

Inhalt

1.	Vorhabensdarstellung	3
1.1	Aufgabenstellung	3
1.2	Ablauf.....	3
1.3	Wesentliche Erkenntnisse.....	3
2.	Eingehende Darstellung.....	4
2.1	Durchgeführte Arbeiten.....	4
2.2	Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises	10
2.3	Notwendigkeit und Angemessenheit.....	10
2.4	Voraussichtlicher Nutzen	11
2.5	Während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen	11
2.6	Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen.....	11
3.	Erfolgskontrollbericht.....	11
3.1	Wissenschaftlich-technisches Ergebnis des Vorhabens, Nebenergebnisse und wesentliche Erfahrungen.....	11
3.2	Fortgeschriebener Verwertungsplan.....	13
3.3	Angaben zu arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben	14
3.4	Einhaltung der Ausgaben- und der Zeitplanung	14

1. Vorhabensdarstellung

1.1 Aufgabenstellung

Gegenstand und Aufgabenstellung des Projekts „SmartFence“ war die Entwicklung eines sich selbst wartenden, digitalen Zaunsystems zur Förderung der Weidehaltung. Die Weidehaltung von Nutztieren allgemein und Wiederkäuern im Besonderen bietet erhebliche Vorteile hinsichtlich Tierwohl, Klima-, Umwelt- und Ressourcenschutz und Verbrauchererwartungen und ist für ökologisch wirtschaftende Betriebe auch vorgeschrieben. Aus Sicht der Tierhalter bedeutet Weidehaltung allerdings einen erhöhten Arbeitsaufwand und dadurch höhere Kosten, die sich nicht ohne weiteres in höhere Produktpreise für Milch, Fleisch etc. übersetzen lassen. Aus diesem Grund werden die Potentiale der Weidehaltung nur sehr eingeschränkt genutzt. In den letzten Jahren hat sich diese Problematik durch die Ausbreitung von Wölfen in Deutschland zusätzlich verschärft, weil in vielen Gebieten zum Schutz der Herden nun besonders sichere wolfsabweisende Zäune benötigt werden, die nicht nur in der Anschaffung und Errichtung teurer sind als gewöhnliche Weidezäune, sondern auch deutlich öfter frei gemäht werden müssen.

Vor diesem Hintergrund sollte ein digitales Zaunsystem entwickelt werden, das seinen Zustand rund um die Uhr überwacht, mit Hilfe eines autonomen Roboters Bewuchs auch unter Wolfsschutzleitern entfernen und Störungen visuell erkennen kann. Die Automatisierung in der Landwirtschaft schreitet seit Jahren voran. In den letzten Jahren sind zunehmend auch Agrarroboter zur Marktreife entwickelt worden, beispielsweise der „Farmdroid FD20“, verschiedene Hackroboter von „naïo Technologies“, sowie diverse Systeme für die Innenwirtschaft. Im privaten wie auch gewerblichen Bereich erfreuen sich auch Mähroboter für die Rasenpflege zunehmender Beliebtheit. Es existiert bislang jedoch kein System mit vergleichbaren Fähigkeiten wie dem in „SmartFence“ entwickelten Zaunsystem.

1.2 Ablauf

Horizont stellte im ersten Schritt mehrere Proben Leitermaterial (Bänder, Seile und Litzen) aus dem Standardprogramm der Universität Kassel für Labortests zur Verfügung. Diese wurden daraufhin auf die Verwendbarkeit mit der von der Universität Kassel ausgesuchten Stereokamera untersucht. Verwendbarkeit heißt in diesem Zusammenhang eine korrekte Erkennung des Abstandes bei verschiedenen Lichtverhältnissen.

Nach den erhaltenen Rückmeldungen wurden 22 Prototypen eines auf Erkennbarkeit optimierten Leitermaterials erstellt und ausgeliefert. Aus diesem Fundus wurde von der Universität Kassel ein besonders gut erkennbares Material ausgewählt.

Nach Auswahl des Leitermaterials begann die Universität Kassel mit der weiteren Entwicklung des autonomen Roboters sowie der Erstellung und Optimierung eines Algorithmus zur Segmentierung des Weidezaunes. Eine ungefähre Architektur der digitalen Kommunikation wurde mit der horizon group GmbH abgestimmt, sowie die Entwicklung eines MQTT Servers und der anhängigen Systeme begonnen.

1.3 Wesentliche Erkenntnisse

Im Rahmen des Projekts wurde durch die erfolgreiche Zusammenarbeit des Fachgebiets Agrartechnik der Universität Kassel und der horizon group GmbH ein sich selbst wartendes, digitales Zaunsystem entwickelt. Die wesentlichen innovativen Bestandteile sind ein auf die Erkennbarkeit und Messbarkeit mit Stereokameras und ComputerVision

optimiertes Zaunmaterial, IoT-Messmodule zur Erkennung von Störungen/Defekten, sowie ein Roboter, der mit Hilfe von Stereokamera und ComputerVision am Zaun entlang navigiert, Bewuchs entfernt und Defekte mittels DeepLearning (KI) erkennt.

Es konnte gezeigt werden, dass mit Hilfe von modernen Methoden des Maschinellen Lernens eine robuste und zuverlässige Erkennung des Zauns möglich ist, die einem Roboter die Navigation am Zaun erlaubt. Um solide Ergebnisse zu erzielen, wurde ein seilförmiges Leitermaterial entwickelt, das durch seine Form und Farbgebung die Erkennung und Abstandsmessung unter vielfältigen Lichtbedingungen ermöglicht. Es wurde ein Roboter mit zwei angetriebenen Rädern entwickelt und getestet, der am Zaun entlang navigiert. Dazu wurde ein DeepLearning Modell erstellt, mit dem die Abstandsinformation zum Zaun aus den sonstigen Messpunkten der Stereokamera herausgefiltert werden kann. Für den Roboter wurde ein Mähwerk entwickelt, das bei Kontakt mit Zaunpfosten rechtwinklig zur Fahrtrichtung ausschwenkt und durch seinen flachen Aufbau auch unter wolfsabweisenden Zäunen mähen kann. Es wurden IoT-fähige Messgeräte entwickelt, die den Zustand des Zauns automatisch überwachen und Störungen anhand von Spannungsschwankungen erkennen. Um auch umgedrückte Pfosten oder stark durchhängende Leiter zu erkennen, wurden DeepLearning Modelle auf Basis von YOLOv6 erzeugt und verglichen. Es konnte gezeigt werden, dass sich die aufgeführten Störungen prinzipiell gut erkennen lassen, jedoch blickwinkelabhängig. Die Realisierbarkeit des System wurde nachgewiesen, ein Funktionsmuster entwickelt und in der Zielumgebung getestet.

2. Eingehende Darstellung

2.1 Durchgeführte Arbeiten

Nach Beginn des Projektes Ende 2020 gab es ein initiales Projektmeeting zwischen der horizont group GmbH und dem Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften der Universität Kassel am Standort Witzenhausen.

Aufgrund der folgenden Corona Pandemie wurden die nachfolgenden Treffen zumeist Online organisiert.

Nachdem seitens der Universität Kassel eine Stereokamera und ein dazugehöriger Prozessor ausgewählt wurden, wurden von der horizont group GmbH eine größere Menge an Zaunmaterialproben, bestehend aus Bändern, Seilen und Litzen, aus dem aktuellen horizont Sortiment geliefert.

Diese wurden seitens der Universität Kassel auf die Erkennbarkeit bei verschiedenen Lichtverhältnissen hin untersucht. Aus diesen Versuchen erhielt die horizont group GmbH durch die Universität Kassel die Rückmeldung, dass vor allem Leiterseil mit Durchmessen zwischen 5,8 und 8,2mm und eher Faben, wie weiß, blau und rot – welche also nicht natürlich auf Weiden vorkommen - gut durch die gewählte Stereokamera erkennbar sind.

Daraufhin wurde ein Satz von 22 Proben mit verschiedenen verseilten Farbkombinationen von reinen Farben bis hin zu dreifarbigen Seilen mit verschiedenen Farbanteilen erstellt.



Abbildung 1: Übersicht der 22 Seilmuster

Von diesen 22 Proben wurden 3 Proben in die nähere Auswahl genommen. Schlussendlich wurde durch Versuche ein 8,2mm starkes Leiterseil mit einem unregelmäßigen Muster im Farbverhältnis blau-rot, 2:1 ausgewählt.



Abbildung 2: Schlussendlich ausgewähltes rot-blaues 8,2mm Leiterseil

Durch die Festlegung sind solide Ergebnisse im Projekt zu erwarten, auch wenn es längerfristig betrachtet möglich wäre Zaunmaterial mit geringerem Querschnitt oder anderen Farben oder Farbanteilen zu nutzen.

Durch Anfertigung der Muster waren bereits Produktionsdaten angefallen. Dadurch konnten relativ einfach mehrere hundert Meter Zaunmaterial gefertigt werden. Diese wurden zusammen mit einigen mobilen Zaunpfosten aus Kunststoff der Universität Kassel zur Verfügung gestellt.

Damit sehen wir AP2 als erfolgreich abgeschlossen.

Die Punkte AP1 (Server mit Interface) und AP3 (Nachrüstmodul) wurden seitens horizont gemeinsam betrachtet. Grundsätzlich sollte hiermit im Laufe des Projektes eine IoT Plattform für Weidezaungeräte und Zaunsensoren geschaffen werden.

Horizont hatte im Jahr 2020 Weidezaungeräte im Sortiment, welche per SMS bedienbar waren.

Auf Basis dieser wurde die sogenannte „Himps“-Plattform geschaffen.

Diese bestand aus Weidezaungeräten mit IoT Modul und einem Server mit grafischem Benutzerinterface, womit das Gerät bedient werden konnte.

Ebenso sollte die Himps Plattform eine Schnittstelle zum Rover anbieten.

Die Konnektivität wurde über einen Zwischenhändler bei Vodafone eingekauft.

Mit der Umsetzung der Oberfläche und der darunterliegenden Schnittstellen sowie Server wurde initial ebenfalls Vodafone beauftragt. Bereits am Projektstart befand sich der Betriebsteil von Vodafone allerdings schon im Prozess der Ausgründung.

Somit wurde der Auftrag an dieses neu gegründete Startup übergeben.

Etwa Mitte bis Ende des Jahres 2020 war das System für Weidezaungeräte einsatzbereit und erste Weidezaungeräte wurden verkauft.

Zu einem späteren Zeitpunkt sollten eigenständige Zaunsensoren in die Oberfläche integriert werden.



Zur Weidesaison 2021 wurden seitens Horizont mehrere technische Mängel festgestellt, unter anderem diese:

- Das Geofencing funktionierte nicht wie gedacht.
- Die vorab kalkulierten Datenmengen waren nicht korrekt, die Geräte erzeugten wesentlich mehr Daten als gedacht. Was zu ausufernden Kosten im Bereich der Konnektivität geführt hätte.
- Die versprochene Netzabdeckung war so nicht vorhanden.
- Einige der in der Oberfläche dargestellten Sensorwerte waren nicht korrekt oder für einen Menschen unverständlich.

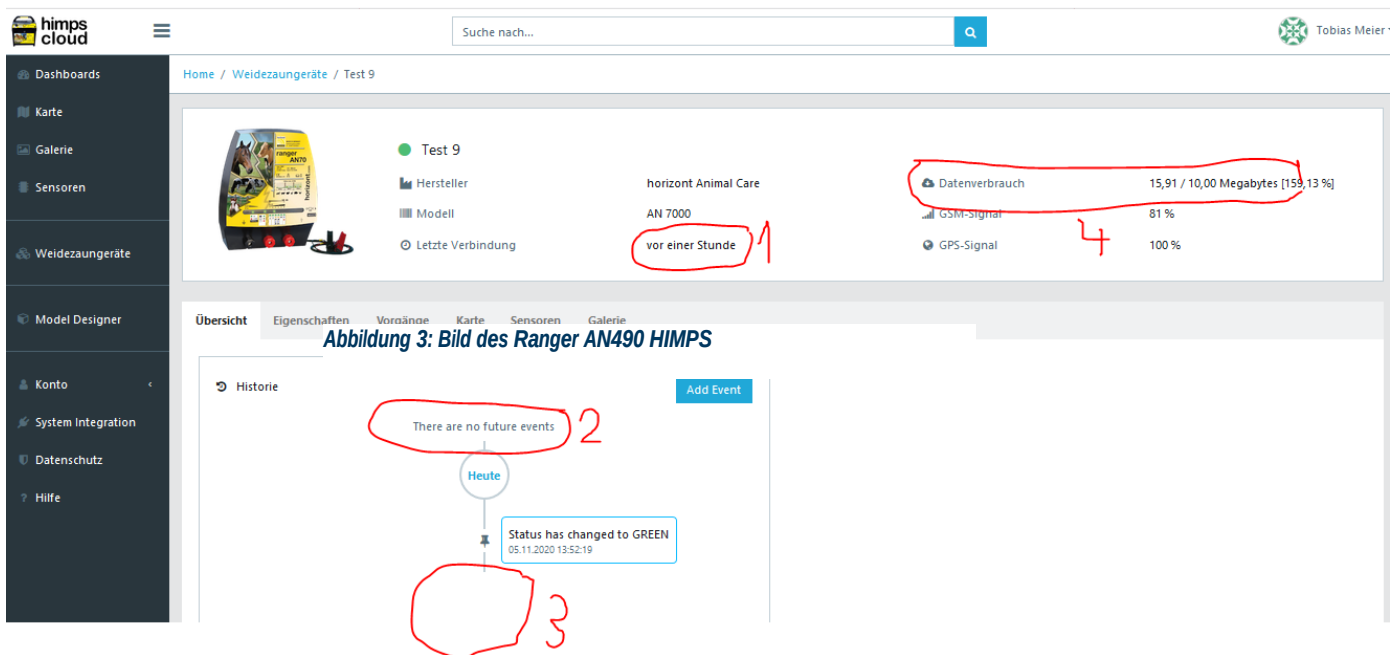


Abbildung 4: Bild der Himps Oberfläche mit einigen markierten Fehlern

Um hier bereits gegenzusteuern wurden die Verträge im Bereich der Konnektivität angepasst. So wurden höhere Datenmengen nationales Roaming eingekauft.

Technisch gesehen wurden 2 verschiedene Leiterplatten von Horizont entwickelt um IoT Funktionalität herzustellen. Die Unterschiede lagen in der Art der Verwendeten Kommunikationsmodule. Eine Leiterplatte nutzte getrennte GPS und 2G/4G Module, das andere ein kombiniertes GPS/2G/4G Modul.

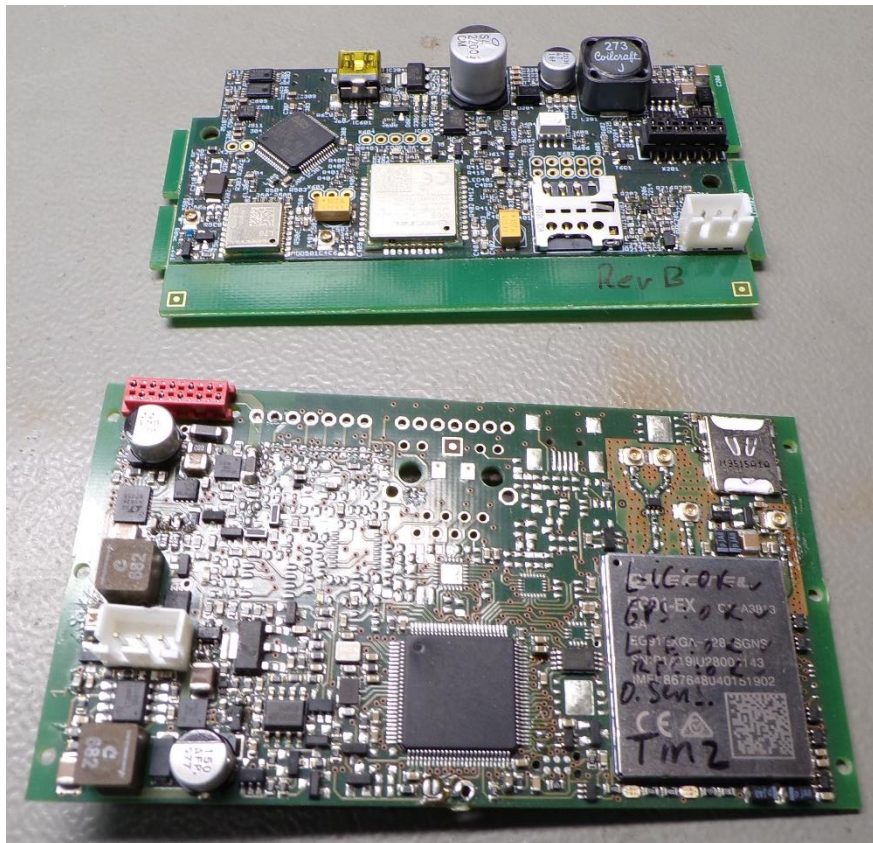


Abbildung 5: Oben PCB mit getrennten Modulen / Unten PCB mit Kombimodul

Zusätzlich wurde eine Zusatzelektronik zur Zaunmessung entwickelt. Diese hat den Prototypenstatus erreicht. Das Zusatzmodul beinhaltet eine Zaunspannungs- und eine Strommessung.

Die Spannungsmessung musste durch eine mathematische Ausgleichsfunktion korrigiert werden, funktionierte dann aber zufriedenstellend an Prüflasten im Labor.

Die Strommessung konnte keine reproduzierbaren Ergebnisse liefern.

Auch mit der Spannungsmessung konnte ein Defekt am Zaun erkannt werden, da bei Leiterbruch oder Bodenkontakt unterschiedliche Spannungen in verschiedenen Zaunsektionen vorliegen.

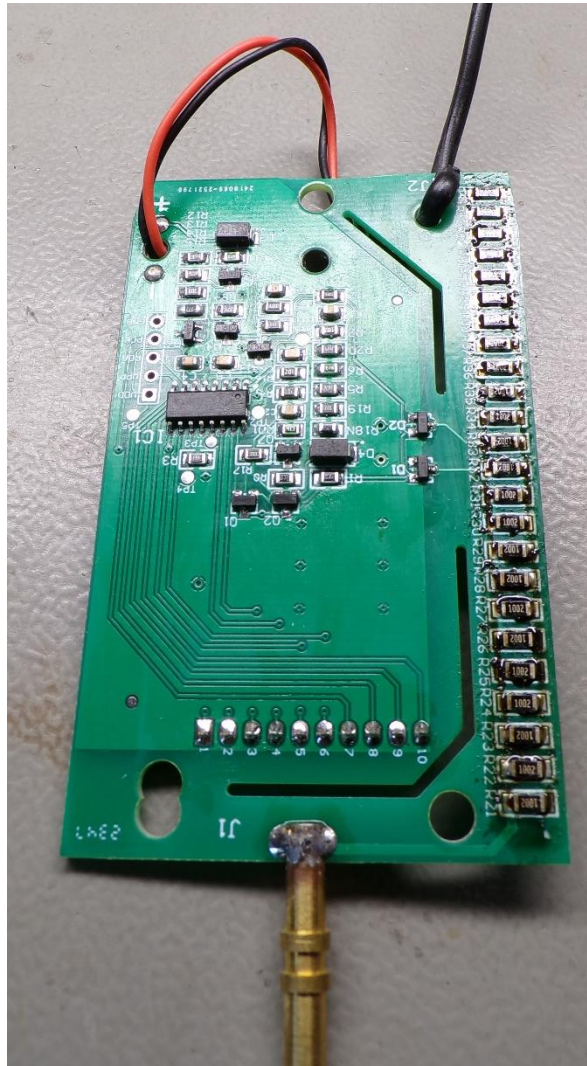


Abbildung 6: Leiterplatte für Spannungsmessung

Die Anfang 2021 erkannten technischen Fehler der Himps Oberfläche größer, sowie die Rückmeldung der Kunden mit IoT Weidezaungerät negativer.

Auch die geplanten Absatzzahlen wurden bei weitem nicht erreicht und waren nicht wirtschaftlich.

Ende 2021 bahnten sich erste Streitigkeiten zwischen den am Himps System beteiligten Parteien an.

Es wurde ein Entwicklungsbüro zur Lösung der Probleme hinzugezogen.

Im Laufe des Jahres 2022 kam es jedoch zu einem Rechtsstreit zwischen Horizont, dem beauftragten Startup und Vodafone, welcher Ende 2022 durch einen Vergleich beigelegt wurde und Anfang 2023 mit der Abschaltung der Server seitens des Startups und der Deaktivierung der Sim Karten von Vodafone endete.

Das Himps System ist somit nicht mehr einsatzfähig.

Horizont hat jedoch ein zweites Standbein neben der Agrartechnik, die Verkehrstechnik.

In diesem Unternehmensbereich existiert ein weiteres Telematiksystem mit dem Namen HoT 3, welches mit anderen Partnern unterhalten wird. Diese System behandelt Daten von mobilen Verkehrseinrichtungen, welche seitens der Bundesanstalt für Straßenwesen (BaSt) erhoben werden und in einigen Bundesländern an Ländereigene Server weitergereicht werden müssen. An HoT 3 ist keine Anknüpfung anderer Systeme möglich. HoT 3 muss aber aufgrund neuer gesetzlicher Vorgaben sowieso überarbeitet und modernisiert werden.

Eine Weiterentwicklung mit dem Namen HoT 4 befindet sich im Aufbau. Nach Abschaltung von Himps wurde eine Integration von Weidezaungeräten und Zaunsensoren in HoT 4 beschlossen und entwickelt.

Der Aufbau des neuen Systems dauert allerdings lange, da ein Teil der erhobenen Daten in den Bereich der „kritischen Infrastruktur“ fallen, was die Systemkomplexität erhöht.

Eine Integration der Sensoren, des Rovers und der Kommunikation der Systeme untereinander konnte durch die unerwarteten technischen Problemen bei Himps und die Komplexität von HoT 4 nicht erreicht werden. Stattdessen wird eine längerfristige Roadmap zur späteren Nutzung des Projektes durch Integration in Hot 4 verfolgt.

AP1 (Server mit Interface) konnte daher nicht wie geplant abgeschlossen werden.

AP3 (Nachrüstmodul) wurde erfolgreich abgeschlossen.

Das Leiterseil wurde nach Rückmeldungen seitens der Universität Kassel zu einer Nutzbarkeit weiterentwickelt. Dies wurde auch im Zusammenspiel mit dem Rover erst unter Laborbedingungen und anschließend auch realen Bedingungen erprobt. Im Bereich der Kommunikations- und Messelektronik ist vieles noch im Prototypenstadium. Hier ist noch weitere Arbeit notwendig. Gegebenenfalls auch als Teil eines nachfolgenden Projektes.

AP9 (Optimierung, Verifizierung und Validierung) wurde damit erfolgreich abgeschlossen.

Laut unseren Informationen wurde zum Projekt eine Masterarbeit mit dem Titel „Anforderungen und Bedürfnisse an einen Weidezaunroboter“ erstellt.

Ebenso sind eine Dissertation und drei Publikationen zu den Projektergebnissen in Arbeit.

Das Forschungsprojekt wurde auf den Öko-Feldtage 2023, auf der Agritechnica 2023, sowie auf dem 1. Echemer Zauntag 2024 der Öffentlichkeit vorgestellt.

Dies geschah aufgrund von personellen Umwälzungen bei der horizont group GmbH im späteren Projekt vor allem durch die Universität Kassel.

AP10 (Projekt-Management und Öffentlichkeitsarbeit) wurde damit erfolgreich abgeschlossen.

2.2 Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Wie dem zahlenmäßigen Nachweis zu entnehmen ist, dass die horizont group GmbH bei allen entstandenen Kosten unter der eingangs abgegebenen Vorkalkulation geblieben ist.

Diese Diskrepanz ist vor allem durch das Ende des Himps Systems entstanden, da somit keine Aufwände für eine weitergehende Implementierung angefallen sind.

Kosten die durch Rechtsstreitigkeiten und das Ende des Systems entstanden sind, wurden selbstverständlich nicht abgerechnet.

2.3 Notwendigkeit und Angemessenheit

Zu Projektbeginn als auch zum Ende des Projektes gab und gibt es nach unseren Informationen keine anderen Systeme die mit dem in SmartFence entwickelten System vergleichbar sind.

Die Rückmeldungen, welche an den öffentlichen Vorstellungen erhalten worden sind, deuten jedoch auf ein großes Interesse von Seiten der Endanwender hin. Dies führte auch zu einer Beantragung eines Folgeprojektes zur Erlangung der Marktreife über die DIP Agrar. Die horizont group GmbH möchte auch dabei wieder teilnehmen.

2.4 Voraussichtlicher Nutzen

Es hat sich gezeigt, dass die Realisierbarkeit des Projektes von technischer Seite grundsätzlich möglich ist. Die in dem Projekt SmartFence gewonnenen Erkenntnisse lassen sich in einem Folgeprojekt nutzen um ein marktreifes System zu entwickeln.

Wie in Punkt 2.3 beschrieben ist ein Nachfolgeprojekt beantragt.

2.5 Während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Im speziellen auf Systeme zum Freimähen von Zäunen bezogen sind der horizont group GmbH keine weiteren Produkte oder Fortschritte bekannt geworden.

Die Themen Digitalisierung / Automatisierung und Roboterisierung ist allerdings generell weiter in den öffentlichen Fokus gerückt. Daher wird davon ausgegangen, dass sich die rechtlichen Gegebenheiten und normativen Vorgaben in diesen Bereichen in den kommenden Jahren anders gestalten werden.

Konkret kann die aktuelle Maschinenrichtlinie genannt werden, diese soll in Zukunft durch eine Maschinenverordnung ersetzt werden um die neuen Gebiete und vor allem das Zusammenspiel einer autonomen Maschine mit Menschen abzudecken.

2.6 Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen

Laut unseren Informationen wurde zum Projekt eine Masterarbeit mit dem Titel „Anforderungen und Bedürfnisse an einen Weidezaunroboter“ erstellt.

Ebenso sind eine Dissertation und drei Publikationen zu den Projektergebnissen in Arbeit.

Das Forschungsprojekt wurde auf den Öko-Feldtage 2023, auf der Agritechnica 2023, sowie auf dem 1. Echemer Zauntag 2024 der Öffentlichkeit vorgestellt.

Dies geschah aufgrund von personellen Umwälzungen bei der horizont group GmbH vorrangig durch die Universität Kassel.