

Vorhabenbeschreibung „WeideInsight“

Langtitel: „WeideInsight: Mehrwert im Herdenmanagement durch kostengünstige, hybride Lokalisierung und intelligente Datenintegration“

Konsortium:

Kürzel Projektpartner und Kontaktperson

UBA	Prof. Dr. Daniela Nicklas, Otto-Friedrich-Universität Bamberg, Lehrstuhl für Informatik, insb. Mobile Softwaresysteme/Mobilität An der Weberei 5, 96047 Bamberg daniela.nicklas@uni-bamberg.de	Wissenschaft/ Koordination
CD	Dr. med. vet. Oliver Dietrich, CattleData GmbH Zeppelinstraße 25 a, 86316 Friedberg dietrich@cattledata.de	KMU
DSP	Dirk Leuschke, Data Service Paretz GmbH Parkring 3, 14669 Ketzin/Havel dirk.leuschke@dsp-agrosoft.de	KMU
FAU	Dr.-Ing. Jörg Robert, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen- Nürnberg Am Wolfsmantel 33, 91058 Erlangen joerg.robert@fau.de	Wissenschaft
IR	Uwe Wissendheit, IR-Systeme GmbH & Co. KG Industriestr. 40, 97437 Haßfurt uwe.wissendheit@ir-systeme.de	KMU
LfL	Stefan Thurner, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut für Landtechnik und Tierhaltung (ILT) Vöttinger Straße 36, 85354 Freising stefan.thurner@lfl.bayern.de	Wissenschaft
PK	Dr.-Ing. Dr. phil. Uwe Gebauer, GB Projektkontor GmbH Rennweg 54, 90768 Fürth gb@mw-digitalkontor.de	KMU
SF	Johannes Hofmann, safactory GmbH Mußstraße 16, 96047 Bamberg johannes.hofmann@safactory.com	KMU

Inhalt

Konsortium:.....	1
1 Ziele.....	3
1.1 Gesamtziel des Vorhabens.....	3
1.2 Bezug zu den förderpolitischen Zielen.....	4
2 Stand der Wissenschaft und Technik	5
2.1 Einsatz von Ortsinformation im Herdemanagement	5
2.2 Lokalisierungssysteme im Außenbereich.....	6
2.3 Lokationsmodelle für Herdemanagement	6
2.4 Vernetzung mit weiteren verfügbaren Daten.....	7
2.5 Bezug des Projekts WeideInsight zu anderen Arbeiten.....	7
3 Ausführliche Beschreibung des Arbeitsplans	9
3.1 Zeitplan.....	13
4 Verwertungsplan	15
5 Arbeitsteilung/Zusammenarbeit mit Dritten	16
6 Notwendigkeit der Zuwendung.....	16
Anhang 1: Darstellung der Partner.....	18
a. UBA: Otto-Friedrich-Universität Bamberg	18
b. CD: CattleData GmbH	18
c. DSP: Data Service Paretz GmbH.....	19
d. FAU: Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg.....	19
e. IR: IR-Systeme GmbH & Co. KG	20
f. PK: Projektkontor / Digitalkontor	20
g. LfL: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung (ILT)	21
h. SF: Safactory GmbH	22
Anhang 2: Softwarearchitektur	23
Anhang 3: Literatur	25
Anhang 4: Verwertungsplan Antragsphase.....	27
Anhang 5: Balkendiagramm zum Arbeitsplan.....	28

1 Ziele

Die sensorbasierte Beobachtung von Nutztieren ist heutzutage insbesondere in großen Betrieben mit Stallhaltung schon weit verbreitet, z. B. Pedometer für die Brunsterkennung. Ortsinformationen des Einzeltieres und Bewegungsinformationen der Herde werden dabei jedoch kaum genutzt, obwohl sie für zahlreiche Entscheidungen des Landwirts einen erheblichen Mehrwert bieten, vom einfacheren Auffinden von Tieren, die nicht selbstständig zum Melken kommen auf der Weide und im Stall bis hin zur Langzeitbeobachtung von Bewegungsmustern und Aktivitäten zum Gesundheitsmanagement. Ein Grund für die derzeitige Situation ist die zwar verfügbare aber sehr teure Technik zur Lokalisierung im Stall (z. B. System der Firma Ubisense, SMARTBOW) bzw. die erst seit kurzem verfügbaren Lokalisationstechniken für die Weide (z. B. Blaupunkt Telematics, Telespor). Beide Techniken sind derzeit nicht für den Dauerbetrieb mit hohen Übertragungsraten geeignet und daher insbesondere im Bereich der Milchviehhaltung nicht im Einsatz.

1.1 Gesamtziel des Vorhabens

Die Zielsetzung des Projekts „WeideInsight“ ist es daher, einen Mehrwert durch die Integration kostengünstiger und energieeffizienter Lokalisierungslösungen im kombinierten Weide-/ Stallbetrieb zu schaffen. Dies verbessert das Tierwohl durch die frühzeitige Erkennung von gesundheits- und managementrelevanten Situationen und ermöglicht es Landwirten, mit geringerem Arbeitseinsatz einen Weidebetrieb wirtschaftlich betreiben zu können.

Im Fokus stehen dabei folgende Fragestellungen:

- Die Entwicklung und Erprobung kostengünstiger, funkbasierter Lokalisierungslösungen für Weide und Stall, mit deutlich verbesserter Batterielaufzeit im Gegensatz zu den derzeit verfügbaren GPS-basierten Systemen;
- die Entwicklung eines Simulators, mit dem der Technologieeinsatz in konkreten Stall- und Weidekonstellationen erprobt, getestet, konfiguriert und demonstriert werden kann, auch für Schulungen und Weiterbildungsangebote für Landwirte;
- die Integration und Aufbereitung von semantischer Ortsinformation in Herdenmanagementsystemen, um es Landwirten zu ermöglichen, einen direkten Mehrwert aus den Orts- und Bewegungsinformationen ziehen zu können wie die Erkennung von management-relevanten Parametern, z. B. bedarfsgerechte Zuteilung der Portionsweide;
- dadurch Arbeitersparnis und -erleichterung für den Landwirt bei Weidehaltungsverfahren zu erreichen und das Tierwohl sowie die Transparenz der landwirtschaftlichen Prozesse inner- wie außerbetrieblich zu erhöhen unter Berücksichtigung von relevanten Datenschutzaspekten.

Dabei sollen insbesondere die Verbesserung der Schnittstellenkompatibilität sowie die Datenvernetzung, Aufbereitung und intelligente Datenverarbeitung zur Verbesserung der Nachhaltigkeit und zur Ressourceneinsparung für das Farmmanagement im Stall- und Weidebereich adressiert werden.

Die Ziele des Forschungsvorhabens WeideInsight sind stets dem Datenschutz sowie der Datenhoheit untergeordnet. Die 2018 in Kraft getretene DSGVO liefert hier einen sehr guten Leitfaden. Die Softwareentwicklung sowie die Verarbeitung und die Speicherung von Daten findet ausschließlich in Deutschland statt. Der Landwirt stellt über ein Opt-in Verfahren die Daten zur Verfügung und hat während und nach der Projektlaufzeit die volle Datenhoheit. Ebenfalls wird das Arbeitsrecht beachtet. So wird vermieden, dass z.B. Arbeiter*innen durch Anonymisierung nicht indirekt über die Rinder getrackt werden können. Bei der Entwicklung werden ausschließlich aktuelle Techniken im Bereich der Verschlüsselung und IT-Sicherheit verwendet.

1.2 Bezug zu den förderpolitischen Zielen

Die im Rahmen des Projekts „WeideInsight“ angestrebten Entwicklungen können die folgenden förderpolitischen Ziele des BMEL positiv beeinflussen:

Nachhaltige und tiergerechte Agrar- und Ernährungswirtschaft, Schonung natürlicher Ressourcen: Die ganzjährige Stallhaltung von Milchkühen wird heute von vielen Landwirten aufgrund der vorherrschenden Silagewirtschaft (ganzjährige Fütterung einer Mischration) sowie verschiedener im Stall verfügbarer Automatisierungstechniken (automatisches Melk- (AMS), Fütterungssystem (AFS), Sensoren am Tier und im Stall usw.) gegenüber der Weidehaltung bevorzugt. Dabei bietet die Weidehaltung einige Vorteile die derzeit nicht realisiert werden: gesteigertes Tierwohl (Klimareize, Bewegung, vollständiges Verhaltensrepertoire möglich), verlustarme Nutzung des Aufwuchses (keine Konservierungsverluste), geringere Ammoniakemissionen (getrenntes Absetzen von Kot und Harn), keine Gefahr des Eintrags von wassergefährdenden Stoffen (Silobehälter), höhere gesellschaftliche Akzeptanz, Beitrag zum Erhalt der Artenvielfalt u. a.

Schaffung und Sicherung von Arbeitsplätzen, Verbesserung der Arbeitsbedingungen und der Wettbewerbsfähigkeit: Im Vergleich zur Stallhaltung ist die Arbeitsbelastung bei Weidehaltung aufgrund aktuell fehlender Technik höher und der Mehraufwand wird nur zum Teil (regional) über einen höheren Milchpreis vergütet. Flächen die nicht maschinell bewirtschaftet werden können, werden daher oft nicht mehr genutzt und verbuschen; ackerfähige Standorte wurden dagegen durch den Wegfall der Weidewirtschaft oft umgebrochen. Wird die Weidewirtschaft aufgrund der Nachfrage auf Konsumentenseite und zusätzlich durch die Verfügbarkeit moderner Technik für die Landwirte wieder interessanter, besteht das Potential diesem Prozess entgegenzuwirken. Somit können Arbeitsplätze gesichert und die Flächenproduktivität erhalten bzw. gesteigert werden. Das Potential zur Arbeitszeiterparnis durch die Lokalisierungslösungen ist beispielweise bei der Suche von Kühen mit Melkanrecht oder bei der Zuteilung der Portionsweide gegeben.

Stärkung der wirtschaftlichen Innovationskraft: Lokalisierungssysteme für Milchkühe wurden aufgrund der bisher relativ hohen Anschaffungskosten sowie dem hohen Stromverbrauch und den somit kurzen Betriebszeiten vor allem im Bereich der Forschung angewendet. Dank Fortschritten im Bereich der Akkus und notwendigen Elektronikkomponenten sind jetzt neue Einsatzbereiche und -zeiträume denkbar. Derzeit gibt es auf dem Markt für Landwirte für die Weide nur GPS basierte Ortungssysteme mit geringer Frequenz bezüglich der verfügbaren Positionsdaten. Es besteht jedoch die Nachfrage nach einem funktionierenden Lokalisationssystem für Milchkühe insbesondere von ökologisch wirtschaftenden Betrieben, die bereits heute den Weidegang mit automatischem Melksystem kombinieren müssen. Eine erfolgreiche Entwicklung eines Lokalisationssystems mit Sensorik und Backend bedeutet daher für die

beteiligten Firmen ein Alleinstellungsmerkmal mit guter Ausgangsposition für den Einstieg in in- und ausländische Märkte bei gleichzeitiger Stärkung Deutschlands als führendem Innovationsstandort.

2 Stand der Wissenschaft und Technik

2.1 Einsatz von Ortsinformation im Herdemanagement

Die Bestimmung der Aufenthaltsorte von Tieren, insbesondere bei weitläufigen Weideflächen, wurde im Bereich der Forschung bereits seit mehreren Jahrzehnten mit verschiedenen Techniken praktiziert. In Bezug auf die Weidehaltung war die Autorisierung der Nutzung von GPS für zivile Zwecke ein Wendepunkt, sodass seitdem weltweit verstärkt an Ortungssystemen gearbeitet wird und mittlerweile einige Systeme auf dem Markt sind (Maxa, Thurner, und Wendl 2015) sowie (Thurner, Neumaier, und Wendl 2011). Ein Beispiel ist das im Rahmen der Innovationsförderung des BMEL (FKZ: 2813IP013, LfL) entwickelte und im Jahr 2018 auf den Markt eingeführte GPS-GSM Ortungssystem der Firma Blaupunkt Telematics GmbH (Maxa, Thurner, und Wendl 2016). Aufgrund des hohen Stromverbrauchs für die Positionsbestimmung und Datenübertragung eignen sich diese Systeme insbesondere für extensive, weitläufige Weideflächen und für Jungvieh, bei denen eine Positionsbestimmung mit niedriger Frequenz ausreicht, jedoch weniger für Milchvieh, das auf intensiven Weideflächen grast und für das Melken regelmäßig in den Stall kommt (Batteriekapazität, GPS-Position im Stall nicht verfügbar). Es gibt derzeit kein Tiermonitoringsystem, das zuverlässig und mit hoher Frequenz im Stall und auf der Weide Daten zum Tierverhalten bzw. zum Aufenthaltsort der Tiere liefert. Ein jüngst von (Byrne u. a. 2019) durchgeführter Versuch auf der Weide mit dem System Smartbow zeigte, dass der Aufwand für die Installation der Antennen sehr groß war, wodurch das System in der Praxis für die Weide nicht in Frage kommt, wenn gleich auch die Positionsdaten eine ausreichende Frequenz und Genauigkeit aufwiesen. Mithilfe einer permanent verfügbaren Ortsinformation zu allen Tieren in der Herde ist es möglich, weitreichende Änderungen im Bereich des Tierverkehrs und -managements insbesondere bei Milchviehhaltung mit Weidenutzung zu realisieren. So können Tiere schneller gefunden und z. B. zum AMS getrieben werden oder die Futterzuteilung auf der Weide (Portionsweide) und im Stall (Zufütterung) anhand der Anzahl Tiere im jeweiligen Bereich optimiert werden. Weiterhin besteht das Potential, den Tierverkehr zu optimieren indem Flaschenhalse im Betrieb (z. B. an den Tränken oder Übergängen zum Liegebereich) identifiziert und entschärft werden oder über die Identifizierung des Rangs in der Herde anhand von Tierinteraktionen Zugangsberechtigungen für rangniedere Tiere geändert und somit deren Zugang zu den Funktionsbereichen verbessert wird.

Im Rahmen des Teilprojekts „Rindertracking“ im Forschungsverbund FutureIOT (Bayerische Forschungsförderung, AZ-1301-17) werden derzeit Algorithmen und Modelle für die sensorbasierte Erfassung des Tierverhaltens bei Milchkühen auf der Weide entwickelt (Schmeling u. a. 2019), die im Projekt „WeideInsight“ eingesetzt werden sollen. Durch die Kombination der Aufenthaltsorte und der erfassten Verhaltensweisen (z. B. Grasens) wird es möglich die Nutzungsintensität der Weide teilflächenspezifisch zu erfassen und Rückschlüsse für das Weidemanagement zu ziehen (z. B. Notwendigkeit der Weidepflege, Optimierung der Standorte der Tränken). Ebenso ermöglicht die Kombination der Orts- und Verhaltensdaten einzelner Tiere verbesserte Rückschlüsse auf deren Gesundheitszustand (z. B. Lahmheit) zu ziehen. In Summe unterstützt ein Lokalisierungssystem mit Sensorik zur

Tierverhaltensdatenerfassung somit den Landwirt bei der täglichen Arbeit mit den Tieren. Die körperliche Arbeitsbelastung kann damit verringert werden, die Arbeitsplanung wird optimiert und der Arbeitsplatz wird insgesamt attraktiver für die nächste Generation.

Derzeit bestehen zur Lokalisierung von Milchkühen im Stall und auf der Weide keine uns bekannte Schutzrechte. Es liegen jedoch mehrere Patente zum Thema „Kuhverkehr“ und zum „Rufen von Kühen“ vor (z. B. WO 2016/032325 A1, „system and method for managing dairy animals“), die den Forschungsinhalt und das Ziel dieses Antrags nicht konterkarieren.

Ebenfalls besitzt die CattleData GmbH Schutzrechte zu: Verfahren zur Erkennung der Wahrscheinlichkeit einer Brunst (DE102012107012, EP 2 879 615 B1), Verfahren zur Verfolgung des Aufenthaltsortes von Nutztieren (Deutsche Patentanmeldung Nr. 10 2020 103 742.2).

2.2 Lokalisierungssysteme im Außenbereich

Für die Ortung von Milchkühen im Stall existieren bereits kommerzielle Lösungen, z. B. SMARTBOW der Smartbow GmbH oder CowView der GEA Group Aktiengesellschaft. Im Gegensatz hierzu ist die Ortung von Milchkühen auf der Weide noch nicht zufriedenstellend gelöst (s. o.). Technologien basierend auf WLAN oder Bluetooth haben sich für kürzere Entfernungen als sehr geeignete Lösungen erwiesen. Sie nutzen in der Regel die empfangene Signalstärke zur Positionsbestimmung und werden beispielsweise in Mobiltelefonen verwendet. Aufgrund der geringen Reichweite sind sie für die Weide jedoch ungeeignet. Zudem bieten sie systembedingt nur bei geringen Entfernungen eine hohe Lokalisierungsgenauigkeit. Aufgrund der nicht zuverlässigen Mobilfunkabdeckung in ländlichen Gebieten sollen LPWAN (Low Power Wide Area Networks) für die Datenübertragung von der Weide verwendet werden. LPWAN sind im Vergleich zu WLAN auf durch deutlich geringere Datenraten bei deutlich höherer Reichweite (bis zu mehreren km) optimiert. Da die LPWAN-Signale ohnehin übertragen werden, ist ihre Nutzung zur präzisen Ortung eine hochinteressante Option, da die Batterien der Sender für die Ortung nicht zusätzlich belastet werden. Im Projekt soll der europäische LPWAN-Standard nach ETSI TS 103 357 genutzt werden, der mit seiner hohen Signalbandbreite eine präzise Ortung ermöglicht.

Die Firma IR-Systeme verfügt hier über Erfahrungen in Sender- und Sensorentwicklung zum Übertragen von Zustandsdaten von Straßenlaternen, Abgasinformationen an Flughäfen sowie die Übertragung von Bodeninformationen auf Feldern auf Basis von LPWAN/ Mioty. Diese Erfahrungen wurde mit den Kooperationspartner Uni Bamberg und der FAU Erlangen-Nürnberg in Teilprojekten Umwelt- und Bodensensorik des Forschungsprojektes FutureIOT erlangt.

2.3 Lokationsmodelle für Herdemanagement

Lokationsmodelle beschreiben einen Ausschnitt der physischen Umgebung. Im Kontext des Projekts sind dies die Orte, an denen sich die Kühe der Landwirte aufhalten (Stall, Weide, ...). Lokationsmodelle können grundlegend in zwei Haupttypen unterteilt werden: geometrisch und symbolisch. Geometrische Lokationsmodelle beschreiben Positionen mit Hilfe von geometrischen Formen, Orte werden im Koordinatensystem als Punkte, Zonen oder Volumen dargestellt (Becker und Dürr 2005). Die Semantik der Orte („Stall“, „Weide A“, „Tränke Nord“) muss allerdings aufwändig mit genauen Plänen angelegt werden oder ist nur optisch vorhanden (Satellitenbild), d.h. es ist keine semantische Ortsanalyse möglich

(Leonhardt 1998). Symbolische Lokationsmodelle dagegen beschreiben Ort und Raum in Form von Namen und Abstraktionen. Im Gegensatz zum geometrischen Modell können Menschen und Computergeräte dieses Modell besser verstehen (Kolodziej und Hjelm 2017). Weiterhin kann der Landwirt einfach neue Orte in diesem Modell hinzufügen. Ein Beispiel hierfür ist die Zuordnung von Milchkühen zu Haltungsgruppen und Futtergruppen. Diese Gruppen können einen Ort implizieren (gemeinsame Weide für Trockensteher) und teilweise auch automatisch erkannt werden (z. B. nach Abkalbung). Eine automatische Ortsbestimmung oder eine räumliche Visualisierung der Tiere findet jedoch bisher nicht statt. Auch relative Lokationsmodelle werden der Gruppe der symbolischen Lokationsmodelle zugeordnet. (Gotoh u. a. 2017) beschreiben hier wie das Verhalten von Rindern mit Hilfe eines Wireless Sensor Networks (WSN) auf der Weide untersucht werden kann. Problematisch ist bei symbolischen und relativen Lokationsmodellen die fehlende räumliche Visualisierung sowie die nicht direkt ableitbaren räumlichen Relationen. Da sowohl geometrische als auch symbolische Lokationsmodelle Vor- und Nachteile besitzen, ist es möglich, die beiden Ansätze als Kombination zu verwenden. Hybride Lokationsmodelle werden häufig zum Aufbau von Innen- und Außeninfrastrukturen verwendet, deren räumliche Ausdehnung durch die Kombination von symbolischen und geometrischen Koordinaten definiert wird. Diese Koordinaten können aus den Positionsinformationen der internen oder externen Positionierungsinfrastruktur abgeleitet werden (Ficco, Palmieri, und Castiglione 2014). In (Elmamooz, Finzel, und Nicklas 2017) wurden bereits erste Grundlagen für die Verwendung hybrider Lokationsmodelle an der Universität Bamberg gelegt. Im Projekt FutureIOT, das von der Bayerischen Forschungsförderung finanziert wird, arbeitet der Lehrstuhl bereits eng mit den Forschungspartnern LfL und FAU sowie mit den Industriepartnern SF und IR Systeme zusammen und leitet dort auch das Center of Competence „Lokalisierung“, in dem derzeit ein hybrides Lokationsmodell für den Übergang zwischen Indoor- und Outdoor-Navigation entwickelt wird.

2.4 Vernetzung mit weiteren verfügbaren Daten

Aktuell am Markt befindliche Tierlokalisierungen haben nicht den Anspruch ein vollwertiges Herdenmanagement zu entwickeln bzw. den Anwendern anzubieten. Mit zunehmender Betriebsgröße (Herden, Haltungsgruppen) ist es im Sinne der Arbeitswirtschaft zunehmend wichtig, Tier- und Managementinformationen aus dem Herdenmanagement mit den Ortsinformationen zu verbinden. Die Verfügbarkeit der Informationen muss sich in das bestehende Herdenmanagement voll integrieren lassen. Dies scheitert zumeist an den verschiedensten Insellösungen. Im Sinne der Förderung zur Digitalisierung ist es daher von entscheidender Bedeutung hier die Digitalisierung und die Schaffung von Schnittstellen voranzutreiben.

2.5 Bezug des Projekts WeideInsight zu anderen Arbeiten

Die Ziele sowie der Nutzen des im Rahmen des Projekts „WeideInsight“ zu entwickelnden Systems unterscheiden sich deutlich in folgenden Aspekten zu den bereits entwickelten oder getesteten Systemen aus allen vorherigen bzw. aktuell noch laufenden Arbeiten (z. B. „GPS-Weide-2“, „FutureIOT“ oder „DigiMilch“):

- Das im Rahmen des Innovationsprojekts WeideInsight neu entwickelte System kombiniert erstmals die Lokalisierung der Tiere im Außen- (Weide) sowie Innenbereich (Stall) des landwirtschaftlichen Betriebs.

- Für die Lokalisierung wird im Vergleich zu den vorherigen Projekten die kostengünstigere LPWAN-Ortung (mittels Triangulation) auf der Weide angewendet und als sogenannte „Hybride Ortung“ in Kombination mit einer Bluetooth basierten Ortung im Stall aufgebaut. Dieser innovative Ansatz soll die maximale Ortungsgenauigkeit bei gleichzeitig minimalem Energieverbrauch und hoher Frequenz an Positionsdaten ermöglichen. Darüber hinaus ist die Ortung mittels Triangulation bei der LPWAN-Technologie bisher noch nicht etabliert und soll im Rahmen des Projekts entwickelt werden.
- Der Anwendungsfall des Projekts bezieht sich im Vergleich zum Projekt „GPS-Weide-2“, das extensive Weiden meist mit Jungvieh im Focus hatte, auf Milchviehbetriebe mit intensiver Weidenutzung in Kombination mit dem Einsatz eines automatischen Melksystems bei denen die Lokalisierung der Tiere in allen Bereichen (Weide und Stall) notwendig ist.
- Im Vergleich zur Datenübertragung mithilfe eines Mobilfunknetzes (angewendet im Projekt „GPS-Weide-2“) wird im Projekt „WeideInsight“ die kostengünstige LPWAN und Bluetooth Datenübertragung eingesetzt.
- Im Projekt WeideInsight wird der gezielte Einsatz künstlicher Intelligenz bei allen relevanten Anwendungsfallen auf Herden- sowie Individuen-Niveau durch die darauf spezialisierten Projektpartner (Arbeitspakete 5 und 6) erfolgen.
- Darüber hinaus soll im Projekt WeideInsight ein Simulationstool entwickelt werden, dass für die Planung und Investitionsentscheidung von Seiten der Landwirte genutzt werden kann.
- Im Projekt „DigiMilch“ werden vorhandene digitale Lösungen demonstriert, erprobt und wissenschaftlich bewertet, ohne neue Systeme zu entwickeln. Da ein System wie es im Projekt „WeideInsight“ entwickelt werden soll bisher noch nicht auf dem Markt verfügbar ist, kann es auch nicht Gegenstand des Projekts sein. Darüber hinaus liegt der Focus im Projekt „DigiMilch“ auf der Vernetzung der am Markt verfügbaren Systeme.
- Im Projekt „CattleHub“ der Uni Bonn mit Partnern, das aktuell im Rahmen der Experimentierfelder gefördert wird, steht ebenfalls die Prüfung und Bewertung bereits auf dem Markt befindlicher Technik im Vordergrund. Darüber hinaus sollen bestehende Systeme auch weiterentwickelt werden, wobei im Bereich der Ortung bzw. dem Tracking der Tiere bislang WLAN im Stall und GSM auf der Weide angesprochen werden sollen.

Eine Kooperation bzw. Nutzung der Synergieeffekte mit den laufenden Projekten „DigiMilch“ und „CattleHub“ ist dagegen aus unserer Sicht im Rahmen des Arbeitspakets 7 bei der Bewertung und Vernetzung des neu entwickelten Systems sinnvoll als Ausblick auf zukünftige Lösungen. In beiden Projekten ist es das Ziel, vorhandene Sensorik und Technik aus dem Bereich Landwirtschaft 4.0 für die Praxis besser nutzbar zu machen, durch praktische Demonstration auf Pilotbetrieben sowie eine bessere Vernetzung der Daten verschiedener Systeme sowie die vermehrte Nutzung von Assistenzsystemen. Der Bereich Weide fehlt aufgrund der bereits angesprochenen auf dem Markt fehlenden Techniklösungen und würde durch das Projekt „WeideInsight“ hervorragend ergänzt werden. Im Rahmen der bei „DigiMilch“ vorgesehenen Testbeds, mit deren Hilfe die Vernetzung verschiedener Techniken simuliert werden kann, kann somit auch die Einbeziehung der Lokalisierungssysteme in bestehende Herdenmanagementprogramme wie z. B. HERDEplus (DSP) realisiert werden.

- Im Projekt „Space Data Milking“ konnte die DSP bereits erste Erfahrungen mit räumlichen und zeitlichen Koordinaten machen. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt ist die Aussicht auf verwertbare Ergebnisse auf Grund von kostentechnischen Problemen nicht zufriedenstellend gegeben.

3 Ausführliche Beschreibung des Arbeitsplans

Die Betrachtung des Stands der Wissenschaft und Technik zeigt, dass kein kostengünstiges, energiesparendes und leicht zu bedienendes Ortungssystem für Weidevieh existiert.

Außerdem stellt die Integration von symbolischen mit geographischen Ortsinformationen in Herdenmanagementsysteme eine Herausforderung dar. Die Partner im Projekt bieten mit ihren Vorarbeiten in den Bereichen Lokalisierung (FAU, SF), robuster Elektronikentwicklung (IR), hybriden Lokationsmodellen (UBA), Tierwohl und Tiermonitoring (LfL, CD), Herdenmanagementsystemen (DSP) sowie der Entwicklung zielgruppenspezifischer Demonstratoren (PK) das ideale Konsortium, um ein solches System zu entwickeln und die dabei auftretenden Herausforderungen zu lösen.

Das Projekt gliedert sich in acht Arbeitspakete. Die folgende Tabelle 1 gibt einen Überblick, welche Partner an den einzelnen Arbeitspaketen beteiligt sind (B) sowie wer die Leitung innehat (L), in AP-Überschrift unterstrichen:

Tabelle 1 Überblick Arbeitspakete

Arbeitspaket		CD	DSP	FAU	IR	LfL	PK	SF	UBA
AP 1	Hybrides Lokalisierungssystem	B		L	B		B	B	B
AP 2	Simulation von Ortungssystemen	B		B		B	B	B	L
AP 3	Datenerfassung und Validierung am Praxisbetrieb	B		B	B	L	B	B	
AP 4	Entwicklung hybrider Lokationsverarbeitung	B	B			B	B	B	L
AP 5	Entscheidungsunterstützung für Landwirte	L	B			B	B		B
AP 6	Integration in Herdenmanagementsysteme	B	L				B		B
AP 7	Evaluation und Dissemination	B	B	B	B	L	B	B	B
AP 8	Projektkoordination	B	B	B	B	B	B	B	L

AP 1: Hybrides Lokalisierungssystem (FAU, UBA, SF, IR, CD, PK)

Ziel dieses Arbeitspakets ist die Entwicklung eines kostengünstigen hybriden Lokalisierungssystems für Stall und Weide: Innerhalb des Stalls sollen Bluetooth-Beacons zur Ortung verwendet werden und auf der Weide soll eine Lokalisierung mittels der LPWAN-Signale realisiert werden. Hieraus ergeben sich drei Teilarbeitspakete, die innerhalb des Projektes bearbeitet werden sollen:

AP 1.1: Ortung mittels Bluetooth-Beacons (SF, CD, UBA, FAU, IR)

Dieses Teilarbeitspaket widmet sich der Nutzung von Bluetooth-Beacons für die Ortung im Stall sowie für die relative Ortung von Rindern zueinander auf der Weide (Sozialverhalten). Hierzu sollen bestehende Systeme an die Anforderungen im Stall unter Berücksichtigung der geplanten Anwendungen angepasst werden. Dies betrifft z. B. die verwendeten Ortungsalgorithmen, die Anzahl der benötigten Bluetooth Beacons und die Entwicklung von Hardware, die den rauen Umgebungsbedingungen im Stall und am Tier widerstehen kann.

AP 1.2: Ortung mittels LPWAN (FAU, IR)

Im Rahmen dieses Teilarbeitspakets soll ein System für die kostengünstige LPWAN-Ortung entwickelt werden. Aufgrund der geringen Komplexität der LPWAN-Sender, die an den

Weidetieren befestigt werden, liegt der Schwerpunkt auf der Entwicklung des LPWAN-Ortungsnetzwerkes. Als Ortungsverfahren soll hierbei TDOA (Time Difference of Arrival) Verwendung finden. Mehrere Empfangsstationen messen hierbei den exakten Empfangszeitpunkt eines LPWAN-Signals, um den Standort des LPWAN-Senders zu bestimmen. Aufgrund der hohen Ausbreitungsgeschwindigkeit elektromagnetischer Wellen ist für eine präzise Ortung im Bereich weniger Meter eine hochpräzise zeitliche Synchronisation der Empfangsstationen im Bereich weniger Nanosekunden notwendig. Hierzu soll – aufbauend auf existierenden eigenen Vorarbeiten¹ – eine kostengünstige Empfangsstation mit entsprechender Algorithmik entwickelt werden, die diese Synchronisation mittels Signals of Opportunity (SoO) realisiert. SoO sind Signale – z. B. Digitalradio, digitales Fernsehen oder Mobilfunk – die eigentlich nicht zum Zwecke der Synchronisation ausgesendet wurden und in Deutschland an praktisch allen Orten verfügbar sind. Umfangreiche theoretische Untersuchungen (Tröger u. a. 2017) sowie ein Demonstrator belegen die Leistungsfähigkeit dieses Ansatzes. Für die praktische Nutzung sind jedoch noch weitere umfangreiche Forschungs- und Entwicklungsarbeiten notwendig.

AP 1.3: Hybride Ortung durch Kombination von LPWAN- und Bluetooth-Ortung (FAU, UBA, SF, IR, CD)

Ziel dieses Teilarbeitspaketes ist die Kombination von LPWAN- und Bluetooth-Ortung zum Erzielen der maximalen Ortungsgenauigkeit bei gleichzeitig minimalem Energieverbrauch. Hierzu soll eine geeignete Software entwickelt werden, die die Ortungsinformationen von beiden Systemen auswertet und damit eine möglichst präzise Ortsinformation ableitet. Zudem soll eine Hard- und Software für die Sender der Weidetiere entwickelt werden, die beide Ortungsverfahren optimal kombiniert um die Batterielebensdauer zu maximieren.

AP 2: Simulation von Ortungssystemen auf Farmen (UBA, LfL, FAU, SF, CD, PK)

In diesem Arbeitspaket wird ein Simulator für Ortungssysteme auf Farmen entwickelt. Ziel des Simulators ist es, den Technologieeinsatz demonstrieren, evaluieren und ggf. auch konfigurieren zu können. Damit ist es auch für kleinere Betriebe möglich, die Auswirkungen vom Einsatz der Ortungssysteme in ihrem konkreten Umfeld bewerten zu können, bevor sie teure Investitionen in Sensorsysteme vornehmen müssen. Außerdem können die Anbieter von Herdenmanagementsystemen ihre Systeme in verschiedenen Konfigurationen und Mengengerüsten testen und evaluieren (z. B. mehr vs. weniger Sensoren, unterschiedliche Technologie). Ebenfalls soll es möglich sein, die Datenverarbeitung und Benutzungsschnittstellen zu testen. Schließlich können mit Hilfe des Simulators Weiterbildungen für Landwirte an konkreten Beispielen des eigenen Hofes durchgeführt werden.

Der Simulator wird mit dem Farm-Layout (semantische Orte auf Hof und Weide), einer Anzahl von Rindern und einer bestimmten Ausstattung von Ortsensoren konfiguriert. Simuliert wird plausibles Herdenverhalten sowie die grundsätzlichen Eigenschaften des Ortungssystems: Funkdistanzen und Reichweiten, Ortungsgenauigkeit, Typ der Ortung (Koordinate oder Symbol), Frequenz der Ortung und Batterielaufzeit. Auf komplexe physikalische Zusammenhänge, wie die Reflektion der Funksignale bei auftretenden Hindernissen, wird in dem Simulator (zunächst) verzichtet. Die folgenden Ortungssysteme sollen simuliert werden: Beacon-basiert, LPWAN-basiert und Hybrid (Beacon+LPWAN).

¹ Patentanmeldung DE102014224797A1: Positionsbestimmung von Sensorknoten eines Sensornetzwerkes

Zusätzlich wird das Ortungssystem GPS ebenfalls simuliert um eventuelle Probleme des hybriden Lokalisierungssystems frühzeitig zu erkennen.

AP 2.1: Simulation im Stall (UBA, LfL, FAU, SF, CD, PK)

In einer ersten Iteration erfolgt die Simulation im Stall, da der Landwirt hier bereits gute Erfahrungen mit der Verwendung von Sensorik und den Verhalten der Rinder gesammelt hat. Der Projektverbund kann hier auf bereits vorhandene Erfahrungswerte zurückgreifen.

AP 2.2: Simulation auf der Weide (UBA, LfL, FAU, SF, CD, PK)

Die Simulation auf der Weide ist eine folgende Iteration. Hier werden die bisher gesammelten Erfahrungen aus AP1 eingebaut und eine umfangreichere Version des Simulators veröffentlicht.

AP 3: Datenerfassung und Validierung am Praxisbetrieb (LfL, FAU, SF, IR, CD, PK)

Auf geeigneten Praxisbetrieben mit automatischem Melksystem und Weidehaltung werden die in AP 1 entwickelten Systeme über zwei Weidesaisons getestet. Dazu werden sie zunächst bezüglich der Genauigkeit der Positionsbestimmung mithilfe eines Testapparats einem standardisierten dynamischen und statischen Genauigkeitstest unterzogen.

Anschließend werden sie mit einem Teil der Herde ggf. auf einem Teilbereich der Weide und im Stall installiert und im realen Einsatz getestet. Zur Validierung der erfassten Daten werden Tierdirektbeobachtungen mittels Action-Kameras durchgeführt. Bei der Tierbeobachtung auf der Weide besteht die Herausforderung darin, den Fokustieren dauerhaft zu folgen um entsprechend zuverlässig die Aufenthaltsorte zu erhalten. Weiterhin ist sicherzustellen, dass gleichzeitig zur Beobachtung eine automatische Datenaufzeichnung mit den Lokalisationssystemen erfolgt. Zusätzlich können die Videodaten für die Auswertung von auffälligem Tierverhalten zur Validierung der Verhaltenserkennung genutzt werden. Die Datenerfassung auf der Weide und im Stall erfolgt ab April bis Oktober in mehreren Abschnitten (mehrere Beobachtungszeiträume pro Jahr). Die Auswertung der erfassten Daten erfolgt außerhalb der Weidesaison und liefert die „Ground Truth“ für die entwickelten Lokationsmodelle. Die Arbeitszeit der Landwirte wird während der gesamten Weidesaison mittels Arbeitstagebüchern und GPS-Datenloggern erfasst. Somit kann eine mögliche Arbeitszeiteinsparung und somit ein konkreter Nutzen für den Landwirt während des Einsatzes der Lokalisierungssysteme dargestellt werden.

AP4: Entwicklung hybrider Lokationsverarbeitung (UBA, LfL, SF, PK, DSP, CD, PK)

In diesem Arbeitspaket wird eine hybride Lokationsverarbeitung als Grundlage für zukünftige Herdenmanagementsysteme entwickelt. Diese kann mit Ortsinformation aus unterschiedlichen Quellen und Ortungssystemen umgehen (geographisch, geometrisch, symbolisch und relativ) und diese auf konkrete Entitäten des Informationssystems abbilden (hier: Benannte Orte wie „Stall“, „Liegebox“, „Tränke“, Weidebereiche). Als Grundlage für die spätere Verarbeitung der Daten wird ein hybrides Lokationsmodell geplant und umgesetzt. Das hybride Lokationsmodell kombiniert die Vorteile der geometrischen/geographischen und der symbolischen Lokationsmodelle. Zusätzlich sollen Verfahren für den Einsatz von Informationen aus relativer Ortung (Gruppen von Rindern, Identifikation von Sozialverhalten) entwickelt werden. Mit Hilfe des Lokationsmodelles können die hybriden Ortsinformationen (geometrisch, geographisch, symbolisch und relativ) im Herdemanagementsystem des Landwirts verarbeitet werden. Flexible, graphbasierte Datenmodelle für Hof sowie Weide

bilden die Grundlage solcher Modelle. Im Herdenmanagementsystem sollen für die Datenmodelle verschiedene Formen der Visualisierung integriert werden. Hierfür werden die Visualisierungskonzepte Kartendarstellung, Baumdarstellung und Listendarstellung in diesem Arbeitspaket entwickelt. Abschließend wird das Datenmodell noch um die Darstellung von Ungenauigkeiten bzw. Qualitätsinformationen erweitert. So wird sichergestellt, dass auch die Datenqualität, als wichtiger Faktor für die Aussagekraft der verarbeiteten Werte, dem Landwirt zur Verfügung gestellt wird.

AP 5: Entscheidungsunterstützung für Landwirte (CD, LfL, PK, DSP, PK)

Anhand einer online Umfrage bei Milchviehbetrieben mit Weidehaltung in Deutschland werden bereits genutzte Entscheidungsunterstützungssysteme sowie der Bedarf an diesen bei den Landwirten erfasst. Dabei sollen die Landwirte verschiedene vorgegebene Anwendungsszenarien bezüglich ihrer Praxistauglichkeit bewerten und durch eigene Vorschläge ergänzen. Die Umfrage wird in enger Zusammenarbeit mit einem im Agrarbereich spezialisierten Dienstleister durchgeführt (Auftragsarbeit). Anhand der Ergebnisse der Umfrage werden schließlich die relevanten Anwendungsfälle identifiziert und für die Realisierung festgelegt. Beispielhaft kann mit Hilfe der Lokalisierung der Tiere deren Sozialverhalten analysiert werden um „Problemkühe“ zu identifizieren oder es könnte in Verbindung mit einem Vibrationselement ein individuelles Rufsystem für Kühe realisiert werden. Dieses Arbeitspaket wird gleichzeitig mit *AP 6.2 Übernahme der ersten verwertbaren Ergebnisse* umgesetzt.

AP 6: Integration in Herdenmanagementsysteme (DSP, PK, CD)

In diesem Arbeitspaket wird eine erste Integration in ein Herdenmanagementsystem umgesetzt. Die Integration wird durch die Entwicklung eines Demonstrators gezeigt. Der Demonstrator integriert die Ergebnisse des Arbeitspakets 4 (Entwicklung hybrider Lokationsverarbeitung) in das Herdenmanagementsystem und setzt dabei die Anwendungsfälle aus Arbeitspaket 5 (Entscheidungsunterstützung für Landwirte) um. Dazu wird der Standort für die Tiere, die z. B. zum automatischen Melksystem (AMS) nachgetrieben werden müssen, an den Landwirt ausgegeben (basierend auf den Daten vom AMS in Kombination mit dem Standort vom Ortungssystem). Außerdem werden Warnmeldungen an den Landwirt für die Tiere ausgegeben, die z. B. Verhaltensauffälligkeiten zeigen, die auf bestimmte Ereignisse hinweisen (wie z. B. Brunst, Lahmheit usw.). Hierfür wird eine Benutzungsschnittstelle konzipiert, um die Visualisierung und das Management von hybriden Lokationsmodellen darzustellen. Ebenfalls werden die Ortungssysteme aus Arbeitspaket 1 (Hybrides Lokationsverfahren) an dem Demonstrator angebunden. Die Korrektheit der Ortungssysteme kann mit den simulierten Daten aus Arbeitspaket 2 (Simulation von Ortungssystemen auf Farmen) sowie den Daten von den Tests auf der Weide in Arbeitspaket 3 überprüft und getestet werden. Für die Entwicklung des Demonstrators werden moderne Methoden des Software Engineerings angewendet und sie findet iterativ statt.

AP 6.1: Datenschnittstelle zum Demonstrator umgesetzt (DSP, PK, CD)

In einer ersten Phase wird die Datenschnittstelle zum Demonstrator entwickelt. Die bereitgestellten Daten sind in Abstimmung mit den Projektpartnern zu eruieren.

AP 6.2: Übernahme der ersten verwertbaren Ergebnisse (DSP, PK, CD)

In Phase 2 wird die Übernahme der ersten verwertbaren Ergebnisse angestrebt. Dies können

Alarmmeldungen, Verhaltensweisen, aktuelle oder aufgezeichnete Aufenthaltsorte, geographische Informationen sein.

AP 7: Evaluation und Dissemination (LfL, alle)

Nach erfolgreicher Entwicklung der Systeme werden sie in mehreren Betrieben längerfristig erprobt. Dabei wird eine Bewertung der Systeme anhand eines vorab erarbeiteten Kriterienkatalogs von Seiten der Landwirte und aus Expertensicht vorgenommen. Idealerweise erfolgt dies in Kooperation mit dem Experimentierfeld „DigiMilch“ der LfL in einem breiteren Kontext. Im letzten Projektjahr wird ein Workshop für Landwirte angeboten, bei dem insbesondere kleinere und mittlere Betriebe angesprochen werden um die entwickelten Systeme und deren Anwendung zu präsentieren und eine Möglichkeit für weitere Rückmeldungen zu schaffen. Im Rahmen dieses Arbeitspakets erarbeiten die Firmenpartner zudem mögliche Geschäftsmodelle, Preismodelle und Vertriebsmodelle für die entwickelten Prototypen; die Rückmeldung der Landwirte aus den Workshops (unter Einsatz des Simulators) legen hierfür eine wichtige Grundlage.

Im Rahmen des Wissenstransfers für Berater und Landwirte, der an der LfL kontinuierlich stattfindet und von den beteiligten Industriepartnern in ähnlicher Form betrieben wird, werden die Ergebnisse des Projekts „WeideInsight“ in landwirtschaftlichen Fachmedien, bei Ausstellungen (z. B. EuroTier) und Fachveranstaltungen (z. B. Grünlandtage) publiziert, präsentiert und vertreten. Weiterhin werden die Projektergebnisse im Bereich der Wissenschaft von allen Projektbeteiligten in internationalen Zeitschriften und bei internationalen sowie nationalen Tagungen dargestellt. Für die breite Öffentlichkeit wird eine Projektinternetseite erstellt und laufend aktualisiert.

AP 8: Projektkoordination (UBA, alle)

Die Projektkoordination wird von der Universität Bamberg übernommen. Für die Absprachen im Projekt sind ein Kickoff-Treffen sowie regelmäßige Arbeitstreffen (alle 3 Monate) der Projektpartner an wechselnden Orten geplant (bei jeweils einem Projektpartner). Außerdem wird über ein Projektmanagementtool (voraussichtlich auf einer an der Universität Bamberg gehosteten Gitlab-Instanz) sowie über einen E-Mail-Verteiler eine zeitnahe elektronische Kommunikation, Transparenz über Arbeitspakete und Meilensteine sowie über ein Projektwiki der regelmäßige und kontinuierliche Wissensaustausch sichergestellt.

3.1 Zeitplan

Das Projekt ist für eine Laufzeit von drei Jahren geplant und soll Februar 2021 starten (im Projektablauf: Q1). Sollte sich dieser Projektstart verschieben, müsste ggf. eine Anpassung von Arbeitsprogramm und Zeitablauf vorgenommen werden, um den jahreszeitlichen Randbedingungen für die Datenerfassung auf der Weide sowie die Evaluation Rechnung zu tragen.

Die folgende Tabelle 2 gibt einen Überblick über den Ablauf der Arbeitspakete sowie die zeitliche Einordnung der Meilensteine:

Tabelle 2- Ausschnitt Arbeitsplan

		Zeitplan											
		1				2				3			
Arbeitspakete	Quartal	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
AP 1	Hybrides Lokalisierungssystem												
AP 1.1	Ortung mittels Bluetooth-Beacons												
AP 1.2	Ortung mittels LPWAN												
AP 1.3	Hybride Ortung durch Kombination von LPWAN- und Bluetooth-Ortung												
Meilenstein 1: Erstes Testsystem Bluetooth-basierte Lokalisierung steht bereit		◆											
Meilenstein 3: Erstes Testsystem LPWAN-basierte Lokalisierung steht bereit					◆								
Meilenstein 4: Erstes integrierte Testsystem steht bereit							◆						
AP 2	Simulation von Ortungssystemen												
AP 2.1	Simulation im Stall												
AP 2.2	Simulation auf der Weide												
Meilenstein 2: Finale Anwendungsfälle für die Integration von Ortsinformation stehen fest					◆								
Meilenstein 5: Erste Version Farm-Simulator abgeschlossen							◆						
AP 3	Datenerfassung und Validierung am Praxisbetrieb												
Meilenstein 8: Ergebnisse der Datenerfassung auf der Weide stehen bereit											◆		
AP 4	Entwicklung hybrider Lokationsverarbeitung												
Meilenstein 7: Konzept hybride Lokationsmodelle abgeschlossen									◆				
AP 5	Entscheidungsunterstützung für Landwirte												
AP 6	Integration in Herdemanagementsysteme												
AP 6.1	Datenschnittstelle zum Demonstrator umgesetzt												
AP 6.2	Übernahme der ersten verwertbaren Ergebnisse												
Meilenstein 6: Erste Integration in Herdenmanagementsystem ist umgesetzt									◆				
AP 7	Evaluation und Dissemination												
Meilenstein 9: Evaluierung wurde durchgeführt, Ergebnisse wurden bewertet													◆
AP 8	Projektkoordination												

Wir planen insgesamt neun Meilensteine. Diese stehen nicht immer am Ende eines APs, sondern legen fest, zu welchem Zeitpunkt eine erste Version des jeweiligen Artefakts zur Verfügung steht. Es ist z. B. geplant, die Ortungssysteme während des Projekts kontinuierlich weiter zu entwickeln und zu verbessern, bis sie im letzten Projektjahr in die Evaluation gehen.

M1: Erstes Testsystem Bluetooth-basierte Lokalisierung steht bereit (Monat 3)

Ein erstes Testsystem für Bluetooth-basierte Lokalisierung kann verwendet werden. Hierfür werden Geräte gefertigt, die an einem Halsband für Rinder befestigt werden können. Die Bluetooth-basierte Lokalisierung (insbesondere auch relativ für das Sozialverhalten) kann für erste Tests des Arbeitspakets 1 auf Grund der Vorarbeiten der Partner bereits nach Monat 3 eingesetzt werden.

M2: Finale Anwendungsfälle für die Integration von Ortsinformation stehen fest (Monat 12)

Mit Erreichen dieses Meilensteins stehen die endgültigen Anwendungsfälle für die Integration von Ortsinformationen nun bereit. Diese wurden mit dem Wissen der verschiedenen Domänenexperten in verschiedenen Iterationen innerhalb des AP 2 (Simulation von Ortungssystemen) entwickelt. Dabei werden auch Fragen zum Weidemanagement berücksichtigt, z. B. ob es möglich ist, anhand der Aktivität der Tiere darauf zu schließen ob das zugewiesene Futter bereits gefressen wurde bzw. im Fall einer Kurzrasenweide der Aufwuchs zu wenig ist oder sind die Tränken optimal positioniert.

M3: Erstes Testsystem LPWAN-basierte Lokalisierung steht bereit (Monat 12)

Ein weiteres Testsystem, in diesem Falle für die LPWAN-basierte Lokalisierung kann auf den Höfen verwendet werden. Hierfür werden Gateways auf den Weiden platziert. Die LPWAN-

basierte Lokalisierung kann für weitere Tests des Arbeitspakets 1 (Hybride Lokalisierung mit Bluetooth und LPWAN) nach Monat 9 verwendet werden.

M4: Erstes integrierte Testsystem steht bereit (Monat 17)

Ein erstes integriertes Testsystem bestehend aus Bluetooth- sowie LPWAN-Technologie kann nun eingesetzt werden. Das hybride Sensorsystem kann bereits für den prototypischen Gebrauch an einigen Kühen exemplarisch befestigt werden. Dieser Meilenstein stellt einen wichtigen Zwischenschritt in der Durchführung des Arbeitspakets 1 (Hybride Lokalisierung mit Bluetooth und LPWAN) dar.

M5: Erste Version Farm-Simulator abgeschlossen (Monat 18)

Ein Simulator für Ortungssysteme auf Farmen kann nun verwendet werden. Ziel des Simulators ist die Demonstration des Technologieeinsatzes der hybriden Lokalisierungsverfahren. Dieser Meilenstein ist ein Zwischenziel des AP 2 (Simulation von Ortungssystemen).

M6: Erste Integration in Herdenmanagementsystem ist umgesetzt (Monat 24)

Ein Demonstrator, der die Integration der hybriden Lokationsverarbeitung in das Herdemanagement zeigt, liegt nun vor. Der Demonstrator verfügt über Benutzerschnittstellen, für die Einbindung der hybriden Lokalisierungsverfahren. Der Meilenstein ist dem AP 6 (Integration in Herdenmanagementsysteme) zuzuordnen. Die vorläufige Softwarearchitektur ist im Anhang 2 beigelegt.

M7: Konzept hybride Lokationsmodelle abgeschlossen (Monat 24)

Ein hybrides Lokationsmodell kann nun verwendet werden. Mit Hilfe des Lokationsmodells können die hybriden Ortsinformationen (geometrisch, geographisch und symbolisch) im Herdenmanagementsystem des Landwirts verarbeitet werden. Die hybriden Lokationsmodelle werden in AP 4 (Entwicklung hybrider Lokationsverarbeitung) entwickelt.

M8: Ergebnisse der Datenerfassung auf der Weide stehen bereit (Monat 31)

Die Datenerfassung auf der Weide ist abgeschlossen. Es liegen nun ausführliche Daten zum Verhalten der Kühe, eine Beschreibung der physischen Umgebung in den Ställen und auf den Weiden sowie erste Testergebnisse der hybriden Lokalisierungsverfahren vor. Dieser Meilenstein ist der Abschluss des AP 3 (Datenerfassung und Validierung im Praxisbetrieb).

M9: Evaluation wurde durchgeführt, Ergebnisse wurden bewertet (Monat 36)

Die Ergebnisse des Projektes sind nach Abschluss von Arbeitspaket 8 (Evaluation und Dissemination) bewertet worden. Die Forschungsergebnisse werden veröffentlicht und die Landwirte werden in Form von Workshops in der Verwendung des Systems geschult.

Die Evaluierung beginnt im letzten Projektjahr und endet mit diesem Meilenstein nach Monat 36. Selbstverständlich werden einzelne APs ständig evaluiert und iterativ verbessert.

Der ausführliche Arbeitsplan ist als Gantt-Diagramm dem Antrag beigelegt.

4 Verwertungsplan

Der Verwertungsplan zu der Antragsphase im Anhang 4 beigelegt.

5 Arbeitsteilung/Zusammenarbeit mit Dritten

Die detaillierte Arbeitsteilung zwischen den einzelnen Partnern kann aus der Beschreibung der Arbeitspakete entnommen werden. In Abbildung 1 werden die primären Beiträge der einzelnen Partner im Projekt WeideInsight, in den verschiedenen Komponenten, dargestellt. Diese Rollenverteilung soll die Kompetenzen der einzelnen Partner unterstreichen.

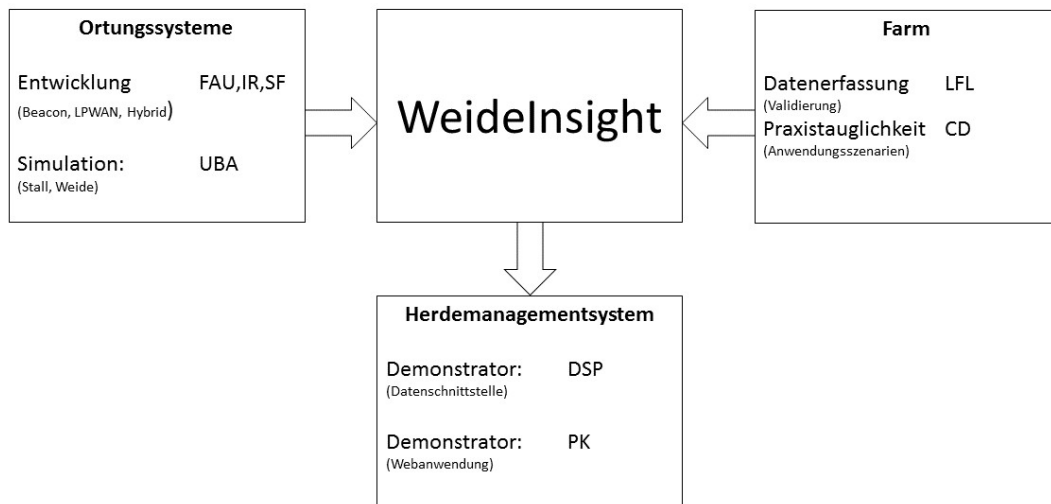


Abbildung 1- Rollenverteilung

Für einzelne Arbeitspakete werden Dienstleistungen im Bereich der Softwareentwicklung von Dritten in Anspruch genommen. Dies kann aus den einzelnen AZK-Anträgen entnommen werden.

Aktuell ist es nicht vorgesehen weitere assoziierte Partner zum Projekt hinzufügen. Sollten im späteren Verlauf noch assoziierte Partner hinzustoßen so muss jeder ursprüngliche Projektpartner zustimmen.

6 Notwendigkeit der Zuwendung

Ohne staatliche Förderung ist das geplante Vorhaben nicht umsetzbar. Die Entwicklung der angestrebten Projektergebnisse ist mit einem unternehmerischen Risiko und Innovationsaufwand verbunden, der von den beteiligten KMUs nicht alleine zu stemmen ist. So ist z. B. unklar, wie sich die Anzahl der auf der Weide gehaltenen Milchkühe in Deutschland und weltweit künftig entwickeln wird. Auf der einen Seite sehen wir eine klare Präferenz von Seiten des Lebensmitteleinzelhandels, der Politik und der Konsumenten, Produkte wie Weidemilch in größeren Mengen anzubieten bzw. zu fordern. Auf der anderen Seite stehen aktuelle Anforderungen an die Landwirte wie z. B. die Reduktion der Ammoniakemissionen (NEC-Richtlinie) oder die Reduktion der Stickstoffdüngung allgemein und insbesondere im Bereich der Wirtschaftsdünger (Düngeverordnung) die in Teilen nur

durch eine Reduktion des Tierbestands möglich erscheinen. Außerdem ist unklar, ob sich die technischen Randbedingungen mit den gewünschten wirtschaftlichen Notwendigkeiten in Einklang bringen lassen.

Durch die staatliche Förderung wollen sich einige der beteiligten KMUs (Safactory, Projektkontor, IR Systems) durch die Zusammenarbeit mit den Partnern aus der Anwendungsdomäne (LfL, CattleData, DSP) neue Märkte im Bereich Landwirtschaft erschließen.

Ähnliches gilt für die Forschungspartner, die ihre Technologieexpertise (FAU, UBA) mit der Domänenexpertise (LfL) verbinden wollen, um aktuelle IoT-Erkenntnisse auch für die Landwirtschaft nutzbar zu machen

Anhang 1: Darstellung der Partner

a. UBA: Otto-Friedrich-Universität Bamberg

Der Lehrstuhl für Informatik, insbesondere Mobile Softwaresysteme/Mobilität der Otto-Friedrich-Universität Bamberg wurde 2014 zur Stärkung der TechnologieAllianzOberfranken eingerichtet. Die Antragstellerin Daniela Nicklas arbeitet bereits seit vielen Jahren am Thema „Datenmanagement für sensorbasierte Anwendungen“, was auch in Plattformen für zukünftige IoT-Anwendungen eine zentrale Herausforderung darstellt. Dabei untersuchte sie unter anderem beispielsweise, wie multisensorielle Umgebungen entwickelt und getestet werden können (Rüssmeier u. a. 2017), wie die Sensordatenqualität online kontrolliert und verbessert werden kann (Kuka und Nicklas 2014), oder mit welchen Systemen und Standards solche Anwendungen realisiert werden können (Funk u. a. 2011). In (Elmamooz, Finzel, und Nicklas 2017) wurden bereits erste Grundlagen für hybride Lokationsmodelle gelegt. Im Projekt FutureIOT, das von der Bayerischen Forschungsförderung finanziert wird, arbeitet der Lehrstuhl bereits eng mit den Forschungspartnern LfL und FAU sowie mit den Industriepartnern SF und IR Systeme zusammen und leitet dort auch das Center of Competence „Lokalisierung“. In diesem Rahmen wird derzeit ein System für die Aktivitätserkennung von Weidevieh entwickelt. Dieses kann jedoch nicht für eine kostengünstige Lokalisierung verwendet werden. Daher ergab sich aus dieser Zusammenarbeit die Idee für das vorliegende Vorhaben. Eine Doppelförderung liegt daher nicht vor.

b. CD: CattleData GmbH

Die CattleData GmbH entstand aus einem Forschungsprojekt an der Ludwig-Maximilians-Universität München. In der Klinik für Wiederkäuer entwickelte Dr. Oliver Dietrich 2011 ein Verfahren zur automatisierten Brunsterkennung, das sich grundlegend von den bekannten Methoden unterscheidet (Dietrich 2012). Die CattleData GmbH ist Experte für das Tier-Tracking und die daraus resultierende Steigerung des Tierwohls. Das Verfahren ermöglicht die Analyse von Standorten innerhalb des Stalls sowie des Sozial-, Bewegungs- und Fressverhaltens der Kühe. Die Daten werden 24/7 in Echtzeit gewonnen. Auf Basis von Grundlagenforschung wie (Zimmermann 2017) wurden die Verfahren in den letzten Jahren kontinuierlich weiterentwickelt und von Kamera- auf RFID- und BLE-Technik umgebaut. Auch die Algorithmen wurden ständig optimiert und um neue Funktionen (zum Beispiel zur Überwachung der Futteraufnahme, Tiererkennung an Selektionstoren etc.) erweitert.

„Tierwohl durch Technik“ ist für die CattleData GmbH keine Phrase. Die Systeme des Unternehmens steigern das Tierwohl durch tierfreundliche, leichte BLE-Transponder. Schwere Sender an den Halsbändern oder den Kuhbeinen gehören damit der Vergangenheit an. Die gewonnenen Daten über das Bewegungs- und Fressverhalten machen das Tierwohl jedes einzelnen Tieres mess- und automatisiert bewertbar. CattleData war und ist beteiligt an verschiedenen Projekten und wissenschaftlichen Studien zur sensorgestützten Verbesserung des Herden- und speziell des Tiergesundheitsmanagements. Als Tierärzte und IT-Datenanalysten kennt das Team der CattleData GmbH die Management- und Gesundheitsprobleme in Milchviehverbänden aus nächster Nähe. Das Unternehmen liefert so sinnvolle Lösungen im Sinne der Tiergesundheit und der Wirtschaftlichkeit.

Relevante Patente:

- European Patent, EP 2 879 615 B1: Method for Identifying the probability of an estrus

- Deutsches Patent, AZ 10 2017 128 980: Vorrichtung zur Überwachung der Futteraufnahme eines nicht-humanen Säugetieres
- Verfahren zur Verfolgung des Aufenthaltsortes von Nutztieren, Deutsche Patentanmeldung Nr. 10 2020 103 742.2

c. DSP: Data Service Paretz GmbH

Die Data Service Paretz GmbH (DSP) wurde 1991 als Softwarehaus gegründet. Die Mitarbeiter und Führungskräfte konnten als ehemalige Beschäftigte des Rechenzentrums Tierzucht Paretz auf langjährigen Erfahrungen bei der Anwendung der EDV in der Tierzucht aufbauen. Heute arbeiten in der DSP 22 Angestellte.

Die DSP hat sich im Verbund mit ihren Tochterfirmen dsp-Agrosoft GmbH und VIT PC-Software GmbH als Systemhaus für die Landwirtschaft profiliert. Speziell auf dem Rindersektor hat sie ihre marktführende Stellung ausgebaut und sich zum Kompetenzzentrum entwickelt. Dazu hat vor allem das schrittweise Umsetzen wissensbasierter Lösungen in Programme beigetragen sowie auch die fundierte Wissensvermittlung über das Portal Rind. Letzteres wird neben den Landwirten zunehmend von den Tierärzten und Klauenpflegern genutzt. Speziell für diese beiden Anwendergruppen wurden neue Produkte zur Markterschließung entwickelt.

Der Vertrieb der Produkte wird durch die Tochtergesellschaft dsp-Agrosoft GmbH (Gründung 1993) vorgenommen. Das Vertriebsnetz ist deutschlandweit organisiert. Der Kundenstamm umfasst rund 6.500 Käufer im Bereich der Landwirtschaft. Zu den Kunden gehören Landwirte, Tierärzte, Klauenpfleger, Beratungseinrichtungen inklusive Futtermittelberater, Landeskontrollverbände, Besamungs- und Zuchtorganisationen und Landwirtschaftskammern sowie Universitäten, Schulen und andere Einrichtungen.

d. FAU: Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

Der Lehrstuhl für Informationstechnik mit dem Schwerpunkt Kommunikationselektronik (LIKE) der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg wurde 1999 als Stiftungslehrstuhl der Fraunhofer Gesellschaft ins Leben gerufen. Seit 2011 wird er von Prof. Dr.-Ing. Albert Heuberger, dem Leiter des Fraunhofer-Instituts für Integrierte Schaltungen IIS, geleitet. Prof. Dr.-Ing. Jörn Thielecke verantwortet seit 2004 den Forschungsbereich Navigation und Ortsbestimmung.

Innerhalb der Arbeitsgruppe von Dr.-Ing. Jörg Robert hat der LIKE federführend an der Entwicklung und Standardisierung von LPWAN (Low Power Wide Area Networks) teilgenommen. Hieraus resultierte der europäische LPWAN-Standard ETSI TS 103 357, der im Rahmen des Projektes als Basis für die Ortung auf der Weide genutzt werden soll. Zudem leitet Dr. Robert die Entwicklung einer weltweit standardisierten LPWAN-Lösung im Rahmen von IEEE 802.15.4. IEEE 802.15.4 bildet die Basis für viele Industriestandards (z. B. ZigBee) und findet daher weltweit in Bereichen wie Smart City oder Smart Home seine Anwendung.

Aktuelle Arbeiten des LIKE befassen sich mit der präzisen Ortung von LPWAN-Signalen und der drahtlosen Synchronisation mittels Signals of Opportunity (SoO), d.h. Signalen die eigentlich nicht zum Zweck der Synchronisation ausgesendet wurden. Die Kombination beider Techniken verspricht kostengünstige und einfach zu handhabende Lokalisierungsansätze für die Ortung über größere Entfernungen. Simulationen und erste

Messungen belegen bereits die Leistungsfähigkeit dieser Ansätze. Es sind jedoch noch umfangreiche Forschungsarbeiten notwendig, um eine kostengünstige und robuste Lösung für Endanwender zu ermöglichen. Diese Arbeiten sollen im Rahmen des beantragten Projektes durchgeführt werden.

e. IR: IR-Systeme GmbH & Co. KG

Die Firma IR-Systeme GmbH & Co. KG gehört seit über zehn Jahren zu einem der führenden Anbieter für anspruchsvolle kundenspezifische Elektronik-Lösungen.

Als kleines mittelständisches Unternehmen mit rund 30 Mitarbeitern entwickelt und produziert die Firma IR-Systeme innovative drahtlose Steuerungstechnik für eine Vielzahl von Anwendungen. Vor allem im Bereich Infrarot, Funk, RFID/NFC, Bluetooth und der eigenen Produktparte Multitech entwickelt und fertigt IR-Systeme erfolgreich multifunktional einsetzbare Steuerungskomponenten.

Mit überdurchschnittlichem Fachwissen, fortwährendem technischen Knowhow und einem hohen Maß an Qualitätsbewusstsein schafft IR-Systeme Komponenten und Sensoren mit höchster Präzision und größter Robustheit. Die Firmengeschichte, wie auch die Erfahrung im Bereich Funk und Infrarot reicht weit über ein Jahrzehnt zurück – Kompetenz, langjährige Expertise sowie Mitarbeiter mit hoher technischer Fachkompetenz in der Bauteilfertigung, der Bestückung, der Kabelkonfektionierung, Fertigung und der Vergusstechnik bilden das stabile und verlässliche Rückgrat des Unternehmens. Vor allem wenn es um den Schutz empfindlicher Elektronik geht, setzt die Firma IR-Systeme auf einen professionellen Einsatz von Harzen, Gelen und Lacken, die immer wieder genau an die Produktbedürfnisse angepasst werden können.

Darüber hinaus arbeiten die Ingenieure von IR-Systeme in der hauseigenen Forschungs- und Entwicklungsabteilung jeden Tag aufs Neue mit Neugier, Weitblick und dem notwendigen Fachwissen an Produktinnovationen, mit welchen die Herausforderungen im industriellen Sektor problemlos gemeistert werden können.

f. PK: Projektkontor / Digitalkontor

Digitalkontor entwickelt für Handel und Industrie digitale Lösungen rund um webbasierte Anwendungen, Mixed Reality, Digital Signage oder interaktive, digitale Instore-Anwendungen. Digitalkontor bietet die anwendungsnahe Entwicklungsplattform für die praxisnahe Umsetzung mit einer passenden Benutzeroberfläche, um die im Forschungsvorhaben zu entwickelnden Lösungen mit den Bedürfnissen der Praxis nach einfacher, autodidaktischer Bedienung abzugleichen. In den vergangenen Jahren konnten so Augmented Reality (AR) Projekte und webbasierte Anwendungen für den Markt erfolgreich entwickelt werden, beispielsweise für Smart Home-Demonstratoren, Produktkonfiguratoren und prozess-technische Ablaufdarstellungen mit AR. Beispielsweise hat Digitalkontor 2018 im Rahmen des vom Freistaat Bayern geförderten Innovationsprojekt Digitalbonus plus einen AR-Konfigurator entwickelt, der seit 2020 als AR Anwendungstool für die Geschäftsraumplanung eingesetzt und vermarktet wird. Jüngstes Produkt ist eine Teleberatungs-App, die es im Gesundheitssektor und auch anderen Bereichen ermöglicht, vertrauliche telemedizinische Beratungen durchzuführen. Digitalkontor hat sich insbesondere Kompetenzen im Bereich der anwenderfreundlichen UX-Entwicklung (UX = User Experience) erarbeitet, um den Anforderungen an ein intuitives, autodidaktisches wie spielerisches Erlernen von Anwendungen gerecht zu werden. Im Verbund mit Projektkontor,

die mehrheitlich an Digitalkontor beteiligt ist, ist zudem die zielgruppenorientierte Vermarktung der zu entwickelnden Anwendung gegeben.

Der Beitrag von Digitalkontor im Forschungsprojekt wird die Programmierung einer erfolgreichen webbasierten Lösung mit einer nativen GUI-Oberfläche für das WeideInsight-Vorhaben sein. Die Programmstruktur wird über verschiedene MicroServices aufgebaut, um möglichst flexibel zahlreiche unterschiedliche Sensorwerte über die Schnittstellen aufzunehmen und zu verarbeiten. So wächst die Anwendung über die Laufzeit des Vorhabens zu einem vermarktungsfähigen Software-Tool. Ein Fokus liegt auf der autodidaktischen Anwendung der App die die wesentlichen Informationen verdichtet und auf relevante Anzeigen reduziert.

g. LfL: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung (ILT)

Die Hauptaufgabe des Instituts für Landtechnik und Tierhaltung mit seinen ca. 100 Mitarbeitern, davon ca. 40 % wissenschaftliche Mitarbeiter, ist die angewandte Forschung im Bereich der Verfahrenstechnik der landwirtschaftlichen Produktionsverfahren für pflanzliche und tierische Erzeugung, die tiergerechte Gestaltung von Haltungssystemen für landwirtschaftliche Nutztiere und die Umwelttechnik im Bereich Biogastechnologie und Emissionen/ Immissionen.

Die Tätigkeitsschwerpunkte des Instituts liegen besonders bei (1) der Untersuchung, Entwicklung, Erprobung und Bewertung innovativer Verfahrenstechniken für Pflanzenbau, Nutztierhaltung, Bauwesen und Umwelttechnik (2) der Adaptation moderner Technologien (Mechatronik und IuK-Technik) für die landwirtschaftliche Verfahrenstechnik und (3) der Konstruktion und Fertigung von Versuchseinrichtungen und Prototypen.

Das Institut und seine Mitarbeiter haben jahrelange Erfahrung im Bereich der Versuchsplanung und -durchführung auf landwirtschaftlichen Betrieben sowie Mechatronik insbesondere bei der Entwicklung von Versuchseinrichtungen und Prototypen. Die Arbeitsgruppe von Stefan Thurner, Grünland und Futterbau (ILT1b) konnte dabei bereits eine Vielzahl an Projekten auf EU-Ebene, nationaler Ebene und mit Industriepartnern erfolgreich durchführen. Als Beispiele können z. B. Projekte zur „Entwicklung und Markteinführung eines GPS-GSM Ortungssystems für Rindern auf Weiden insbesondere Almen“ durchgeführt in Kooperation mit dem Industriepartner Blaupunkt Telematics GmbH oder zur „automatischen Erfassung der Legeleistung und von Verhaltensdaten der Henne“ – mit dem sogenannten Weihenstephaner Muldenneß – entwickelt im Rahmen eines Kooperationsprojekts mit der Firma Lohmann Tierzucht GmbH genannt werden.

Am Institut sind Kapazitäten aus den technischen Arbeitsgruppen „Mess-, Steuer- und Regeltechnik“ sowie „Maschinenbau und Werkstatt“ vorhanden. Weiterhin verfügt die gesamte LfL über Kontakte zu ausreichend Praxis- und Versuchsbetrieben in denen unterschiedliche Versuche und Tests der entwickelnden Geräte und Prototypen gewährleistet werden können. Die Gesamtkompetenz des Instituts und seiner Mitarbeiter wurde anhand zahlreicher Auszeichnungen und Prämierungen (z. B. Ausgezeichneter Ort im Land der Ideen, Wettbewerb Deutschland Land der Ideen) u. a. bestätigt.

h. SF: Safactory GmbH

Die Safactory GmbH ist ein deutscher Innovator für vernetzte Lokalisierungslösungen. Safactory unterstützte seine Kunden zunächst bei der Entwicklung maßgeschneiderter IoT-Hard- und -Softwareprodukte und -Lösungen als professionellen Service. Parallel dazu investierte Safactory stark in die Entwicklung einer eigenen Produktpalette, welche alle Best Practice und operativen Erfahrungen sowie das gesamte Wissen kombiniert. Das Ergebnis ist ein ausgereifter Technologie-Stack, welcher modular, skalierbar, sicher und dennoch einfach und kostengünstig für verschiedene Wertschöpfungsebenen und Anwendungsszenarien einzurichten und zu warten ist.

Seit 2017 hat safactory erfolgreich verschiedene Produkte mit Schwerpunkt auf Wifi- und BLE-basierter Lokalisierung auf den Markt gebracht. Dabei wird ein dezentraler Fog-Computing-Ansatz verwendet. Zu den Produkten gehören Besucherzählung und -verfolgung, Asset-Verfolgung und GeoFence-basierte Trigger.

safactory bedeutet, mehr als 16 Jahre:

- Erfahrung mit Funktechnologien für mobile und stationäre Lokalisierungslösungen
- Software und Hardware-Entwicklung
- Hardware-Produktion in Deutschland

Am Standort Bamberg findet die Konzeption und Entwicklung von Soft- und Hardware für verschiedene Branchen- und Anwendungsbereiche statt.

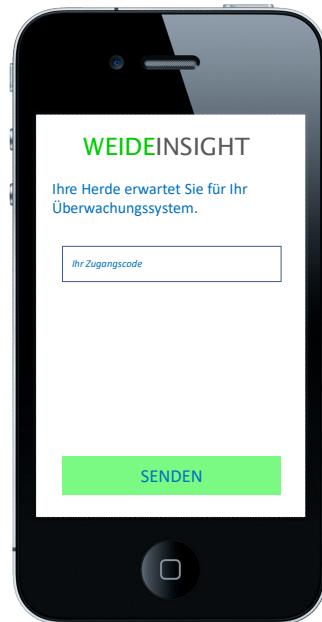
Relevante Patente:

- Im Rahmen der Entwicklungsarbeit erwarb das Unternehmen bereits unter dem ursprünglichen Firmennamen „Blue Cell Networks“ ein Patent DE502007001514D1 „Verfahren zum Austausch von Informationen zwischen einer ortsfesten und einer mobilen Bluetooth-Station in Abhängigkeit der räumlichen Nähe der Stationen“.
- Ein weiteres Patent EP18208560 unter dem Titel „Verfahren, Einrichtung, Anordnung sowie Software zur Bestimmung des Einfallswinkels (AOA) zur Lokalisierung von Objekten“ wurde zusammen mit dem LTE (Lehrstuhl für Technische Elektronik, FAU Erlangen) beantragt.

Anhang 2: Softwarearchitektur

DIGITALKONTOR

Intention der Web-App Weide Insight



Die webbasierte oder native App bietet die Überwachung einer Herde in einem definierten Gebiet (digitaler Zaun).

- Lokationsmanagement
- Herdenzustandsmonitor
- Überwachungsmeldungen
- Entscheidungsunterstützung

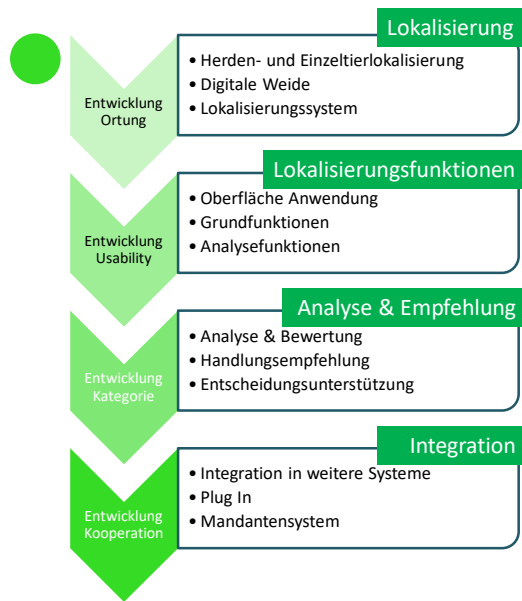
2

DIGITALKONTOR

Zusammenspiel der Komponenten Weide Insight



2



Phase 1 ist kostenlos

Phase 2 mit Zusatzfunktionen

Phase 3 mit Extra-Funktionspaketen

- Digitale Zaundefinition
- Ortungsfunktionen
- Navigation zum Fundpunkt GPS-Signal
- Programmstruktur der Anwendung
- Schnittstellen
- Elektronikmodul mit Bluetooth-Empfänger
- Kommunikation
- Protokolldefinition
- Grundfunktionen
- Analysefunktionen
- Bewertungssequenzen
- Handlungsempfehlung
- Exportfunktionen
- Kooperationsmodul

Anhang 3: Literatur

- Becker, C., und F. Dürr. 2005. „On location models for ubiquitous computing“. *Personal and Ubiquitous Computing* 9 (1): 20–31.
- Byrne, D.T, B O’Brien, N O’Leary, A McDonagh, L Lidauer, T Kassebacher, und L Shalloo. 2019. „Validation of the localisation accuracy of the SMARTBOW ear tag in a pasture based milking system“. In *Proceedings of 9th European conference on Precision Livestock Farming, Cork, Ireland, 26-29 August ’1*. Cork, Ireland.
- Dietrich, Oliver. 2012. „Etablierung einer neuen Methode zur automatisierten Brunsterkennung beim Rind“. PhD Thesis, Imu.
- Elmamooz, Golnaz, Bettina Finzel, und Daniela Nicklas. 2017. „Towards Understanding Mobility in Museums“. In *BTW (Workshops)*, P-266:127–134. LNI. GI.
- Ficco, Massimo, Francesco Palmieri, und Aniello Castiglione. 2014. „Hybrid Indoor and Outdoor Location Services for New Generation Mobile Terminals“. *Personal Ubiquitous Comput.* 18 (2): 271–285.
- Funk, Alexander, Claas Busemann, Christian Kuka, Susanne Boll, und Daniela Nicklas. 2011. „Open Sensor Platforms: The Sensor Web Enablement Framework and Beyond“. In . Kaiserslautern.
- Gotoh, T., M. Maeda, O. Hirano, M. Nishiki, T. Fujita, T. Shibata, Y. Takayama, u. a. 2017. „Challenges of Application of ICT in Cattle Management: Remote Management System for Cattle Grazing in Mountainous Areas of Japan Using a Smartphone“. In *Smart Sensors and Systems: Innovations for Medical, Environmental, and IoT Applications*, herausgegeben von Chong-Min Kyung, Hiroto Yasuura, Yongpan Liu, und Youn-Long Lin, 467–84. Cham: Springer International Publishing.
- Kolodziej, Krzysztof W., und Johan Hjelm. 2017. *Local Positioning Systems : LBS Applications and Services*. CRC Press.
- Kuka, Christian, und Daniela Nicklas. 2014. „Quality Matters: Supporting Quality-aware Pervasive Applications by Probabilistic Data Stream Management“. In *Proceedings of the 8th ACM International Conference on Distributed Event-Based Systems*, 1–12. DEBS ’14. New York, NY, USA: ACM.
- Leonhardt, Ulf. 1998. *Supporting location-awareness in open distributed systems*. University of London.
- Maxa, Jan, Stefan Thurner, und Georg Wendl. 2015. „Evaluation of different global navigation satellite tracking systems and analyses of movement patterns of cattle on alpine pastures“. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal* 2015 (Mai): 326–35.
- „Entwicklung, Erprobung und Bewertung eines Ortungssystems mit Softwareanwendungen für Rinder auf Almen und Weiden basierend auf GPS- und GSM-Technologie“. In *Konferenzband der Innovationstage der BLE 2016*. Bonn.
- Rüssmeier, Nick, Axel Hahn, Daniela Nicklas, und Oliver Zielinski. 2017. „A Research Port Test Bed Based on Distributed Optical Sensors and Sensor Fusion Framework for Ad Hoc Situational Awareness“. *Journal of Sensors and Sensor Systems* 6 (1): 37–52.

Schmeling, Lara, Stefan Thurner, Jan Maxa, und Elke Rauch. 2019. „Recording the behaviour of grazing cows to develop a sensor based health monitoring system“. In *Proceedings of 9th European conference on Precision Livestock Farming, Cork, Ireland, 26-29 August '1*. Cork, Ireland.

Thurner, S., G. Neumaier, und G. Wendl. 2011. „Management of Young Cattle on Alpine Pastures Using a GPS-Based Livestock Tracking System.“ *Grassland Farming and Land Management Systems in Mountainous Regions. Proceedings of the 16th Symposium of the European Grassland Federation, Gumpenstein, Austria, 29th-31st August, 2011*, 103–5.

Tröger, Hans-Martin, Joerg Robert, Lucila Patino-Studencki, und Albert Heuberger. 2017. „A Comparison of Opportunistic Signals for Wireless Syntonization Using the Modified Cramér-Rao Lower Bound“. *Navigation* 64 (3): 351–63..

Zimmermann, Lisa. 2017. „Automatisierte Brunst-und Stoffwechselüberwachung bei der Milchkuh“. PhD Thesis, lmu.

Anhang 4: Verwertungsplan Antragsphase

Anhang 5: Balkendiagramm Arbeitsplan