drohne	34
Abb. 18: Vegetationsindex NDVI	35
Abb. 19: Datenaustausch MR digital Billing Feature	36
Abbildungen 20 – 25: Offizieller Projektabschluss mit Minister Peter Hauk (MdL)	38 - 40

ANLAGENVERZEICHNIS

Anlage 1: Bökle et al 2023 Using an open source resilient technology framework to generate and execute prescription maps for site-specific manure application	
Anlage 2: Bökle et al 2021 Conceptual framework of a decentral digital farming system for resilient and safe data management	
Anlage 3: Bökle et al 2021 Consideration of resilience for digital farming systems	
Anlage 4: Bökle et al 2020 Automatisierte und digitale Dokumentation der Applikation organischer Düngemittel	
Anlage 5: Weis et al 2023 The Hofbox as a decentralised solution for agricultural operations	
Anlage 6: Binder 2023 Erfassung von teilschlagspezifischen Informationen zur Schaffung einer Datengrundlage für die teilflächenspezifische Düngung (zum Abschlussbericht MR digital)	
Anlage 7: Gscheidle 2023 Ergebnisse aus dem Expertenworkshop "Chancen und Grenzen überbetrieblich eingesetzter digitaler Landtechnik"	
Anlage 8: Gscheidle et al 2023 Mobile applications for agriculture in Germany	
Anlage 9: Gscheidle 2023 Sozioökonomische Betrachtung des überbetrieblichen Einsatzes digitaler Landtechnik in mittleren und kleinen landwirtschaftlichen Betrieben (zum Abschlussbericht MR digital)	

1 KURZDARSTELLUNG

1.1 AUSGANGSSITUATION UND BEDARF

Die Digitalisierung schreitet auch in der Landwirtschaft mit großen Schritten voran. Daraus ergeben sich viele Vorteile. Sie stellt aber auch so manchen Betrieb vor zahlreiche Herausforderungen. Je kleiner der Betrieb, desto mehr spitzen sich diese Herausforderungen zu, da kleinen und mittleren Betrieben zumeist die finanziellen Mittel für teure Investitionen und der absehbare ROI (Return of Invest) fehlen. Das bedeutet, dass auch die Digitalisierung zu einem gewissen Grad für den Rückgang der kleinen und mittleren landwirtschaftlichen Betriebe verantwortlich sein kann. Da wir aber gerade in Baden-Württemberg von der kleinstrukturierten Landwirtschaft profitieren, sei es durch eine hohe Produktqualität bei vielseitigen und regionalen Produkten, oder durch ein schönes Landschaftsbild aufgrund kleinstrukturierter Flächen mit weiten Fruchtfolgen und dadurch einer hohen Diversität an Flora und Fauna, ist diese kleinstrukturierte Landwirtschaft unterstützenswert. Die Vorteile digitaler Lösungen müssen für kleine und mittlere Betriebe also so gestaltet werden, dass sie von den digitalen Lösungen profitieren und sie konkurrenzstärker machen.

Hier setzt das Projekt MR digital an. Kleine und mittlere Betriebe sollen bei akuten und langfristigen Herausforderungen der Digitalisierung so unterstützt werden, dass sie und ihre Betriebsform unterstützt und ihre Rentabilität gestärkt werden, anstatt der Verdrängung durch größere Betriebe zu erliegen. Die Maschinenringe spielen hier mit dem überbetrieblichen Einsatz von Landtechnik eine besondere Rolle, da hohe Investitionen auf mehrere Akteure oder auf spezialisierte Betriebe oder Lohnunternehmen verteilt werden.

Überbetrieblich kommt es immer zum Aufeinandertreffen unterschiedlicher Fabrikate. Konkret müssen hier Probleme bei der sogenannten Interoperabilität, d.h. der hersteller- und systemübergreifenden Funktionalität verschiedener digitaler Geräte und Lösungen, angegangen werden. Es muss eine durchgängige Funktionalität digitaler Anwendungen, wie der Dokumentation von Abläufen und Prozessen, sichergestellt sein. Praktische Anwendungen, wie das Erstellen von Applikationskarten, sollten auf eine solide Datenbasis gestellt werden und den Landwirten als frei zugängliche Software zur Verfügung gestellt werden. Weiter in die Zukunft geschaut, muss es Landwirten ermöglicht werden, ihre Daten sicher und selbst auf dem Hof zu halten und in sicheren, vertrauenswürdigen BackUps, sprich anderen Server Standorten, z.B. vom oder durch den Maschinenring verwaltet, zu speichern und dadurch die komplette Zugriffskontrolle zu haben.

Darüber hinaus müssen digitale Anwendungen, die für den laufenden Betrieb essenziell sind, unabhängig von der Internetverbindung funktionieren und mit einer Notstromversorgung abgesichert sein. So sollte ein Gros der Störungsanfälligkeiten beseitigt und Abhängigkeiten vermieden werden. Diese bestehen beispielsweise durch zentral organisierte Anwendungen in der Cloud und werden durch die beschriebene Dezentralisierung resilient.

1.2 PROJEKTZIEL UND KONKRETE AUFGABENSTELLUNG

MR digital soll digitalisierte Prozesse im überbetrieblichen Maßstab zur Verfügung stellen. Dies ermöglicht die Umsetzung von Smart Farming auch für kleinere Betriebe in Baden-Württemberg mit folgenden Effekten:

- Gezielte Aufwandmengen auf Teilflächen bei der Düngung
- Kostensenkung, Ressourcenschonung, Reduzierung von Umweltrisiken (Nitrateintrag in Oberflächengewässer)
- Umsetzung von CrossCompliance-Zielen
- Vereinfachung bei der Ausbringung durch Unterstützung der Gerätesteuerung (Arbeitserleichterung)
- Management optimieren durch Entscheidungsunterstützung

Dabei sollen sich auch für kleine und mittlere Betriebe folgende Möglichkeiten einfach verwirklichen lassen:

- Applikationskarten, die selbst oder von Dienstleistern erstellt werden
- Geo- und Fachdaten unterschiedlicher Quellen kombinieren (via GIS oder modellbasierte Angebote)
- Auftragserteilung und Dokumentation auf Basis von Geodaten (Düngeplanung, Pflanzenschutz, Antragstellung)
- Arbeitsfähigkeit ohne Datenverbindung
- Nutzbarkeit für Planungszwecke in Krisenfällen

Daraus ergaben sich folgende Aufgaben:

- Datenerhebung auf den Projektschlägen für den Feldpass (Geodaten auf Schlagumrisse begrenzt) in Open Source-Formaten als Beispiel einer soliden Datenbasis mit entsprechender Datenintegration vorhandener Daten und der daraus resultierenden Maßnahmenplanung
- Teilschlagspezifisches (teilflächenspezifisches) Wachstum und teilflächenspezifischer Ertrag inklusive Nährstoffeffizienz, sowie teilflächenspezifischen Bodeninformationen wie etwa das Nitratauswaschungspotenzial erfassen.
- Fusion dieser Daten zur Erstellung einer Applikationskarte in Open Source-Programmen
- Maximale Interoperabilität und Abrechnung von digitalen Dienstleistungen durch ein Dokumentationsfeature ermöglichen
- Grundlegende Konzeption einer resilienten Infrastruktur für die Digitalisierung überbetrieblicher Anwendungen, bei der Daten auch dezentral vorgehalten werden können

Parallel dazu soll die Bereitschaft der landwirtschaftlichen Betriebe, überbetriebliche digitale Landtechnik zu nutzen, ermittelt und diskutiert werden.

1.3 MITGLIEDER DER OPG

Mitglieder der OPG MR digital, die sich in Form eines Vereins zusammengeschlossen haben, sind:

- Landesverband der Maschinenringe in Baden-Württemberg e.V.,
Leadpartner und Projektkoordinator (Dr. Hansjörg Weber, Iris Ziegler)
- Universität Hohenheim
 - Institut für Agrartechnik, Fg. Verfahrenstechnik in der Pflanzenproduktion
(Prof. Dr. Hans W. Griepentrog, Dipl.-Agr.Biol. Sebastian Bökle, Dr. David Reiser, Prof. Dr. Dimitrios S. Paraforos)
 - Institut für Kulturpflanzenwissenschaften, Fg. Düngung und Bodenstoffhaushalt
(Prof. Dr. Torsten Müller, Ines Binder)
 - Institut für Landwirtschaftliche Betriebslehre
(Prof. Dr. Enno Bahrs, Prof. Dr. Reiner Doluschitz, Michael Gscheidle)
- LTZ Augustenberg Referat Pflanzenbau (Dr. Martin Weis)
- Güllegemeinschaft Neckar-Odenwald GbR (Frieder Blum)
- Maschinenring Mosbach e.V. mit Maschinenring Service GmbH (Walter Leibfried)
- Maschinenring Odenwald-Bauland e.V. mit MR-Agrarservice GmbH (Pascal Bier)
- Maschinenring Ulm-Heidenheim e.V. mit Agrar-Dienstleistungs-GmbH
(Hans Fetzer, Niklas Ritter)
- Maschinenring Tettngang e.V. (Hubert Hengge)
- Landwirtschaftliche Betriebe:
 - Tobias Eberhardt, Herbrechtingen-Bissingen
 - Manfred Hoffie, Gerstetten-Gussenstadt

1.4 PROJEKTGEBIET

Die Einzugsgebiete der Güllegemeinschaft Neckar-Odenwald (Neckar-Odenwald-Kreis) und des Maschinenrings Ulm-Heidenheim (Alb-Donaukreis und Landkreis Heidenheim).

Die Versuchsflächen befanden sich auf den Betrieben Manfred Hoffie (Gerstetten-Gussenstadt), Tobias Eberhardt (Herbrechtingen-Bissingen) und Christian Geier (Dallau).

1.5 PROJEKTLAUFZEIT UND -DAUER

November 2018 – Juni 2023

1.6 BUDGET

Mit Zuwendungsbescheid vom 11.09.2018 1.096.180,00 Euro.

1.7 ABLAUF DES VORHABENS

1. Konzeptualisierung und Datenerhebung,
2. Auswahl eines Open Source-Softwarestacks,
3. Datenverarbeitung,
4. Datenfusion,
5. Erstellen einer Applikationskarte,
6. Hardwareinstallation,
7. Feature-Entwicklung zur Anwendung und Dokumentation einer Applikationskarte mit anschließender Abrechnung,
8. Konzeption und erstes Aufsetzen einer Netzwerkstruktur zwischen Hofserver und weiteren Netzwerkteilnehmern,
9. Befragung von Betriebsleitern, Experten-Interviews und Experten-Workshop.

1.8 ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE

Da die Ernährungssicherung, und damit die landwirtschaftliche Produktion an sich, zur kritischen Infrastruktur gehört, ist für eine ausreichende Absicherung der dazu nötigen Infrastruktur zu sorgen. Z.B. tierhaltende Betriebe müssen immer Notstromaggregate vorhalten um Lüftungs- und Fütterungsanlagen funktionsbereit zu halten.

Bei der Untersuchung zur Entwicklung der Digitalisierung kommen wir generell zu dem Ergebnis, dass digitalisierte Prozesse in der Landwirtschaft genauso abgesichert werden müssen, wie z.B. Dokumentationen aller Art in einem Farm Management Information System (FMIS), die immer häufiger in zentralen Cloud Strukturen angesiedelt sind. (Siehe Anlage 2, Bökle et al. 2022: Conceptual framework of a decentral digital farming system for resilient and safe data management, <https://doi.org/10.1016/j.atech.2022.100039>.) Diese sind somit von der Internetverbindung abhängig und stehen dem Landwirt bei Ausfällen nicht zur Verfügung und können so die Produktion in unterschiedlichem Ausmaß einschränken.

Neben einer unterbrochenen Internetverbindung unterliegen zentrale Systeme weiteren Risiken, die dem Landwirt den Zugriff auf Daten und Dienste verwehren können: Probleme am Serverstandort, lokale Netzprobleme, Serverprobleme, Cyberkriminalität, Naturkatastrophen etc. Die Tragweite dieser Risiken hängt vom Standort und Grad der Digitalisierung des landwirtschaftlichen Betriebes ab. Betriebe in der Nähe von Ballungszentren müssen in der Regel mit weniger Störungen ihrer Internetverbindung rechnen wie Betriebe in abgelegenen ländlichen Gebieten, wo der Ausbau digitaler Infrastruktur weniger weit entwickelt ist. Landwirte die umfassend digitale Anwendungen nutzen, sind konsequenterweise von Verbindungsproblemen stärker betroffen wie weniger digital affine Landwirte. Es sind die digitale Infrastruktur und die Anwendungen selbst daher so zu installieren, dass sie im Fall einer Verbindungsstörung, eines Internetausfalls oder dem Ausfall eines digitalen Gerätes, kompensiert werden können und die Produktion nicht wieder mit Methoden aus Zeiten vor der Digitalisierung durchgeführt werden muss.

Hier ist das Ergebnis der ersten Studie, dass je wichtiger und je störungsanfälliger die digitale Anwendung/der digitale Dienst für den Betrieb ist, desto resilienter muss dessen Aufbau sein (z.B. Desktop Varianten, dezentrale Serverlösungen, Edge Computing, etc.).

Um das zu gewährleisten, also die Resilienz digitaler Anwendungen zu erhöhen, steht die Dezentralisierung im Mittelpunkt. Ganz generell bedeutet dies, dass Speicher- und Rechenressourcen im Netzwerk verteilt und verstärkt an die Enden, an die Edges, des Netzwerks verlagert werden. In MR digital stellen beispielsweise die Mitgliedsbetriebe eines Maschinenringes die Edges eines solchen Netzwerkes dar. Jeder Mitgliedsbetrieb kann über einen Hofserver, eine sogenannte Hofbox, verfügen und über eine gesicherte Netzwerkverbindung mit der Zentrale seines Maschinenrings verbunden sein. Diese wiederum hat Verbindung zu weiteren eigenen und ggf. höheren, bundesweiten Serverinstanzen, auf denen sichere Backups verwaltet werden. Auf dem Server der Maschinenring Zentrale sind Daten Backups der Hofboxen gespeichert, aber auch Services, die die Serverwartung (Updates, Sicherheitschecks, etc...) auf den Hofboxen semiautomatisiert durchführt.

Ein weiterer wichtiger Aspekt der Hofbox sind vom Landwirt bestimmte Zugriffsberechtigungen für seine Partner und weitere Dritte. Auf der Hofbox der Mitgliedsbetriebe sind alle für den laufenden Betrieb nötigen Daten und Programme gespeichert und installiert und können auch ohne Internetverbindung und als frei zugängliche Open Source-Software genutzt werden. (Siehe Anlage 1, Bökle et al. 2023: Using an open source and resilient technology framework to generate and execute prescription maps for site-specific manure application, <https://doi.org/10.1016/j.atech.2023.100272>.) In diesem Paper werden aus den erhobenen Felddaten Applikationskarten erstellt. Die bereits vorhandenen und erhobenen Daten innerhalb der Schlaggrenzen füllen den sogenannten Feldpass mit Kartenmaterial, die in einem GeoPackage zusammengehalten werden können. Diese Daten wurden mit einem Open-Source-Programm inhaltlich verschnitten und daraus eine Applikationskarte erstellt, die für die teilflächenspezifische Düngung verwendet werden kann.

Im Projekt wurde teilflächenspezifisches (tfs) Wachstum und teilflächenspezifischer Ertrag inklusive Nährstoffeffizienz sowie tfs Bodeninformationen wie etwa das Nitratauswaschungspotenzial kontinuierlich erfasst. Diese Informationen wurden als Datengrundlage für die Applikationskartenerstellung herangezogen.

Des Weiteren wurden die teilflächenspezifische organische bzw. mineralische Düngung von Mais untersucht, um den tatsächlichen Biomassezuwachs in den anhand des NDVI festgelegten Teilbereichen zu erfassen, Standortfaktoren in den Teilbereichen zu ermitteln und Aussagen über die Wirkung unterschiedlicher Düngemengen treffen zu können.

Im Rahmen des Projektes MR digital wurde eine Lösung zur optimierten und überbetrieblichen organischen Düngung entwickelt: das MR digital Billing Feature. Dies ist ein Abrechnungstool für Maschinenringe, Lohnunternehmen und dienstleistende Landwirte. Es stellt die zentrale Schnittstelle bei der Interoperabilität zwischen verschiedenen Formaten beim Import und Export von Auftrags- und Dokumentationsdaten aus sämtlichen FMISs bei der teilflächenspezifischen Gülleausbringung dar und ermöglicht die einfache Integration kleiner und mittlerer Betriebe in DigitalFarming Technologien.

2 EINGEHENDE DARSTELLUNG

2.1 VERWENDUNG DER ZUWENDUNG

Die folgende Tabelle zeigt den Kostenplan des Projektes zum Projektantrag, den aktualisierten Kostenplan nach dem letzten Änderungsantrag, sowie die tatsächlich abgerufenen Mittel je Kostenposition.

Tab. 1: Bewilligte und abgerufene Fördergelder

Kostenposition	Laut Zuwendungsbescheid anerkannte förderfähige Kosten	Geplant laut letztem Änderungsantrag	Tatsächliche Gesamtausgaben
1. Laufende Kosten der Zusammenarbeit (Fördersatz 100%)			
1.1 Personalkosten für die Projektkoordination	142.400,00 €	160.226,07 €	148.862,38 €
1.2 Reisekosten der an der OPG beteiligten Akteure	21.500,00 €	14.652,62 €	7.787,21 €
2. Allgemeine Betriebskosten			
2.1 Allgemeine Betriebskosten der OPG (15% der Nr. 1.1.)	21.360,00 €	24.033,90 €	22.329,35 €
3. Direktkosten des Projekts ohne Investitionen (Fördersatz 100%)			
3.1 Personalkosten Gülle GbR Neckar Odenwald	99.680,00 €	98.485,17 €	75.114,49 €
3.2 Personalausgaben MR Ulm-Heidenheim	99.680,00 €	71.205,04 €	69.728,88 €
3.3 Personalausgaben MR Tettngang	28.480,00 €	7.100,00 €	- €
3.4 Personalausgaben Insitut für Agrartechnik	199.460,00 €	246.495,14 €	246.290,70 €
3.5 Personalausgaben Institut für landw. Betriebslehre	138.810,00 €	152.027,65 €	151.720,17 €
3.6 Personalausgaben Institut für Kulturpflanzenlehre	138.810,00 €	138.545,77 €	137.971,35 €
3.7 Sachausgaben, Verbrauchsmaterialien, Labor, Analysen etc. Institut für Agrartechnik	9.000,00 €	9.580,50 €	7.575,40 €
3.8 Sachausgaben, Verbrauchsmaterialien, Labor, Analysen etc. Institut für landw. Betriebslehre	9.000,00 €	9.000,00 €	- €
3.9 Sachausgaben, Verbrauchsmaterialien, Labor, Analysen etc. Institut für Kulturpflanzenlehre	30.000,00 €	21.582,23 €	17.079,32 €
3.10 Sachausgaben für Öffentlichkeitsarbeit	28.000,00 €	7.000,00 €	3.026,13 €
3.11 Aufwendungen für projektbezogene Aufträge an Dritte	50.000,00 €	73.508,00 €	70.913,00 €
3.12 Kosten für Leasing von Maschinen und Geräte, Werkzeuge, Vorrichtungen und Instrumente	80.000,00 €	- €	- €
3.13 Eigenleistungen von Akteuren und beteiligten landw. Unternehmen (bereitstellung betrieblicher Anlagen/Maschinen/Flächen, Arbeitszeit)	- €	62.737,91 €	62.558,62 €
Gesamt	1.096.180,00 €	1.096.180,00 €	1.020.957,00 €

Im Laufe des Projektes kam es zu insgesamt vier Änderungsanträgen, bei denen das Budget zwischen den Kostenpositionen verschoben wurde, ohne das Gesamtbudget zu verändern und zu einem Antrag auf Projektlaufzeitverlängerung.

Die Projektlaufzeitverlängerung war vor allem der Corona-Pandemie in den Jahren 2020 und 2021 und der daraus resultierenden eingeschränkten Möglichkeiten, Versuche in Präsenz durchzuführen, geschuldet.

Da der größte Anteil der Projektkosten aus Personalkosten und Eigenleistungen von Akteuren Bestand, mussten bei der Verlängerung der Projektlaufzeit entsprechend Einsparungen und Umschichtungen vorgenommen werden.

Die Fördergelder wurden über die Projektlaufzeit regelmäßig halbjährlich über insgesamt neun Zahlungsanträge abgerufen.

Tab. 2: Anzahl und Umfang der Zahlungsanträge

Zahlungsanträge	Umfang
EIP-Fördergelder 1. Abruf 31.03.2019	19.292,25 €
EIP-Fördergelder 2. Abruf 31.12.2019	117.997,90 €
EIP-Fördergelder 3. Abruf 30.06.2020	104.604,56 €
EIP-Fördergelder 4. Abruf 31.12.2020	132.494,07 €
EIP-Fördergelder 5. Abruf 30.06.2021	78.018,09 €
EIP-Fördergelder 6. Abruf 31.12.2021	163.146,25 €
EIP-Fördergelder 7. Abruf 30.06.2022	83.455,48 €
EIP-Fördergelder 8. Abruf 31.12.2022	174.713,45 €
EIP-Fördergelder 9. Abruf (Endabrechnung 30.06.2023)	147.234,95 €
	1.020.957,00 €

Im Rahmen des Projektes wurden keine Investitionen getätigt. Es wurden lediglich Sachausgaben für Verbrauchsmaterialien, Labor, Analysen, Messtechnik, Prozessrechner etc. getätigt, oder Dienstleistungen von Dritten in Anspruch genommen.

Die Kosten für anfallende Umsatzsteuer in Höhe von 25.045,56 Euro, die nicht förderfähig ist, wurde vom Landesverband der Maschinenringe in Baden-Württemberg e.V., der Agrar Dienstleistungs-GmbH des Maschinenrings Ulm-Heidenheim e.V., der MR-Agrarservice GmbH des Maschinenrings Odenwald-Bauland e.V. und der Maschinenring Service GmbH des Maschinenrings Mosbach e.V., aber auch von den Instituten der Universität Hohenheim (z.B. bei Verbrauchsmaterialien), übernommen.

2.2 DETAILLIERTE ERLÄUTERUNG DER SITUATION ZU PROJEKTBEGINN

2.2.1 AUSGANGSSITUATION

Die Digitalisierung der kleinteiligen und vielfach überbetrieblich mechanisierten Landwirtschaft in Baden-Württemberg stellt besondere organisatorische und wirtschaftliche Herausforderungen. Darüber hinaus muss die durch Naturschutz-, Wasserschutz- und Naherholungsgebiete geprägte baden-württembergische Landwirtschaft angepasste und nachhaltige Lösungen in den Bereichen Wasser- und Klimaschutz sowie Ressourceneffizienz entwickeln, ohne die Wirtschaftlichkeit und Wettbewerbsfähigkeit der Betriebe zu gefährden.

Die für alle Betriebe verbindliche Digitalisierung der Schlagdaten in FIONA schafft eine wertvolle Datengrundlage für den Einstieg in ein überbetriebliches Smart Farming. Voraussetzung ist jedoch, dass die Betriebe einerseits Zugriff auf ergänzende Geobasis- und Geofachdaten bekommen. Andererseits sind standardisierte, herstellerunabhängige Datenschnittstellen und Middleware-Komponenten notwendig, um die Daten aus unterschiedlichen Systemen einheitlich zusammenzuführen. Darauf aufbauend lassen sich Prozessketten digitalisieren und neue Anwendungen entwickeln. Die Wettbewerbsfähigkeit auch von kleinen, innovativen und lokalen Dienstleistern wird so gewährleistet.

2.2.2 PROJEKTAUFGABENSTELLUNG

Die Aufgaben wurden in verschiedene Arbeitspakete aufgeteilt, die von den jeweils fachlich zuständigen Akteuren bearbeitet wurden.

AP 1:

- Prozesse identifizieren, die digitalisiert werden können (Datenbedarf, Modellverfügbarkeit, Infrastrukturanforderungen, Technikanforderung),
- Systemdefinition und Grobkonzept Infrastrukturplanung

AP 2:

- Erfassung der Standortparameter der Versuchsflächen
- Datenintegration für Applikationskartenerstellung
- Erfassung von teilschlagspezifischen Informationen - Über die Vegetationsperiode werden teilschlagspezifisch Daten erfasst, z.B. pflanzenbauliche Parameter, Bodeninformationen, Erträge.
- Analyse von Umweltwirkungen, Effizienz und Nachhaltigkeit

AP3:

- Erstellung eines "Feldpasses" Der Feldpass definiert standardisierte, herstellerunabhängige Austauschformate für Smart Farming Datensätze. Er wird für die Weitergabe und Integration von Daten aus verschiedenen Quellen benötigt und ermöglicht die durchgängige Digitalisierung von Prozessen, Kollaboration, Auftragsvergaben und Dokumentation.

- **Feldatlas:** Der Feldatlas ist eine mobile Anwendung, mit der Geodaten mobil genutzt werden, und stellt Nutzerschnittstellen bereit.
- **Dezentrale, redundante Datenhaltung:** Die Daten, die innerhalb der Infrastruktur zur Verfügung gestellt werden, sollen nicht nur zentral, sondern auch dezentral für Anwendungen zur Verfügung stehen (unabhängig von Netzzugang). Das Herzstück des Konzeptes ist ein hofeeigener Server mit Software die Open Source ist und unabhängig von der Internetverbindung nutzbar ist.
- **Datenintegration/Maßnahmenplanung:** Digitalisierte Planung von Maßnahmen und Festlegung der zu verwendenden Maschinen und Geräte. Ausstattung der Maschinen mit den notwendigen Sensoren und Steuergeräten zur Regelung der Ausbringung und der (teil-) automatisierten Datenerfassung, Integration von amtlichen Geodaten, Bereitstellung der amtlichen Geodaten für die beteiligten landwirtschaftlichen Betriebe in den ausgewählten Modellregionen mit Hilfe der Geobox-Tools (aus RLP): Feldatlas-App, Feldpass-App, Geoformulare (für georeferenzierte Auftragsdaten z.B. an Beratung, Labore u. Maschinendienstleister), Integration von betriebseigenen Daten, "Synchronisierung" der amtlichen Geodaten mit bereits vorhandenen Daten (FIONA-Schlaggrenzen, FMIS/Schlagkarteien, Bodenanalysen, Erträge aus AP 1 usw.) und Erprobung eines standardisierten Austauschformates/Feldpasses (Entwicklung der FH Bingen).

Darüber hinaus gab es folgende konkrete Aufgaben, die dieses Konzept im Usecase der teilflächenspezifischen Gülleapplikation abbildet:

- **Datenerhebung auf den Projektschlägen für den Feldpass** (Geodaten auf Schlagumrisse begrenzt) in Open Source-Formaten als Beispiel einer soliden Datenbasis mit entsprechender Datenintegration vorhandener Daten und der daraus resultierenden Maßnahmenplanung
- **Fusion dieser Daten zur Erstellung einer Applikationskarte** in Open Source-Programmen
- **Maximale Interoperabilität und Abrechnung von digitalen Dienstleistungen ermöglichen**, durch ein Dokumentationsfeature in Zusammenarbeit mit BOSCH NEVONEX

AP4:

- **Demonstrationsversuche (Musterbetriebe):** Durchführung von Einzelmaßnahmen und der (teil-) automatisierten Datenerfassung in den Modellregionen und -betrieben. Sensordatenerfassung, Modellanwendung, Planung und Erfolgskontrolle
- **Gülleketten (Region Neckar-Odenwald)**
- **Teilflächenspezifische Präzisionsdüngung (Landkreis Heidenheim)**
- **Anbindung einer Pflanzenschutz-Applikationsassistenten-App an Sprühgeräte für Sonderkulturen (Region Bodensee/Tettang)**
- **Angebote zur Optimierung der Applikation**
- **Maßnahmenempfehlung durch Berater, Modellunterstützung (Pflanzenschutz, Düngung)**
- **Vor jeder Einsatzperiode Erstellung der Steuerungsdaten und Applikationskarten bzw. der Logistikpläne für die Modellregionen und -betriebe.**

AP5:

System- und Nutzenanalyse, Bewertung von Prozessen, Sozioökonomie. Für das Arbeitspaket Ökonomie ergaben sich folgende Ziele und daraus resultierende Aufgaben:

- Ermittlung der Datenerfordernisse zur Gewährleistung effizienter betrieblicher Abläufe und eines optimierten betrieblichen Managements: Dies sollte in Abhängigkeit von der Betriebs- und Produktionsstruktur differenziert und auf den Ebenen von Prozess, Betriebszweig, Betrieb, überbetriebliche Zwecke jeweils angepasst gestaltet werden.
- Differenzierte Datenanalyse: Hierbei sollte die Wirtschaftlichkeit und Wettbewerbsfähigkeit im Kontext des überbetrieblichen Einsatzes von digitaler Landtechnik untersucht werden. Ferner sollten Key Performance Indicators (KPI) identifiziert und ausgearbeitet werden.
- Ermittlung von Förder- und Hemmfaktoren: Im Kontext der Beteiligung / der Anwendung bzw. Nutzung einer seitens der Maschinenringe angebotenen und administrierten überbetrieblichen Datenaustauschplattform. Besondere Aufmerksamkeit sollte hierbei den Fragen der Datenhoheit und Fragen des Datenschutzes gewährt werden.
- Entwicklung und Analyse überbetrieblicher Organisationsformen: für Smart Farming-Ansätze unter Berücksichtigung gegebener Organisationsstrukturen. Hierbei sind insbesondere Doppel- und Parallelstrukturen zu vermeiden.
- Erfassung und Analyse des Feedbacks aus der Praxis: unter besonderer Berücksichtigung von Aspekten von Aufwand/Kosten und Nutzen. Hierzu sollten zunächst Expertengespräche geführt werden, auf deren Grundlage dann ein Fragebogen entwickelt und eine Befragung durchgeführt werden sollte.

AP6:

- Veröffentlichungen
- Seminare
- Aus- und Weiterbildungsaktivitäten für MR-Mitarbeiter, um das Coaching von Landwirten in den Modellregionen vorzubereiten. Anschließend (Geo-) Datenaufbereitung in den Betrieben und Praxiseinführung der Geobox-Tools.
- MR-interner Transfer von Methoden und Organisationsstrukturen aus den Modellregionen zu interessierten MR in anderen Landesteilen
- Auswertung, Aufbereitung und Veröffentlichung der Projektergebnisse und Einbindung in EIP Agri Netz

2.3 ERGEBNISSE DER OG IN BEZUG AUF

2.3.1 ZUSAMMENARBEIT

Grundsätzlich wurde die organisatorische Zusammenarbeit, neben regelmäßigen Meetings, pragmatisch gehandhabt. Je nach Dringlichkeit wurde dies mit allen Projektpartnern telefonisch, per Messenger oder E-Mail gestaltet. Bei Absprachen in größerem Umfang gab es Web- oder Präsenzmeetings.

Darüber hinaus gab es bei inhaltlichen Absprachen Präsenzmeetings, gemeinsame Felderbegehungen vor Ort und gemeinsame Arbeitstreffen, bei denen die Akteure der Arbeitspakete konkrete Aufgaben zusammen bearbeitet haben.

So wurden zu Beginn des Projektes die Versuchsfelder gemeinsam mit den dafür relevanten Arbeitsgruppen und den Landwirten der Projektbetriebe gemeinsam ausgesucht. Die Zonierung der Felder für die teilflächenspezifische Düngung, das Versuchsdesign bzw. die Platzierung der Versuchspartellen wurden gemeinsam besprochen, bis einzelne Schritte von den jeweiligen Akteuren auch selbst ausgeführt werden konnten. Bei praktischen Feldeinsätzen gab es bei Bedarf gemeinsame Aktionen, bei denen sich die Akteure gegenseitig unterstützten unter der Führung des jeweilig Verantwortlichen der Arbeitsgruppe.

Zwei Beispiele für die sehr gute Zusammenarbeit unter den Akteuren waren der Expertenworkshop in der DEULA in Kirchheim u. Teck und die Präsentationveranstaltung mit Minister Peter Hauk (MdL) in Adelsheim.

Die Corona-Pandemie hatte vor allem in den Jahren 2020 und 2021 Auswirkungen auf die Kommunikation. Der Verlust der Möglichkeit, Besprechungen in Präsenz durchzuführen, wurde nach und nach durch Online-Meetings kompensiert. Allerdings konnten Feldversuche und Felderbegehungen durch mehrere Personen eine Zeitlang nicht oder nur eingeschränkt durchgeführt werden.

2.3.2 MEHRWERT DER OPG

Der besondere Mehrwert des Formates dieser OPG ergab sich aus der breit aufgestellten Besetzung mit Akteuren aus der landwirtschaftlichen Praxis bis hin zu Universitätsinstituten. Dies ermöglichte einerseits eine positive Fokussierung auf die Kernkompetenzen der einzelnen Akteure und andererseits durch den Abgleich untereinander für das Projekt insgesamt eine gute Balance zwischen wissenschaftlicher und praktischer Relevanz.

Stakeholdergruppen, die im Rahmen des überbetrieblichen Einsatzes digitaler Landtechnik betroffen sein können, bzw. davon profitieren können, waren beteiligt.

2.3.3 WEITERE ZUSAMMENARBEIT

Der Verein MR digital e.V. wird nach Beendigung des Projektes fortbestehen.

Durch MR digital e.V. werden die Ergebnisse an interessierte Maschinenringe, Lohnunternehmen und Landwirte weitergegeben und ggf. in ähnlichen Use-Cases weiterentwickelt und angepasst.

Darüber hinaus soll interessierten Personen, Organisationen und Unternehmen die Möglichkeit einer Mitgliedschaft geboten werden. Der Verein soll eine Plattform zum Austausch von Wissen und Erfahrung und zur Weiterentwicklung der Digitalisierung in der Landwirtschaft im überbetrieblichen Maßstab werden.

2.4 ERGEBNISSE DES INNOVATIONSPROJEKTES

2.4.1 ZIELERREICHUNG

Aus der Kombination der Programme QGIS, GeoFIS und der Methode des "Clustering" in AMT-LAB konnten Felddaten aus mehreren Jahren zusammengefasst und mit anderen Felddaten zu einer Applikationskarte verrechnet/verschnitten werden. Somit liegen einer Applikationskarte erstmalig Informationen von mehreren Daten aus mehreren Jahren zu Grunde.

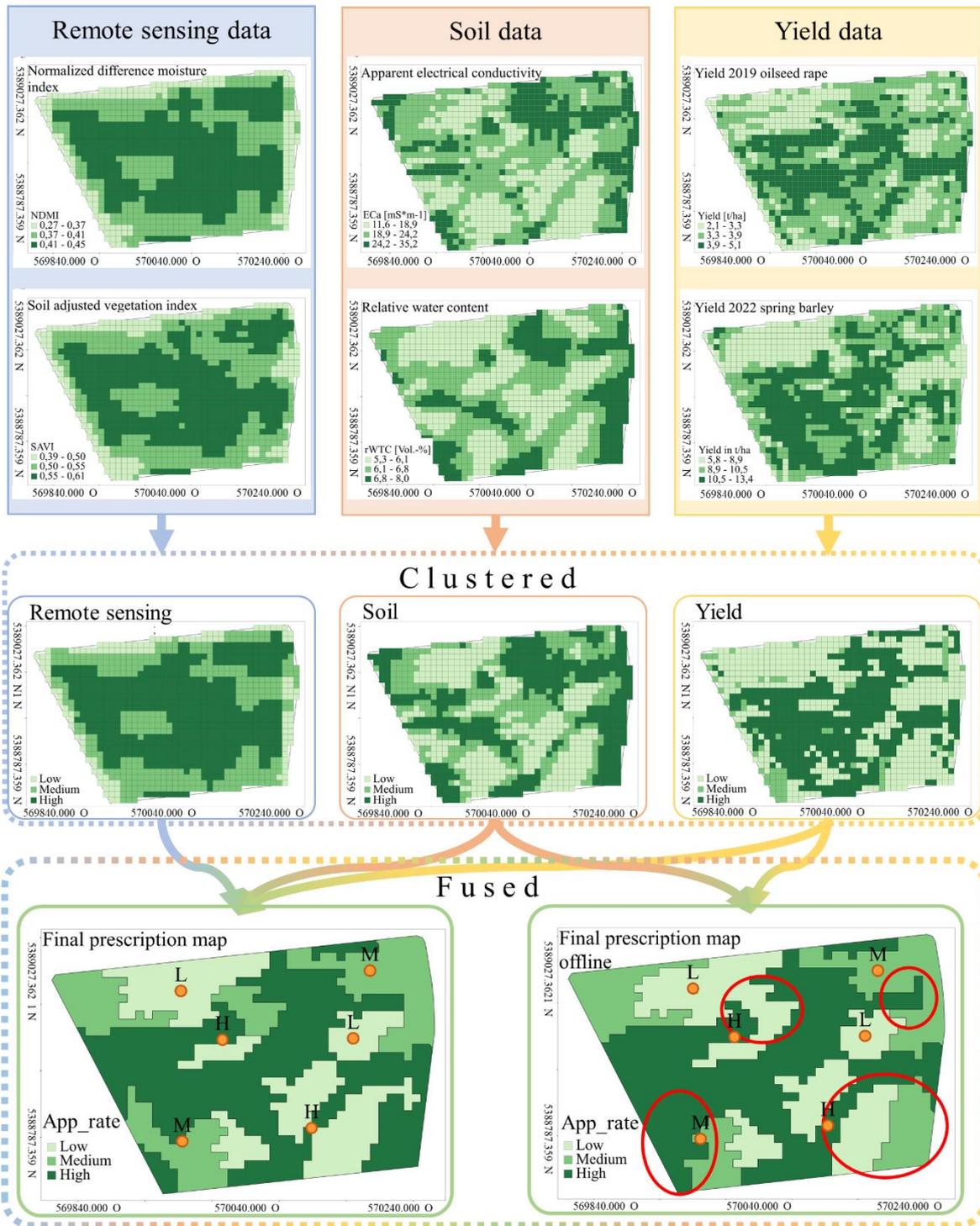


Abb. 1: "Clustering" von Felddaten und Erstellung von Applikationskarten

Bei der Erstellung wurde zwischen On- und Offline Bedingungen unterschieden. Die Offline-Bedingungen hatten zur Folge, dass aktuelle Satellitenbilder nicht verfügbar waren und dies zu einer höheren Düngung auf 9,1% der Fläche führte.

Daten

- EM38
- JD NIRS Daten
- NH Ertrag
- JD Ertrag
- Luftbilder
- Ground truth
- Dokumentation
- Greenseeker
- Geodaten

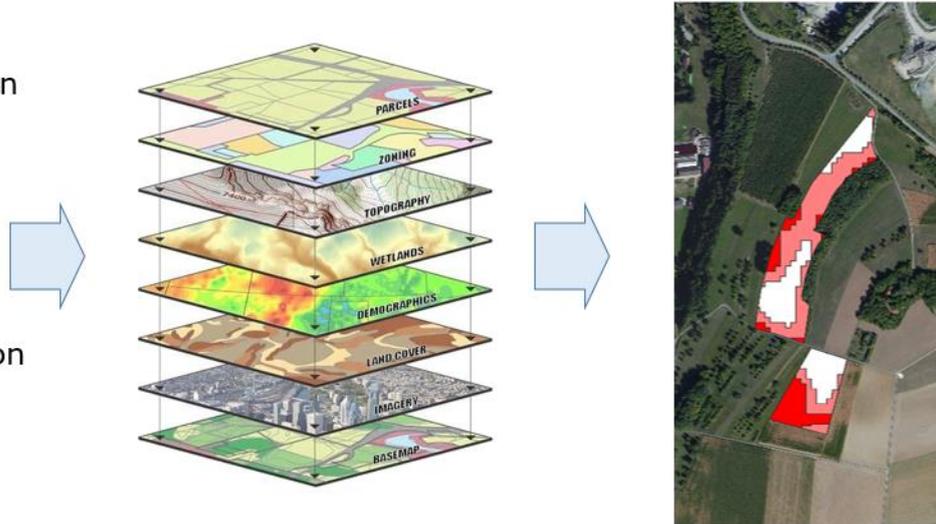


Abb. 2: Kartierung von Versuchsfeldern

Zur Dokumentation und Abrechnung einer Gülleapplikation, seitens der Güllegemeinschaft als Dienstleister, wurde ein Feature für die BOSCH NEVONEX Plattform entwickelt.



Abb. 3: MR digital Billing Feature

Durch die Integration in NEVONEX ist die Interoperabilität mit verschiedenen OEMs (Original Equipment Manufacturer) von Traktoren/Maschinen gewährleistet. Das integrierte Feature der GeoSuite ist außerdem in der Lage Applikationskarten von unterschiedlichen Farm Management Information Systems zu abzuwickeln und die Daten zur tatsächlichen Applikation zu dokumentieren (As-Applied). Hierbei erfasst das entwickelte Feature die für den Landwirt und den Maschinenring abrechnungsrelevanten Daten und speichert sie, in einer in Form und Format angepassten Datei, für das Abrechnungsprogramm der Maschinenringe ab.

Nach einer einfachen Plausibilitätskontrolle kann die Erstellung der Abrechnung automatisiert erfolgen. Das Feature liefert zwei Dateien. Eine csv-Datei, die in das Abrechnungsprogramm der Maschinenringe geladen wird, um die Rechnung zu erstellen und eine isoxml-Datei, in der die genaue Dokumentation der Applikation steht und beispielsweise für weitere Düngemaßnahmen herangezogen werden kann.

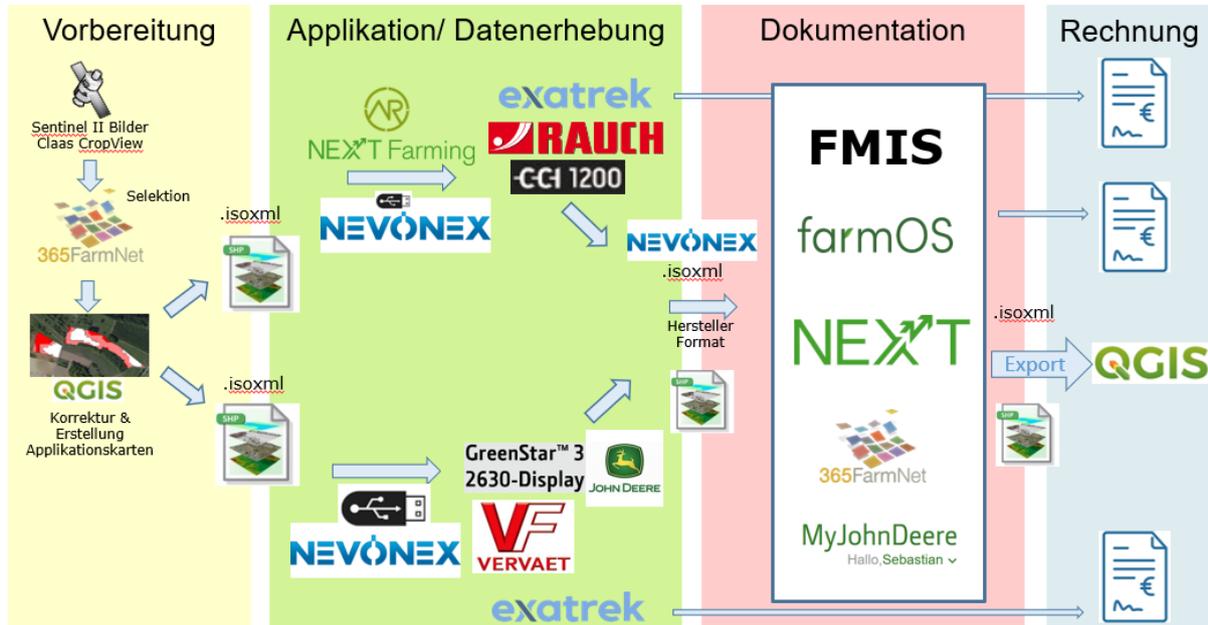


Abb. 4: Workflow des MR digital Billing Features

Auf Grundlage der Geobox-Projekte wurde eine IT-Infrastruktur konzipiert und als Modell installiert. Dieses wird innerhalb des MR digital e.V. weiterverfolgt und auf landwirtschaftlichen Betrieben eingerichtet. Hierbei handelt es sich um die Verbindung der Hofboxen mit einer Maschinenringzentrale und ggf. untereinander.

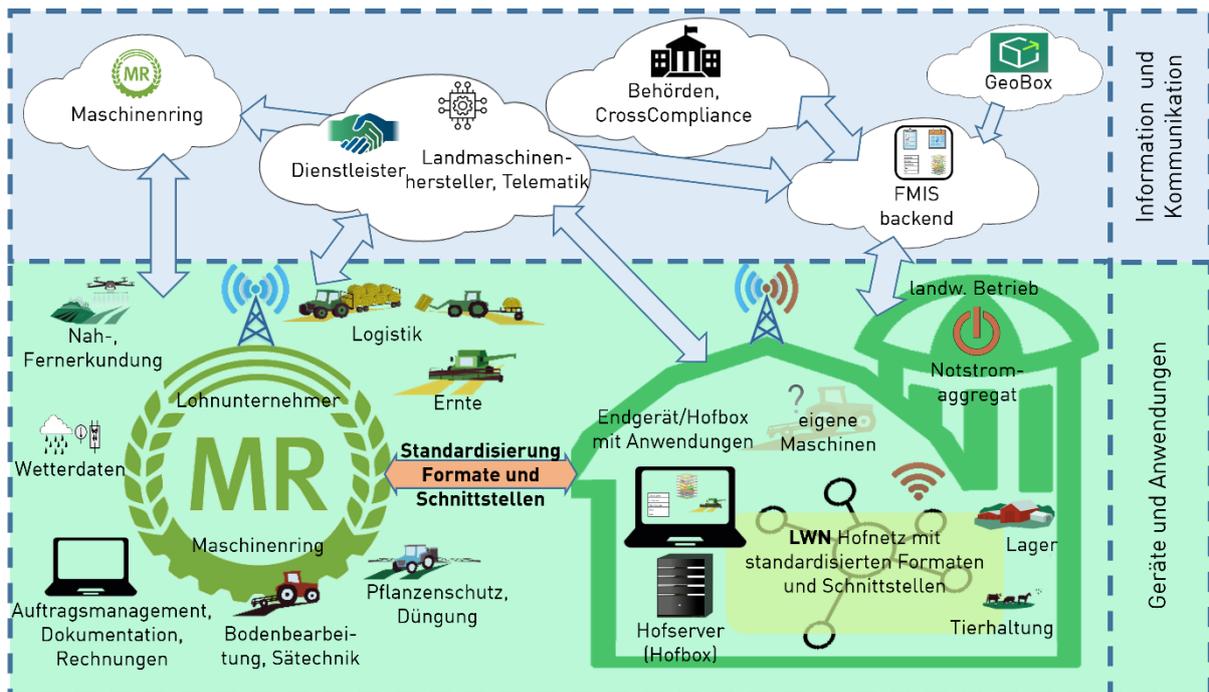


Abb. 5: Datenhaltung und Datenaustausch eines Betriebs mit Hofbox

Die Hofboxen sind mit Open Source-Software ausgestattet, die Desktop fähig ist. So können Landwirte, unabhängig von Clouddienstleistern und Internetverbindung, digitale Anwendungen einsetzen. Gespeichert werden auf der Hofbox Daten, die für den laufenden Betrieb essenziell sind und ggf. weitere, je nach Bedarf des Landwirtes und der Kapazität der jeweiligen Hofbox. Backups können beim Maschinenring und bei von diesem beauftragten Instanzen gesichert werden. Durch die so erreichte Dezentralisierung wird die Resilienz der von den Landwirten angewandten digitalen Lösungen erhöht. Durch Open Source-Anwendungen sind sie für jedermann zugänglich und nutzbar.

2.4.2 ABWEICHUNGEN ZWISCHEN PROJEKTPLAN UND ERGEBNISSEN

Das Ziel "Digitale Standardisierung und Vereinheitlichung der Schnittstellen ... aus dem Bereich Geobox/Hofbox" überstieg die Projektkapazitäten. Dies ging auch aus Gesprächen mit dem KTBL und dem Bundesverband der Maschinenringe hervor. Für die Hofbox und auch für die Dateiformate für die Applikationskarten wurden Standardtools und -formate verwendet. In der Entwicklung des NEVONEX Features wird generell auf den ISOBUS-Standard gesetzt.

Insofern wurde der Punkt der Standardisierung im "Feldpass" auch reduziert. In MR digital wurde der Feldpass als Datensammlung innerhalb der Schlaggrenzen eines Feldes definiert. Die in diesem Feldpass enthaltenen Daten sind in Standardformaten oder zumindest in Formaten, die in Open Source-Programmen wie QGIS, in gängige Formate umgewandelt werden können. Leider konnte das volle Potential des Feldpasses nicht ausgenutzt werden, da öffentliche Geodaten vom Land nur sehr spärlich, mit viel Kommunikationsaufwand gegen Ende des Projektes freigegeben wurden.

Der Ansatz des Feldatlas konnte nicht explizit verfolgt werden. Die Grundlagen der Vorgängerprojekte waren nicht vorhanden und die Anwendung findet sich auch schon in vielen am Markt verfügbaren Tools. Ähnliche Ansätze finden sich jedoch in der GeoSuite innerhalb des MR digital Billing Features auf der NEVONEX Plattform wieder.

2.4.3 PROJEKTVERLAUF (IN ZEITLICHER ABFOLGE MIT FOTODOKUMENTATION)

11.09.2018 - 31.03.2019

Die Prozesse und notwendige Messgrößen für die Bereiche "Gülleketten" und "teilflächenspezifische Präzisionsdüngung" wurden definiert:

1. Bodenart und -zustand, Nährstoffgehalte (Bodenproben)
2. Düngeplanung
3. teilflächenspezifische Dokumentation der ausgebrachten Nährstoffmengen (NPK)
4. teilflächenspezifische Ertragserfassung
5. automatisierte Datenübernahme in Schlagkartei und Verknüpfung mit vorhandenen Daten (amtliche Geodaten, Bodenproben, Wetterdaten, ...)

In den Gebieten der Maschinenringe Ulm-Heidenheim, Mosbach und Odenwald-Bauland wurden landwirtschaftliche Betriebe gesucht. Gemeinsam mit den Betriebsleitern wurden die geeigneten Flächen festgelegt.

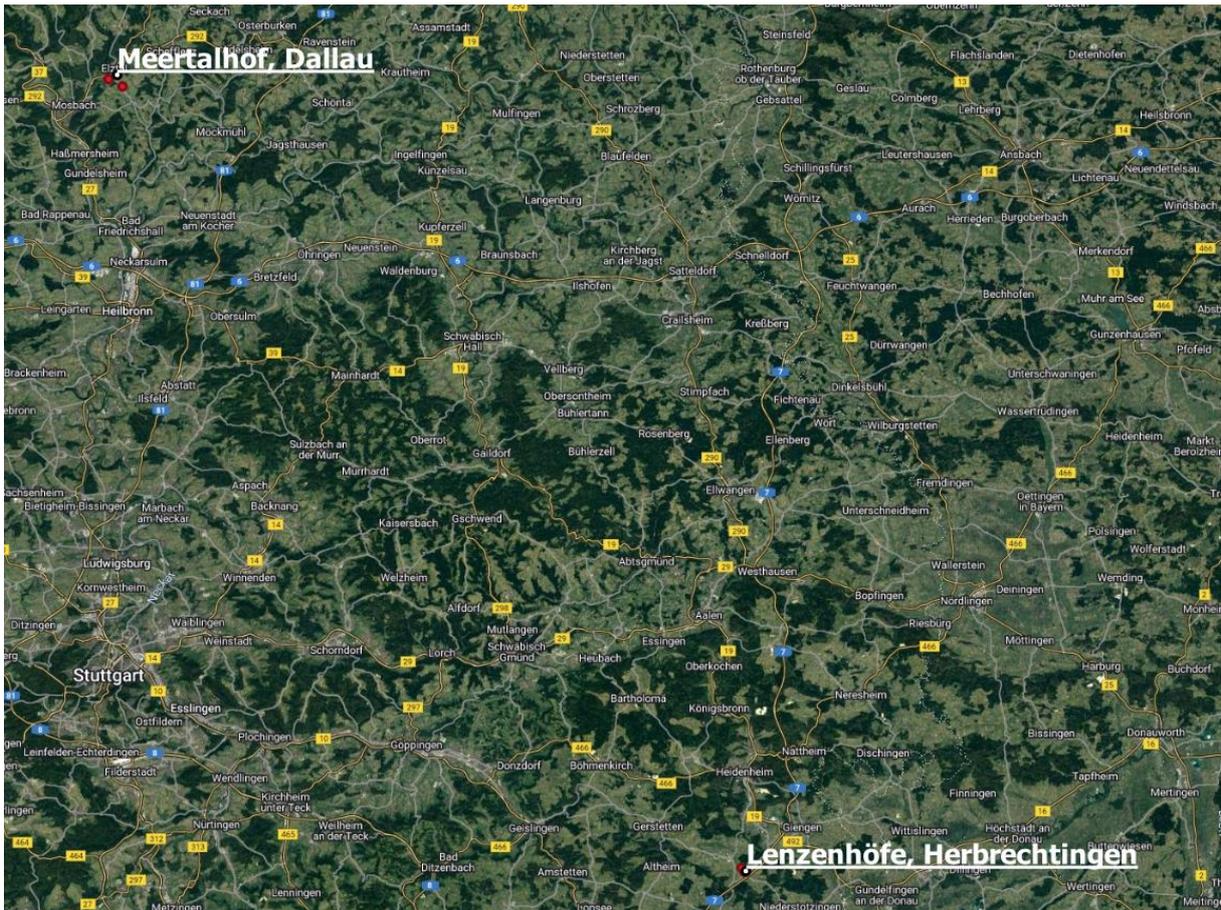


Abb. 6: Versuchsbetriebe Meertalhof, Standort Dallau (Neckar Odenwald) und Lenzenhöfe, Standort Herbrechtingen (Ulm-Heidenheim). Rote Punkte: einzelne Versuchsflächen. Quelle: Google Maps, verändert mit QGIS, Maßstab 1:1322628

Die Betriebsstruktur der ausgewählten Betriebe wurde erfasst (Fragebogen, FIONA-Daten). Die Kulturfolge auf den Flächen definiert. Die Erfassung der Standortparameter ist in Planung.

Hier war das Projekt MR digital abhängig vom Fortschritt des Geobox-Projektes in Rheinland-Pfalz. Bis dahin wurden auf einem Server der Uni Hohenheim gespeichert. Die Nutzung des Servers in Rheinland-Pfalz und die Entwicklung des Geobox-Viewers wurde ab dem Zeitpunkt Ende April in Aussicht gestellt.

Der Selbstfahrer der Güllegemeinschaft Neckar-Odenwald wurde mit einem NIR-Sensor und der entsprechenden Software ausgestattet. Partner war John Deere.

Mit der Firma Rauch fanden Gespräche bezüglich der Zurverfügungstellung von passender Technik statt.

Die Betriebsspiegel der teilnehmenden landwirtschaftlichen Betriebe wurden erfasst.

Veröffentlichungen bis zu diesem Zeitpunkt (Projektvorstellungen):

- VDLUFA-Schriftenreihe Kongressband 2018 + Poster
- Poster am Stand der LTZ Augustenberg auf dem Landwirtschaftlichen Hauptfest 2018
- Fullpaper im Tagungsband der GIL-Tagung 2019 in Wien
- Projektpräsentation auf der EIP-AGRI Infoveranstaltung der DLR Oppenheim

01.04.2019 - 31.12.2019

Gemeinsam mit den Landwirten wurde eine Teilauswahl der Schläge durchgeführt.

Der Firma Rauch wurde das Projekt vorgestellt und die verwendete Technik abgestimmt.

Mit Herrn Prof. Dr. Kage in Kiel wurde besprochen, inwieweit dessen vorhandenes Modell für Winterweizen als Grundlage für die Modellierung der Maisdüngung herangezogen werden soll. In das Modell wurden die entsprechenden Datensätze eingearbeitet, die notwendig sind, um das Modell auf Mais anpassen zu können. Anhand von stetig durchgeführter Literaturrecherche lassen sich bereits im Vorfeld Umweltwirkungen prognostizieren, welche es mit dem Modell zu validieren gilt.

In Zusammenarbeit mit der Agrartechnik werden bereits Düngempfehlungen im Rahmen der bald anstehenden Düngemaßnahmen anhand der schon vorhandenen Karten erstellt, wobei diese Düngempfehlungen in diesem Fall noch statischen Charakter haben werden.

Die Versuchsflächen wurden mit EM38 kartiert. Mit EM38 kann man Bodenunterschiede auf einer Fläche sichtbar machen. Neben der Nährstoffversorgung stellt die Wasserversorgung eine wichtige Einflussgröße auf den Ertrag dar. Auch andere Größen, wie die Bodenarten oder der Humusgehalt spielen eine wichtige Rolle für die Erklärung entstandener Ertragsunterschiede. Mit dem EM 38 wird die scheinbare elektrische Leitfähigkeit ohne Bodenkontakt nach dem elektromagnetischen Messprinzip gemessen. Die Leitfähigkeit des Bodens wird von Bodenart (Ton-, Sand-, Schluffgehalt), Wassergehalt, Salz- und Nährstoffgehalt, Bodenverdichtung und Humusgehalt bestimmt. Anhand der gemessenen Daten werden flächendeckend Boden- und Reliefkarten erstellt.



Abb. 7: EM38 Kartierung

Des Weiteren wurden mit Hilfe von Drohnen zwei Schläge eingemessen.

Mit dem New Holland Mähdrescher des Betriebs Hoffie wurde eine Ertragskartierung durchgeführt.



Abb. 8: Ertragserfassung bei der Ernte

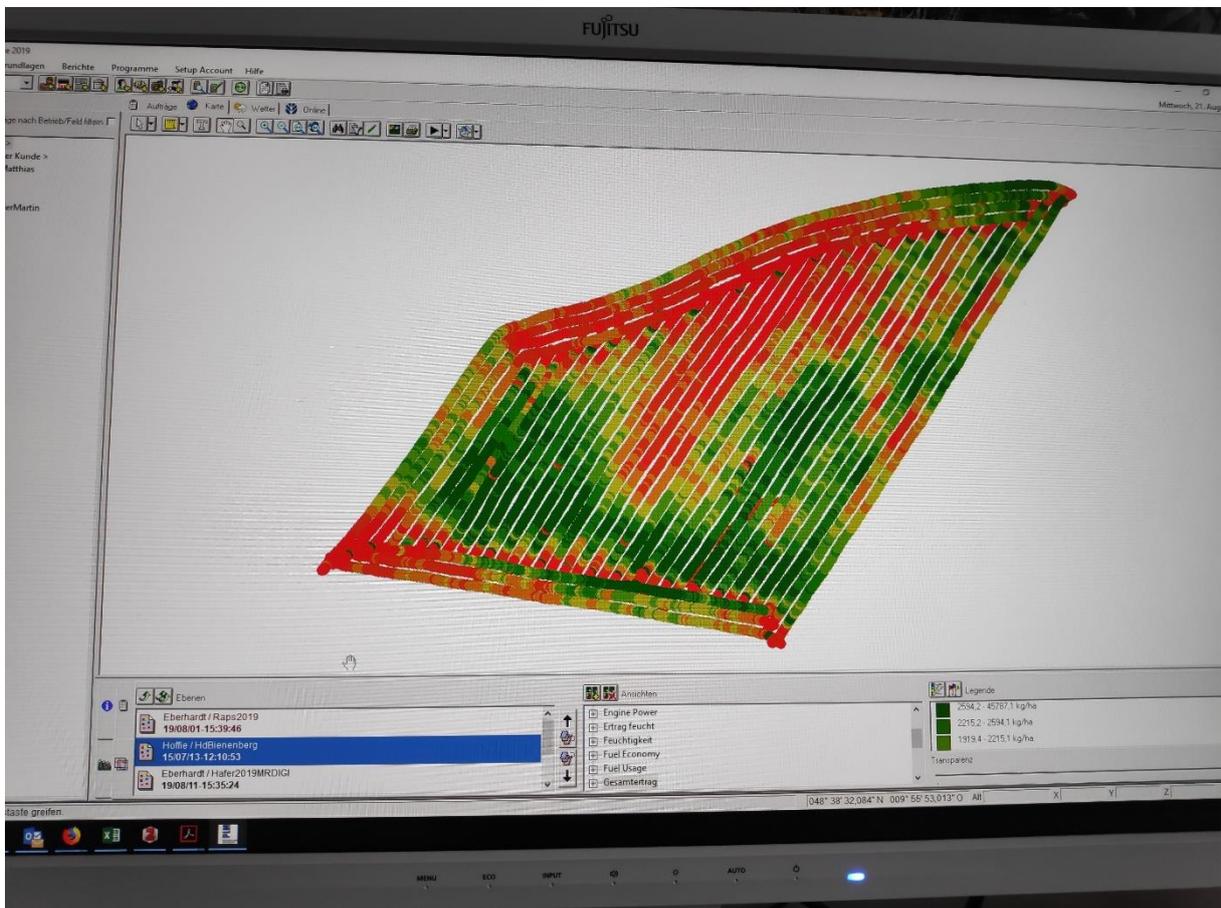


Abb. 9: Ertragskarte

Ein Server wurde aufgesetzt. Vorerst mit GEONODE (zum Bereitstellen Austausch von Geodaten mit integriertem GIS) und FarmOS (Open Source Farm Management Information System (FMIS)). Die vorhandene IT-Struktur wurde analysiert.

Leider standen uns zu diesem Zeitpunkt die amtlichen Geodaten in digitalisierter Form noch nicht zur Verfügung. Auch die Zusammenarbeit zwischen Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz in Bezug auf Geoserver/Geobox usw. war nach wie vor nicht geklärt. Beides sind grundlegende Bausteine zur Erreichung der Ziele des Projektes und zur Entwicklung einer funktionierenden überbetrieblichen digitalen Infrastruktur.



Abb. 10: NIR-Sensor von John Deere

Auf dem Vervaet Hydro-Trike Selbstfahrer zur Gülleausbringung der Güllegemeinschaft Neckar-Odenwald wurde ein NIR-Sensor der Marke John Deere installiert. Installation, Überwachung, Optimierung und Einstellung erfolgte in Zusammenarbeit mit John Deere. Gleichzeitig wurde ein Exatrek Logger installiert und getestet. Die bei der Gülleausbringung erhobenen Daten wurden analysiert und verglichen.

Die für den Projekteinstieg notwendige Analysen zu den erforderlichen Daten wurden abgeschlossen und mit der Analyse der Daten begonnen. In Abhängigkeit des Projektfortschritts in den weiteren Teilprojekten war die Einstellung eines Doktoranden ab Januar 2020 vorgesehen.

Veröffentlichungen (Projektvorstellungen) innerhalb dieses Zeitabschnitts:

- Poster- und Modellpräsentation an der Agritechnica 2019
- Fullpaper mit NIR-Daten für GIL Tagung Wien 2019
- Bericht über den aktuellen Stand des Projektes an der Arbeitstagung des Landesverbandes der Maschinenringe (Vorsitzende und Geschäftsführer aller Maschinenringe in Baden-Württemberg)
- "Automatisierte und digitale Dokumentation der Applikation organischer Düngemittel" Sebastian Bökle, David Reiser und Hans W. Griepentrog (GIL-Paper)

01.01.2020 - 30.06.2020

Bei den exemplarisch ausgewählten (je 2) Schlägen pro Versuchsbetrieb wurden anhand von Satellitendaten jeweils drei Ertragszonen (Hohertrag, Mittlerertrag und Niedrigertrag) ausgewiesen.



Abb. 11: Einteilung in Ertragszonen am Standort Dallau. Rote Rechtecke: Versuchsplots, gelbe Flächen: Niedrigertragszone, hellgrüne Flächen: Mittlerertragszone, dunkelgrüne Flächen: Hohertragszone

Mit Hilfe von NID (Nitratinformationsdienst von "Düngung BW") wurden Düngeempfehlungen erstellt. Der NID liefert unter Berücksichtigung von kultur- und standortabhängigen Parametern sowohl eine schlagspezifische Stickstoffdüngempfehlung als auch die Stickstoffobergrenze nach Düngeverordnung (DüV).

Bei der Düngung sind Nullparzellen innerhalb jeder Ertragszone angelegt worden. Auf den Versuchspartellen wurden Bodenproben entnommen und analysiert. Während der Vegetation und während der Ernte wurden Pflanzenproben für die Analytik entnommen.

Alle beteiligten Projektbetriebe wurden mit weiteren Exatrek Loggern ausgerüstet. Für alle Versuchsschläge auf den Projektbetrieben wurden mit CropView aus 365Farmnet Zonierungskarten erstellt. Die Nullparzellen wurden georeferenziert.

Das Bemühen um öffentliche Geodaten blieb im Berichtszeitraum leider immer noch ohne Erfolg. Auch die Zusammenarbeit zwischen Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz in Bezug auf Geoserver/Geobox usw. war nach wie vor nicht geklärt. Beides sind grundlegende Bausteine zur Erreichung der Ziele des Projektes und zur Entwicklung einer funktionierenden überbetrieblichen digitalen Infrastruktur.

Die Durchführung der mineralischen und organischen Düngung erfolgte mittels Applikationskarten, die zuvor erstellt wurden. (Automatische Ausbringung von Gülle auf Grünland mit Schlitzgerät.)

Die Datenerfordernisse für effiziente betriebliche Abläufe auf Prozess- und Betriebszweigebene wurden aus wissenschaftlicher Sicht definiert und rechtzeitig zum Start der Düngeaison 2020 an die Versuchsbetriebe übermittelt. In Vorbereitung für die quantitative Umfrage sollten in Quartal III/2020 weitere sozioökonomische Erfordernisse mit den Betriebsleitern der Versuchsbetriebe besprochen werden. Methodische Ansätze wurden erarbeitet. Dabei ging es schwerpunktmäßig um die Form der Analyse, Methodik und die Möglichkeiten, wie am Ende Handlungsempfehlungen für den landwirtschaftlichen Betrieb und auch den Maschinenring, im Kontext des über-/ betrieblichen operativen Smart Farming Einsatzes, formuliert werden können.

Veröffentlichungen (Projektvorstellungen) innerhalb dieses Zeitabschnitts:

- Vortrag erste Veröffentlichung durch S. Bökle GIL- Tagung Freising
- Vortrag bei Kunden- und Mitgliederversammlung Güllegemeinschaft Neckar-Odenwald.

01.07.2020 - 31.12.2020

Bzgl. der Nutzung von Datenplattformen und Schnittstellenlösungen wurde eine Sondierung weiterer möglicher Partner durchgeführt. Es wurde Kontakt zum Bundesverband der Maschinenringe und zu BOSCH NEVONEX aufgenommen.

Ende des Jahres wurde die Zusammenarbeit mit BOSCH NEVONEX angestoßen. Hier sollte ein NEVONEX Feature programmiert werden, das den automatisierten Datenaustausch und die automatisierte Dokumentation von Maschinen- und Auftragsdaten herstellerübergreifend ermöglichen soll.

Im Berichtszeitraum wurden Boden- und Pflanzenproben genommen, aufbereitet, analysiert und ausgewertet. Zusätzlich wurde ein verbesserter Plan an Maßnahmen für die zwei verbleibenden Jahre erarbeitet. Anhand der Erkenntnisse aus 2020, wurden zwei Schläge für ein intensives Monitoring ausgewählt. Weitere Schläge werden per Remote Sensing beobachtet.

Mit der Güllegemeinschaft Neckar- Odenwald wurden weitere Optimierungen und Korrekturen der teilflächenspezifischen Gülleausbringung vorgenommen. In Zusammenarbeit mit John Deere mussten hier auch Einstellungen im Terminal angepasst werden. Es wurden Applikationskarten über "CropView" erstellt und Ausbringtests auf Flächen von Betrieb Geier (Dallau) durchgeführt. Die eingespielte Karte wurde von der Maschine im Feld abgebildet und korrekt appliziert. Die letzten Fehler der teilflächenspezifischen Applikation wurden hier behoben.

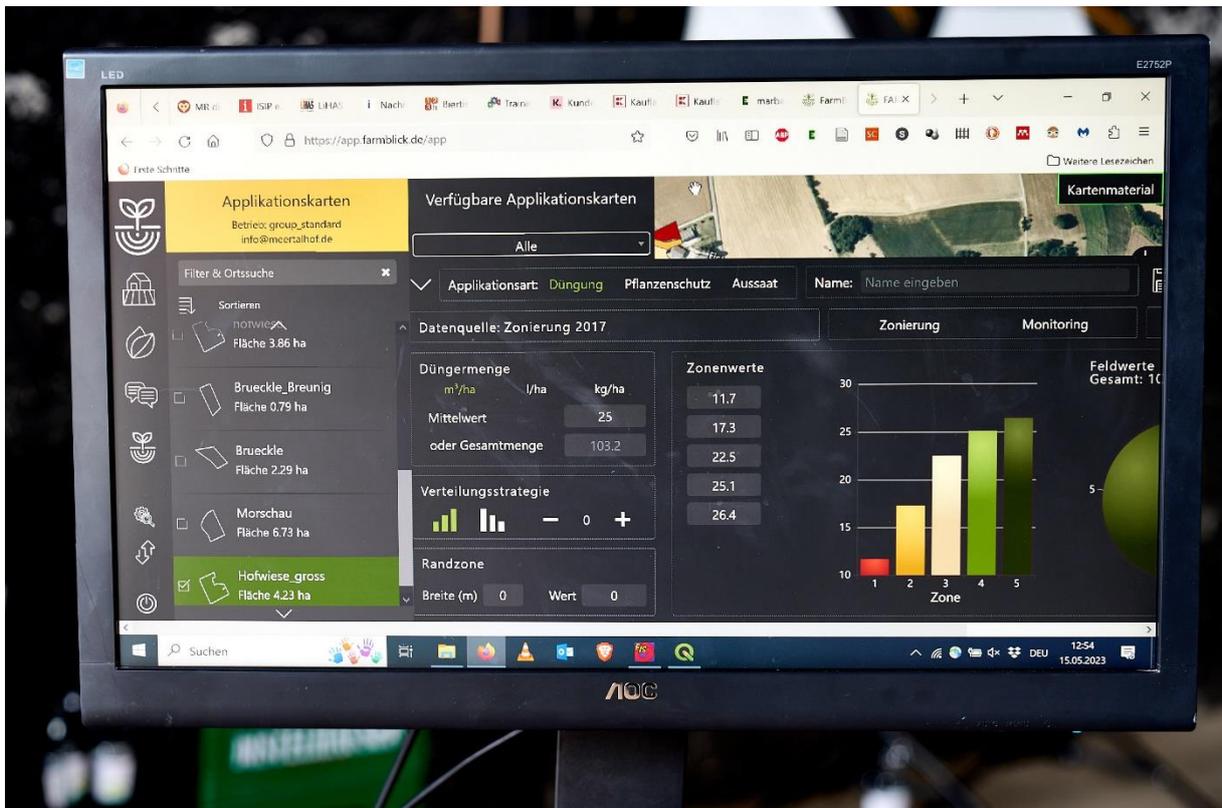


Abb. 12: Gülleausbringung nach Applikationskarte

Die Zusammenarbeit zwischen Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz in Bezug auf die Nutzung von Geobox/Hofbox/Feldatlas ist nach wie vor nicht geklärt.

Im Juli 2020 erfolgte auf den Projektflächen in Herbrechtingen-Bissingen und Gerstetten-Gussenstadt die geplante Ertragskartierung. Benötigte Daten wurden aufbereitet und an AP2 und die Landwirte weitergegeben.

In Vorbereitung für die quantitative Befragung der Maschinenringmitglieder und landwirtschaftlichen Betriebe aus Baden-Württemberg wurden im Quartal III/2020 zunächst aus Sicht der Betriebsleiter im Rahmen von teilstrukturierten Experteninterviews relevante Themenbereiche und Fragestellungen für die quantitative Befragung in einem sozioökonomischen Kontext gemeinsam erarbeitet und besprochen. Auf Grundlage des im Vorfeld angefertigten Interviewleitfadens konnten sich die Betriebsleiter auf die bevorstehenden teilstrukturierten Interviews inhaltlich gut vorbereiten, was einen zielgerichteten Interviewablauf unterstützte. Parallel dazu wurden für den Fragebogen (quantitative Begleitforschung) inhaltliche Grundlagen durch eine ausführliche Online- und Literaturrecherche erarbeitet sowie relevante Fragestellungen in Zusammenarbeit mit den Betriebsleitern der Praxisbetriebe herausgearbeitet und formuliert.

Das Quartal IV/2020 war vor allem durch die finale Erarbeitung und Durchführung der quantitativen Umfrage geprägt. Die finale Erarbeitung fand in Rücksprache mit den Betriebsleitern der Versuchsbetriebe sowie den Ansprechpartnern der örtlichen Maschinenringe sowie dem Landesverband der Maschinenringe in BaWü e.V. statt. Mit dieser Vorarbeit und aktiven Beteiligung unterschiedlicher Projektpartner konnte ein praxisnaher und gleichzeitig aus wissenschaftlicher Sicht mit neuen inhaltlichen Schwerpunkten schriftlicher Fragebogen konstruiert werden.

Aufgrund der durch die Pandemie erschwerten Bedingungen bei der Durchführung von Versuchen, Vorort-Terminen usw. war das Projekt im Hinblick auf den Arbeitsplan in zeitlichen Verzug geraten (2 - 4 Monate).

Veröffentlichungen (Projektvorstellungen) innerhalb dieses Zeitabschnitts:

- "Projekt MR digital - Fortschritt für alle", Wochenblatt Magazin 6, 24.10.2020
- "Das Überbetrieblich der Zukunft", Maschinenring Magazin 05.2020, S. 10 - 14
- "Consideration of resilience for digital farming systems", Conference Paper für die European Conference for Precision Agriculture
- Besuch von Landwirtschaftsministerin Julia Klöckner in Altheim mit Vorstellung des Projekts

01.01.2021 - 30.06.2021

Die Sondierung weiterer möglicher Partner bzgl. der Nutzung von Datenplattformen und Schnittstellenlösungen wurde fortgesetzt.

Potenzial-Karten (3 Zonen mit unterschiedlichen Ertragspotenzialen, basierend auf gemittelten NDVI-Daten) für die teilflächenspezifische organische und mineralische N-Düngung von Mais wurden erstellt. Dies erfolgte für den Standort Gussenstadt zur Korrelation von Ground-Truth-Daten mit Sensor-Daten.

NDVI, der "normierte differenzierte Vegetationsindex", ist der am häufigsten angewandte Vegetationsindex und wird auf der Basis von Fernerkundungsdaten (Satellit, Drohne) errechnet.

Zur Durchführung von N-Steigerungsversuchen wurden die Versuchsplots GPS-gestützt ausgewiesen. Bodenprobenahmen erfolgten pro Plot in den Tiefen 0 - 30 cm, 30 - 60 cm und 60 - 90 cm für die Nmin-Analytik zur Erstellung der teilflächenspezifischen Düngebedarfsermittlung.



Abb. 13: Bodenprobe 0 – 30 cm

Die Rückstellproben wurden für die Ct-, Nt-, Corg- und Korngrößenanalytik aufbereitet. Ein Inkubationsversuch zur Bodenatmung wurde durchgeführt. Laufzeit 10 Wochen, alle 4 Tage Ermittlung CO₂-Evolution, alle zwei Wochen Bodenproben zur Nmin-Analytik. Biomasseproben wurden entnommen und für die Trockensubstanz-Ermittlung nach BSA (Richtlinien des Bundessortenamts für die Durchführung von landwirtschaftlichen Wertprüfungen und Sortenversuchen) aufbereitet.

Die während der Ausbringung von Gülle und mineralischem Dünger erhobenen Daten wurden analysiert.



Abb. 14: Korngrößenanalyse

Um in der Anwendung überbetrieblicher Applikationen voranzuschreiten wurde der Kontakt zur Arbeitsgruppe BOSCH NEVONEX intensiviert, beispielsweise auf den NEVONEX Innovationstagen 2021 in Kirchheim unter Teck (DEULA). Entsprechende Aufzeichnungen und Analysen von Maschinendaten wurden vorgenommen, um nach einer Einführung in die Feature Programmierung einzusteigen. Vertragliche Vereinbarungen wurden eingeleitet.

Des Weiteren wurde der Kontakt zur Geobox Gruppe des DLR in RLP gehalten und verschiedene Hofserver und Edgecomputingvarianten betrachtet. Leider haben sich hier die Schwerpunkte des Geobox Projektes von den Zielen in MR digital inhaltlich entfernt. Die tragenden Säulen von AP3 waren nun die NEVONEX Anbindung, der Aufbau einer internet-unabhängigen LoRaWAN Verbindung und die Organisation öffentlicher Geodaten als Feldpass in Form eines GeoPackages mit weiteren Speichermöglichkeiten.

Nebenbei wurde die Datenaufzeichnung weitergeführt, teilflächenspezifische Düngung fand auf den Versuchsschlägen statt. Auf dem Projektbetrieb in Gussenstadt fand die Aufzeichnung digitaler Daten auf einer ausgewählten Fläche in konzentrierter Form statt, um verschiedene Daten aus Remote Sensing (Fernerkundung) und Proximal Sensing (Datenerhebung mit Sensoren) vergleichen und kombinieren zu können.

Bis in das erste Quartal 2021 wurde die quantitative Umfrage zur Ermittlung von Förder- und Hemmfaktoren durchgeführt und konnte Ende Januar mit vollständig abgeschlossenen und auswertbaren Umfragebögen beendet werden.

Veröffentlichungen (Projektvorstellungen) innerhalb dieses Zeitabschnitts:

- Die grundsätzliche Konzeption einer möglichen IT-Infrastruktur ist größtenteils abgeschlossen und wurde bereits teilweise im Konferenzbeitrag "Considering resilience in digital farming systems" auf der ECPA (European Conference of Precision Agriculture) vorgetragen und veröffentlicht.
- Darüber hinaus wird die Konzeption ausführlicher in einem Zeitschriftenartikel mit dem Titel "Conceptual framework of a decentral digital farming system for resilient and safe data management" veröffentlicht.
- Vorstellung und Berichterstattung über die Tätigkeiten in den MR-Gremien
- Maschinenring Magazin 04.2021: "Teilflächenspezifische Düngung. Super Möglichkeiten aber noch nicht ausgereift"
- MLR Projektgespräch am 09.06.2021

01.07.2021 - 31.12.2021

Die Sondierung weiterer möglicher Partner bzgl. der Nutzung von Datenplattformen und Schnittstellenlösungen wurde beendet. Die Akteure legen sich auf BOSCH NEVONEX als Partner fest.

Weitere Biomasseprobenahmen zur Überprüfung der Ertragszonen und Wirkung der Düngemaßnahmen wurden entnommen. Mit dem Ertragskartierungssystem des Betriebs Hoffie wurde in Zusammenarbeit mit der Firma Zürn eine erneute Ertragskartierung zur Datenerfassung durchgeführt. Es erfolgten weitere Bodenprobenahmen. Potenzialkarten für weitere Versuchsfelder wurden erstellt. Aus den Düngempfehlungen wurden Applikationskarten erstellt. Die Geodaten wurden mit dem GIS-Programm abgeglichen.

Nach Absprache mit BOSCH wurde mit der Entwicklung des NEVONEX Features begonnen. Für die Hofbox bzw. den Hofserver wurde eine eigene Lösung zusammengestellt. Die Hofboxen wurden bestellt, mit entsprechender Hardware ausgestattet und auf Linux Basis aufgesetzt.



Abb. 15: Hofbox

Für die LoRaWAN Verbindung zwischen den Projektbetrieben fanden weitere Recherchen statt. (LoRaWAN ermöglicht ein energieeffizientes Senden von Daten über lange Strecken. Dies wurde speziell für das Internet of things (IoT) und Industrial Internet of Things (IIoT) entwickelt. Mit LoRaWAN ist es möglich mehrere hundert Sensoren innerhalb eines Netzwerkes zu verwalten und Sensordaten zu verarbeiten.)



Abb. 16: LoRaWAN-Netzwerk Technik – Betrieb - Dienstleister

Weitere Anstrengungen wurden unternommen, um an die Geodaten des Landes zu kommen.

Die Analyse der quantitativen Befragung aus dem ersten Quartal 2021 wurde durchgeführt und das Paper "Förder- und Hemmfaktoren bei der Nutzung digitaler Landtechnik in landwirtschaftlichen Familienbetrieben" erstellt.

Die in den Versuchen erhobenen Daten allein reichen nicht aus, um eine umfassende betriebswirtschaftliche Analyse der Wirtschaftlichkeit und Wettbewerbsfähigkeit zu erstellen. Zur Erstellung aussagekräftiger KPIs (Key Performance Indicator), werden bereits veröffentlichte Daten und schlüssige Annahmen verwendet. Der Begriff KPI bezeichnet Kennzahlen, mit denen die Leistung von Aktivitäten in Unternehmen ermittelt werden kann. Um den Erfolg oder Misserfolg einer Maßnahme zu messen, können Unternehmen diese Key Performance Indicators genauer betrachten.

Es wird ein Expertenworkshop geplant.

Veröffentlichungen (Projektvorstellungen) innerhalb dieses Zeitabschnitts:

- Conceptual framework of a decentral digital farming system for resilient and safe data management (in Smart Agricultural Technology 2, 2022)
- Vorträge auf Maschinenring-Veranstaltungen (MR Arbeitstagung am 11. und 12. November 2021)
- Erstellung eines Infoblattes für Landwirte, die an MR digital teilnehmen.

01.01.2022 - 06.09.2022

Durch das Fachgebiet der Pflanzenernährung wurden unter Frau Binder für die Betriebe Eberhardt und Geier neue Felder ausgewählt, auf denen daraufhin eine EM38 Messung

durchgeführt wurde. Auf dem Betrieb Hoffie wurde auf dem Schlag Holderland ebenfalls eine EM38 Messung durchgeführt, da hier eine hohe Anzahl verschiedener Daten verfügbar war.

Sowohl auf den Betrieben des MR Ulm-Heidenheim als auch auf dem Betrieb des MR Mosbach wurden teilflächenspezifische Düngungen in mineralischer und organischer Form durchgeführt. Dazu mussten Applikationskarten wie in den vorangehenden Jahren angefertigt werden.

Die im Antrag formulierten Milestones sind im Wesentlichen erreicht worden.

Die Analytik der Wasserspannungskurve hatte sich verzögert, diese wird bis Spätherbst bzw. Winter abgeschlossen, Ergebnisse der C/N- und Texturanalytik werden bis November erwartet.

Der Abgleich der in AP2 erhobenen Ground Truth Daten mit den anderen Arbeitspaketen wird voraussichtlich bis zum Winter abgeschlossen.

Das Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung (LGL) stellte in den Jahren 2021 und 2022 folgende Basisdaten und Dienste zur Verfügung:

Datensätze zur lokalen Nutzung

- DOP20 (RGBI) Luftbilder
- DGM1 Digitales Geländemodell im 1 m Raster
- DOM5 Digitales Oberflächenmodell im 5 m Raster

Dienste

- INSPIRE-WMS BW Orthografie DOP10
- INSPIRE-WMS/-WFS BW Bodennutzung ATKIS Basis-DLM
- INSPIRE-WMS/-WFS BW Hydro - Netzwerk ATKIS Basis-DLM
- INSPIRE-WMS/-WFS BW Hydro - Physische Gewässer ALKIS
- INSPIRE-WFS BW Verwaltungseinheiten ATKIS DLM50 (Open Data)

Leider konnten die Daten der Bodenschätzung nicht im Projekt verwendet werden, obwohl diese eine wichtige Basis für die Beurteilung von Standortunterschieden sein kann und dementsprechend in die Entscheidungsfindung in der Landwirtschaft einfließen sollte. Die Daten der Bodenschätzung wurden in einem parallel laufenden Projekt des LGL in digitaler Form in ALKIS integriert und sind seit dem Jahr 2022 entsprechend als WFS-Dienst verfügbar, sofern eine Genehmigung zur Nutzung besteht. Bis zur vollständigen digitalen Abdeckung Baden-Württembergs wird noch einige Zeit benötigt, die Arbeiten daran werden fortgeführt.

Nach der Inbetriebnahme der Hofboxen wurde lokal damit begonnen Daten in der GeoFIS Software aufzubereiten, zu interpolieren und eine Zonierung vorgenommen. Die nächsten Schritte sehen eine Fusion von verschiedenen Daten eines Feldes vor sowie die Erstellung einer Applikationskarte.

Der Hauptfokus der letzten Monate lag auf der Feature-Entwicklung mit BOSCH NEVONEX. Nach intensiver Konzeptionierung mit NEVONEX und Absprache zwischen Anwender, Maschinenring und abrechnender Stelle fiel die vielversprechendste Entscheidung auf eine Zusammenarbeit mit der Firma ITK, einer Tochterfirma von BOSCH, die mit NEVONEX Erfahrung hat. Die Verhandlungen über ein Angebot laufen. Es soll eine Lösung entwickelt werden, die es möglichst vielen Landwirten mit unterschiedlichen Applikationskartenursprüngen möglich

macht, teilflächenspezifisch zu düngen und eine automatische Dokumentation zu erhalten, bei gleichzeitiger Abrechnung nach den dokumentierten Daten. Bis auf eine Ergänzung fehlender Daten und einer Plausibilitätsprüfung findet die Übergabe der Abrechnungsdaten in das Maschinenringprogramm MRWin automatisch statt.

Im Rahmen eines Expertenworkshops fand ein sehr gelungener bereichsübergreifender Austausch zum Projektthema der überbetrieblichen Anwendung digitaler Landtechnik, vor allem im Rahmen kleiner und mittlerer Betriebe, statt.

Veröffentlichungen (Projektvorstellungen) innerhalb dieses Zeitabschnitts:

- Über die Monate März, April und Mai fanden mehrere Termine mit einer Journalistin der Stuttgarter Zeitung zum Thema statt, was in einem Artikel auf Seite 2 am 28./29. Mai 2022 resultierte.
- Auf den DLG-Feldtagen war das Projekt MR digital auf dem Stand der Uni Hohenheim und dem NEVONEX Stand der Firma BOSCH präsent.

06.09.2022 - 06.03.2023

Es wurden konkrete Planungen zur zukünftigen Zusammenarbeit mit BOSCH NEVONEX angestellt.

Aus Drohnen- und Satellitenaufnahmen wurden NDVIs erzeugt. Der normalisierte differenzierte Vegetationsindex (NDVI) ist ein standardisierter Index, der das Erstellen eines Bildes mit Grünanteilen (auch als relative Biomasse bezeichnet) ermöglicht. Hierzu wurden wieder 14 Befliegungen mittels Drohne durchgeführt.



Abb. 17: Befliegung der Versuchsfläche mit Drohne (M300 mit sehr hochauflösender Kamera)

Befliegungen mit UAS (unbemannte Luftfahrtsysteme) liefern hochaufgelöste Orthofotos der Schläge, aus denen weitere Produkte abgeleitet werden können: Bei multispektraler Befliegung mit explizitem Infrarotkanal lässt sich ein klassischer Vegetationsindex berechnen: der normalisierte differenzierte Vegetationsindex NDVI. Auch aus RGB-Bildern (typisch für Fotokameras) lassen sich Grünindexe berechnen, hier lassen sich der Excess Green Index EGI nennen bzw. seine normalisierte Variante Green leaf index GLI. Bei der Erstellung von Orthofotos wird zusätzlich ein Höhenmodell errechnet, das die Oberflächenhöhen enthält.

Die Befliegungen wurden mit unterschiedlichen Systemen der Firma DJI durchgeführt: Multispektrale Befliegungen mit Nahinfrarotkanälen wurden mit einer Phantom 4 multispektral durchgeführt. Die Phantom P4 multispektral besitzt eine Kamaraeinheit mit mehreren Kamerasensoren für fünf einzelne spektrale Bänder. RGB-Aufnahmen wurden mit Phantom 4 RTK oder einer M300 mit hochauflösender Kamera durchgeführt. Die Systeme fliegen mit RTK-GPS mit Korrektursignal für eine hochgenaue Positionierung.

Der Vegetationsindex NDVI zeigt Unterschiede in der Abreife

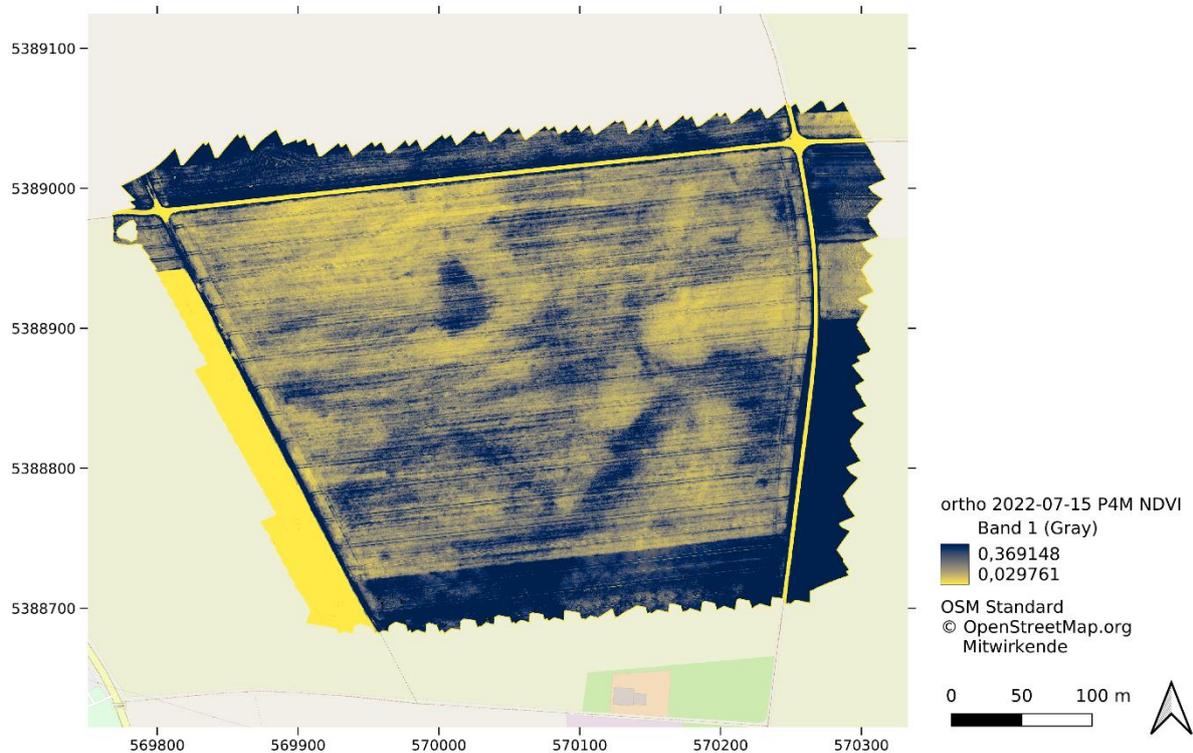


Abb. 18: Vegetationsindex NDVI

Eine Offline-Lösung zur Erstellung von Applikationskarten auf dem dezentralen Hofserver wurde entwickelt.

Eine internetunabhängige Vernetzungslösung wird entwickelt.

Das "MR digital Billing-Feature" basierend auf der BOSCH NEVONEX Plattform, zur teilflächenspezifischen Ausbringung von Gülle, Dokumentation und Erstellung von abrechnungsrelevanten Daten befindet sich in Entwicklung. Also abarbeiten der Applikationskarte und Erstellung einer As-Applied Dokumentation für den Landwirt und einer csv-Datei für den Maschinenring, aus der die Rechnung erstellt wird.

Leider konnte die Steuerung des NIR-Sensors (John Deere) mit der NEVONEX GeoSuite nicht umgesetzt werden. Ein alternativer Ansatz wird momentan gesucht.

Die Auswertung der explorativen Faktorenanalyse und der interdisziplinären Expertenbefragung (Delphi-Workshop) wurde beendet. Daraus konnten die Anforderungen und Voraussetzungen für die Umsetzung überbetrieblicher digitaler Landtechnik definiert werden (siehe Anlage 6 Ergebnisse aus dem Expertenworkshop "Chancen und Grenzen überbetrieblich eingesetzter digitaler Landtechnik")

Veröffentlichungen (Projektvorstellungen) innerhalb dieses Zeitabschnitts:

- Vorstellung der im Rahmen des Projektes bisher entwickelten Konzepte auf dem 101. Landwirtschaftlichen Hauptfest
- Veröffentlichung von ersten Ergebnissen der explorativen Faktorenanalyse im Austrian Journal of Agricultural Economics and Rural studies.
- Präsentation auf dem EIP-AGRI-Erfahrungsaustausch am 19.10.2022

07.03.2023 - 30.06.2023

Zur Fertigstellung des MR digital Billing Features wurde intensiv mit ITK und BOSCH NEVONEX zusammengearbeitet und mehrere Vororttermine und Meetings waren notwendig.



Abb. 19: Datenaustausch MR digital Billing Feature

Der Präsentationstermin für Minister Peter Hauk (MdL) wurde geplant und vorbereitet.

Eine zweite Überprüfung durch den Rechnungshof hat stattgefunden.

Die Software-Grundstruktur wird aufgesetzt und auf der Hofbox installiert.

Das MR Billing Feature wird im Einsatz getestet. Regelmäßig wurden neue Updates aufgespielt, welche dann erneut im Feldeinsatz erprobt wurden. Dazu waren mehrere Termine mit ITK vor Ort auf der Maschine notwendig, um die Arbeitsweise des Programms bei der Arbeit zu verstehen.

Leider sind die Versuche, eine stabile Kommunikation zwischen Vervaet, John Deere und NE-VONEX herzustellen, nicht erfolgreich. Der ISOBUS-Abgleich scheiterte an der Konfiguration des NIR-Sensors von John Deere. John Deere zeigt sich leider nicht kooperativ.

Offizieller Projektabschluss mit Minister Hauk (MdL). Bei der Feldvorführung mit anschließenden Kurzreferaten der beteiligten Akteure kann ein funktionierendes System gezeigt werden.







Abbildungen 20 – 25: Offizieller Projektabschluss mit Minister Peter Hauk (MdL)

Veröffentlichungen (Projektvorstellungen) innerhalb dieses Zeitabschnitts:

- Fertigstellung und Veröffentlichung des zweiten Artikels: "Using an open source and resilient technology framework to generate and execute prescription maps for site-specific manure application" (<https://doi.org/10.1016/j.atech.2023.100272>)
- Verfassen des dritten wissenschaftlichen Artikels in Zusammenarbeit mit M. Gscheidle und M. Weis
- Erstellen eines Video-Tutorials zur Erstellung von Applikationskarten

2.4.4 BEITRAG DES ERGEBNISSES ZU FÖRDERPOLITISCHEN EIP ZIELEN

Mit den Ergebnissen trägt MR digital zu folgenden Zielen von EIP AGRI bei:

Durch die Förderung und Anwendung der teilflächenspezifischen Düngung bei der Gülleausbringung ist es möglich, mit weniger Gülle mehr, oder zumindest gleichviel Ertrag zu erzielen. Es ist möglich, mit derselben Menge Gülle mehr Fläche zu düngen. Außerdem kann das Grundwasser geschützt werden, in dem auf auswaschungsgefährdeten Standorten teilflächenspezifisch weniger gedüngt wird.

Durch die positiven Effekte digitaler Anwendungen in der Landwirtschaft im überbetrieblichen Maßstab, stärken wir die Ernährungssicherheit.

Zusätzlich macht der dezentrale Ansatz der Digitalisierung aus MR digital die Ernährungssicherung resilienter gegen verschiedenste Störungen.

Durch die enge Zusammenarbeit zwischen den Praxisbetrieben, den Maschinenringen und den Instituten der Universität wurde das Potenzial der Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Praxis in MR digital voll ausgeschöpft und dieses Ziel damit erreicht.

2.4.5 NEBENERGEBNISSE

Durch die Nutzung des Logging-Systems von Exatrek konnte eine teilflächenspezifische Dokumentation einer Gülleapplikation mit einem nicht-teilflächenfähigen Güllefass erreicht werden (siehe Anlage 4 Bökle et al. 2020: Automatisierte und digitale Dokumentation der Applikation organischer Düngemittel, in Gandorfer et al.: Digitalisierung für Mensch, Umwelt und Tier, Lecture Notes in Informatics (LNI), Gesellschaft für Informatik, Bonn 2020).

2.4.6 ARBEITEN, DIE ZU KEINER LÖSUNG GEFÜHRT HABEN

Im Bereich des überbetrieblichen Pflanzenschutzes im Obstbau konnte nur eine reine Kontroll- und Dokumentationsfunktion erreicht werden, da Pflanzenschutzmaßnahmen im Obstbau fast ausschließlich eigenmechanisiert und nicht überbetrieblich durchgeführt werden. Hinzukommend sind sehr wenige Sprühgeräte in der Praxis ISOBUS-fähig, was eine Betrachtung innerhalb des Precision Farming einschränkt.

2.5 NUTZEN DER ERGEBNISSE FÜR DIE PRAXIS

Folgenden Ergebnisse aus dem Projekt MR digital sind für die Praxis von Relevanz:

- Das MR digital Billing Feature, basierend auf der BOSCH NEVONEX Hardware und Plattform. Das Feature ermöglicht die Applikation, Dokumentation und semiautomatische Abrechnung einer teilflächenspezifischen Gülleapplikation
- Erstellen einer Applikationskarte aus fusionierten Daten in Open Source-Programmen
- Das Hofbox-Konzept: Auf einen Maschinenring anwendbare, dezentrale IT-Infrastruktur, für resiliente Datenhaltung und Datenmanagement.
- Potenziale der überbetrieblichen Zusammenarbeit im digitalen Kontext wurden aufgezeigt und im aktuellen Stand der Forschung reflektiert
- Der Expertenworkshop brachte wesentliche Akteure, die bei einer überbetrieblichen Zusammenarbeit im digitalen Kontext beteiligt sind, zusammen und schuf eine Plattform zum gegenseitigen Austausch und gemeinsamen Weiterdenken

2.6 (GEPLANTE) VERWERTUNG UND NUTZUNG DER ERGEBNISSE

Nach Fertigstellung des MR digital Billing Features soll dieses in der Güllegemeinschaft genutzt werden. Interessierte Maschinenringe können es für denselben Anwendungsfall übernehmen oder auf weitere Dienstleistungen anpassen. Bei konkretem Bedarf seitens Landwirten und Maschinenringen kann das Hofboxkonzept realisiert werden.

In Planung ist die Einrichtung des MR digital Billing Features bei Pilot-Maschinenringen und -Lohnunternehmen. Und ebenso den Hofserver bei Pilot-Betrieben der Pilot-Maschinenringe.

Die Methode der Applikationskartenerstellung soll noch in einem Tutorial veröffentlicht werden. Hiermit können Landwirte und Maschinenringmitarbeiter geschult werden.

2.7 WIRTSCHAFTLICHE UND WISSENSCHAFTLICHE ANSCHLUSSFÄHIGKEIT

Im Bereich der teilflächenspezifischen Düngung könnte die Fragestellung "Was ist eine gute Applikationskarte?" weiter erforscht werden. Ebenso die Möglichkeit, innerhalb einer Applikationskarte die Daten zur teilflächenspezifischen Düngung (jeweils organisch und mineralisch) kartenbasierte Maßnahmenplanung aufzuarbeiten und mit Geodaten (sofern vorhanden) anzureichern.

Die Erstellung von Potenzialkarten, ausschließlich mit Hilfe des NDVI, ist nicht ausreichend, um konkrete Aussagen über unterschiedliche N-Düngebedarfe innerhalb eines Feldes zu machen. Empfehlenswert wäre folglich weitere Sensordaten mit in die Entscheidungsfindung bezüglich teilflächenspezifischer Managementstrategien mit einzubeziehen, um die anhand des NDVI ermittelten Unterschiede zu verifizieren. Dabei ist offen, wie die einzelnen Daten gewichtet werden sollen.

In die Dokumentationen (As-Applied-Karten) sollten auch Wetterdaten hinzugefügt werden können. Im Projekt zeigte sich, dass Witterungsverläufe (nass, trocken) die Effekte teilflächenspezifischer Düngung teilweise überlagern. Daher sollte bei den Düngeempfehlungen auch mittel- und langfristige Wetterprognosen und zurückliegende Wetterereignisse berücksichtigt werden. Hier sind eventuell weitere Einsparungspotenziale vorhanden.

Die Fragen bzgl. der Datenrechte und den Standards hinsichtlich des Datenschutzes sind nach wie vor weitestgehend offen und bedürfen einer möglichst zeitnahen Klärung.

Fragen des ökonomischen Mehrwerts von überbetrieblich eingesetzter digitaler Landtechnik sollten weiter vertieft bearbeitet und unter Einbezug von praxisbezogenen Felddaten analysiert werden

2.8 KOMMUNIKATIONS- UND DISSEMINATIONSKONZEPT

2.8.1 VERBREITUNG DER PROJEKTERGEBNISSE

Maschinenringe sind eine sehr gut vernetzte Organisation. Informationen laufen entweder direkt von Maschinenring zu Maschinenring oder über den Landesverband der Maschinenringe in Baden-Württemberg e.V. an seine 27 Mitgliedsmaschinenringe. Da der Landesverband der Maschinenringe Leadpartner und Projektkoordinator war, wurden die Maschinenringe regelmäßig auf Veranstaltungen und Gremiensitzungen über Inhalte und Verlauf des Projektes informiert.

Allerdings zeigte sich dabei, dass es sehr schwierig ist, Praktiker für Techniken und Verfahren zu begeistern, die sich noch in Planung oder im Entwicklungsstadium befinden und somit noch nicht als funktionierende Einheit vorgeführt werden können. Deshalb wird die Hauptarbeit bei der Verbreitung der Projektergebnisse erst nach dem Ende des Projektes stattfinden.

Der Verein MR digital e.V. bleibt nach Ablauf des Projektes bestehen. Er soll als offene Plattform für den Informationsaustausch, die Verbreitung von Wissen und für Projekte im Bereich Digitalisierung im Bereich Pflanzenbau dienen.

Das MR digital Billing Feature soll zunächst bei Pilot-Maschinenringen eingerichtet werden. Parallel dazu soll die Einrichtung des Hofsevers bei Pilot-Betrieben der Pilot-Maschinenringe stattfinden.

Bereits zu Beginn des Projektes wurde auf der Internetseite des Landesverbandes der Maschinenringe die Projektseite MR digital eingerichtet: www.mr-bw.de/mr-digital

Während des Projektes wurden Informationen zu MR digital und die Ergebnisse über folgende Veranstaltungen und Kanäle verbreitet:

- Agritechnica 2019: Posterpräsentation am Stand der Uni Hohenheim
- GIL-Tagung 2020 mit dem Beitrag:
- Bökle et al. 2020: Automatisierte und digitale Dokumentation der Applikation organischer Düngemittel, in Gandorfer et al.: Digitalisierung für Mensch, Umwelt und Tier, Lecture Notes in Informatics (LNI), Gesellschaft für Informatik, Bonn 2020
- Maschinenring Geschäftsführertagung März 2020

- Arbeitstagung der Maschinenringe Baden-Württemberg Stadthalle Leonberg 2021
- ECPA 2021 (European Conference of Precision Agriculture) mit dem Beitrag:
- S. Bökle, L. Könn, D. Reiser, D.S. Paraforos, H.W. Griepentrog: Consideration of resilience for digital farming systems, in: Precision Agriculture '21, Wageningen Academic Publishers, Budapest, Hungary, 2021: pp. 25–31. https://doi.org/10.3920/978-90-8686-916-9_1.
- Mehrere Unterrichtsstunden zu "Digital Farming" an der Akademie für Landbau in Kupferzell
- Stand auf dem Landwirtschaftlichen Hauptfest 2022 in Stuttgart
- S. Bökle, M. Karampoiki, D.S. Paraforos, H.W. Griepentrog: Using an open source and resilient technology framework to generate and execute prescription maps for site-specific manure application, Smart Agricultural Technology. 5 (2023) 100272. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2023.100272>
- S. Bökle, D.S. Paraforos, D. Reiser, H.W. Griepentrog: Conceptual framework of a decentral digital farming system for resilient and safe data management, Smart Agricultural Technology. 2 (2022) 100039. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2022.100039>.
- Weis, M., S. Bökle und K. Möller (2022): Die digitale Hofbox: ein Konzept für die Datenhaltung auf dem Hof mit freier Software. In: VDLUFA (Hrsg.) (2022): Sensorsysteme in der Landwirtschaft - Chancen und Herausforderungen, VDLUFA-Schriftenreihe, Band 2022. Darmstadt: 301–307
- Veröffentlichung: Strukturwirkung der Digitalisierung in der Landwirtschaft als basale Grundlage (ISSN 2196-5099)
- Veröffentlichung: Wirkungen überbetrieblich eingesetzter digitaler Landtechnik auf das Umfeld landwirtschaftlicher BetriebsleiterInnen (DOI 10.15203/OEGA_31.3)
- Präsentation von Zwischenergebnissen innerhalb von Maschinenringkreisen und Vertretern aus der Praxis
- Beteiligung am LWH 2022 mit Poster

Weitere Veröffentlichungen stehen noch aus und werden bei referierten Fachzeitschriften eingereicht

2.8.2 VORSCHLÄGE ZUR WEITERENTWICKLUNG DER EIP AGRI

Liquidität

Der Grundsatz des Erstattungsprinzips stellt eine erhebliche Hürde für die Durchführung des Projektes dar. Die OPG verfügt über keinerlei Eigenmittel oder Eigenkapital. Rechnungen müssen aber bereits bezahlt und Gelder müssen bereits geflossen sein, bevor Zahlungsanträge gestellt und Fördergelder abgerufen werden können. Dies betraf in unserem Fall vor allem die Abrechnung von Eigenleistungen von Akteuren oder die Inanspruchnahme von Dienstleistungen durch Dritte. Die Durchführung des Projektes war nur möglich, weil Akteure bereit und in der Lage waren, Überbrückungsdarlehen zu gewähren. In Summe betragen diese im Projekt MR digital rund 50.000,00 Euro.

Das bedeutet, dass EIP AGRI-Projekte nur verwirklicht werden können, wenn liquide und finanzstarke Akteure Mitglieder der OPG sind und bereit sind, das Risiko einzugehen, dass Zahlungsanträge nicht akzeptiert oder Fördergelder gekürzt werden.

Gute Ideen, Innovationen und Pionierleistungen finden sich aber häufig auch bei kleinen Betrieben, die im Rahmen von Diversifizierung oder Betriebsumstellungen auf neue Lösungen

angewiesen sind. Diese können aber häufig keine größeren Ausgaben vorfinanzieren. Geschweige denn, die Umsatzsteuer tragen.

Um EIP-AGRI wirklich für alle Akteure aus der Praxis und Wissenschaft langfristig attraktiv zu machen, sollte das Erstattungsprinzip überdacht werden. Eine Lösung wäre, dass die im Kostenplan für das laufende Jahr vorgesehenen Mittel bereits am Anfang eines Jahres abgerufen werden können. Nicht benötigte Mittel werden nach Ende des Projektes zurücküberwiesen. Selbstverständlich auch die Beträge für nicht anerkannte und nicht förderfähige Ausgaben.

Umsatzsteuer

Die Tatsache, dass die OPG selbst und der Großteil der Akteure, die in getätigten Zahlungen enthaltene Umsatzsteuer nicht vom Finanzamt erstattet bekommen, setzt voraus, dass die Projektteilnehmer bereit sind, die anfallende Umsatzsteuer selbst zu finanzieren. Das werden sie aber nur sein, wenn persönliche oder wirtschaftliche Interessen mit dem Projekt verknüpft werden.

Im Umkehrschluss wäre die Nichtförderung der Umsatzsteuer nur dann kein Problem, wenn alle Akteure und die OPG zum Vorsteuerabzug berechtigt wären.

3 Angebote (bzw. Internetrecherche bei Anschaffungen bis 500,00 Euro)

Dies schafft vor allem bei wissenschaftlichen Mitarbeitern von Hochschulen Probleme. Verbrauchsmaterialien für Labor, Analysen, aber auch Datenträger, Kabel uvm., werden im Normalfall über die Hochschule im Rahmen strenger Vergabeverfahren beschafft. Dasselbe gilt für den Druck von Postern und Veröffentlichungen. Hier noch einmal eine Internetrecherche oder gar eine Ausschreibung on Top zu schalten, bedeutet eine unnötige Verschwendung der wertvollen Ressource Zeit mit nur marginalem Effekt. Zudem sind die Ansprüche an Qualität und besondere technische Eigenschaften z.T. so spezifisch, dass die Zahl der Hersteller oder Lieferanten von vorneherein beschränkt ist.

Bewirtung der Teilnehmer bei Veranstaltungen

Ein wichtiger Baustein bei Forschungsprojekten ist die Vernetzung und der persönliche Austausch mit Personen aus Wissenschaft, Praxis, Firmen und Organisationen, die in ähnlichen Bereichen tätig sind. Auch zur Verbreitung von Ergebnissen des laufenden Projektes sind Tagungen in Präsenz mit persönlichem Austausch sehr effektiv. Dasselbe gilt auch für Besprechungen der Akteure des Projektes.

Eine Erstattung der Kosten für eine angemessene Bewirtung der Teilnehmer bei OPG-Besprechungen sollte hier selbstverständlich sein. Zum einen, weil der Austausch in den meisten Fällen eine positive Auswirkung auf das Projekt hat und zum anderen hat es auch etwas mit Wertschätzung für die agierenden Personen zu tun.

ANLAGEN

Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitforschung zu MR digital
(siehe Anlagenverzeichnis, S. 4)