Schlussbericht

zum Vorhaben

Thema:

Verbundprojekt: Flächendeckende Kommunikations- und Cloudnetze für Landwirtschaft 4.0 und den ländlichen Raum (Landnetz)

Zuwendungsempfänger:

Teilvorhaben 1: Technische Universität Dresden

Teilvorhaben 2: Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie Verwaltung August-Böckstiegel-Str. 1 01311 Dresden

Teilvorhaben 3: Fraunhofer Institut für Verkehrs- und Infrastruktursysteme

Förderkennzeichen:

Teilvorhaben 2: 28DE101B18

Laufzeit:

01.09.2019 bis 31.12.2024

Monat der Erstellung:

11/2024

Gefördert durch:

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages mit Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) als Projektträger des BMEL für das Förderprogramm Nachwachsende Rohstoffe unterstützt. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei der Autorenschaft.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis **2**
Tabellenverzeichnis **3**
Abkürzungsverzeichnis **4**
Teil I: Kurzbericht **5**
II. Eingehende Darstellung der Ergebnisse **7**
1. Erzielte Ergebnisse 7
Arbeitspaket 1: Analyse von Digitalisierungsanwendungen und deren technischen Anforderungen 7
Arbeitspaket 2: 5G-basiertes Experimentierfeld 10
Arbeitspaket 3: Erprobung und Demonstration digitaler Technologien und Anwendungen 11
TP 1: Wetterdatenerfassung 11
Demo 2: Durchgängige Digitalisierung und Vernetzung zur Prozessoptimierung in der Tierhaltung 20
Demo 3: Autonome Fahrzeugtechnik im Garten-, Obst- und Weinbau 29
Demo 4: Bodenzustandsüberwachung 29
Demo 5: Daten-Hub basierter Informationsaustausch 29
Demo 6: Erprobung und Demonstration von Landmaschinenvernetzung 29
Arbeitspaket 4: Partizipationsstrategien und Öffentlichkeitsarbeit 29
Arbeitspaket 5: Wertschöpfung, Bewertung, Transfer und Evaluation 33
Arbeitspaket 6: On/Off Road Safety 40
2. Verwertung 40
a) Erfindungen/Schutzrechtsanmeldungen 40
b) Wirtschaftliche Erfolgsaussichten nach Projektende 40
c) Wissenschaftliche und/oder technische Erfolgsaussichten nach Projektende 41
d) Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit 41
3. Erkenntnisse von Dritten 42
4. Veröffentlichungen 42
ANHANG **45**

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Lageplan der beteiligten Partnerbetriebe 7
Abbildung 2: Erfassung der Datenströme in den Projektbetrieben 8
Abbildung 3 Datenflüsse der Betriebsleitung (blau = Daten kommen von der Betriebsleitung, grün = Daten gehen zur Betriebsleitung) eines Projektbetriebes 9
Abbildung 4 Pheromonfalle zum Maiszünslermonitoring auf einem Maisschlag 17
Abbildung 5: virtueller Zaun zur Identifikation des aktuell gestatteten Aufenthalt Bereiches 25
Abbildung 6: Auszug aus dem Bewegungsprofil vom 07.10.2012 mit Einordung der Indizes..... 25
Abbildung 7: Konzept Kontakt- und Vermittlungsstelle zum Wissenstransfer nach Push- und Pull-Prinzip 31
Abbildung 8: Exemplarische Darstellung einer Business Model Canvas (BMC) als Ergebnis der Projektierung eines Geschäftsmodells zum Produkt „private Netzwerke für ländliche Räume“ 33
Abbildung 11: Niederschläge an den Standorten der Wetterstationen der Partnerbetriebe und nächstgelegenen Agrarmeteorologischen Messnetzstation im Jahr 2022 45
Abbildung 12: Auswahl der mittels CMS überwachten Kälber im Praxisbetrieb (n=53) [rot= hohes Krankheitsrisiko; gelb= mittleres Krankheitsrisiko, grün= geringes Krankheitsrisiko] 48
Abbildung 13: Alarmmeldungen des CMS in Abhängigkeit des Alters (n=53)..... 48

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Das Projekt wurde in 6 Arbeitspaketen umgesetzt. 6
Tabelle 2: In 6 Demonstrationsvorhaben wurden digitale Technologien und Anwendungen erprobt. 6
Tabelle 3: Anzahl und Anteil der Datenflüsse in Abhängigkeit der Datenherkunft in den Projektbetrieben (n=3) 9
Tabelle 4: Anzahl und Anteil der Arten der Datenübertragung in den Projektbetrieben (n=3) 10
Tabelle 5: Trockensubstanzgehalte der NIRS-Messung im Feldhäcksler und der Prognose in Abhängigkeit von Prognosemodell, Sorte Schlag und Erntejahr 15
Tabelle 7: Eingabedatum, Abrufdatum der Daten und Laufzeit der Pansenboli (Stand: 08.04.2022) 46
Tabelle 8: Exemplarische Kostenkalkulation der im Anwenderseminar vorgestellten Betriebe (nach Dr. med. vet. Marco Ziesch) 47
Tabelle 9: Exemplarische Darstellung der händischen Dokumentation auf Einzeltierniveau zu Untersuchungszwecken 49

Abkürzungsverzeichnis

AKh *Arbeitskraftstunden*
AP *Arbeitspaket(e)*
ASP *Afrikanische Schweinepest*
BMEL *Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft*
BMS *Business Model Canvas*
CMS *Calf Monitoring System*
DWD *Deutscher Wetterdienst*
IVI *Fraunhofer Institut für Verkehrs- und Infrastruktursysteme*
LfULG *Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie*
LVG *Lehr- und Versuchsgut*
MAT *Milchaustauscher*
MS *Meilenstein*
NIRS *Nahinfrarotspektroskopie*
SIH *simul+InnovationHub*
TDL *Themenverbund digitale LandLfULGwirtschaft*
TierSchNutztVO *Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung*
TS *Trockensubstanz*
TUD *Technische Universität Dresden*
UAV *unmanned aerial vehicle*

Teil I: Kurzbericht

1. Ursprüngliche Aufgabenstellung sowie der wissenschaftliche und technische Stand an den angeknüpft wurde

Die Digitalisierung der Landwirtschaft hängt maßgeblich von einer mobilen, breitbandigen und zuverlässigen Vernetzung ab. Leistungsstarke Mobilfunknetze sind in Deutschland jedoch vor allem in Städten verfügbar. Die Abdeckung in ländlichen Regionen ist weder flächendeckend noch zuverlässig verfügbar und oftmals nur mit niedrigen Datenraten möglich. Zudem sind Mobilfunk-Nutzer an einen Anbieter gebunden, und Daten werden meist über die Hersteller-Cloud übertragen, was zu Interessenkonflikten im Hinblick auf Datensouveränität führen kann. Ein Lösungsansatz kann die Übertragung des Konzepts lokaler privater Netze aus der Industrie auf die Landwirtschaft sein, jedoch fehlen hierfür klare Anforderungen. An diesen Punkt knüpfte das Experimentierfeld LANDNETZ an und stellte sich zur Aufgabe Strategien für eine durchgängige Vernetzung und ein effizientes Datenmanagement zu entwickeln und in der Folge ein digitales Testfeld zu schaffen, welches die notwendige Infrastruktur für eine drahtlose Datenübertragung auf Basis von 5G bereitstellt. Anhand einer Vielzahl von Anwendungen mit unterschiedlichen Kommunikationsanforderungen und -aspekten sollten im Testfeld digitale Kommunikations- und Cloudtechnologien im Hinblick auf ihre Anwendung und Nutzbarmachung in der Landwirtschaft erprobt und weiterentwickelt werden. Gleichzeitig sollte LANDNETZ den Konflikt zwischen Datenhoheit und Datenverwertung seitens der Maschinenhersteller adressieren und Alternativen aufzeigen. Die Ergebnisse und Angebote des Projekts sollten mit Hilfe eines gezielten Wissenstransfers sowohl der Fachwelt als auch der breiten Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden, um somit einen effizienten Transfer von Wissen und Erkenntnis in die Praxis gewährleisten.

2. Ablauf des Vorhabens

Das Vorhaben wurde als Verbundprojekt für 3 + 2 Jahre (2019 - 2024) geplant. Verbundpartner waren die Technische Universität Dresden (TUD), das Fraunhofer-Institut für Verkehrs- und Infrastruktursysteme (IVI) sowie das Sächsische Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG). Koordiniert wurde das Verbundprojekt von der TUD. Die Umsetzung erfolgte in sechs Arbeitspaketen, wobei die Verantwortung darüber jeweils dem Partner mit den meisten inhaltlichen Aufwänden oblag (Tabelle1). Unter Einbeziehung von landwirtschaftlichen Partnerbetrieben wurden in sechs verschiedenen Demonstrationsvorhaben Technologien für unterschiedliche Digitalisierungsanwendungen erprobt.

Arbeitspaket (AP)	Verantwortung
AP 1: Analyse von Digitalisierungsanwendungen & deren technischen Anforderungen	TUD
AP 2: 5G-basiertes Experimentierfeld	TUD
AP 3: Erprobung & Demonstration digitaler Technologien & Anwendungen	siehe Demonstrationen

AP 4: Partizipationsstrategie	LfULG
AP 5: Wertschöpfung & Transfer	LfULG
AP 6: On/Off Road Safety	TUD

Tabelle 1: Das Projekt wurde in 6 Arbeitspaketen umgesetzt.

Demonstrationsvorhaben	Verantwortung
Demo 2: Digitalisierung und Vernetzung zur Prozessoptimierung im Pflanzenbau	LfULG
Demo 2: Digitalisierung und Vernetzung zur Prozessoptimierung in der Tierhaltung	LfULG
Demo 3: Autonome Fahrzeugtechnik im Garten-, Obst- und Weinbau	TUD
Demo 4: Bodenzustandsüberwachung	TUD
Demo 5: Daten-Hub-basierter Informationsaustausch	TUD
Demo 6: Erprobung & Demonstration von Landmaschinenvernetzung	TUD

Tabelle 2: In 6 Demonstrationsvorhaben wurden digitale Technologien und Anwendungen erprobt.

Aufgrund der Auswirkungen der Coronapandemie (u.a. Kontaktbeschränkungen, Lockdowns, Lieferengpässe) sowie der marktseitigen Verfügbarkeit notwendiger 5G-fähiger Hardware kam es zu erheblichen Verzögerungen im ursprünglich geplanten Ablauf. Diese konnten jedoch im letzten Drittel der Projektlaufzeit aufgeholt werden.

3. Wesentliche Ergebnisse sowie ggf. Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Im Rahmen des Projekts wurden 40 Anwendungsfälle systematisch erfasst und die erforderlichen Kommunikationsbedarfe ermittelt. Dazu wurde ein Fragebogen entwickelt. Eine zentrale technische Umsetzung bestand in der Planung, Konzeption und erfolgreichen Bereitstellung der notwendigen Kommunikations- und Cloudinfrastruktur in Form von mobilen 5G-Campusnetzen.
Alle sechs Demonstrationsvorhaben wurden erfolgreich umgesetzt. Zudem wurde ein umfassendes Konzept für den Wissenstransfer erarbeitet und angewendet. Dazu gehörten die Einrichtung einer Kontakt- und Vermittlungsstelle, die Organisation zahlreicher Veranstaltungen sowie die Veröffentlichung von Projektergebnissen über verschiedene Formate.
Die regelmäßige interne und externe Evaluierung des Projekts erfolgte u.a. anhand quantifizierbarer Kriterien. Parallel wurden mögliche Geschäftsmodelle auf Basis einer Business Model Canvas betrachtet und Transferangebote bereitgestellt. Ein weiterer Schwerpunkt war die Entwicklung eines Road Safety Demonstrators auf Basis eines V2X-Kommunikationssystems.
Das Projekt förderte zudem eine enge Zusammenarbeit mit anderen Experimentierfeldern sowie weiteren 5G-Projekten, um Synergien zu nutzen und den Wissenstransfer zu stärken.

II. Eingehende Darstellung der Ergebnisse

1. Erzielte Ergebnisse

Arbeitspaket 1: Analyse von Digitalisierungsanwendungen und deren technischen Anforderungen

Vorangestellt wurde eine Analyse der Anwendungsfälle der Betriebe in der Modellregion. Ziel im Themenfeld ist die Schaffung eines digitalen Experimentierfeldes mit Fokus auf die erforderlichen Kommunikations- und Cloudinfrastrukturen. Das Experimentierfeld dient der Erforschung und Prüfung von Technologien zur flächendeckenden drahtlosen Datenübertragung mit Hilfe von 5G im ländlichen Raum, zur Vernetzung landwirtschaftlicher Betriebe und zur Nutzung von Daten-Hubs. Das Testfeld wurde zur Plattform und Schaufenster mit diskriminierungsfreiem Zugang zur Erprobung und Demonstration neuer und zukünftiger Digitalisierungsanwendungen für landwirtschaftliche Zwecke und für Innovationen im ländlichen Raum (siehe Abbildung 1) Das Ergebnis (Erhebungszeitraum 2020/ 2021) wurde zur Einordnung mit Aufnahme der geografischen Daten, sowie Landnutzungsdaten der Partnerbetriebe erhoben.

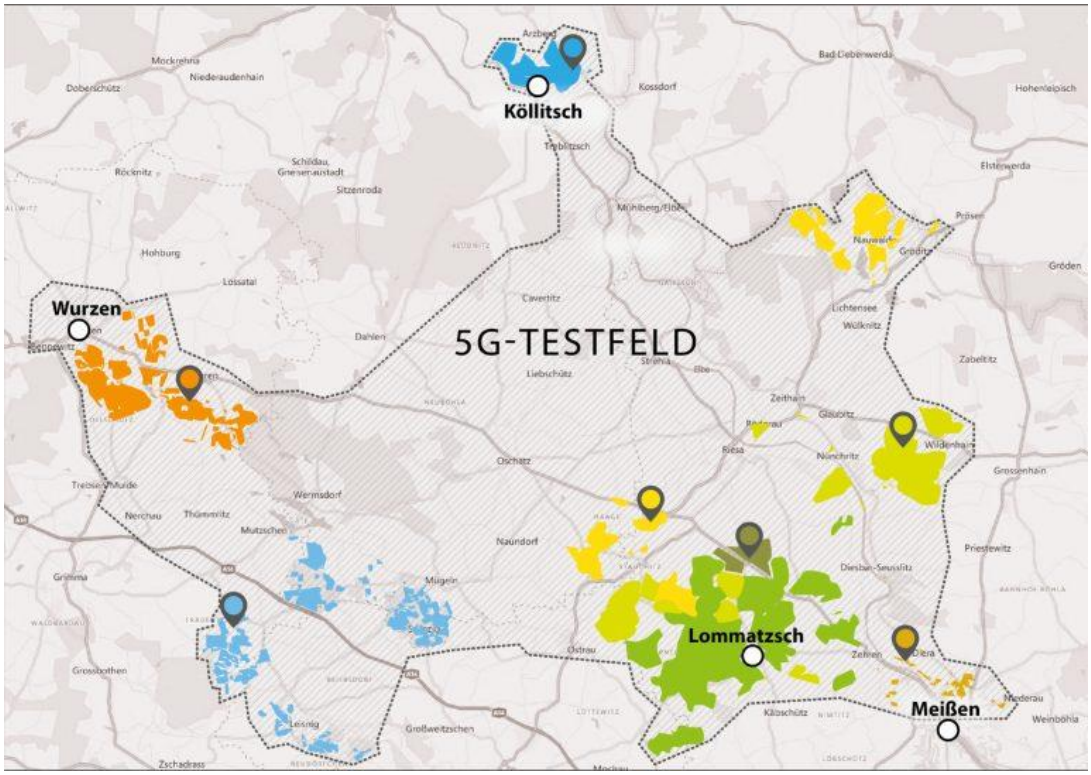

Abbildung 1 Lageplan der beteiligten Partnerbetriebe

WW= Winterweizen; WG= Wintergerste; WRaps= Winterraps; ZR= Zuckerrübe; S-Mais= Silomais; K-Mais= Körnermais; GL= Grünland

Zur Analyse der in der Modellregion bereits vorhandenen Infrastrukturen wurden zum einen die Partnerbetriebe Befragungen unterzogen. Weiterhin wurden Abstimmungen mit der Gemeinde Lommatzsch vorgenommen.

Die Befragungen haben ergeben, dass die Infrastruktur hinsichtlich der Anbindung von Büro- und Verwaltungskomplexen an das Mobilfunk- bzw. Glasfasernetz innerhalb unseres Erprobungsfeldes zum Projekt-Kick-Off Defizite aufweist. So verfügten nicht alle Praxispartner über eine ausreichendgute Netzanbindung. Noch größere Defizite konnte im Bereich der Netzabdeckung auf

den landwirtschaftlichen Flächen offengelegt werden. Darüber hinaus wurden in drei dieser Agrarunternehmen IST-Analysen zum Stand und Bedarf der Vernetzung der Daten durchgeführt.

Mit systemischem Ansatz wurde mit den Betriebsleitern ein Großteil der Datenströme erfasst, charakterisiert und analysiert (Abbildung 2). Durch die wirtschaftliche Ausrichtung der

Abbildung 2: Erfassung der Datenströme in den Projektbetrieben

Projektbetriebe wurde der Bereich Pflanzenbau und Betriebsleitung intensiver betrachtet als der Bereich der Tierhaltung.

Neben der allgemeinen Betriebsstruktur (Anbauspektrum etc.) wurden insbesondere folgende Aspekte erfasst:

- Standorte des Unternehmens inkl. Aufschlüsselung der Funktionen
- Benennung von Software und Akteuren
- Dateneingänge, -ausgänge und interne Datenflüsse
- Erfassungsarten (manuell, halbautomatisch, automatisch)
- Sendungsarten (USB, WLAN, Mobilnetz, Papier etc.)
- Speicherung (intern, extern)

Anschließend konnten sich die Betriebsleiter dazu äußern, welche Verbesserungen angestrebt werden und welchen Preis sie bereit wären dafür zu bezahlen. Als letzten Schritt legten die Betriebsleiter Prioritäten für ihren Betrieb fest. Ziel der Vorgehensweise war es, den Umgang mit Daten und Software im Unternehmen zu analysieren, Medienbrüche herauszuarbeiten und die aktuellen und möglichen zukünftigen Vorgehensweisen im Betrieb zu visualisieren. Durch die bildliche Darstellung konnten Fehlstellen besser erkannt und leicht gemeinsam erörtert werden. Die

Frage nach dem Umfang (Arbeitszeiten, Häufigkeit der Anwendung etc.) eines Datenstromes konnte von den Betriebsleitern nicht quantifiziert und somit nicht in die Untersuchung einbezogen werden.

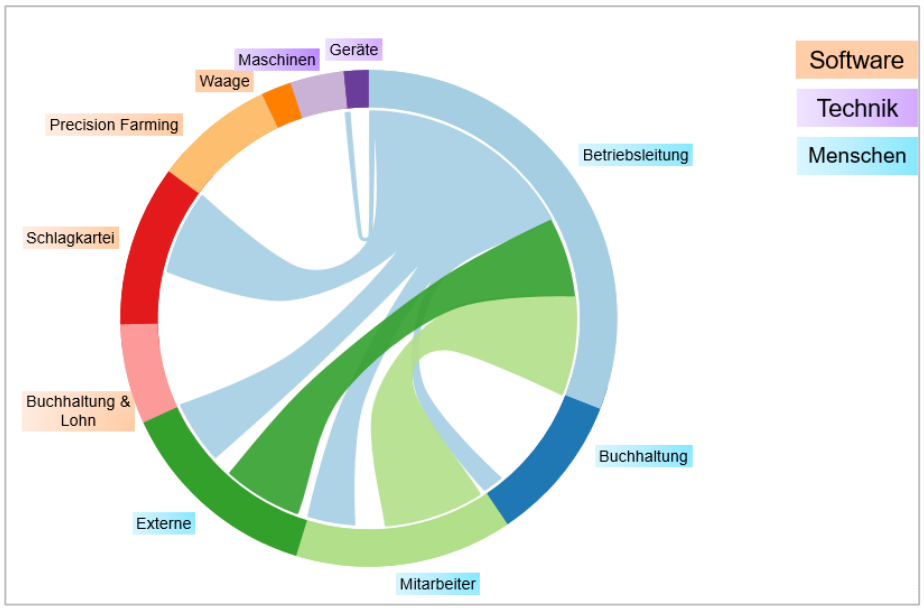

Abbildung 3 Datenflüsse der Betriebsleitung (blau = Daten kommen von der Betriebsleitung, grün = Daten gehen zur Betriebsleitung) eines Projektbetriebes

Die Daten wurden anschließend in Microsoft Excel überführt und ausgewertet. Die visualisierte Form der Daten wurde in einem weiteren Termin vor Ort mit den Betrieben besprochen und evaluiert. Die Auswertung der Daten zeigte, dass ein Großteil der Datenströme im Betrieb selbst verlaufen (Tabelle 3).

Tabelle 3: Anzahl und Anteil der Datenflüsse in Abhängigkeit der Datenherkunft in den Projektbetrieben (n=3)

Datenfluss	Anzahl	Anteil	Minimum	Maximum
Ausgang	42	14 %	9 %	17 %
Eingang	67	22 %	15 %	32 %
intern	195	64 %	50 %	76 %
Gesamt	304	100 %		

Die Datenausgänge der Betriebe sind zu 40 % analog und manuell. Hier zählen beispielsweise Absprachen mit Lohnunternehmern und Lieferanten. Die digitalen Daten, welche den Betrieb verlassen sind zu 56 % Eingaben in Softwareanwendungen, welche sich auf betriebsfremden Servern befinden. Die Dateneingänge in den Projektbetrieben sind zu 97 % digitaler Art. Hierbei handelt es sich um telemetrische Datenübertragung an interne Maschinen oder Computer, Rechnungseingänge per Email und entscheidungsunterstützende Anwendung von externen Softwareanwendungen. Interne Datenflüsse sind zu etwa zwei Dritteln analog und manuell. Sie bestehen aus Arbeitsanweisungen, Arbeitserledigungsnachweisen, händischer Datenübertragung von Software zu Software (Medienbruch) und der Dokumentation von Arbeitsgängen. Bei 15 % der internen Datenflüsse (entspricht 4 % aller Datenflüsse) kommen Sensoren zum Einsatz, die automatisch ihre Daten weitergeben. Hierbei handelt es sich um die Weiterleitung über standardisierte Verbindungen (ISO 11783 - ISOBUS).

Aus Gesprächen mit den Betriebsleitern wurde deutlich, dass diese immer mehr Daten bekommen und verarbeiten müssen (vgl. Abb. 3). Dies ist ohne die Anwendung eines betriebsspezifischen Datenmanagements in Zukunft nicht mehr leistbar.

Die Abbildung veranschaulicht, dass die Betriebsleitung an mehr als 25 % aller Datenflüsse beteiligt ist. Zum Teil werden hierbei von den Betriebsleitern nur Daten von Mitarbeitern, welche an der Waage erfasst wurden, in die Schlagkartei eingetragen. Die Menge an Daten, die in diesem System zwingend über die Betriebsleitung gehen müssen, erhöht die Anfälligkeit der betrieblichen Datenverwaltung. Der Betriebsleiter wird dadurch indirekt zu einem systemrelevanten "Risikofaktor" für den kontinuierlichen Informationsaustausch. Dieses Problem wird verschärft, wenn die Betriebsleitung in mehreren Händen liegt und stellvertretend Entscheidungen zu fällen sind.

Werden die Zahlen nach der Datenübertragung ausgewertet wird ersichtlich, dass etwa 40 % aller Übertragungen auf Papier erfolgen (vgl. Tabelle 4). Hierbei handelt es sich etwa um Arbeitserledigungsnachweise, Arbeitszeitnachweise und Arbeitsaufträge. Bei den Medienbrüchen handelt es sich um die Datenübertragungen von Software zu Software, welche vornehmlich über den Ausdruck und die Neueingabe erfolgt.

Tabelle 4: Anzahl und Anteil der Arten der Datenübertragung in den Projektbetrieben (n=3)

Datenübertragung	Anzahl	Anteil
E-Mail	36	12,0 %
Internet	24	8,0 %
ISOBUS/ Schnittstelle	12	4,3 %
Mobilnetz	25	8,0 %
Papier	124	41,0 %
USB	24	8,0 %
Verbal	59	19,0 %
Gesamt	**304**	**100,0 %**

Die Übertragung von Daten über Universal Serial Bus Datenträger (USB-Stick) ist noch immer eine gängige Übertragung digitaler Daten. Als Grund hierfür wird meist das schlecht verfügbare Mobilfunknetz benannt. Das nur 4,3 % der Daten über Schnittstellen erfolgt, zeigt den Handlungsbedarf bei dem Thema.

Arbeitspaket 2: 5G-basiertes Experimentierfeld

Die TUD war im Arbeitspaket 2 federführend. Die benötigten Zuarbeiten von Seiten des LfULG eingeflossen und die Ergebnisse werden im Abschlussbericht des Projektpartners dargestellt.

Am Standort Köllitsch wurden planmäßig die benötigen Cloud- und Datenhub-Architekturen installiert. Hierbei handelt es sich um eine transportable Infrastruktur zur Erzeugung eines mobilen 5G-Netzwerkes. Nähere Informationen zum Ausbau der 5G-Infrastruktur sind dem Abschlussbericht der TUD zu entnehmen.

Arbeitspaket 3: Erprobung und Demonstration digitaler Technologien und Anwendungen

Die Erprobung digitaler Anwendungen (Produkte, Prozesse, Dienstleistungen) und neuer Technologien für Vernetzung und Landtechnik, sowie im Bereich Tierhaltung und autonomer Fahrzeugtechnik im Garten-, Obst- und Weinbau und Bodenzustandsüberwachung.

Im Folgenden werden die Zielstellungen und Verläufe aller Teilprojekte Demo 1 und 2 kurz dargestellt, die Auswertung und Aufbereitung der Ergebnisse erfolgt unter AP 5 Bewertung.

Demo 1: Durchgängige Digitalisierung und Vernetzung zur Prozessoptimierung im Pflanzenbau

TP 1: Wetterdatenerfassung

Alle Tätigkeiten im landwirtschaftlichen Ackerbau sind stark vom Wetter abhängig. Temperatur und Niederschlag beeinflussen nicht nur das Pflanzenwachstum, sondern haben auch Einfluss auf das Auftreten von Pflanzenkrankheiten. Auch die Befahrbarkeit der Felder ist von der Bodenfeuchte abhängig. Daher sind aktuelle Wetterdaten für den Landwirt als Entscheidungshilfe und Planungsgrundlage unerlässlich. Neben öffentlichen Messnetzen wie dem Agrarmeteorologischen Messnetz und Stationen vom DWD (Deutscher Wetterdienst), die in unterschiedlicher räumlicher Auflösung aktuelle Wetterdaten liefern, gibt es auch Feldwetterstationen. Diese Wetterstationen können im Feld aufgestellt werden, sammeln Wetterdaten und übertragen sie in Echtzeit per Mobilfunk an den Server. In 2021 wurden 21 Wetterstationen in den Landnetz-Partnerbetreiben aufgebaut. Dabei wurden auf den Flächen des LVG 5 Wetterstationen vom Typ „NEXT Wetterstation Pro 25 Sensoren“ aufgestellt. Die 16 Wetterstationen vom Typ „NEXT Wetterstation Pro 17 Sensoren“ wurden 2021 auf Flächen der Partnerbetriebe Hofgut Weißig, Gutshof Raitzen, Biohofgut Klappendorf und dem Landgut Nemt aufgestellt. Die Wetterdaten lassen sich über die Webapplikation auf dem PC und auf dem Smartphone abrufen.

Die Entfernungen der Wetterstationen zu den Stationen des Agrarmeteorologischen Messnetzes reicht von 1 km bis zu ca. 20 km.

In Abbildung 9 im Anhang sind beispielhaft die Niederschläge im Jahr 2022 an den Standorten der Wetterstationen auf den Partnerbetrieben und der nächstgelegenen Wetterstation des Agrarmeteorologischen Messnetzes dargestellt. Zu sehen ist das trotz der räumlichen Nähe, es zum Teil erhebliche Unterschiede in der Niederschlagsmenge gab. Auf einigen Betrieben variierte der jährliche Niederschlag je nach Standort um bis zu 100 mm pro m².

Aus Gesprächen mit den Landwirten geht hervor, dass der Niederschlagswert von Interesse ist. Gerade zur täglichen Arbeitsplanung reicht der Blick in die App, um die Befahrbarkeit der Felder einschätzen zu können. Für einige Landwirte war auch die Bodentemperatur ein Wert von besonderem Interesse. Gerade bei Mais und Erbsen im Vertragsanbau soll ein bestimmter Temperaturwert im Boden überschritten sein und dieser ist über die Wetterstationen einfach und schlagspezifisch zu ermitteln.

Auch die Niederschläge im Jahresverlauf an den verschiedenen Standorten kann einen Beitrag zur Endscheidungshilfe leisten. So stellte ein Landwirt seinen Anbau auf den mit Trockenheit bzw.

Frühjahrestrockenheit betroffenen Schlägen von Druschfrüchten auf Futterpflanzen und Ganzpflanzensilage um.

Während der Erprobungszeit sind bei den Wetterstationen folgende Probleme aufgetreten:

Je nach Aufstellort wurden die Wetterstationen häufig von Vögeln frequentiert, gerade Niederschlagssensor und Solarpanel können durch Vogelkot verschmutzen und müssen regelmäßig gereinigt werden.

Um eine Aussagekräftige Information über Bodentemperatur, -feuchte, etc. zubekommen, muss die Bodensonde in den Ackerboden gebracht werden. Hier besteht Konfliktpotential, da durch Bodenbearbeitung, mechanische Beikrautregulierung und andere Arbeiten auf dem Feld, der Bodensensor beschädigt werden kann.

Im Winter kann das Solarpanel mit Schnee bedeckt sein, auch bei geringem Übertragungsintervall (2x täglich) kann dies auf Dauer zur Entladung des Akkus führen.

Zu Entladungen des Akkus und damit ausbleibender Übertragung der Wetterdaten kam es bei einigen Wetterstationen ohne erkennbaren Grund. Hier musste der Akku ausgebaut werden und am Bürostandort aufgeladen werden.

Des Weiteren gab es Probleme mit Vandalismus (1 Fall) und Kabelfraß durch Nagetiere.

TP 2: Teilflächenspezifische Düngung

In der landwirtschaftlichen Praxis wird die Menge des eingesetzten Stickstoffdüngers häufig an der durchschnittlichen Ertragserwartung eines Schlages ausgerichtet. Ackerschläge weisen aber teils starke Bodenheterogenitäten auf. Diese Bodenunterschiede beeinflussen das Pflanzenwachstum, was in unterschiedlichen Erträgen und Nährstoffentzügen resultiert. Eine flächeneinheitliche Düngung auf heterogenen Flächen führt zu Teilflächen mit Nährstoffüberschüssen bzw. Nährstoffunterversorgung auf Teilflächen wo das Ertragspotential nicht ausgeschöpft wird. Ziel der Erprobung war der Vergleich von Sensordaten verschiedener Quellen auf ihre Anwendbarkeit zur teilflächenspezifischen Düngung. Die Erprobungen fanden im Jahr 2022 auf 4 Schlägen am LVG Köllitsch und Hofgut Raitzen statt. Die Versuchsschläge wurden mittels einer UAV gebundenen Spektralkamera und eines auf einem Traktor montierten YARA N-Sensor kartiert. Anhand der N-Sensordaten wurde jeder Schlag in 5 Biomassezonen eingeteilt. In jeder Biomassezone wurden an 5 Stellen auf einer Fläche von jeweils 1 m^2 Biomasseproben entnommen. Mit Hilfe der Frisch- und Trockenmassedaten sowie einer Inhaltsstoffanalyse sollten die verschiedenen Sensordaten überprüft und verglichen werden. Auf Grund von Beprobungsfehlern durch Dienstleister und Zwänge in zeitliche Zwänge in der Vegetationsperiode wurde die Erprobung vorzeitig abgebrochen.

TP 3: Wachstumsregler

In den Jahren 2020 und 2021 fanden auf drei LANDNETZ Partnerbetrieben Erprobungen zur teilflächenspezifischen Ausbringung von Wachstumsreglern statt. Die Grundidee der teilflächenspezifischen Wachstumsreglerapplikation ist es, die Menge an ausgebrachten Wachstumsreglern an die Biomasseunterschiede des Pflanzenbestandes anzupassen. Die Ausbringung erfolgte dabei im sogenannten online-Verfahren. Dabei erfasst ein Sensor die Biomasseunterschiede und steuert mit geringem Zeitversatz die Menge an auszubringendem Wachstumsregler. Auf Grund verschiedener technischer Probleme war eine Auswertung des Versuchsjahrs 2020 nicht möglich. Im Erprobungsjahr 2021 konnten die Versuche auf zwei Betrieben erfolgreich durchgeführt werden. Auf dem Hofgut Raitzen erzielte die konstante Wachstumsreglerausbringung einen Weizenertrag von 106 dt/ha. Die Variante mit variabler Ausbringungsmenge erzielte einen signifikant (α=0,05) höheren Kornertrag von 110,8 dt/ha. Im Versuch am LVG Köllitsch lagen die Weizenerträge beider Varianten fast auf gleichem Niveau. Die konstante Variante erzielte einen Ertrag von 73,36 dt/ha und die variable Ausbringung 73,55 dt/ha. Der Unterschied beider Varianten von 0,19 dt/ha war dabei nicht signifikant (α=0,05). In beiden Versuchen lag die ausgebrachte Menge an Wachstumsreglern in der variablen Anwendung über der Menge der konstanten Ausbringung. Durch die bereits vorhandene Erfahrung im Umgang mit dem Yara N-Sensor, lief die Kommunikation zwischen Sensor und Arbeitsgerät in beiden Versuchen fehlerfrei. Der zusätzliche Arbeitsaufwand zur Einstellung des Sensors vor Beginn der Behandlung beschränkte sich auf wenige Minuten pro Feld. Auf Grund des begrenzten Versuchsumfangs kann keine abschließende Aussage über die Vorzüglichkeit oder den Nachteil eines teilflächenspezifischen Wachstumsreglereinsatzes getroffen werden. Ebenso die Frage ob sich Betriebe im Online- oder Offline-Verfahren zu einer teilflächenspezifischen Wachstumsreglerausbringung mittels Biomasse-Scan entscheiden sollten, bleibt unbeantwortet.

TP 4: Teilflächenspezifische Aussaat

In Sachsen sind zahlreiche landwirtschaftliche Nutzflächen durch eine Heterogenität in Bodeneigenschaften und der Verfügbarkeit von Wasser gekennzeichnet. Auf solchen Flächen kann, durch eine teilflächenspezifische Bewirtschaftung, auf die natürlichen Unterschiede im Ertragspotential reagiert werden. Gerade bei Kulturarten mit geringem Kompensationsvermögen wie zum Beispiel Sonnenblume oder Mais ist die Bestandesdichte ein wichtiger Parameter um das vorhandene Ertragspotential eines Standorts optimal zu Nutzen. Besonders unter trockenen Bedingungen kann eine an die vorhandenen Bodeneigenschaften angepasste Aussaatstärke dazu beitragen, die Stresstoleranz zu erhöhen und die verfügbaren Wasserkapazitäten optimal zu nutzen. Um die teilflächenspezifische Aussaat nutzen zu können, benötigt der Betreiber eine elektronisch ansteuerbare (meistens über ISOBUS) Einzelkornsämaschine mit automatischer Aussaatmengensteuerung sowie einen Traktor mit GPS & RTK und ISOBUS Terminal. Hierzu wurden in 2021 und 2022 Vorversuche in einem Partnerbetrieb durchgeführt und 2023 randomisierte Streifenversuche in 3 Partnerbetrieben in den Kulturen Sonnenblume und Mais angelegt. Die teilflächenspezifische Aussaat wird auf einem Partnerbetrieb seit 2022 standardmäßig für die

Aussaat von Mais und Sonnenblume angewendet. Ein weiterer Betrieb hat das Verfahren bereits auf einigen Flächen ausprobiert und der dritte Betrieb hatte bisher keine Erfahrungen mit dieser Methode. Zum Erstellen der Applikationskarten wurden verschiedene Softwareanwendungen bzw. Dienstleister genutzt. Als Datengrundlage dienten Satellitendaten, aus denen auf dem NDVI-Index basierend Biomassekarten generiert wurden. Anhand der Biomasseunterschiede mehrerer Jahre wurden die Schläge in fünf verschiedene Managementzonen unterteilt. Hierdurch nimmt der Planungsaufwand für die Aussaat, die erforderlichen Fachkenntnisse für die Erstellung und Beurteilung der Applikationskarten zu. Die Vorbereitung der Aussaat wird durch die zusätzlichen Arbeitsschritte komplexer. Zum Erstellen der Aussaatkarte/Applikationskarte wird pro Schlag eine zusätzliche Arbeitszeit von ca. 15 Minuten benötigt. Während der Aussaat verursacht die teilflächenspezifische Aussaat einen kaum messbaren Mehraufwand zum Einlesen der Applikationskarte sowie dem Einstellen und Überwachen der Maschine. Zum Vergleich und Bewertung der beiden Aussaatvarianten (betriebsüblich konstant und variable Aussaatstärke) wurden die Merkmale Pflanzenanzahl, Bestockungstriebe, Pflanzenlänge, Maisbeulenbrand, Kolbenanzahl, Kornausbildung der Kolben sowie Lager bonitiert. Dazu wurden in jedem Streifen in jeder Managementzone an drei zufälligen Positionen Boniturdaten erhoben. Dabei gilt es zu beachten, dass nicht in jedem Streifen jede Managementzone vorhanden ist. Die Ermittlung des Kornertrags sowie der Kornfeuchte erfolgte über den Ertragssensor des Mähdreschers. Die tatsächliche Bestandesdichte wich teils erheblich von den angestrebten Werten ab. Hier sind der Stichprobenumfang bei der Zählung als auch die Sätechnik als Einflussfaktoren zu nennen. Eventuell wurde die Aussaatmenge bei Übergängen zwischen den Zonen verzögert angepasst oder Zonengrößen kleiner als die Arbeitsbreite nur teilweise umgesetzt. Im Versuch am Standort Klappendorf lag der Kornertrag der Variante mit variabler Aussaatstärke 4 % über der betriebsüblichen Aussaatstärke. Im Versuch am Standort Nemt lag der Kornertrag bei variabler Aussaatstärke um 2 % über den Erträgen bei betriebsüblicher Aussaatmenge.

TP 5: Erntezeitprognose mittels Sattelitendaten im Silomais

Die Erprobungen fanden in den Jahren 2020, 2021 und 2023 statt. Zu Projektbeginn wurden zwei marktverfügbare Prognosemodelle ausgewählt. Die Modelle berechnen Vegetationsindizes aus Spektralaufnahmen von Satelliten und kombinieren diese mit weiteren Informationen wie z.B. Sorte, Aussaatdatum, Bodenart und Niederschlagsmenge zur Berechnung und Prognose der Trockensubstanzgehalte (TS-Gehalte) im Silomais. Durch Bewölkung kann es vorkommen, dass für ausgewählte Schläge über längere Zeiträume keine geeigneten Satellitenaufnahmen zur Verfügung stehen. In diesem Fall ist davon auszugehen, dass die Prognosemodelle auf die zuletzt auswertbaren Satellitendaten zurückgreifen. In allen drei Versuchsjahren entstanden die letzten auswertbaren Aufnahmen mehr als eine Woche vor der Ernte. Zur Überprüfung der Prognosemodelle wurden bei der Ernte mittels Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) auf dem Feldhäcksler die TS-Gehalte über den ganzen Schlag zur Ernte erfasst. Zur Überprüfung der NIRS Messungen wurden am Tag der Ernte auf fünf Schlägen zusätzliche Handproben zur TS-Bestimmung genommen. Dabei unterschieden sich die TS-Werte der Handproben und der NIRS-

Messung des Feldhäckslers um lediglich 0,6 % bis 1,6 % im durchschnittlichen TS-Gehalt über den gesamten Schlag. Durch die hohe Übereinstimmung wurde die NIRS-Messung als Referenzmethode für einen ganzflächigen Vergleich mit den errechneten TS-Werten der Prognosemodelle gewählt. Eine Übersicht der Ergebnisse aus drei Versuchsjahren finden sich in Tabelle 5.

Tabelle 5: Trockensubstanzgehalte der NIRS-Messung im Feldhäcksler und der Prognose in Abhängigkeit von Prognosemodell, Sorte Schlag und Erntejahr

Prognosemodell	Sky TS		Sky TS		SAT TS		Sky TS		SAT TS		SAT TS	
Schlaggröße	13,7 ha		8,4 ha		15,1 ha		13,7 ha		37,1 ha		12,5 ha	
Sorte	AMAVIT (S 210)		AMAVIT (S 210)		SIMPATICO (S 250)		AMAVIT (S 210)		SIMPATICO (S 250)		KWS JARO (S 230)	
Ernte	24.08.2020		25.08.2020		25.08.2020		22.09.2021		13.09.2021		06.09.2023	
Methode	NIRS	Prognose	NIRS	Prognose	NIRS	Prognose	NIRS	Prognose	NIRS	Prognose	NIRS	Prognose
TS-Gehalt Min. (%)	38,2	32,5	32,3	32,5	29,0	28,5	35,5	36,5	25,0	30,5	39,1	36,5
TS-Gehalt Mittel (%)	**45,1**	**32,5**	**40,7**	**32,5**	**35,2**	**32,3**	**41,2**	**38,6**	**30,7**	**33,1**	**50,9**	**38,6**
TS-Gehalt Max. (%)	51,9	32,5	46,7	32,5	41,2	32,5	47,0	39,5	36,0	38,5	62,0	39,5

Beim Vergleich der TS-Gehalte aus Tabelle 5 scheint der Jahreseffekt den größten Einfluss zu haben. In den besonders heißen und trockenen Jahren 2020 und 2023 lagen die prognostizierten TS-Gehalte am Tag der Ernte 8 % bis 13 % unter den tatsächlichen TS-Gehalten. Dies deutet darauf hin, dass bei schnell abreifenden bzw. abtrocknenden Beständen die satellitenbasierten TS-Prognosemodelle an Genauigkeit verlieren. Im Jahr 2021 waren die Wachstumsbedingungen wesentlich günstiger und die prognostizierten TS-Gehalte unterschieden sich lediglich um 3 % im Vergleich zum tatsächlichen TS-Gehalt. Die benötigte Arbeitszeit zur Nutzung der Prognosemodelle beschränkt sich auf das Erstellen eines Nutzerkontos und dem einmaligen Eintragen zusätzlicher Informationen (siehe oben). Trotz der teilweisen Ungenauigkeiten in der TS-Prognose ermöglichen die getesteten Prognosemodelle einen schnellen und einfachen Überblick über die voranschreitende Abreife mehrerer Schläge. Auf heterogenen Schlägen oder bei neu in die Bewirtschaftung aufgenommenen Flächen lassen sich damit Zonen unterschiedlicher Abreife zuverlässig identifizieren. Das gibt dem Landwirt Hinweise darauf, wann und wo man mit der Bestandsbeobachtung beginnen sollte. Fahrten zur Kontrolle der TS-Gehalte auf den Schlägen lassen sich je nach Witterung auf einen Zeitraum von wenigen Tagen vor der Ernte eingrenzen. Eine rechtzeitige Probennahme zur TS-Bestimmung der Bestände ist aber nach wie vor unerlässlich, um den Erntetermin für eine möglichst optimale Silagequalität zu planen.

TP 6: Monitoring Krankheitsbefall mittels Apps

Zur Erkennung von Blattkrankheiten an Zuckerrüben wurde die ISIP Blatt-Scan App und die xarvio Scouting App getestet. Beide Apps sollen in der Lage sein auf Fotos von Zuckerrübenblättern verschiedene Blattkrankheiten zu erkennen. Zur Überprüfung der Apps wurden in den Jahren 2021 und 2023 von zufällig ausgewählten Rübenblättern Fotos gemacht. Zur Überprüfung der Diagnoseergebnisse der Apps wurden die Rübenblätter anschließend in ein Prüflabor zur genaueren mikroskopischen Untersuchung gegeben. Bei den im Jahr 2021 vom Labor negativ auf Cercospora getesteten Rübenblättern ergaben auch die Bildanalysen der beiden Apps negative Ergebnisse. Bei

den vom Labor positiv getesteten Rübenblättern gab die xarvio App nur bei 45 % der Blätter eine wahrscheinliche Cercospora-Infektion an. Bei der ISIP-Blattscann App wurden 75 % der infizierten Blätter identifiziert. Auf 4 % der Bilder waren nicht genügend grüne Pixel für eine Bildanalyse vorhanden. Die xarvio Scouting App wurde im Mai 2023 durch den Anbieter in den kostenpflichtigen xarvio FIELD MANAGER überführt, sodass im weiteren Verlauf nur noch die ISIP Blattscan App genutzt wurde. In 2023 wurden von den im Labor positiv getesteten Rübenblättern alle von der ISIP Blattscann App als wahrscheinlich infizierten Blätter identifiziert.

In der Erprobung in 2021 und 2023 wurden die Apps xarvio Scouting und ISIP Blattscan zum Erkennen von Unkräutern und ausgewählten Blattkrankheiten genutzt.

Die xarvio Scouting App wurde auch zur Unkrautbestimmung genutzt. Neben einem Vorversuch im Jahr 2021 wurde die App 2023 in Weizen und Futtererbse erfolgreich getestet.

TP 7: Robotereinsatz zur Unkrautbekämpfung

Einleitend muss festgehalten werden, dass die automatische Kamerasteuerung des Verschieberahmens seit der Anschaffung des Roboters nicht oder nur eingeschränkt funktioniert. Damit ist der Roboter nicht in der Lage die Hackwerkzeuge automatisch entlang der Pflanzenreihen zu führen, wodurch eine ständige Kontrolle des Arbeitsprozesses und Nachjustierungen des Verschieberahmens nötig sind. Auf Grund der Funktionsmängel und der vergeblichen Reparaturversuche seitens des Verkäufers und des Herstellers, hat das LfULG im Herbst 2023 einen Rücktritt vom Kaufvertrag angestrengt.

Die praktische Erprobung des Feldroboters in Feldversuchen fand in den Jahren 2022 und 2023 statt. Da der Roboter durch seine Funktionsmängel nur teilautonom arbeiten kann, mussten die geplanten Erprobungen dementsprechend angepasst werden. Einige Funktionen bzw. Parameter konnten nicht geprüft werden.

TP 8: Digitale Pheromonfalle

Pheromonfallen dienen in verschiedenen Kulturen zum Schaderregermonitoring. Mit Pheromonen versehene Klebefallen werden artspezifische Schmetterlingsmännchen gefangen, um den optimalen Zeitpunkt für den Insektizideinsatz zu ermitteln. Bei der digitalen Pheromonfalle handelt es sich um eine iSCOUT® Pheromone von Pressl. Die iSCOUT® Pheromone besteht aus einem witterungsbeständigen Gehäuse mit Solarpanel und Akku, einer 10 MP RGB Kamera und einer Funkeinheit. Sie wird an einem Metallrohr im Boden verankert und kann mittels Schraubschellen an die Wuchshöhe angepasst werden. Zum Maiszünslermonitoring wurde die Pheromonfalle in der Konfiguration Reusenfalle mit trichterförmigen Netz aufgebaut (siehe Abbildung 4).

Abbildung 4 Pheromonfalle zum Maiszünslermonitoring auf einem Maisschlag

Die digitale Pheromonfalle wurde in 2021 im Mais für den Maiszünsler (Ostinia naubialis) und 2022 in der Erbse für den Erbsenwickler (Cydia nigricana) und Mais für den Maiszünsler erprobt.

Die Pheromonfalle wurde in 2021 im Mais mit dem Pheromon „Ostrinia Nubilalis Race Z“ bestückt. Die Falle wurde über das Fieldeclimate-Portal täglich auf Fänge überprüft. Aller zwei Wochen wurden Klebefolie und Pheromon erneuert. Bis zum Ende der Beobachtung, am 18.08., wurden 46 Maiszünsler in der Falle gefangen.

In 2022 wurden die digitalen Pheromonfallen zusammen mit einer klassischen Deltafalle, am 24.05.2022, auf einem Schlag mit Wintererbsen aufgebaut. Die in den Fallen gefangenen Insekten wurden zweimal wöchentlich ausgezählt und die Klebeplatten ausgetauscht. Insgesamt konnte ein starker Zuflug des Erbsenwicklers in KW 23 und KW 24 beobachtet werden. Bis zum Ende des Beobachtungszeitraums gab es Insgesamt einen Zuflug von 396 Cydia nigricana in die digitale Pheromonfalle und 622 in die klassische Deltafalle.

Am 22.06.2022 wurde die Pheromonfallen auf einen Maisschlag umgesetzt und mit entsprechendem Pheromone und neuen Klebeplatten ausgestattet. Bis zum Abbau der Pheromonfallen am 03.08.2022 wurden in der digitalen Pheromonfalle 27 und in der klassischen Deltafalle 30 Ostrinia naubialis gefangen.

Im Ergebnis konnten die gefangenen Schadinsekten Ostrinia naubialis und Cydia nigricana von der Software nicht automatisch erkannt werden. Eine automatische Identifikation fand nur auf Ordnungsebene statt.

TP 9: Digitale Gelbschale

Gelbschalen zur Schaderregerüberwachung im Raps haben sich in der Landwirtschaft seit Langem bewährt. Die regelmäßige Kontrolle der Gelbschalen, verbunden mit dem Auszählen und Bestimmen der Schadkäfer, erfordert jedoch einen hohen Arbeitsaufwand. Die Erprobung der digitalen Gelbschalen fand in 2021 und 2022 statt. Bei der digitalen Gelbschale handelte es sich um eine iSCOUT® Color Trap von Pressl. Die iSCOUT® Color Trap besteht aus einem witterungsbeständigen Gehäuse mit Solarpanel und Akku, einer 10 MP RGB Kamera und einer Funkeinheit. Sie wird an einem Metallrohr im Boden verankert und kann mittels Schraubschellen an die Wuchshöhe angepasst werden. Mittels gelber Klebetafel fängt sie Insekten, die per Software automatisch nach Art und Anzahl identifiziert werden sollten. Mittels Mobilfunk werden die Daten übertragen und können in einer Webanwendung abgerufen werden. Ziel der Erprobung war es, die Art und Anzahl der gefangenen Insekten mit denen einer herkömmlichen Gelbschale zu vergleichen, um Rückschlüsse über die Fangrate der Falle und die Genauigkeit der Artenbestimmung ziehen zu können.

In der ersten Testphase zeichnete sich ein größeres Problem bei der Fokussierung der RGB-Kameras ab. Somit war eine automatische Erkennung der Fänge nicht gegeben. Die Kameras mussten von einem Servicetechniker begutachtet werden und wurden letztlich vom Hersteller getauscht und mit der entsprechenden Feinjustierung neu eingebaut. Nach diesem Wartungsservice konnten die ersten scharfen Aufnahmen mit der iSCOUT erzeugt werden. Zwischen unterschiedlichen Aufnahmezeitpunkten wurden deutliche Qualitätsunterschiede in der Bildqualität festgestellt. Ein optimaler Aufnahmezeitpunkt für eine kontinuierlich gute Bildqualität konnte über den gesamten Erprobungszeitraum nicht ermittelt werden.

Darüber hinaus wurden unterschiedliche Schaderreger wie Rapserdfloh (REF), Großer Rapsstängelrüssler (RSR), Gefleckter Kohltriebrüssler (KTR) und Rapsglanzkäfer (RGK) gezielt auf der Klebefolie der iSCOUT in unterschiedlichen Positionen aufgebracht und fotografiert werden. Im Ergebnis dieses Testverfahrens wurde festgestellt, dass die taxonomische Bestimmung der gefangenen Arthropoden teilweise nur hinsichtlich der Ordnung, Käfer- *Coleoptera*, Hautflügler - *Hymenoptera*, Schmetterlinge - *Lepidoptera*, Schnabelkerfe - *Hemiptera* und Zweiflügler - *Diptera* möglich ist. Familie, Gattung und Art werden nicht erkannt. Die Unterscheidung der Arten ist aber aufgrund der unterschiedlichen Bedeutung bei der Schadwirkung, Länge des Reifefraßes, Resistenzen und der sich daraus ergebenden Bekämpfungsstrategien dringend notwendig.

Bei dem Vergleich mit der herkömmlichen Gelbschale, wurde die xarvio Scouting APP aus TP 6 mit erprobt. Mit der xarvio App wird ein Foto vom Inhalt der Gelbschale gemacht und ein Algorithmus zählt und identifiziert die Schadinsekten. Die Funktion der App ist stark abhängig vom verwendeten Smartphone. Gerade bei älteren Modellen braucht es sehr viele Versuche, um ein brauchbares Foto für die Bildanalyse aufzunehmen. Die App unterscheidet die Rapsschädlinge Rapserdfloh, Rapsglanzkäfer und Rüsselkäfer. Im Erprobungsverlauf wurden aber auch Verschmutzungen

innerhalb der Gelbschale als Schadinsekt erkannt. Innerhalb Gattung der Rüsselkäfer wird von der App aber keine Unterscheidung der Arten vorgenommen.

Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass die iSCOUT® Color Trap und die xarvio App gefangene Insekten nur auf Ordnungsebene unterscheiden können. Bei bestimmten Rapsschädlingen ist das nicht ausreichend um eine Insektizidmaßnahme zu planen. Auch Verschmutzungen können die Identifikation von Schädlingen verfälschen. Daher stellen beide Systeme keinen geeigneten Ersatz zur herkömmlichen Gelbschale dar.

TP 10: Ertragskartierung beim Mähdrusch

Die sensorgestützte Ertragsermittlung ist bei vielen modernen Mähdreschern verbaut. Allerdings gibt es eine Reihe von potentiellen Fehlerquellen, wie zum Beispiel den mechanischen Erntevorgang, die Durchsatzmessung oder die räumliche Zuordnung der Ertragswerte. Aufgrund der genannten Fehlerquellen ist es vor der Weiterverarbeitung von Ertragswerten unerlässlich diese zu korrigieren. Bei diesen Ansätzen werden einzelne Werte nach bestimmten Kriterien als fehlerhaft eingestuft und aus den Datensätzen entfernt. Der Anteil von fehlerhaften Werten (Ausreißern) in den Datensätzen ist mit denen in anderen Untersuchungen vergleichbar. Manche Autoren berichten von bis zu 30 % fehlerhaften Messwerten in Rohdatensätzen von automatischen Ertragsmesssystemen. Nach der Bearbeitung der maschinellen Ertragswerte wurden diese mit den Erträgen der Handproben verglichen. Dafür wurden an georeferenzierten Positionen auf 0,5 m² Weizenpflanzen geerntet, ausgedroschen und gewogen. Die Ertragsdaten des Mähdreschers wurden in einem Radius von 2,5 m um die Punkte gemittelt und verglichen. Dies geschah um mehrere Messwerte des Mähdreschers einzubeziehen und dadurch Ungenauigkeiten in der Georeferenzierung der gemessenen Ertragsdaten durch eine Verzögerung des Gutflusses im Mähdrescher teilweise auszugleichen. Es wurden auch Ertragswerte innerhalb eines 5 m Radius berechnet. Allerdings zeigten sich in der weiteren Auswertung keine großen Ergebnisunterschiede im Vergleich zu den Daten mit 2,5 m Radius. Daher werden nur gemittelte Daten aus 2,5m Radius dargestellt und diskutiert. Für den Schlag „Am Hals“ zeigte sich eine sehr schwache Korrelation zwischen den Kornerträgen beider Erntemethoden ($r=0,14$). Für den Schlag „Schwarzacker“ zeigte sich sogar eine leicht negative Korrelation ($r=-0,19$). Die gemittelten Kornerträge des Mähdreschers sind auf beiden Schlägen signifikant höher als die Erträge aus der Handbeerntung. Die Korrelationskoeffizienten für die Kornfeuchte waren auf beiden Schlägen ebenfalls sehr niedrig. Auch für die Kornfeuchte unterscheiden sich die gemessenen Werte beider Methoden signifikant voneinander. Wahrscheinlich ist die geerntete Fläche von 0,5 m² nicht repräsentativ genug um Ertrag und Kornfeuchte, die auf 9 m Schneidwerkbreite des Mähdreschers gemessen werden, abzubilden. Hinzu kommen Verzögerungen des Gutflusses im Mähdrescher sowie kleinräumige Heterogenität des Bodens und Weizenbestandes als mögliche weitere Einflussfaktoren.

Demo 2: Durchgängige Digitalisierung und Vernetzung zur Prozessoptimierung in der Tierhaltung

TP 1: Digitalisierung von Dokumentationsprozessen in der Sauenhaltung / Ferkelerzeugung

Die Arbeitsprozesse in der Sauenhaltung beinhalten eine umfangreiche Dokumentation. Dies ist zum einen für die lückenlose Zuordnung von Vorgängen, zur betriebswirtschaftlichen Auswertung von hoher Wichtigkeit, zum anderen wird damit die Dokumentationspflicht Tierhaltender Betriebe erfüllt. Der Austausch mit Fachexperten hat gezeigt, dass in der Regel die Dokumentation auf zwei Säulen aufbaut. Im Stall findet stets eine Dokumentation in Papierform statt. Hier werden häufig Stallkarten, welche unmissverständlich an der jeweiligen Buchte angebracht werden, verwendet. Die finale Dokumentation, welche letztlich auch für Kontrollen vorgehalten wird, findet digital statt. Dabei kommt häufig der Sauen- oder Mastplaner zum Einsatz.

Um den zweifachen Dokumentationsgang zu vermeiden, wurde im LVG Köllitsch ein System erprobt, welches eine digitale Dokumentation im Stall ermöglicht. Es wurde das Managementsystem „Pig-Expert®“ zur Digitalisierung von Dokumentationsprozessen in der Sauenhaltung / Ferkelerzeugung parallel zum bereits genutzten „db-Sauenplaner®“, implementiert. Das zu testende Produkt eines niederländischen Herstellers ist flächendeckend verfügbar und verfügt über Ansprechpartner und Zweigstellen in Deutschland. Die Installation und Systemimplementierung ist dank wiederholter Vorabstimmungen reibungslos verlaufen und nahm circa 3 Tage in Anspruch. Als Voraussetzung muss ein PC vorhanden sein und ein Internetzugang anliegen. Ein mobiles Handgerät, mit entsprechende Schutzcover, wurde in unserem Fall dazu erworben. Im LVG finden wir aufgrund der hier vorliegenden überbetrieblichen Ausbildung, verschiedene Betriebsausrichtungen der Schweinehaltung, in kleiner Skalierung vor. Das heißt die unterschiedlichen Funktionen für jeweils Sauen- bzw. Abferkelstall oder auch Mastabteile könnten zum Einsatz kommen. Die erfassten und transferierten Daten beliefen sich auf: Besamung, Trächtigkeitsuntersuchung, Abferkelung, Ferkelverluste, Medikamenteneinsatz, Absetzen und Verkauf. Bei jedem dieser Arbeitsgänge entstehen Daten, deren Zuverlässigkeit essenziell für die Erfolgskontrolle eines Betriebes ist.

Wir konnten feststellen, dass die Arbeitszeit für Dokumentation drastisch verringert werden konnte, gegenüber der herkömmlichen Dokumentationskulisse. Hierbei muss allerdings angemerkt werden, dass bedingt durch den Charakter einer Versuchsstation, ohnehin ein erhöhter Dokumentationsaufwand vorliegt, welcher nicht im gleichen Maße in der Praxis vorzufinden ist. Mit zunehmender Bestandsgröße verstärkt sich dieser Effekt, da der Nenner für die Einarbeitungszeit größer wird. Leider konnten wir die Funktion des im Handgerät integrierten Readers für elektronische Ohrmarken nicht nutzen. Grund dafür liegt an der Verfügbarkeit von elektronischen Ohrmarken im Bereich der Schweinehaltung in Sachsen. Sollte dies ein Kriterium für die Kaufentscheidung sein, sollte im Vorfeld geprüft werden, ob das jeweilige Bundesland diese anbietet. Eine weitere Erkenntnis, die unsere Untersuchungen hervorgebracht hat, war, dass sich das System aus betriebswirtschaftlicher- und arbeitswirtschaftlicher Sicht nicht bei Bestandsgrößen unter 200 Tierplätzen monetär lohnt.

Aufgrund des hohen Spezialisierungsgrades der verschiedenen Betriebszweige und den abweichenden Anforderungen des LVG, wurde die Akquise eines Projektbetriebes mit entsprechender Betriebsgröße angestrebt. Hierzu musste ein Abflachen des Covid19-Infektionsgeschehens abgewartet werden. Ab Herbst 2022 konnten intensive Gespräche und bereits Betriebsbesuche anlaufen, um die vorherrschenden Rahmenbedingungen und Arbeitsabläufe kennenlernen zu können. Bedauerlicherweise sahen wir uns aufgrund des Ausbruchsgeschehens der Afrikanischen Schweinepest (ASP) gezwungen die Zusammenarbeit abzubrechen. Die Gemeinde Arzberg in welcher der Standort Köllitsch befindlich ist, entfällt zum Zeitpunkt teilweise in das Sperrgebiet I, der Restriktionszonen in Sachsen. Nach Abwägungen wurde einvernehmlich entschieden, dass das Risiko einer weiteren Ausbreitung und Einschleppung der ASP nicht verantwortet werden kann. Aus diesen Gründen musste auf weiterführende Erprobungen im Rahmen des Experimentierfeldes im Bereich Digitalisierung von Dokumentationsprozessen in der Schweinehaltung, verzichtet werden. Das beschaffte System findet im LVG weiterhin Anwendung und bietet einen erheblichen Mehrwert bei der Durchführung von Versuchen und Demonstrationen. Die Technik wird entsprechend so Instand gehalten, dass sie für Folgeprojekte nutzbar bleibt.

TP 2: Überwachung des Fütterungserfolges mittels Wiederkausensoren

Zielstellung des Teilprojektes sollte die Erprobung und Demonstration eines im Ohr der Kuh angebrachten Sensors, zur Überwachung des Fütterungserfolges darstellen. In diesem Zusammenhang bildet das erfasste Wiederkauverhalten einen wertvollen Gesundheitsparameter. Sensoren sind in der Lage, kontinuierlich die Aktivität, das Wiederkäuen und den Aufenthaltsort der Kühe in Echtzeit erfassen und daraus gesundheitlich relevante Informationen abzuleiten. Es wurde eine Systemauswahl, welche die verschiedenen Parameter (Aktivität, Wiederkauen, Fressen, Stehen/Liegen, Echtzeit-Lokalisation, Abkalbealarm) abdeckt getroffen, dabei fiel die Auswahl auf das Produkt „Smartbow®“ des Pharmaunternehmens „zoetis®“.

Es wurde im I. Quartal 2020 eine Machbarkeitsstudie für die Systemimplementierung vorangestellt. Diese zeigte Störfaktoren auf, welche die Umsetzung des Vorhabens am Standort Köllitsch verhinderten. Das System nutzt für die Datenübertragung für Aktivitäts- und Gesundheitsdaten, sowie Echtzeitlokalisation mittels WLAN-Verbindung die Frequenz 5,0 GHz. Dabei wird aller vier Sekunden eine Datenübertragung vorgenommen. Der Sender verfügt über keinen internen Speicher. Die hohe Dichte an Datenübertragungen stellt entsprechend Anforderungen an die Nutzungsintensität des verwendeten Frequenzbandes. Insbesondere die Frequenzen 2,4 und 5,0 GHz sind populär. Eine Vielzahl von Digitalisierungslösungen im Milchvieh- und Kälberbereich bedienen sich dieser Frequenz. Auch WLAN-Repeater, Access-Points oder remote Steuereinrichtungen, wie z.B. Hubtore, sind hier zu finden.

Unser Standort als Lehr- und Versuchsgut stellt in dieser Hinsicht eine Besonderheit dar. In der Regel laufen mehrere Versuchsdurchführungen parallel. Dabei bewegen sich einige Erprobungen im Technologiereifegras bis zu 7, sodass Testläufe zur Sendehäufigkeit durchgeführt werden. In unserem konkreten Fall, zeigten sich die stationäre Übertragungseinheit des

Kälbermanagementsystems „CalfGuide“ der Firma Holm&Laue®, sowie die Antennen des Projektes „Space Data Milking“ zur Erfassung von Raumzeitdaten auf tierindividueller Basis. Zum Zeitpunkt der Machbarkeitsrecherche, stand zudem bereits fest, dass weitere Projekte mit potentiellen Störfaktoren hinzukommen würden. Aufgrund dessen wurden Bestrebungen für eine Kooperation mit einem Praxisbetrieb, zur Umsetzung der Systemimplementierung angestellt. Bedauerlicherweise erwies sich dies zum Zeitpunkt als nicht praktikabel. Es konnten aufgrund der anhalten angespannten pandemischen Lage keine Betriebsbesuche mit intensiver Zusammenarbeit durchgeführt werden. Infolgedessen wurde in Kooperation mit dem Hersteller nach eine Lösung gesucht, um alternative Frequenzbänder zu nutzen, um die Störanfälligkeit zu minimieren. Dies konnte jedoch nicht realisiert werden, da das Unternehmen „zoetis“, das System „Smartbow“ auf unbestimmte Zeit vom deutschen Markt zurückzog. „Zoetis“ bewirbt nach wie vor das Produkt in seinem Internetauftritt, ohne aktiv Vertriebswege zu verfolgen.

Das Teilprojekt konnte nicht wie geplant verfolgt werden, sodass keine Erprobungen zu Wiederkauüberwachung und Echtzeitlokalisation stattfand.

TP 3: Gesundheitsüberwachung beim Milchrind mittels smarter Pansenboli

Smarte Boli können den Milchviehhalter als Assistenzsysteme für das Herdenmanagement hinsichtlich der Einzeltierbeobachtung unterstützen. Der Bolus befindet sich im Vormagensystem und kann mittels Aktivitäts- und Temperaturmessung Daten für das Gesundheitsmonitoring erfassen. Im Vor-Ort-System werden die Daten aufbereitet, ausgewertet und dargestellt. Eine Alarmliste zeigt dem Herdenmanager auf den ersten Blick, welche Tiere auffällig sind. Durch die visuelle Tierbeobachtung, für die meist zu wenig Zeit im Arbeitsprozess eingeplant werden kann, erkennt der Halter kranke Tiere häufig erst, wenn akute Probleme, wie ein Einbruch der Milchleistung, auftreten. Eine frühe Detektion einer Krankheit kann Tier und Landwirt vor deren langfristigen Folgen bewahren und wirkt sich positiv auf die Aspekte Tierwohl und Wirtschaftlichkeit aus.

Ziel des Vorhabens ist die Erprobung eines smarten „Pansenbolus“-Systems als Assistenzsystem für das Gesundheitsmonitoring im Milchviehstall des LVG Köllitsch. Dazu wurde eine Marktrecherche vorangestellt. Aufgrund des innovativen Charakters, wurde das Produkt „Dropnostix Sensor-Bolus“ im Lehr- und Versuchsgut Köllitsch eingerichtet. Eine Ausstattung für insgesamt 60 Tiere wurden erworben, sowie die notwendige Infrastruktur wurde beschafft. Zunächst wurden insgesamt zehn Tiere (1. und 2. Boluseingabe) während der Trockenstehphase mit einem Bolus ausgestattet.

Herstellerseitig, wurde die Lebensdauer nach Eingabe mit bis zu fünf Jahren beziffert. In unseren Erprobungen zeigte sich eine deutlich verringerte Laufzeit der eingegebenen Boli mit teilweise stark eingeschränkter Funktionstüchtigkeit binnen weniger Tage. Dabei stellten die Boli zunächst die Erfassung des Parameters „Pansenkontraktion“ und im weiteren Verlauf die beiden verbliebenen Parameter „Bewegung“ und „Temperatur“ ein. In Tabelle 7 im Anhang wird dieser Sachverhalt an den ausgestatteten Tieren dargestellt. Die Laufzeiten unterscheiden sich zwischen den zehn

eingegebenen Boli deutlich, erreichen jedoch in allen Fällen nur einen Bruchteil der vom Hersteller angegebenen Laufzeit. Keiner der zehn an die Milchrinder des LVG verabreichten „Pansenboli“ übertrug länger als 191 Tage Gesundheitsdaten, was lediglich ca. 10 % der vom Hersteller angegebenen Laufzeit entspricht.

Neben der insgesamt eingeschränkten Funktionstüchtigkeit der »Pansenboli« weist die Sichtbarkeit der Gesundheitsdaten in der Benutzeroberfläche eine teils erhebliche Latenz auf, welche ein zeitnahes präventives Handeln verhindert. An mehreren Stellen der Benutzeroberfläche ist nicht sofort ersichtlich, ob es sich um aktuelle oder veraltete Daten handelt. Dies birgt das Risiko, dass der Anwender auf Grundlage veralteter Daten handelt. Weiterhin fiel eine Latenz in der Datenübertragung auf, welche im extremsten Fall bis zu 36 Tage betrug. Ein derartiger Sensor hat in der praktischen Anwendung für die Entscheidungsfindung keinerlei Relevanz.

Eine Aktualisierung der Bestandsdaten ausschließlich über den Produktanbieter und ohne die Möglichkeit der unmittelbaren Eingabe von Tierdaten in die Benutzeroberfläche erscheint im Arbeitsalltag nicht praktikabel. Eine Schnittstelle zum Herdenmanagement-Programm „HERDEplus“ wurde angekündigt, konnte in der Praxis allerdings nicht erprobt werden.

Der Markt für Assistenzsysteme weist eine große Dynamik auf. In der jüngeren Vergangenheit haben insbesondere größere Tiergesundheitsunternehmen kleinere Start-Ups übernommen, um ihr Produktportfolio zu erweitern. Die Firma »dropnostix GmbH« hat im Juni 2022 Insolvenz angemeldet, das System wird nicht mehr unterstützt, gleichzeitig im Internet aber weiterhin beworben. Das Teilprojekt wurde in Folge dessen in 2022 vollumfänglich abgeschlossen.

TP 4: Sensorgestützte Reproduktionsüberwachung beim Milchrind

Milchkühe werden zum Zweck der Milcherzeugung gehalten. Dabei ist die Laktation der Kuh früher oder später an eine (erneute) Kalbung gebunden. Um ein Kalb zur Welt bringen zu können, muss im Vorfeld sorgsam gearbeitet werden. Wesentliche Eckpunkte sind die Brunstbeobachtung und –Dokumentation, die Wahl des optimalen Besamungszeitpunktes, mindestens eine Trächtigkeitsuntersuchung und das Feststellen eines positiven Trächtigkeitsbefundes. Das ganze Prozedere muss außerdem eingebettet werden in den größeren Kontext betriebsindividueller Vorgaben wie beispielsweise die Länge der Wartezeit.

Die Aufgabe der Brunstbeobachtung ist anspruchsvoll, braucht Wissen um Brunstzyklus und –Symptomatik und ein entsprechendes Zeitbudget. Jede nicht-genutzte Brunst kostet circa 40 bis 80 €[1] weswegen es für viele Betriebe allein aus ökonomischer Sicht sinnvoll ist, sich Unterstützung für die Erledigung der Brunstbeobachtung und des Besamungsmanagements zu holen. Hierfür existieren mittlerweile zahlreiche Varianten von Assistenzsystemen. Insbesondere etablierte

[1] Hg. Bundesinformationszentrum Landwirtschaft (2022): Brünstige Kühe rechtzeitig erkennen – mit digitalen Sensoren, [online] Digitale Brunsterkennung bei Kühen (nutztierhaltung.de) [zuletzt geprüft am 27.02.2023]

Melktechnikanbieter haben entsprechende Funktionen in ihrem Portfolio. Aber auch Pharmaunternehmen haben ihr Angebot um entsprechende Sensoren erweitert.

Im LVG wurde im Jahr 2022 die Beschaffung der beiden Assistenzsysteme „Heatime Pro®“ und „SenseHub Beef®“ vorgenommen. Dabei wurde das Teilprojekt gegenüber dem ursprünglich geplanten Vorgehen, um die Reproduktionsüberwachung im Bereich der Fleischrinder erweitert. Es wurden Erkenntnisse zur Systemimplementierung und Benutzerfreundlichkeit gesammelt. Ebenso wurde das System auf Weidetauglichkeit im Rahmen eines Reichweitenversuchs getestet und eine Betrachtung der übrigen Parameter vorgenommen.

Gesammelte Erfahrungen wurden in einem Anwenderseminar mit Workshopcharakter neben anderen Systemen vergleichend gegenübergestellt. Dabei wurden verschiedene Parameter beleuchtet, wie z.B. Investitionsentscheidung, Systemimplementierung, betriebliche Routinen und wirtschaftliche Aspekte (vgl.Tabelle 7 im Anhang) .

TP 5: Digitaler Herdenschutz

Die wachsende Wolfspopulation und das Eindringen von Angreifern in Schafherden verursacht massive wirtschaftliche Verluste, insbesondere vor dem Hintergrund einer bereits angespannten Erlössituation schafhaltender Betriebe. Daneben ist die Ausbruchssicherung der Koppeln durch Zäune nur bedingt erfolgreich. Werden die geschilderten Ereignisse nicht zeitnah registriert, kann es zu wirtschaftlichen und Tierschutzrelevanten Schäden kommen. Insbesondere in den Nachtstunden, besteht keine Möglichkeit der Intervention. Im Rahmen des Teilprojektes „Digitaler Herdenschutz“ des Experimentierfeldes LANDNETZ und der Initiative „Themenverbund digitale Landwirtschaft“ wird ein Outdoor-Lokalisationssystem entwickelt und getestet, welches den Anwender in die Lage versetzt, Übergriffe bzw. „Ereignisse“ in der Herde zu identifizieren, wenn diese mit einer Panikreaktion der Herde einhergehen. Weiß die betreuende Person um das Geschehen, kann eingegriffen werden und Gefährdungssituationen, wie sie beispielsweise aus dem Durchbrechen von Zäunen entstehen können, abgewendet werden.

Den Erprobungsinhalt stellt ein erster prototypischer GPS-Tracker dar, der im Verlauf der Erprobung um weitere Komponenten („Client“-Tracker) ergänzt wurde. Konkret beurteilt wurden beispielsweise die Fixierung des GPS-Trackers am Tier hinsichtlich Toleranz und Korrekturbedarf, die Standortgenauigkeit, die Energieversorgung und Laufzeit sowie mögliche Einflussfaktoren auf diese. Weiterhin wurde die Gehäusestabilität bewertet, auch mit dem Wissen, dass es sich dabei um eine vorläufige Ausführung handelt. Es wurden Sozioökonomische Fragestellungen betrachtet, wie z.B. den Integrationsaufwand der Tierhalter, arbeitszeitliche Vorteile und das Kosten-Nutzen-Verhältnis des Systems. Die Demonstration des Geo-Fencings und die Aktivitätsmessung verliefen erfolgreich (vgl. Abbildung 5 und Abbildung 6).

Abbildung 5: virtueller Zaun zur Identifikation des aktuell gestatteten Aufenthalt Bereiches

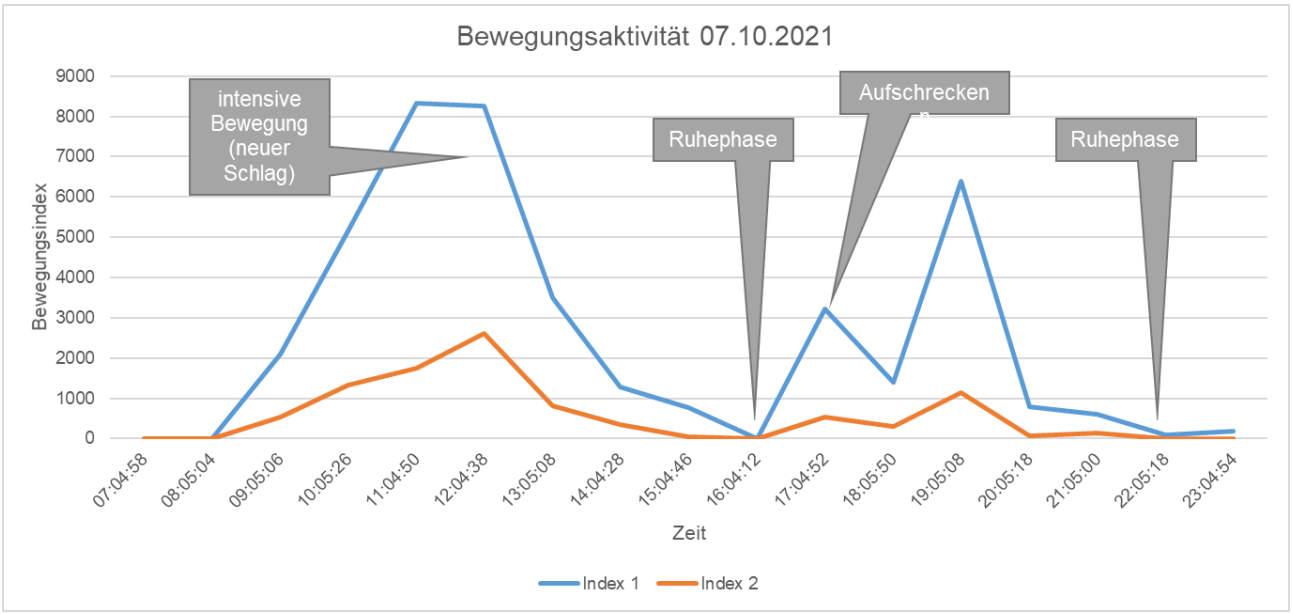

Abbildung 6: Auszug aus dem Bewegungsprofil vom 07.10.2012 mit Einordung der Indizes

Leider konnte die finale Erprobungsphase, mit dem Fokus zur Identifikation abweichender Zustände und der Weiterleitung einer Alarmmeldung, nie zur Umsetzung gelangen, da zu diesem Zeitpunkt die personellen Ressourcen nicht länger zur Verfügung standen. Weiterhin konnte die versuchstierkundliche Relevanz nicht abschließend geklärt werden, sodass von einer finalen Erprobungsphase abgesehen werden musste. Die Nachfrage und Relevanz in der Praxis zu diesem Thema ist von enormer Bedeutung.

TP 6: teilautomatisierte Fütterung von Saugkälbern

Vorangestellt wurde eine umfassende Marktstudie hinsichtlich innovativer Entwicklungen im Kälberbereich, die in das Konzept des »digitalen Kälberdorfs« integriert werden sollen. Es wurden bereits Tränkeautomaten von drei verschiedenen Herstellern im Bereich der Kälbergruppenhaltung implementiert, darunter ein Produkt der Firma Holm & Laue. Um eine zeitgemäße Demonstration und effektive Vermittlung von Lehrinhalten am LVG sicherzustellen, wurde entschieden,

Erprobungen im Bereich der teilautomatisierten Fütterung mit umfangreicher Funktionsvielfalt durchzuführen.

Edelstahltanks auf Rädern wie das „MilchTaxi®“ von Holm & Laue, werden in zahlreichen Betrieben routinemäßig eingesetzt. Sie erleichtern bei der Bewirtschaftung von Einzeliglus den Transports und die Ausdosierung von Kälbertränke (Vollmilch, Milchaustauscher (MAT)).

Über die Standardfunktionen (Transport, Anmischen, Heizen) hinaus, verfügt das sogenannte „Smarte MilchTaxi“ über eine Vielzahl von Komponenten, welche den Anwendenden unterstützen und eine gleichbleibend hohe Arbeitsqualität sichern sollen. Die erprobten Komponenten, sowie eine Zusammenfassung deren Funktionsweise und Bewertung dieser, wird in nachstehender Tabelle 8 aufgezeigt.

Tabelle 8: Übersicht erprobten Komponenten des „Smarten MilchTaxis“

Komponenten	**Funktionsweise**	**Bewertung**
Smart-ID	automatische Identifikation des Kälberiglus/ der Kälberbox zur alters- und futterkurvenabhängigen Fütterung; mittels UHF-Antenne am MilchTaxi und Transponder an Einzelbox	**+** hohe Funktionssicherheit bei Identifikation und Anwendung Tränkekurven; **-** Mehrwert der tierindividueller Tränkekurven fraglich;
CalfGuide- App	Management-App zur Datenerfassung, Archivierung und Prozessüberwachung	**+** Prozessüberwachung zur Selbstkontrolle (z.B. Tränketemperatur, Reinigungs-vorgang); **-** manuelle Eingabe von Tierdaten bei durchgängiger WLAN-Verbindung mühsam **-** keine Schnittstelle zum Herdenmanagementsystem möglich
Smart-Mix	Hinterlegen der benötigten Gesamt-Tränkemenge und MAT-Konzentration, Wiegeeinrichtung des Milchtaxis erfasst MAT Zugabe und bestimmt fehlende Restmenge	nur von Relevanz bei MAT-Tränke; wurde nicht untersucht
Halbautomatische Reinigung	hochtemperierte Hauptspülung mit voreingestellter Temperatur und Dauer eigenständig durch MilchTaxi durchgeführt	**+** gut in betrieblichen Prozesse zu integrieren, mit konstanter Arbeitsqualität und zeitgleich Arbeitserleichterung; **-** Durchführung Vor- und Klarspülung verbleibt händisch; **-** Handling Reinigungsmittel als Restrisiko kritisch zu bewerten
Kühlung	Durchflusskühlung auf maximal 4°C mittels Anschluss an Leitungs- oder Brunnenwasser	**+** unverzichtbar bei Vollmilchtränke ohne alternativer Kühlmöglichkeiten **+** Hemmung Keimvermehrung **-** hoher Wasserverbrauch **-** hohe Temperaturdifferenz des Kühlwassers notwendig; evtl. baulicher Lösung mit Kühlaggregat erforderlich

TP 7: Gesundheitsüberwachung Kalb

Zur Erprobung und praktischen Anwendung wurde das »Calf Monitoring System« (CMS) im Kälberstall des LVG Köllitsch installiert. Jedes Einzeliglu bzw. jede Einzelbucht wurde gemäß der Montageanleitung des Herstellers mit einem Infrarotsensor ausgestattet und das dazugehörige Gateway nebst Antenne angebracht.

Die gemachten Erfahrungen von der Beschaffung des Systems über die Installation, Inbetriebnahme und Anwendung im Arbeitsalltag wurden laufend dokumentiert.

Die Montage und die Inbetriebnahme verliefen reibungslos. Alle notwendigen Komponenten waren im Lieferumfang enthalten und funktionstüchtig. Durch die Nutzung von QR-Codes zur Registrierung des Gateways sowie der Sensoren, werden potentielle Fehlerhafte Eingaben reduziert. Wichtig ist es, die Infrarotsensoren nach Inbetriebnahme dauerhaft im Empfangsbereich der Antenne zu belassen, um ihren Energieverbrauch möglichst gering zu halten und somit die Lebensdauer optimal ausnutzen zu können. Zu beachten ist, dass bei verschiedenen Nutzern nicht zwischen unterschiedlichen Nutzungsrechten unterschieden werden kann, alle besitzen die Möglichkeit die Tierdaten zu bearbeiten. Das System konnte lediglich für Kälber in Einzelhaltung angewendet werden. Folglich sind die möglichen Nutzungszeiträume betriebsindividuell verschieden, längstens allerdings bis zum Ende der achten Lebenswoche, dann müssen Kälber laut TierSchNutztVO in Gruppen gehalten werden. Die definierte Zielgruppe von Kälbern ab dem 1. Lebenstag ist dabei irreführend, da die Initialisierung bis zur Ausgabe eines ersten Erkrankungsrisikos ca. 24 Stunden in Anspruch nimmt. Die frühestmögliche Meldung über das Erkrankungsrisiko steht damit erst am Tag nach der Geburt zur Verfügung.

Abbildung 10 im Anhang zeigt eine Auswahl der Kälber eines untersuchten Praxisbetriebs, welche im Verlauf der Erprobung mit einem Infrarotsensor des CMS überwacht wurden. Eine Überwachung erfolgte frühestens ab dem 2. Lebenstag bis maximal zum 16 Lebenstag, insgesamt handelte es sich in diesem Betrieb um 53 überwachte Kälber, wobei für 83,0 % der Kälber zu irgendeinem Zeitpunkt ein Alarm abgesetzt wurde. Die meisten Alarme konnten am 2. und 3. Lebenstag verzeichnet werden, an welchen 63,9 % bzw. 58,7 % der Kälber als erkrankungsgefährdet eingestuft wurden (Abbildung 11 im Anhang). Mit zunehmendem Alter der Kälber sank das vom „Calf Monitoring System“ prognostizierte Erkrankungsrisiko kontinuierlich. Im Vergleich dazu wurden sämtliche Kälber unter Zuhilfenahme eines Erfassungsbogens von der zuständigen Mitarbeiterin bonitiert (Tabelle 8 im Anhang). Berücksichtigung fanden das Allgemeinverhalten der Kälber, eventuelle Tränkerestmengen sowie durchgeführte Behandlungen. Gleichzeitig wurde auch hier das Erkrankungsrisiko des CMS nach Kalb und Kalendertag dokumentiert.

Im Ergebnis zeigte sich für diesen Praxisbetrieb eine Übereinstimmung von gezeigten Erkrankungssymptomen am Kalb und einem vom CMS abgesetzten, zeitlich relevanten Alarm bei 30,2 % der Kälber. Außerdem konnte die händische Erfassung von Tränkerestmengen als guter Hinweis auf eine mögliche Beeinträchtigung des Allgemeinbefindens der Kälber identifiziert werden.

Es ist allgemeingültig, dass auf den milchviehhaltenden Betrieben häufig viel Potential im Bereich der Aufzucht liegt. Das erprobte System war in der Lage den kritischsten Zeitraum der Kälberhaltung

abzudecken. Eine lückenlose Überwachung über die Gesamtheit der Tränkeperiode ist als Zielstellung zu definieren. Der Mehrwert des Systems stellte die durchgängige Überwachung auf Einzeltierebene dar, unabhängig vom Beobachter. Das System brachte dem Anwendenden ein Kontrollinstrument an die Hand, um präventive Maßnahmen im Falle eines Erkrankungsgeschehens einleiten zu können, aber auch retrospektiv bewerten und Optimierungsbedarf adressieren zu können.

In unseren Erprobungen konnten die bereitgestellten Alarmmeldungen als zufriedenstellend bewertet werden. Weitere Untersuchungen zu Störfaktoren offene Haltungsbedingen (Kälberausläufe) konnten aufgrund des begrenzten zeitlichen Rahmens nicht umgesetzt werden.

TP 8: Vernetzung im Kälberstall

Im Bereich der Kälberhaltung konnte im Projektzeitraum ein zunehmendes Angebot an Sensoren und Möglichkeiten der digitalen Datenerfassung identifiziert werden. Anhand des Kälberbestands des Sächsischen Landesamts für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie am Standort Köllitsch wurde ein Demonstrationsfeld etabliert, um aufzuzeigen welcher Digitalisierungsgrad in der Tierhaltung derzeit tatsächlich möglich ist, inwieweit erhobene Daten unterschiedlichen Ursprungs miteinander in Verbindung gebracht werden können und in welche Richtung zukünftige Entwicklungen erforderlich sein werden. Hinsichtlich anfallender Arbeitsaufgaben in der Kälberhaltung wurden die beiden Prozesse „Tränkeverabreichung an Kälber“ sowie „Gesundheitsüberwachung von Kälbern“ ausgewählt, um unter Verwendung marktverfügbarer Systeme die digitalen Möglichkeiten der Erfassung von Daten zu zeigen. Im Teilprojekt „Vernetzung im Kälberstall“ erfolgte anschließend der Versuch, die rund um das einzelne Kalb erfassbaren Parameter abzubilden und die praktische Verwertbarkeit zu prüfen. Hierzu flossen ebenfalls Daten ein, welche aus Systemen stammten, die über die Landesinitiative „Digitalisierung Tierhaltung“ des Freistaates Sachsen im LVG Köllitsch integriert werden konnten. Die Erprobung und Demonstration sollte sich so nah wie möglich am Arbeitsalltag der landwirtschaftlichen Praxis orientieren und zeigen, welches Potential diese Anwendungen als praktische Hilfestellung für den Nutzer tatsächlich haben.

Es zeigte sich, dass bereits im Kälberalter eine ganze Bandbreite von Gesundheitsparametern mittels Sensoren erhoben werden kann. Hierfür müssen Produkte unterschiedlicher Anbieter zum Einsatz kommen. Eine Auswahl ist in Tabelle enthalten. Sämtliche Anbieter von Tränkautomaten erfassen mit ihren Geräten die abgerufene Tränkemenge je Kalb, variieren allerdings in der Einheit der Datenausgabe zwischen „Liter/Tag bzw. Besuch“, „kg/Tag“ und „Liter/ Halbtag“. Die für den Tränkeautomat genutzte Tieridentifikation mittels Halsbandtransponder gewährleistet auch an anderen „Stationen“ die eindeutige Zuordnung erhobener Daten, beispielsweise der Wasser- oder Kraftfutteraufnahme. Die Firma „Förster-Technik“ hat mit der „CalfCloud“ eine Cloud-Lösung konzipiert, mit welcher der Anwender einen Überblick über alle kompatiblen, eingesetzten Systeme bekommen kann. Zu beachten ist, dass der Parameter „Körpertemperatur“ zum aktuellen Zeitpunkt zwar digital abgebildet werden kann, dieser jedoch nicht vollautomatisiert erfasst wird. Die Erfassung

und Bewertung des Parameters „Aktivität“ wird bei verschiedenen Systemen aufgegriffen, von den Produktanbietern aber unterschiedlich definiert und realisiert.

Der Infrarotsensor des CMS nutzt die Körperwärme der Kälber, um hieraus eine Bewegungsaktivität abzuleiten. Aus dieser wird auf ein Erkrankungsrisiko geschlossen und als Index ausgegeben („niedrig/mittel/hoch“). Bei Produkten der Firma „Förster-Technik“ wird die Bewegungsaktivität entweder per Halsbandsensoren ermittelt und in der Einheit „G/h“ aufbereitet, oder über die Hygienebox erfasst und als „Tränke-Aktivität“ ohne konkrete Einheit dargestellt. Die Achse ist mit „Aktivität“ beschriftet und erfasste im Fall der Erprobung im LVG Werte von 0 – 2500. Weiterhin wurde eine Vielzahl von indirekten Parametern identifiziert, die nicht unmittelbar am Kalb erhoben werden, sondern Managementmaßnahmen dokumentieren. Beispiele sind die zugeteilte Milchmenge oder durchgeführte Pasteurisier-, Heiz-, Kühl-, Dosier- und Reinigungsvorgänge.

Tabelle: Auswahl unmittelbar am Kalb erfassbarer Parameter marktverfügbarer Technologien

Parameter	Ort der Erfassung	Einheit	Anbieter
Tränkemenge	Tränkeautomat	Liter/Tag bzw. Besuch kg/Tag Liter/Halbtag	FT U H&L
Sauggeschwindigkeit	Tränkeautomat	Liter/Minute ml/min	FT H&L
Bewegungsaktivität	Halsbandsensor Sensor Saugstelle Infrarot-Sensor	G/Stunde k.A. niedrig/mittel/hoch	FT FT FF
Stehzeit	Infrarot-Sensor	Minuten/Stunde	FF
Wasseraufnahme	Wasserzähler	ml/Tag	FT
KF-Aufnahme	Futterstation	g/Tag	FT
Gewicht	(Vorderfuß-) Waage	kg	FT, H&L
Innere Körpertemperatur	Eingabegerät Digitales Fieberthermometer	°C	U FT

FT= Förstertechnik; U= Urban; H&L = Holm &Laue

Demo 3: Autonome Fahrzeugtechnik im Garten-, Obst- und Weinbau

Ausführungen sind dem Abschlussbericht des Projektpartners TUD / bzw. IVI zu entnehmen.

Demo 4: Bodenzustandsüberwachung

Ausführungen sind dem Abschlussbericht des Projektpartners TUD/ bzw. IVI zu entnehmen.

Demo 5: Daten-Hub basierter Informationsaustausch

Ausführungen sind dem Abschlussbericht des Projektpartners TUD / bzw. IVI zu entnehmen.

Demo 6: Erprobung und Demonstration von Landmaschinenvernetzung

Ausführungen sind dem Abschlussbericht des Projektpartners TUD / bzw. IVI zu entnehmen.

Arbeitspaket 4: Partizipationsstrategien und Öffentlichkeitsarbeit

Entwicklung und Umsetzung von Strategien zur Einbindung lokaler Akteure, Nutzergruppen, externer Stakeholder sowie der lokalen und überregionalen Öffentlichkeit.

Öffentlichkeitsarbeit und Wissenstransfer spielten im Experimentierfeld LANDNETZ eine zentrale Rolle. In Zusammenarbeit mit dem Themenverbund digitale Landwirtschaft (TDL-LfULG) wurden dabei verschiedene Themenfelder der Digitalisierung der Landwirtschaft betrachtet. Das vorliegende Konzept für Wissenstransfer und Öffentlichkeitsarbeit wurde federführend durch das Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) erarbeitet. Es zeigt auf, wie die Öffentlichkeitsarbeit und der Wissenstransfer für die bearbeiteten Projekte umgesetzt werden. Es ist als Leitfaden und gemeinsame Handlungsanleitung zu verstehen. Das Konzept der Öffentlichkeitsarbeit basiert auf zwei unterschiedlichen Kommunikationslinien: Zum einen über das webbasierte Informationsportal (https://landnetz.eu/), zum anderen über eine Kontakt- und Vermittlungsstelle. Das vorliegende Konzept der Öffentlichkeitsarbeit richtet sich dabei an folgende Zielgruppen:

- Landwirtschaftliche Praxis
- Fachöffentlichkeit (Beratung, Lehrkräfte, Forschung, Wirtschaft, Behörden)
- Zukünftige Fachöffentlichkeit und zukünftige landwirtschaftliche Praxis (Auszubildende, Schüler, Studenten)
- Entscheidungsträger und Multiplikatoren (in Fachverbänden, in der Bundes-, Landes- und Kommunalpolitik auf Landkreis-, Städte- und Gemeindeebene sowie in Bundes- und Landesbehörden)
- Aus der breiten Öffentlichkeit: Verbraucher und Anwohner
- Presse (regionale sächsische Medien, überregionale Medien, Fachmedien)

Landwirtschaftliche Betriebe stellen für das Landnetz-Projekt die wichtigste Zielgruppe dar und stehen folglich im Mittelpunkt der Aktivitäten zur Kommunikation der Projektarbeit und des Wissenstransfers der Projektergebnisse. Die Zusammenarbeit mit den aktiv im Projekt eingebundenen Partnerbetrieben wird durch gemeinsame Seminare, Workshops, Info-Veranstaltungen und Feldtage unterstützt.

Um eine Übersicht über die Transferangebote zu erlangen, wurden die verschiedenen Wirkungspfade im Rahmen von Veröffentlichungen, Veranstaltungen und Interaktionen fortlaufend dokumentiert. Es wurden durch das LfULG sieben Projektbetriebe in das Projekt involviert. Weiterhin wurde durch das LfULG 18 Demonstrationen geplant und ausgeführt, welche ein Schaubild digitaler Lösungen für die landwirtschaftliche Praxis darstellen. Während der Projektlaufzeit konnte durch das LfULG 34 Workshops zu verschiedenen Themen ausgerichtet werden. Es konnten insgesamt 2480 Besuchende/ Zuhörende mittels Fachvorträgen, hybrider und online – Veranstaltungen, Feldtagen und Fachforen erreicht werden. Die Anzahl erreichter Interessenten auf Messen und ähnlichen Formaten wurde in dieser Zahl nicht erfasst und ist dem entsprechend anzurechnen. Mittels der Homepageaktivität konnten jährlich circa 11.000 Interessierte erreicht werden. Weiterhin werden neueste Erkenntnisse sowie Veranstaltungsankündigungen im regelmäßig veröffentlichten Infodienst und Newsletter des LfULG eingestellt. Dabei wurden jährlich circa 1.000 Empfänger für den Infodienst und 6.000 Abonnenten des Newsletters erreicht. Weiterhin wurden soziale Medien wie „X“ oder auch das Medienportal „YouTube“ als Informationskanal verwendet. Insbesondere in der Projektverlängerung wurde eine Vielzahl von Veranstaltungen in Zusammenarbeit mit weiteren Experimentierfeldern vorbereitet und durchgeführt. Entsprechend wurde die Möglichkeit genutzt, die

Veranstaltungen auf den jeweiligen Kanälen der Partner zu bewerben und somit den Wirkungskreis zu erweitern. Dies beinhaltete sowohl die Intensivierung der Aktivität auf sozialen Netzwerken als auch auf offiziellen Informationskanälen.

Zur Koordination wurde eine zentrale Kontakt- und Vermittlungsstelle für digitale Technologien in der Landwirtschaft etabliert. Um die Arbeitseffizienz maximieren zu können, fanden hier Strukturen aus SIH- und TDL-Projekten Anwendung und wurden entsprechend der veränderten Bedürfnisse angepasst. Der schematische Aufbau des etablierten Konzeptes ist in nachstehender Abbildung 7 dargestellt.

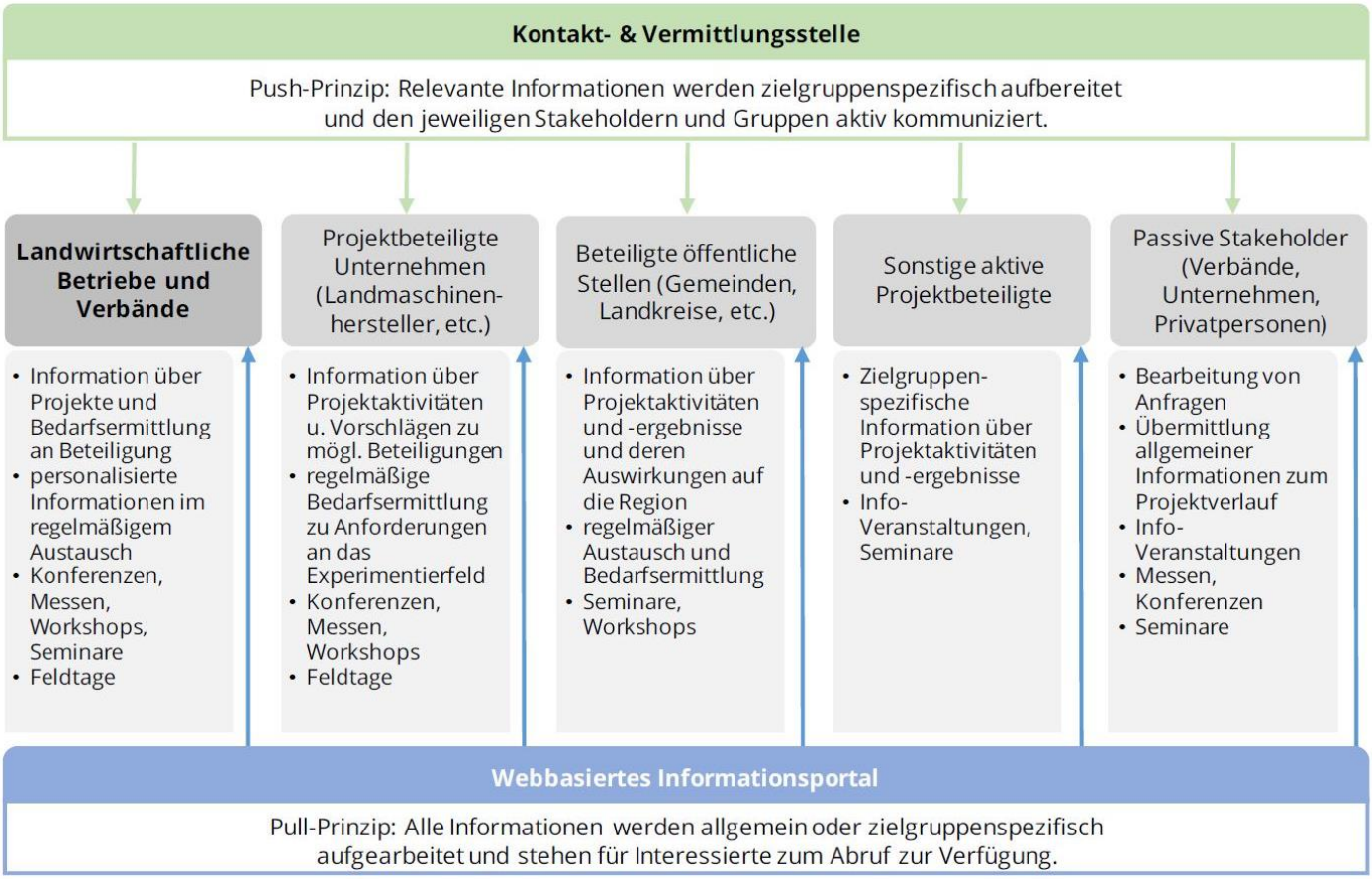

Abbildung 7: Konzept Kontakt- und Vermittlungsstelle zum Wissenstransfer nach Push- und Pull-Prinzip

Neben den genannten Zielgruppen gab es mit weiteren Experimentierfeldern einen fruchtbaren Austausch zu Fragen und Erkenntnissen aus den einzelnen Erprobungen in LANDNETZ. Zur Förderung des Wissenstransfers wurden der online-Wissensplattform FARMWISSEN (Experimentierfeld BeST-SH) regelmäßig Inhalte aus den Erprobungen bereitgestellt. Mit den Experimentierfeldern CattleHub und DigiMilch wurden gemeinsame Fachveranstaltungen geplant und durchgeführt. Mit dem Experimentierfeld EXPRESS gab es einen Austausch zu den Themen kleinräumige Wetterdatenerhebung, Drohneneinsatz sowie Bestandsmonitoring. Fragen, Erfahrungen und Probleme im Betrieb vom Feldroboter DINO wurden mit Kolleg*innen des Experimentierfelds Agro-Nordwest erörtert. Mit CattleHub wurde ein gemeinsamer Untersuchungsrahmen für die Bewertung digitaler Technologien in der Tierhaltung entwickelt. Gemeinsam wurden zukünftige Stallkonzepte für die Milchviehhaltung entwickelt und diskutiert. Die

Ergebnisse werden bei den Stallneubauten am LVG Köllitsch und am Versuchs- und Bildungszentrum Landwirtschaft Haus Düsse berücksichtigt.

Dieses AP war einer der größten Profiteure der Projektverlängerung. Die Partizipationsstrategien und Öffentlichkeitsarbeit sind eng verbunden mit dem Wissenstransfer und der Veranstaltungsplanung. Bestehende, Konzepte und Formate wurden aufgegriffen und entsprechend den thematischen sowie den aktuellen gesellschaftspolitischen Anforderungen angepasst.

Im ersten Projektabschnitt änderte sich pandemiebedingt die Art der Informationsbeschaffung durch Anwender, Stakeholder und weitere Interessenträger. Einschränkungen für Präsensveranstaltungen im gewohnten Format sorgten dafür, dass Alternativen wie der digitale Wissenstransfer aufgezeigt und genutzt wurden. Im weiteren zeitlichen Verlauf des Projektes erlaubte das abflachende Infektionsgeschehen die sukzessive Wiederaufnahme von Präsenzveranstaltungen. Diese wurden anfänglich ebenso wohlwollend aufgegriffen wie digitale Bildungsangebote zum Pandemiebeginn.

Die langfristig durch zahlreiche Hürden geprägte Arbeit in diesem AP konnte vor allem eines aufzeigen: eine erfolgreiche Partizipationsstrategie muss auf diversen, sich alternierenden Säulen aufgebaut werden. Die Resonanz ist insbesondere bei Veranstaltungsformaten in hybrider oder flexibler Form hoch, wobei ein Rahmen in Präsenz mit aktivem Austausch der Teilnehmer untereinander als besonders wertvoll einzustufen ist. Exemplarisch ist aus der Veranstaltungsreihe des „Experimentierfeld-Talks“ die Veranstaltung „Kälber auf Wolke 7.0 – Digitalisierung in der Kälberhaltung“ zu nennen. Anhand dieser Veranstaltung wurde ein alternatives Veranstaltungskonzept erarbeitet, um ein hybrides Veranstaltungsformat mit hohen Qualitätsstandards umzusetzen. Hierbei wurden personelle Ressourcen des LfULG übergreifend zur Verfügung gestellt, um sicherzustellen, dass die zugewonnene Expertise eine langfristige Verwertung hat. Das Veranstaltungsformat ist auf reges Interesse gestoßen und soll zukünftig weiterverfolgt und ausgebaut werden.

Weiterhin hat sich für Präsenzveranstaltungen bewährt, als Veranstaltungsorte aktive Betriebe, welche einen inhaltlichen Beitrag zur Veranstaltungsthematik erbringen können, zu suchen. Die Rahmenbedingungen für die Teilnehmenden wirken informeller als hauseigene Veranstaltungsorte, wodurch Gesprächsführungen einfacher zu Stande kommen. Darüber hinaus wirkt sich bereits die Aussicht auf einem Betriebsbesuch positiv auf die Teilnehmerzahlen aus.

Um digitale Technologien in der Landwirtschaft erfahrbar und umsetzbar zu machen, wurde ein „Touch-Tisch“ angeschafft. Dabei handelt es sich um einen interaktiven Tisch, in dem mittels eines Touch-Panels Informationen und Inhalte in Gruppen von bis zu acht Personen Informationen bereitgestellt werden können. Durch die Größe des Tisches, sowie die Option diesen waagerecht als auch senkrecht zu benutzten, erlaubt es auch den Einsatz vor größerem Publikum. Die vielseitigen Nutzungsmöglichkeiten wurden im Rahmen der Veranstaltungen intensiv erprobt. Die verschiedenen Darstellungsformate erlauben eine zielgruppengerechte Darbietung, in der Inhalte spielerisch ergründet werden können. Dadurch kann das Interesse und die Aufmerksamkeit der Anwender am Demonstrationsgegenstand gesteigert werden. Auf Messen oder Veranstaltungen mit

messe-ähnlichem Charakter bewies sich der Touch-Tisch als „Eye-Catcher“ und Publikumsmagnet. Weiterhin bietet das System für Fachveranstaltungen eine anschauliche Darstellungsvariante. Mit seinen vielseitigen Nutzungsmöglichkeiten bereicherte der Touch-Tisch den Wissenstransfer im LANDNETZ Projekt erheblich und beeinflusste diesen positiv. Die Weiternutzung des Tisches nach Projektende ist im Bereich der Überbetrieblichen Ausbildung und in verschiedenen Wissenstransferformaten vorgesehen.

Arbeitspaket 5: Wertschöpfung, Bewertung, Transfer und Evaluation

Die in den Demonstrationen erprobten Digitalisierungslösungen bieten Potential die Wertschöpfung landwirtschaftlicher Betriebe zu steigern. Sie können zur Verbesserung der Umweltverträglichkeit, des Tierwohls und der Nachhaltigkeit der Landwirtschaft beitragen. Einzelne Ansätze könnten die Grundlage für neue Geschäftsmodelle wie z.B. digitale Dienstleistungen bilden. Zielstellung war Anwendungsfälle/ Produkte als Geschäftsmodelle zu projizieren. Auf Basis der Projektergebnisse wurde durch das Hinzuziehen Externer eine Business-Model-Canvas für unterschiedliche Anwendungen erstellt. Dazu wurde die Expertise eines Start-up-Service, welche sich auf Forschungseinrichtungen spezialisiert haben, in Anspruch genommen. Durch die graphische Darstellung der verschiedenen Komponenten eines Geschäftsmodells mit dem jeweiligen Produkt als Ausgangspunkt, wurde zum einen die Dokumentation des Ist-Standes vorgenommen und auch die Weiterentwicklung vorangetrieben. Dabei sind Komponenten wie Nutzungsversprechen, Infrastruktur, oder auch Zielgruppen eingeflossen. In nachstehender Abbildung 8 wird anhand des Geschäftsmodells „privater Netzwerke für ländliche Räume“ ein mögliches Ergebnis exemplarisch dargestellt.

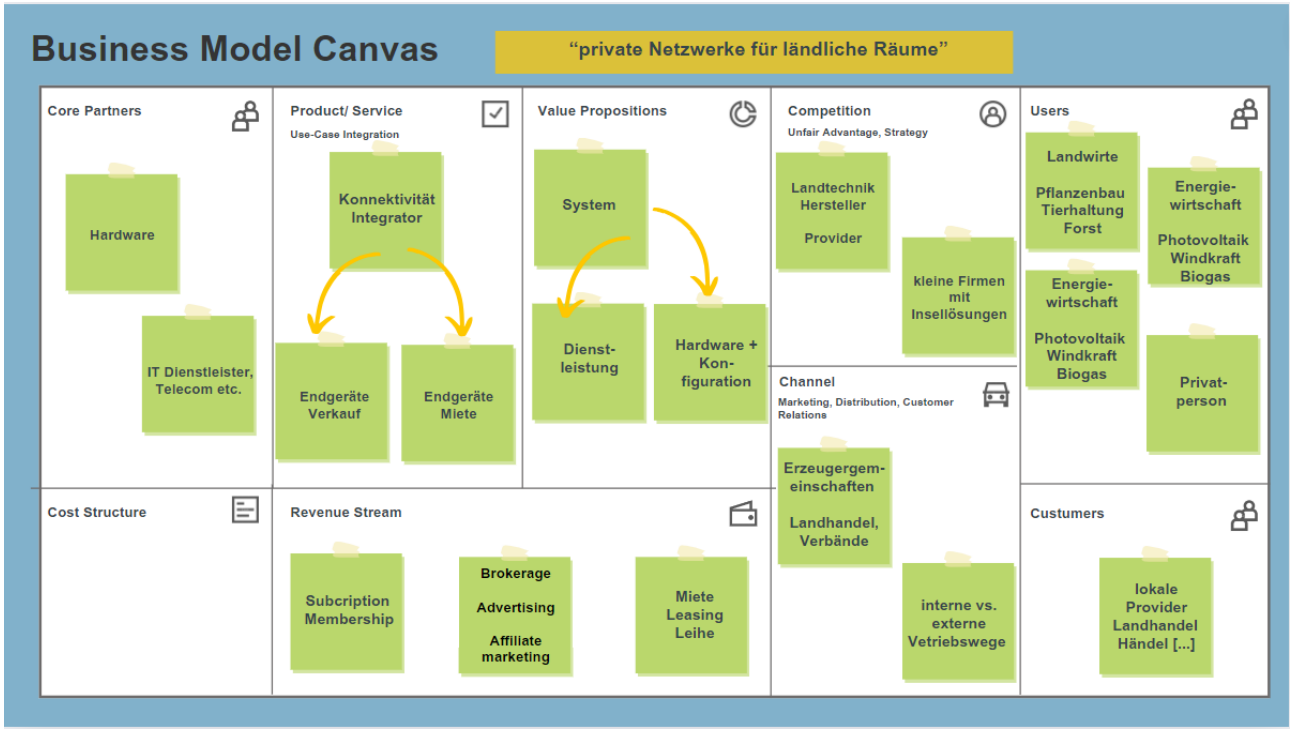

Abbildung 8: Exemplarische Darstellung einer Business Model Canvas (BMC) als Ergebnis der Projektierung eines Geschäftsmodells zum Produkt „private Netzwerke für ländliche Räume“

Die Modellierung verlegt den Fokus von der alleinigen Produktidee hingehend zu der Konzipierung eines Geschäftsmodells. Jedoch ist diese Darstellungsweise sehr statisch, sodass eine fortlaufende Weiterentwicklung, mit jeweils neuer Reflektion notwendig ist, um sich ändernde Rahmenbedingungen einfließen zu lassen. Um diese Entwicklungen und insbesondere die Bewusstseinsbildung für diesen Sachverhalt bei den Untersuchenden zu verstärken, wurde in einem zweiten Seminar mit Workshopcharakter, vertiefend auf die Weiterentwicklung der Modelle eingegangen.

Im Projekt wurden weiterhin zwei externe Evaluationen durchgeführt. Die erste Evaluation erfolgte im November 2021 und wurde durch die Wirtschaftsprüfungsgesellschaft Pricewaterhouse Coopers GmbH (PwC) im Rahmen der laufenden Evaluierung des simul^{+} Innovations Hub (SIH) durchgeführt. Die Kosten wurden vom Sächsischen Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (SMUL) getragen. PwC analysierte und bewertete schwerpunktmäßig den Status Quos des Projekts im zweiten Jahr der Projektlaufzeit sowie das vorgegebene Indikatoren-Set, welches im Rahmen der Zielerreichung jährlich erhoben und an den Fördermittelgeber übermittelt wurde. Die zweite externe Evaluation erfolgte 2023 durch den Pflanzenbauberater Bernd Lessner und zielte auf die Bewertung der Projektziele und gesetzten Schwerpunkte sowie deren Relevanz für die landwirtschaftliche Praxis ab. Die Kosten wurden durch Projektmittel getragen.

Die interne Evaluation baute auf zwei Säulen auf: Zum einen wurde fortlaufend eine Selbstevaluation vorgenommen. Dabei wurde der Untersuchungsrahmen vor einem Kriterienkatalog reflektiert und mit jeder neuen Erkenntnis überdacht. Die zweite Säule bildet die externe Reflexion. Dazu wurde eine Vergabe durch den Projektlead TU Dresden vorgenommen.

Zur Bewertung und Vergleichbarkeit der im LANDNETZ Projekt erprobten und demonstrierten Digitalisierungslösungen wurde eine Bewertungsmatrix mit 14 Bewertungskriterien erarbeitet. Die Bewertungskriterien decken dabei verschiedene Aspekte wie z.B. die Anwendbarkeit und Integration in landwirtschaftliche Prozesse, Umweltwirkung, Wertschöpfung sowie Einflüsse auf den Arbeitsplatz und das landwirtschaftliche Umfeld ab. Für jedes Kriterium gibt es drei Stufen mit unterschiedlicher Punktzahl, Kriterium „trifft zu“ (2 Punkte), „trifft teilweise zu“ (1 Punkt) oder „trifft nicht zu“ (0 Punkte). Da nicht alle Kriterien in jeder Erprobung getestet wurden, gibt es für nicht untersuchte Kriterien 0 Punkte. Theoretisch sind maximal 28 Punkte erreichbar. Die Bewertung der einzelnen Kriterien basiert auf Erfahrungen aus Sicht der Anwender und Ergebnissen aus der praktischen Nutzung während der Erprobungszeit.

Tabelle 9: Bewertungsmatrix der einzelnen TP Demo 1

	Demo 1*									
Bewertungskriterien	**TP 1**	**TP 2**	**TP 3**	**TP 4**	**TP 5**	**TP 6**	**TP 7**	**TP 8**	**TP 9**	**TP 10**
Keine zusätzliche Schulung nötig	2	-	1	1	2	2	0	2	2	1
Guter Support/Service	1	-		1	1	0	0	1	1	2
Bildungsangebote / Schulung verfügbar	2	-	2	2	1	0	2	1	1	2
Einfache Integration in Betriebsabläufe	2	-	2	2	2	2	0	2	2	2
Ohne Einstiegshürde	0	-	1	0	2	1	0	2	2	1
Vereinfacht Arbeitsprozesse	2	-	0	0	2	1	1	0	0	0
Spart Arbeitszeit	2	-	0	0	2	1	0	0	0	0
Steigert Produktivität (z.B. bessere Auslastung, schnellere Durchführung, etc.)	1	-	0	1	1	0	0	0	0	0
Steigert Qualität der Erzeugnisse / Tierwohl	0	-	0	1	1	0	0	0	0	1
Erleichtert die Dokumentation	1	-	0	0	0		0	0	0	2
Verringert Betriebsmitteleinsatz	1	-	0	1	0	0	1	0	0	0
Verringert mögliche Umweltbelastungen	1	-	0	1	0	0	1	0	0	0
Verbessert das Image der Landwirtschaft	1	-	1	1	1	1	2	0	0	
Verbessert das Arbeitsumfeld	2	-	0		1	1	1	0	0	2
Summe	**18**		**7**	**11**	**16**	**9**	**8**	**8**	**8**	**13**

Legende: Punkteverteilung 0 bis 2

2	trifft zu	1	trifft teilweise zu	0	trifft nicht zu

Anmerkungen zu Tabelle 9: Bewertungsmatrix der einzelnen TP Demo 1

TP 1 – Wetterdatenerfassung

Der korrekte Aufbau mit der richtigen Standortwahl, verbunden mit der Bedienung der online Oberfläche stellen eine gewisse Einstiegshürde dar. Werden Parametern wie Wind, Temperatur und Niederschlag berücksichtig, können Betriebsmittel effizienter eingesetzt werden, was das Risiko möglicher Umweltbelastungen verringert und das Image der Landwirtschaft verbessert. Durch die Verknüpfung mit einer Ackerschlagkartei kann die Dokumentation von wetterbezogenen Daten erleichtert werden.

TP 2 – Teilflächenspezifische Düngung

Es erfolgte keine Bewertung da TP 2 nicht ausgewertet werden konnte.

TP 3 – Wachstumsregler

Als Einstiegshürde gestaltet sich die Wahl der richtigen Parameter des Biomassesensors sowie dessen Kommunikation mit der Pflanzenschutzspritze. Nicht erfasst wurden der Support bzw. Service bei der Einrichtung und Einstellung der Pflanzenschutzspritze. Dies ist stark vom jeweiligen Landmaschinenhändler und/oder Hersteller abhängig. Auswirkungen auf die Qualität der pflanzlichen Erzeugnisse wurden nicht untersucht.

TP 4 – Teilflächenspezifische Aussaat

Wenn eine Sämaschine mit Terminal zur Teilbreiten bzw. Einzelreihenschaltung vorhanden ist lässt sich das Verfahren in bestehende Betriebsabläufe einbinden. Als Einstiegshürde erweist sich das nötige Wissen um Applikationskarten zu erstellen und diese auf Plausibilität zu überprüfen. Durch verringerte Aussaatmengen von gebeiztem Saatgut können mögliche Umweltbelastungen durch Beizmittel verringert werden. Die Auswirkungen auf das Arbeitsumfeld wurden nicht näher betrachtet.

TP 5 - Erntezeitprognose mittels Sattelitendaten im Silomais

Die getesteten Prognosemodelle geben einen schnellen und einfachen Überblick über die voranschreitende Abreife von Silomaisbeständen. Dadurch kann die Probennahme zur TS-Bestimmung auf einen Zeitraum von wenigen Tagen vor der Ernte eingrenzt werden, was zu einer Verringerung der Arbeitszeit führt.

TP 6 - Monitoring Krankheitsbefall mittels Apps

Die getesteten Apps sollen die genaue Bestimmung von Krankheiten und Beikräutern, sowie teilweise deren Quantifizierung ermöglichen. Dadurch wäre es möglich das Erreichen von Schadschwellen zur Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln (PSM) leichter zu überwachen. Eine bedarfsgerechte Ausbringung von PSM nach guter fachlicher Praxis ist für das Ansehen der Landwirtschaft als positiv zu beurteilen. Die Einbindung und Dokumentation der von den getesteten Apps erhobenen Daten in eine Ackerschlagdatei oder ähnliche Systeme wurde nicht getestet.

TP 7: Robotereinsatz zur Unkrautbekämpfung

Die Bedienung des Roboters und die Erstellung der Bearbeitungskarten erfordern eine gründliche Schulung und stellen erhebliche Einstiegshürden dar. Die bauartbedingte geringe Funkreichweite des Notausschalters erfordert eine ständige Begleitung des DINO-Feldroboters bei der Arbeit. In Kombination mit der geringen Schlagkraft des Feldroboters ermöglicht dies weder eine Einsparung von Arbeitszeit noch eine Steigerung der Produktivität. Die Einstufungen der Bewertungskriterien ist stark von Modell und Hersteller des Feldroboters abhängig und beziehen sich ausdrücklich auf den hier getesteten Feldroboter DINO der Firma Naio.

TP 8 - Digitale Pheromonfalle

Mit Pheromonfallen werden in verschiedenen Kulturen artspezifische Schmetterlingsmännchen gefangen, um den optimalen Zeitpunkt für den Insektizideinsatz zu ermitteln. Die getestete digitale Pheromonfalle konnte in unseren Erprobungen gefangene Insekten nur auf Ordnungsebene unterscheiden. Rückschlüsse über den Zuflug von Maiszünslern oder Erbsenwicklern waren nicht möglich. Dadurch konnte der Arbeitsprozess der Schaderregerüberwachung nicht vereinfacht werden und es kam zu keiner Einsparung von Arbeitszeit.

TP 9 - Digitale Gelbschale

Ähnlich wie die digitale Pheromonfalle in TP 8, kann die digitale Gelbschale (Modell iSCOUT® Color Trap) und die xarvio App Insekten nur auf Ordnungsebene unterscheiden. Bei bestimmten Rapsschädlingen ist das nicht ausreichend um eine Insektizidmaßnahme zu planen. Auch Verschmutzungen können die Identifikation von Schädlingen verfälschen. Daher können beide Systeme den Arbeitsprozess der Schaderregerüberwachung nicht vereinfachen bzw. verbessern.

TP 10 - Ertragskartierung beim Mähdrusch

Es ist davon auszugehen, dass die in der Erprobung beerntete Fläche von 0,5 m² zu klein war um die um die auf dem Mähdrescher gemessenen Werte zu überprüfen. Die automatische Ertragserfassung auf dem Mähdrescher erleichtert die Dokumentation von Erträgen und Feuchtigkeitsgehalten erheblich. Durch die ständige Erfassung von Kornfeuchten kann die Qualität des Erntegutes besser überwacht werden. Im Ergebnis wird das Arbeitsumfeld verbessert.

Tabelle 10: Bewertungsmatrix der einzelnen TP in Demo 2

	Demo 2*							
Bewertungskriterien	**TP 1**	**TP 2**	**TP 3**	**TP 4**	**TP 5**	**TP 6**	**TP 7**	**TP 8**
Keine zusätzliche Schulung nötig	1	-	1	1	1	2	1	-
Guter Support / Service	2	-	0	0	-	2	0	-
Bildungsangebote / Schulung verfügbar	0	-	2	2	0	2	1	-
Einfache Integration in Betriebsabläufe	1	-	0	1	1	1	2	-
Ohne Einstiegshürde	0	-	0	1	1	2	0	-
Vereinfacht Arbeitsprozesse	2	-	1	2	2	2	2	-
Spart Arbeitszeit	2	-	1	2	2	2	2	-
Steigert Produktivität (z.B. bessere Auslastung, schnellere Durchführung, etc.)	2	-	1	2	2	1	2	-
Steigert Qualität der Erzeugnisse / Tierwohl	0	-	1	2	2	2	2	-
Erleichtert die Dokumentation	2	-	0	2	1	1	1	-
Verringert Betriebsmitteleinsatz	0	-	0	2	0	2	1	-
Verringert mögliche Umweltbelastungen	0	-	0	1	2	0	1	-
Verbessert das Image der Landwirtschaft	0	-	0	2	2	2	0	-
Verbessert das Arbeitsumfeld	2	-	0	2	2	1	2	-
Summe	**14**	**-**	**7**	**23**	**18**	**22**	**17**	**-**

*Legende: Punkteverteilung 0 bis 2

2	trifft zu	1	trifft teilweise zu	0	trifft nicht zu

Anmerkungen zu Tabelle 10: Bewertungsmatrix der einzelnen TP in Demo 2

TP 1 – Digitalisierung von Dokumentationsprozessen in der Sauenhaltung / Ferkelerzeugung

Auch nach erfolgreicher Implementierung des Systems sind analoge Dokumentationsmethoden nicht gänzlich entfallen. Begründet wird dies mit der Vielzahl unterschiedlicher Nutzer bzw. deren Nutzungsintensität.

TP 2 – Überwachung des Fütterungserfolges mittels Wiederkausensoren

Es erfolgte keine Bewertung da TP 2 nicht bis in die Erprobungsphase gelangt ist.

TP 3 – Gesundheitsüberwachung beim Milchrind mittels smarter Pansenboli

Es wurde ein Produkt eines Start-Ups für Demonstrationszwecke aufgegriffen. Die Einstiegshürde war bereits entsprechend groß, was zum einen der umfangreichen Systemimplementierung geschuldet war. Ein Support war mit Fortschreiten der Erprobung nicht mehr gewährleistet und die Funktionsfähigkeit beeinträchtigt. Die erhofften Einsparungen an Betriebsmitteln, Umweltbelastungen und Arbeitszeit, sowie eine Verbesserung des Arbeitsumfeldes konnten in diesen Erprobungen nicht festgestellt werden.

TP 4 – Sensorgestützte Reproduktionsüberwachung beim Milchrind

Das System hat sich über den Demonstrationszeitraum auf dem Markt gefestigt. Dennoch ordnen wir den Support als verbesserungswürdig ein. Das Produkt unterlag einer Vielzahl Re-Brandings, was die Benennung von Ansprechpartnern teilweise unübersichtlich machte. Die erwarteten Verbesserungen hinsichtlich Produktivität und Dokumentation wurden erfüllt.

TP 5 - Digitaler Herdenschutz

Im TP wurde ein Demonstrator zur Überwachung von Weidetieren entwickelt. Auch wenn es sich hierbei nicht um ein Produkt mit Marktreife handelt, so ist die Open-Source-Lösung auf reges Interesse gestoßen. Die Chance, das Arbeitsumfeld und gleichzeitig eine Image-Verbesserung herbeizuführen, schätzen wir als besonders hoch ein. Von einer Bewertung des Systems hinsichtlich des Supportes musste aufgrund der fehlenden Marktreife abgesehen werden.

TP 6 - teilautomatisierte Fütterung von Saugkälbern

Die teilautomatisierte Fütterung hat sich in der Praxis gut etablieren können. Die allgemeinen Funktionen hinsichtlich Verbesserung der Arbeitsprozess schätzen wir als besonders hoch ein. Lediglich der Mehrwert der erprobten Lösungen z.B. der Zuordnung der Tränkekurven auf Einzeltierniveau, stellen wir für unser konkretes Anwendungsbeispiel in Frage. Die negative Bewertung hinsichtlich der Umweltbelastung resultiert aus dem hohen Wasserverbrauch im Prozess der Milchkühlung.

TP 7: Gesundheitsüberwachung Kalb

Die Systemintegration sowie die Einflechtung des Systems in Betriebsabläufe verliefen unproblematisch. Die durchgängige Überwachung stellt zusätzliche arbeitszeitliche Ressourcen frei,

während die Tierbeobachtung verbessert wird. Jedoch ist denkbar, dass dies, aus gesellschaftlicher Sicht, eine Verschlechterung der Tier-Mensch-Beziehung zur Folge haben könnte. Die Einstiegshürde war aufgrund des Start-Up Charakters des Herstellers entsprechend hoch. Das Unternehmen musste Insolvenz anmelden und agiert nicht mehr auf dem Markt, sodass keine längerfristigen Datenauswertungen durchgeführt werden konnten. Aufgrund dieses Umstandes musste der Support als mangelhaft eingestuft werden.

TP 8 - Vernetzung im Kälberstall

Von der Einordnung des TP 8 innerhalb der Bewertungsmatrix wurde abgesehen, da nicht ein Produkt bzw. ein Hersteller betrachtet wurde, sondern die Konnektivität verschiedener Systeme. Eine Einordnung wäre nicht über sämtliche Kriterien möglich gewesen, sodass die Gesamtpunktzahl ein verfälschtes Bild dargestellt hätte.

Die Einordnung der Teilprojekte in die Bewertungsmatrix erbrachte die Erkenntnis, dass die einzelnen Kriterien stets losgelöst von einander zu betrachten sind. Der Kriterienkatalog ist unter betriebsindividuellen Gesichtspunkten zu erörtern und dient lediglich als Denkanstoß für die Interessenten. Nicht alle Systeme konnten in allen Punkten überzeugen. Der Spezialisierungsgrad ist sehr hoch. Weiterhin ist der Erfolg eines Systems multifaktoriell, wobei wir von unserem alleinigen Erfahrungsschatz ausgehen mussten. Die Erkenntnisse und Erfahrungsberichte sind jeweils vor den jeweiligen Umständen und zeitlichen Einflussfaktoren zu betrachten. Es gilt zu beachten, dass eine überwiegend negative Bewertung nicht automatisch zum Ausschluss der betrachteten Technologie führen muss. Die Bewertung bezog sich vielmals auf die zu untersuchenden Kriterien und nicht auf das gesamte Portfolio der Technologie. Entsprechend sollte die Investition lediglich überdacht werden, wenn die Motivation für den Kauf auf eine der negativ bewerteten Kriterien beruht.

Arbeitspaket 6: On/Off Road Safety

Ausführungen sind dem Abschlussbericht des Projektpartners TUD zu entnehmen.

Es wurden für die Interaktion von Straßenverkehrsfahrzeugen und landwirtschaftlichen mobilen Arbeitsmaschinen sicherheitsrelevante Kommunikationslösungen erarbeitet, weiterentwickelt, aufgebaut und evaluiert werden.

2. Verwertung

a) Erfindungen/Schutzrechtsanmeldungen

Im Zusammenhang mit der Bearbeitung des Experimentierfeldes wurden durch das LfULG keine Anmeldung von Schutzrechten vorgenommen. Es ist nicht beabsichtigt seitens des LfULG Schutzrechte anzumelden

b) Wirtschaftliche Erfolgsaussichten nach Projektende

Durch die Facharbeit innerhalb des Experimentierfeldes Landnetz konnten für zahlreiche digitale Anwendungen die Prozesseffizienz messbar gemacht und der Nutzen rein analoger Anwendungen gegenübergestellt werden. Da nicht in jedem Fall die betrachteten Kriterien quantifizierbar waren,

wurden die Erfahrungsberichte für die Landwirtschaftliche Praxis, greifbar aufbereitet. Dies dient zum einen dazu, dass vermeidbare Fehlerquellen für den Praktiker dargestellt und umgänglich gemacht werden, sodass entlang der Prozesskette keine unnötigen Kosten für die etwaige trial-and-error-method entstehen. Durch die kontinuierliche Steigerung der Prozesseffizienz kann mittel- bis langfristig ein eigenständiges Produkt avanciert werden. Die generierten Daten können eine zentrale Rolle einnehmen um die gesellschaftliche Akzeptanz zu erhöhen. Im Zuge dessen sehen wir die Chance feste Rahmenbedingungen, durch die digitale Verwaltung zu etablieren und damit wiederum eine Steuereinheit von Seiten des Staates bzw. der Politik zu schaffen.

Die wahren Bedürfnisse der Landwirte konnten ermittelt und berücksichtigt werden, wobei Fairness im gesamten Datenprozess dank technischer Unterstützung gewährleistet wird. Dies gilt es vor der Schnelllebigkeit der betrachteten Anwendungen zu sehen. Durch die rasante Entwicklung ändern sich Ansprüche und insbesondere die benötigten Kompetenzen. Eine lückenlose Rückverfolgung von Produkten ist möglich, wenn ein digitaler Zwillingsfluss parallel zum realen Materialfluss abläuft. Darüber hinaus konnten wissenschaftliche Erkenntnisse zur Spezifikation und Dimensionierung von mobilen Campusnetzen für die Landwirtschaft generiert werden.

c) Wissenschaftliche und/oder technische Erfolgsaussichten nach Projektende

Durch die gewonnenen Ergebnisse und Erfahrungen des Projektes Sprunginnovationen in den untersuchten Bereichen der Digitalisierung. Überwiegend spielen diese auch in der Aus- und Weiterbildung sowie der Forschung eine elementare Rolle. Es wird davon ausgegangen, dass reges Interesse der Industrie zur Implementierung der Techniken vorhandene Managementsysteme bekundet wird. Der Mehrwert für das Management Agrarunternehmen durch die Vernetzung Digitalisierung der Prozesse und der lückenlosen Dokumentation, verspricht auf große Akzeptanz in der Agrarwirtschaft, der Politik und der Wissenschaft zu stoßen.

Die Ergebnisse des Experimentierfelder werden durch das LfULG, die TUD, sowie des FHI mittels Fachbeiträgen. Fachzeitschriften und sonstigen Veröffentlichungen u.a. publiziert und auf Messen und Tagungen (Agritechnika, Agra, EURO Tier u.a.) präsentiert.

d) Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit

Der erfolgreiche Abschluss des Experimentierfeldes eröffnet für die Forschungsgruppe interessante Türen zu nationalen und internationalen Know-How und ermöglicht Allianzen / Kooperationen für den Wissenstransfer und die Zielerreichung einer umweltgerechten und tierwohlangepassten, wirtschaftlichen Nutztierhaltung. Weiterhin bot das Projekt den Rahmen universitäre Graduierungsarbeiten.

Weiterhin konnte unsere Arbeit von Crowdworking-Modellen profitieren. Der dafür getroffene Zusammenschluss von Experimentierfeldern und weiteren Projektpartnern ermöglichtet eine zielgruppengerechte Zusammenarbeit für Messungen, Erprobungen und Demonstrationen.

Die im Projektverlauf gewonnenen Ergebnisse veranlassen die Projektpartner zur Akquise und Formulierung neuer Projektiden.

3. Erkenntnisse von Dritten

Nach der im Vorfeld durchgeführten Literatur- und Patentrecherche wurde davon ausgegangen, dass keine bereits veröffentlichten Projekte oder Patente für das Projekt von Relevanz waren. Durch den Besuch von nationalen und internationalen Fachkonferenzen wurden im Vorfeld und projektbegleitend alle wichtigen Entwicklungen zur Vernetzung und Digitalisierung der Prozesse in den jeweiligen Bereichen verfolgt. Dabei wurden keine Neuerungen eruiert, welche die Projektergebnisse in Frage stellen könnten. Der vom Konsortium verfolgte Lösungsansatz wurde von anderen Teams nicht äquivalent bearbeitet. Dennoch konnten Vorhaben mit unterschiedlich großer Anzahl Schnittstellen zu unserer Projekterfüllung ausgemacht werden. Hierbei wurde im Sinne des Erkenntniszuwachses eine Zusammenarbeit angestrebt.

4. Veröffentlichungen

Im Folgendem werden die durchgeführten Veröffentlichungen, welche durch das LfULG getätigt wurden dargestellt. Dabei kann über die Verlinkungen, die jeweilige Veröffentlichung abgerufen und weiterführende Informationen zu den Demos, sowie Teilprojekten erlangt werden.

Dauerhafte Auftritte:

- dauerhaft: Internetauftritt auf der LfULG-eigenen Website unter der Rubrik „Digitalisierung Landwirtschaft“
- dauerhaft: Fachposter im Laufstall des LVG Köllitsch zur Information für Auszubildende, Fachpraktiker und Interessierte sowie in der Landwirtschaftsschule Name
- Landnetz Webseite
- Twitter etc.

Fachbeiträge:

- 27.08.2021 Artikel in Bauernzeitung: „Nur die Tendenz stimmt“
- 28.08.2021 „Machbarkeitsstudie Betriebliches Datenmanagement und FMIS“ https://www.landwirtschaft.sachsen.de/download/Machbarkeitsstudie-FMIS_kurz_12_Seiten_1.docx.pdf
- 31.10.2021 Fachbeitrag: „Testung eines Outdoor-Lokalisationssystems hinsichtlich seiner Eignung als Herdenschutzmaßnahme“ https://www.landwirtschaft.sachsen.de/download/2021_11_15_Fachbeitrag_Digitaler_Herdenschutz_korr.pdf
- 22.02.2022 Tagungsband GIL: „Wissenstransfer im Experimentierfeld LANDNETZ“ https://dl.gi.de/items/6326b068-a01f-42a7-8686-0538640b0a85
- 28.02.2022 Fachbeitrag: „Gesundheitsüberwachung beim Kalb mittels Infrarotsensor“ https://www.landwirtschaft.sachsen.de/download/Gesundheitsueberwachung_beim_Kalb_mittels_Infrarotsensor.pdf
- 25.03.2022 Paper: FMIS evaluation and user experience within Landnetz https://www.researchgate.net/publication/358955100_FMIS_evaluation_and_user_experience_within_Landnetz
- 30.05.2022 Fachbeitrag: „Praxistest digitaler Anwendungen im Bereich Schaderregerüberwachung – Gelbschale“

https://www.landwirtschaft.sachsen.de/download/Fachbeitrag_Digitale_Gelbschale_final.pdf

- 07.06.2022 Artikel in Bauernzeitung: „Herdenschutz: Heidi passt auf“ https://www.bauernzeitung.de/agrarpraxis/tierhaltung/herdenschutz-tierortungssystem-heidi-passt-auf/
- 30.06.2022 Fachbeitrag: „Gesundheitsüberwachung beim Milchrind mittels smarter Pansenboli“ https://www.landwirtschaft.sachsen.de/download/Fachbeitrag_smarte_Pansenboli_final.pdf
- 09.09.2022 Artikel im Bauernblatt: „Standort der Herde mittels GPS orten - Digitalisierung in der Landwirtschaft: Experimentierfeld „Landnetz“ https://www.bauernblatt.com/standort-der-herde-mittels-gps-orten/
- 30.11.2022 Fachbeitrag: Digitalisierung im Milchviehstall: System "CattleData" https://www.landwirtschaft.sachsen.de/download/FachinformationInBearbeitungOkt2022.pdf
- 06.02.2023 Nachlese: „Digitalisierung in der Rinderhaltung Einsatz smarter Pansenboli beim Milchrind“ https://www.lfulg.sachsen.de/download/Nachlese_KAM_Einsatz_smarter_Pansenboli.pdf
- 18.01.2023 Artikel in Milchpraxis: Digitale Tools in der Kälberhaltung https://www.milchpraxis.com/digitale-tools-kaelberhaltung/
- 14.09.2023 Fachbeitrag: „Durchgängige Digitalisierung und Vernetzung zur Prozessoptimierung am Beispiel der Kälberhaltung – Experimentierfeld Landnetz“ https://www.zuechtungskunde.de/durchgaengige-digitalisierung-und-vernetzung-zur-x200bprozessoptimierung-am-beispiel-der-kaelberhaltung-x200bexperimentierfeld-landnetz,QUlEPTc3MDg2NjEmTUlEPTY5MTQy.html
- 12/2023 DLG Mitteilungen „Das leisten die Helfer aus dem All““
- 10.01.2024 Nachlese: „Assistensysteme in der Praxis – Anwenderseminar Rind“ https://www.landwirtschaft.sachsen.de/download/Nachlese_Anwenderseminar_Assistenzsysteme_in_der_Praxis_Nemt_2023_11_14.pdf
- 09.02.2024 Fachbeitrag: „Erntezeitbestimmung im Silomais mittels Satellit“ https://www.landwirtschaft.sachsen.de/download/Fachbeitrag__Mais-Satellit.pdf
- 05.07.2024 Fachbeitrag: „Teilautomatisierte Fütterung von Saugkälbern“ https://www.landwirtschaft.sachsen.de/download/Teilautomatisierte_Fuetterung_von_Saugkaelbern.pdf
- 20.11.2024 Fachbeitrag: „Dein Sensor kann mehr – was Assistenzsysteme in der Milchviehhaltung heute leisten “ https://www.landwirtschaft.sachsen.de/milchrind-51672.html

Fachposter:

- Digitale schlagbezogene Wetterdaten – Erprobung und Bewertung
- Digitales Schädlingsmonitoring – Erprobung und Bewertung
- Datenmanagement bei der teilflächenspezifischen N-Düngung
- Digitalisierung von Dokumentations-prozessen in der Sauenhaltung
- Digitalisierung in der Kälberhaltung »Digitales Kälberdorf«
- Digitaler Herdenschutz: GPS-Tracker zur Paniküberwachung
- Gesundheitsüberwachung beim Milchrind mittels smarter Pansenboli
- Vollautomatisierte Tränkelösung für Kälber in der Einzelhaltung
- Sensorgestützte Reproduktions- und Gesundheitsüberwachung beim Rind

Fachvorträge/ Messeauftritte/ Gremien:

- 11.10.2021 Vortrag: „Anwendung von Assistenzsystemen in der Kälberhaltung“ – S. Kewitz
- 22.02.2022 Vortrag zur GIL-Tagung: „Wissenstransfer im Experimentierfeld LANDNETZ“ – D. Heyde
- 21.02.2022 / 22.02.2022 Aussteller Düsser Milchviehtage
- 03.03.2022 Vortrag: „Erfahrungsbericht und Stand der Forschung des Weide-GPS-Trackers „Heidi“ – S. Kewitz
- 03.03.2022 Vortrag: „Einsatz einer Thermalkamera zur Weidekontrolle“ – S. Kewitz
- 21.04.2022 – 24.04.2022 Austeller Agra Leipzig
- 08.07.2022 Austeller: Lange Nacht der Wissenschaften – S. Kewitz

- 23. 07.2022 / 24.07.2022 u. 30.07.2022 / 31.07.2022 Austeller zur Landesgartenschau Torgau – S. Kewitz u. T. Kunkel
- 06.09.2022 Fachforum: Digitale Kälberhaltung – S. Kewitz
- 26.10.2022 Vortrag: „Erfahrungsbericht zur teilflächenspezifischen Aussaat
- im Projekt „Landnetz““ T. Kunkel
- 15.11.2022 Vortrag im Rahmen von Landnetz Impulse „Mechanische Beikrautregulierung mittels Robotik“ T. Kunkel
- 15.11.2022 Vortrag: „Das digitale Kälberdorf im Experimentierfeld LANDNETZ - Möglichkeiten und Grenzen automatisiert erfassbarer Daten in der Kälberhaltung und ihr Nutzen“ – S. Kewitz
- 15.11.2022 – 18.11.2022 Austeller EuroTier – S. Kewitz
- 13.12.2023 Vortrag im Rahmen von Landnetz Impulse „Vernetzung im Kälberstall“ S. Kewitz
- 30.01.2023 Vortrag zur Fachinformationsveranstaltung: „Autonome Fahrzeugtechnik im Ackerbau“ – T. Kunkel
- 27.04.2023 Vortrag „Von der Arbeit mit dem Naio Dino im Feld bis zum Pflegeroboter in der Obstplantage mit Kommunikation im 5G-Campusnetz“ – T. Kunkel u. J. Fehrmann
- 14.06.2023 Vortrag zur Fachinformationsveranstaltung: „Einsatz smarter Pansenboli beim Milchrind“ – S. Kewitz
- 15.06.2023 Vortrag zur MLU Halle Wittenberg Agrarstammtisch: „Einsatz smarter Pansenboli beim Milchrind“ – S. Kewitz
- 17.06.2023 Austeller: Lange Nacht der Wissenschaften – S. Kewitz, T. Kunkel
- 13.09.2023 Vortrag im Rahmen des Praktikertag des DKM: „TS-Bestimmung im Silomais mittels Satellit“ T. Kunkel
- 26.09.2023 Vortrag: „Von Helfern und Hindernissen: digitale Anwendungen in der Kälberhaltung“ – S. Kewitz
- 19.09.2023 Exkursion Gymnasium: "Digitalisierung in der Landwirtschaft" – J. Baranowsky, F. Deißing u. T. Kunkel
- 14.11.2023 Vortrag im Rahmen eines Workshops: „Einführung Digitalisierung in der Rinderhaltung“ – J. Baranowsky u. F. Deißing
- 20.11.2023 Vortrag vor Fachschülern: „Digitalisierung in der Kälberhaltung“ – J. Baranowsky u. F. Deißing, T. Kunkel
- 07.03.2024 Vortrag „Können digitale Gelbschalen beim Monitoring unterstützen? Erfahrungen aus der Praxis“ - T. Kunkel
- 11.04.2024 – 14.04.2024 Austeller: Agra – K. Kouwert, J. Baranowsky u. F. Deißing
- 13.04.2024 Vortrag zum Innovationsforum AgriFood zur Agra 2024: „Stolpersteine auf dem Weg der Digitalisierung in der Kälberhaltung“ – K. Kouwert
- 18.04.2024 Exkursion Gymnasium: "Digitalisierung in der Landwirtschaft" – J. Baranowsky u. K. Kouwert, T. Kunkel
- 12.06.2024 DLG Feldtage: Feldrobotik einführen und managen – ein Praktiker im Interview – N. Staemmler
- 13.06.2024 Praxisbeispiel zur Abschlusskonferenz: "Assistenzsysteme Rind" – K. Kouwert
- 13.06.2024 Praxisbeispiel zur Abschlusskonferenz: „Wachstumsregler teilflächenspezifisch ausbringen“ – N. Staemmler
- 17.06.2023 Austeller Lange Nacht der Wissenschaften Dresden – K. Kouwert

Weitere Formate:

- 14.01.2022 Demonstrationsvideo: Digitale Anwendungen im Bereich Tierhaltung https://www.youtube.com/watch?v=We-CoCsszH4
- 03.06.2022 Praxis-Talk: „Nachbar Wolf – Wie gelingt das Zusammenleben?“
- 11.06.2022 Podcast: „Nachbar Wolf – Wie gelingt das Zusammenleben?“
- 26.03.2024 Online–Live–Talkshow: „Kälber auf Wolke 7.0 – Digitalisierung im Kälberstall“ https://www.landwirtschaft.sachsen.de/rueckblick-veranstaltungen-55056.html?_cp=%7B%22accordion-content-55062%22%3A%7B%220%22%3Atrue%7D%2C%22previousOpen%22%3A%7B%22group%22%3A%22accordion-content-55062%22%2C%22idx%22%3A0%7D%7D

ANHANG

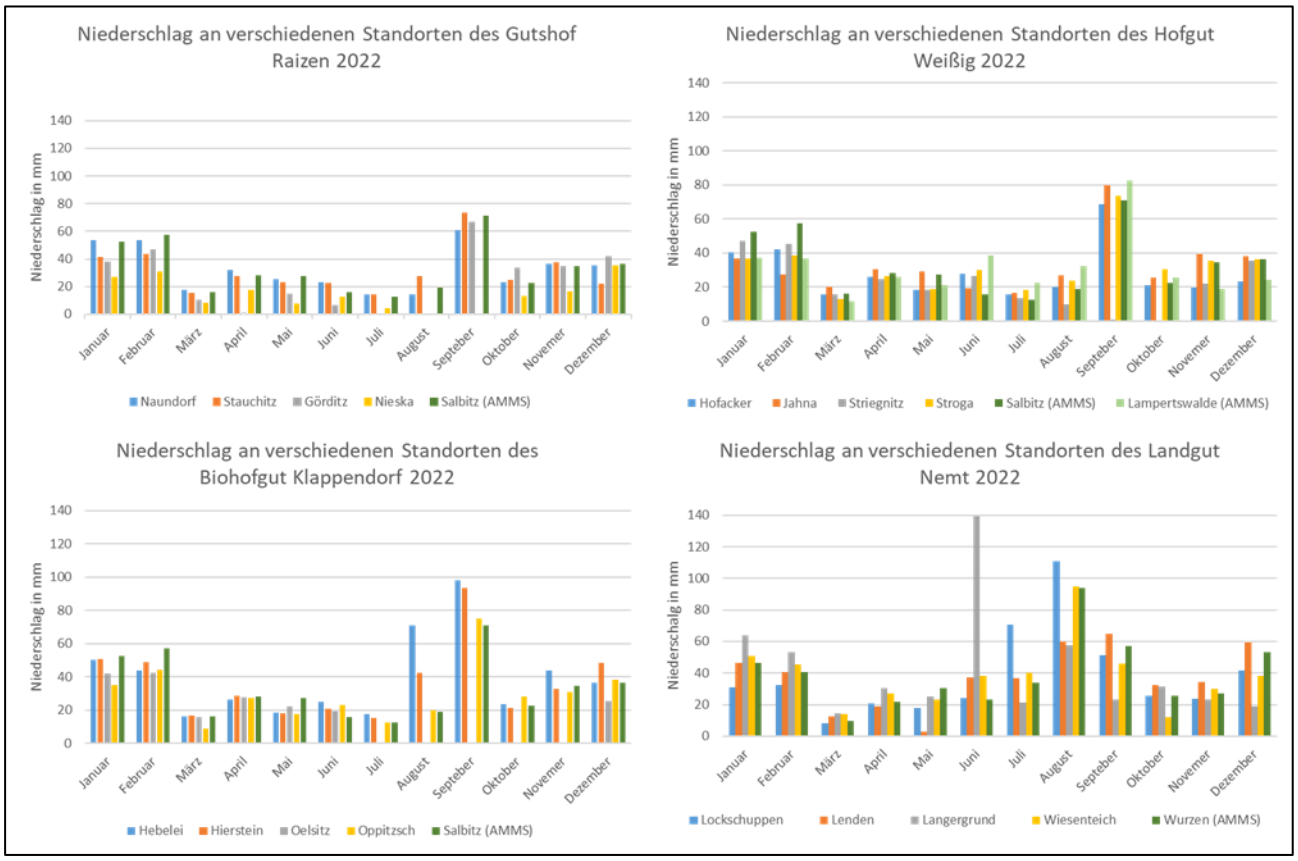

Abbildung 9: Niederschläge an den Standorten der Wetterstationen der Partnerbetriebe und nächstgelegenen Agrarmeteorologischen Messnetzstation im Jahr 2022

Tabelle 6: Eingabedatum, Abrufdatum der Daten und Laufzeit der Pansenboli (Stand: 08.04.2022)

1. Boluseingabe						
Stall-Nr.	**Eingabe**	**Letzte Auslesung**	**Letzte Daten**	**Status**	**Laufzeit in Tagen**	
					Voll funktions-tüchtig	**Eingeschränkt funktionstüchtig**
63	20.09.2021	05.10.2021	29.09.2021	Ausgefallen	9	9
134	20.09.2021	20.10.2021	08.10.2021	Ausgefallen	18	18
36	20.09.2021	07.11.2021	07.11.2021	Ausgefallen	7	48
109	20.09.2021	14.12.2021	14.12.2021	Ausgefallen	8	85
53	20.09.2021	31.03.2022	30.03.2022	Ausgefallen	20	191
2. Boluseingabe						
Stall-Nr.	**Eingabe**	**Letzte Auslesung**	**Letzte Daten**	**Status**	**Laufzeit in Tagen**	
					Voll funktions-tüchtig	**Eingeschränkt funktionstüchtig**
157	24.11.2021	16.12.2021	16.12.2021	Ausgefallen	22	22
124	24.11.2021	03.01.2021	03.01.2021	Ausgefallen	40	40
45	24.11.2021	27.01.2022	26.01.2021	Ausgefallen	20	63
40	24.11.2021	16.03.2022	20.02.2022	Ausgefallen	23	88
122	24.11.2021	27.02.2022	21.01.2022	Ausgefallen	28	58

Tabelle 7: Exemplarische Kostenkalkulation der im Anwenderseminar vorgestellten Betriebe (nach Dr. med. vet. Marco Ziesch)

System Bolus - smaXtec®				
Anschaffung (€ einmalig)	Nutzungsdauer (Jahre)		Kosten / Jahr	
14.200	8		1.775	
Kuhzahl	laufende Kosten pro Bolus €/ Monate * 12 Monate			
500	3*12		18.000	
Remontierungsrate (30%)	Kosten/ Bolus (Anschaffung)			
150	30		4.500	
			24.275	Kosten in € / Jahr Gesamt
			48,55	**€/ Kuh/ Jahr**
System Halsband - SenseHub®				
Anschaffung (€ einmalig)	Nutzungsdauer (Jahre)		Kosten / Jahr	
3000	5		600	
Kuhzahl	Kosten €/ Halsband			
500	140		14.000	
Verlorene Halsbänder /Jahr				
10	140		1.400	
			16.000	Kosten in € / Jahr Gesamt
			32	**€/ Kuh/ Jahr**
System Ohr - CowManager®				
Anschaffung (€ einmalig)	Nutzungsdauer (Jahre)		Kosten / Jahr	
86.000	5		17.200	
Kuhzahl				
730				
Laufende Kosten pro Jahr (inkl. verlorene Sensoren)				
1.500			1.500	
			18.700	Kosten in € / Jahr Gesamt
			25,6	**€/ Kuh/ Jahr**

Abbildung 10: Auswahl der mittels CalfMonitoringSystem überwachten Kälber im Praxisbetrieb (n=53) [rot= hohes Krankheitsrisiko; gelb= mittleres Krankheitsrisiko, grün= geringes Krankheitsrisiko]

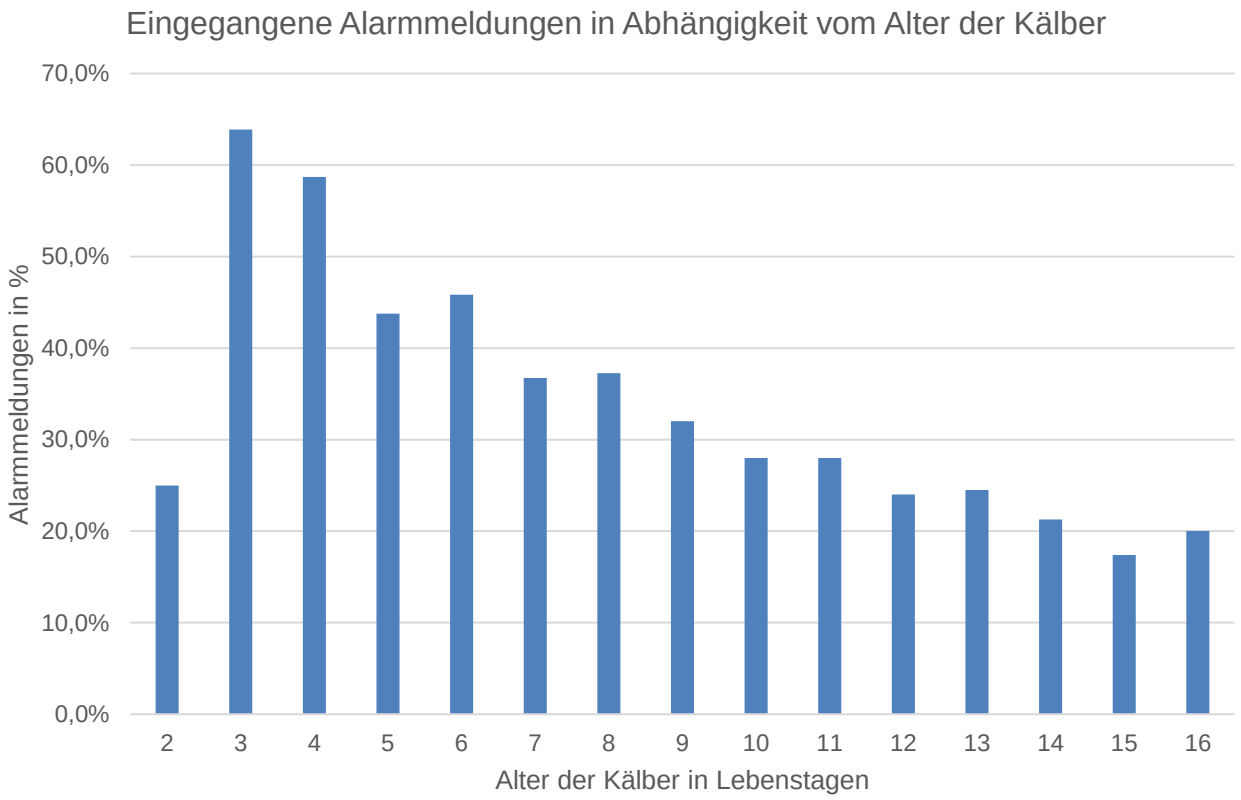

Abbildung 11: Alarmmeldungen des CalfMonitoringSystem in Abhängigkeit des Alters (n=53)

Tabelle 8: Exemplarische Darstellung der händischen Dokumentation auf Einzeltierniveau zu Untersuchungszwecken

Ohrmarke:	70818	Iglu:	24						
	munter?		trinkt?		Tränkrest		Behandlung	Erkrankungs-risiko CMS
Datum	5 Uhr	16 Uhr	5 Uhr	16 Uhr	5 Uhr	16 Uhr	bzw. Notiz	
14.03.2022	☺	☺	☺	☺	leer	leer		
	😐	😐	😐	😐	0,5-1l	0,5-1l		
	☹	☹	☹	☹	>1l	>1l		
15.03.2022	☺	☺	☺	☺	leer	leer		
	😐	😐	😐	😐	0,5-1l	0,5-1l		
	☹	☹	☹	☹	>1l	>1l		
16.03.2022	☺	☺	☺	☺	leer	leer		
	😐	😐	😐	😐	0,5-1l	0,5-1l		
	☹	☹	☹	☹	>1l	>1l		
17.03.2022	☺	☺	☺	☺	leer	leer	Durchfall, Metacam, Bolus	
	😐	😐	😐	😐	0,5-1l	0,5-1l		
	☹	☹	☹	☹	>1l	>1l		
18.03.2022	☺	☺	☺	☺	leer	leer		
	😐	😐	😐	😐	0,5-1l	0,5-1l		
	☹	☹	☹	☹	>1l	>1l		
19.03.2022	☺	☺	☺	☺	leer	leer		
	😐	😐	😐	😐	0,5-1l	0,5-1l		
	☹	☹	☹	☹	>1l	>1l		
20.03.2022	☺	☺	☺	☺	leer	leer		
	😐	😐	😐	😐	0,5-1l	0,5-1l		
	☹	☹	☹	☹	>1l	>1l		
21.03.2022	☺	☺	☺	☺	leer	leer		
	😐	😐	😐	😐	0,5-1l	0,5-1l		
	☹	☹	☹	☹	>1l	>1l		
22.03.2022	☺	☺	☺	☺	leer	leer		
	😐	😐	😐	😐	0,5-1l	0,5-1l		
	☹	☹	☹	☹	>1l	>1l		
23.03.2022	☺	☺	☺	☺	leer	leer		
	😐	😐	😐	😐	0,5-1l	0,5-1l	Durchfall	
	☹	☹	☹	☹	>1l	>1l		
24.03.2022	☺	☺	☺	☺	leer	leer		
	😐	😐	😐	😐	0,5-1l	0,5-1l		
	☹	☹	☹	☹	>1l	>1l		
25.03.2022	☺	☺	☺	☺	leer	leer		
	😐	😐	😐	😐	0,5-1l	0,5-1l		
	☹	☹	☹	☹	>1l	>1l		
26.03.2022	☺	☺	☺	☺	leer	leer		
	😐	😐	😐	😐	0,5-1l	0,5-1l	Durchfall	
	☹	☹	☹	☹	>1l	>1l		
27.03.2022	☺	☺	☺	☺	leer	leer		
	😐	😐	😐	😐	0,5-1l	0,5-1l		
	☹	☹	☹	☹	>1l	>1l		