

Schlussbericht zum Verbundprojekt „CERES“

Kurzname:	CERES
Vorhabensbezeichnung:	Entwicklung der kooperativen Cloud- Plattform CERES zur Sammlung, Austausch und Auswertung von Daten in der Landwirtschaft und zur Verbesserung des Tierwohls (CERES)
Förderkennzeichen:	281C209B19
Laufzeit:	15.11.2020 bis 14.02.2024
Zuwendungsempfänger/in:	Hochschule Hamm-Lippstadt – University of Applied Sciences
Projektpartner:	Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V. Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität zu Bonn- Institut für Landtechnik adesso SE IMST GmbH Erzeugerring Westfalen e.G. Rahn-Farr GbR

I. Kurze Darstellung zu

1. Aufgabenstellung

Die Richtlinie über die Förderung von Innovationen zur Digitalisierung in der Nutztierhaltung hat sich zum Ziel gesetzt, digitale Lösungen zur Verbesserung der Tiergesundheit, des Tierwohls und zur Optimierung der Produktionsprozesse für alle Arten landwirtschaftlicher Nutztiere aufzutun. Deutschland soll dabei eine Vorreiterrolle im Umgang mit Nutztieren einnehmen (Nutztierstrategie 01/2019, BMEL). Dabei wird der tierindividuellen Anpassung von Haltung und Management auf der Grundlage digital erfasster Daten eine besondere und grundlegende Rolle zugewiesen, um das Tierwohl in der Lebensmittelproduktion nachhaltig und umfangreich zu steigern. Ein verbessertes Tierwohl kann die Krankheitsanfälligkeit von Nutztieren verringern, zu einer Abnahme der krankheitsbedingten Antibiotikavergabe führen und so der Entstehung von Antibiotikaresistenzen entgegenwirken (Nalon, 2016). Gleichzeitig müssen bei der Digitalisierung der Landwirtschaft und dem damit verbundenen Transfer in die Praxis hohe Anforderungen an Datenschutz, Datenhoheit und Betriebssicherheit erfüllt werden.

CERES adressiert alle geforderten Aspekte der Zielsetzungen der Richtlinie. In Anlehnung an die Konzepte aus dem Industrial Data Space, einer Initiative die Ende 2014 gemeinschaftlich von Teilen der Wirtschaft, Politik und Forschung in Deutschland ins Leben gerufen wurde, können die Anforderungen und Erfahrungen an den Datenschutz und die Betriebssicherheit entwickelt werden. Mit Hilfe der Nutzungsrechteverwaltung wird die Kontrolle des landwirtschaftlichen Betriebes über seine Daten sichergestellt (Datensouveränität). Durch die Zusammenführung von Daten aus dem Stall und den assoziierten landwirtschaftlichen Bereichen wird die Datenbasis, auf der die Algorithmen, Modelle und Prognosen erstellt werden, erweitert und damit stetig verbessert. Raumgasanalysen in den Ställen, Informationen von tierbezogenen Indikatoren und Sensoren, Dokumentationen zum Gesundheitszustand sowie Medikation und Maßnahmen bei individuellen Tieren fließen in CERES zusammen. Betriebliche Prozesswege werden so sichtbar gemacht und können bei Bedarf anderen Stellen zur Verfügung gestellt werden. Gleichzeitig können schnell ungünstige Haltungs- und Umweltbedingungen identifiziert werden und Maßnahmen zum Wohl der Tiere ergriffen werden. IoT und Digitalisierung stellen somit im Bereich der Nutztierhaltung den verbindenden Punkt zwischen dem

Tierwohl, den gesellschaftlichen Anforderungen, der landwirtschaftlichen Praxis und der ökonomischen Machbarkeit dar. Integrierte KI-Services unterstützen die Nutzer von CERES bei der Auswertung der Daten. Der Aufwand für die Ableitung von Informationen aus den Datensätzen wird minimiert.

2. Planung und Ablauf des Vorhabens

Die Projektlaufzeit umfasste den Zeitraum vom 15.11.2020 bis 14.02.2024. CERES wurde in 15 verschiedene Arbeitspakete (AP) unterteilt, die in ihrer logischen Verkettung als Projektstrukturplan in Abb. 1 dargestellt sind. AP 1-2 (Projektmanagement und die Anforderungsanalyse) stellen übergeordnete APs dar, die von allen Konsortialpartnern gemeinsam bearbeitet wurden. AP 3-15 stellen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten dar, deren Bearbeitung entsprechend der Kompetenzen der Partner erfolgte.

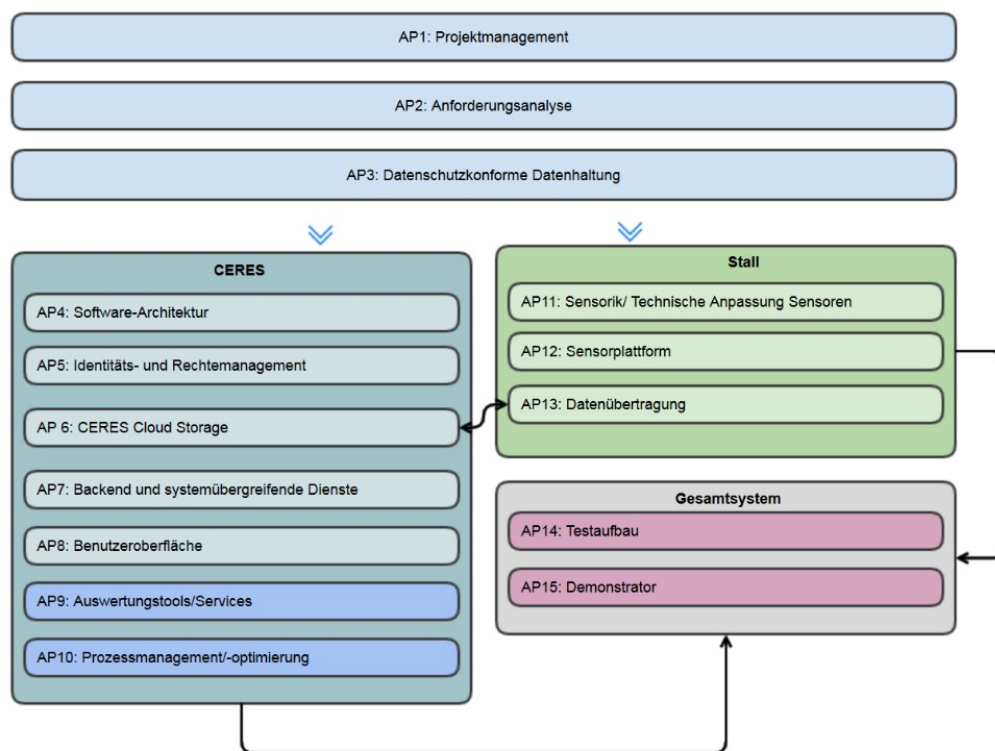


Abbildung 1: Schematischer Überblick über die Arbeitspakete

3. Wesentliche Ergebnisse

Wesentliche Aktivitäten im ersten Projektjahr (November 2020 bis Dezember 2021)

Nach Erhalt und Prüfung des eingegangenen Zuwendungsbescheids erarbeiteten die Projektpartner einen konsolidierten Kooperationsvertrag, der im März 2021 unterzeichnet

wurde. Des Weiteren wurde in der Startphase ein organisatorischer Rahmen für die Kooperation der Projektpartner geschaffen. Insbesondere die im 4-Wochen-Rhythmus per Videokonferenz abgehaltenen Arbeitstreffen des Verbundes trugen dazu bei, dass das Vorhaben über die gesamte Laufzeit von einer engen Kooperation geprägt war, die für den Erfolg des Projekts entscheidend war.

Im ersten Projektjahr stand die Durchführung der Anforderungsanalyse im Mittelpunkt. Dabei wurden die Anforderungen zunächst erfasst und anschließend in Form eines Lastenheftes dokumentiert. Die Lasten beziehen sich auf die landwirtschaftlichen Anforderungen sowie die technischen Anforderungen des zu entwickelnden Systems. Zudem erfolgte die Festlegung der zu erhebenden Parameter auf Grundlage einer eingehenden Literaturrecherche sowie den Gesprächen mit den Anwendern. Des Weiteren wurden die Use Cases definiert und die Auswahl der Sensoren festgelegt.

Wesentliche Aktivitäten im zweiten Projektjahr 2022

Im zweiten Projektjahr erfolgte, unter Berücksichtigung aktueller wissenschaftlicher Erkenntnisse, die Fertigstellung der Software-Architektur des CERES Systems. Die Software-Architektur umfasste die Konzeptionierung des CERES-Datenspeichers. Bei der Erstellung des Software-Architekturkonzeptes wurden verschiedene Merkmale berücksichtigt, die sich aus der Anforderungsanalyse ergaben. Es wurden Arbeiten durchgeführt, um die Performance verschiedener Datenbankkonzepte zu evaluieren. Die Evaluierung zielte darauf ab, eine geeignete Datenbanklösung für den Anwendungsfall von CERES zu identifizieren, die einerseits einen effizienten Zugriff auf die angefragten Datenformate gewährleistet und andererseits eine skalierbare Architektur aufweist. Bei der Evaluierung wurde festgestellt, dass eine Zeitreihendatenbank geeignet ist, um die Daten zu speichern. Zudem wurde ein entsprechendes, dynamisches Datenbankschema entwickelt. Dies ermöglichte die Speicherung von Daten aus mehreren Datenquellen und verschiedenen zugehörigen Datenfeldern. Daraufhin wurden die ersten Sensorplattformen im Data Store angelegt. Der erste Testaufbau wurde auf dem Versuchshof Frankenforst der Uni Bonn realisiert. Die Realisierung des Testaufbaus erforderte zunächst die Sicherstellung der Datenübertragung aus den Ställen zum Cloud-Server. In Übereinstimmung mit den Anforderungen wurde das LoRa-Verfahren eingesetzt, welches sich durch das zugrundeliegende robuste Modulationsverfahren für den Einsatz in landwirtschaftlichen Betrieben in besonderem Maße eignet. Zur Verarbeitung der Signale wurde auf dem Versuchshof Frankenforst ein LoRaWAN-Gateway installiert. Das Gateway ist mit einem LTE-Accesspoint verbunden,

wodurch eine Unabhängigkeit von den lokalen Netzwerkgegebenheiten gewährleistet wird. Des Weiteren wurde eine Sensorplattform integriert, welche Daten an den Cloud-Server über die geschaffene Infrastruktur übertrug.

Wesentliche Aktivitäten im dritten Projektjahr 2023 und bis Projektende Februar 2024

Die Implementierung des Identitäts- und Rechtemanagements in der CERES-Plattform wurde im dritten Projektjahr abgeschlossen. Die CERES-Plattform erlaubt eine sichere Identifizierung sowie eine individuelle Rechtevergabe für Landwirte, Kunden und Institutionen. Jedem Nutzer wird eine eindeutige ID zugewiesen, wodurch eine sichere Anmeldung über eine Zwei-Faktor-Authentifizierung gewährleistet werden kann. Die Kommunikation zwischen Backend und Benutzeroberfläche wurde umgesetzt. Zu Beginn des Jahres 2023 erfolgte die vollständige Integration der Sensoren in die CERES-Sensorplattform, wodurch eine durchgehende Datenübertragung in die Cloud über den gesamten Testzeitraum gewährleistet wurde.

II. Eingehende Darstellung

1. der im Rahmen des Vorhabens durchgeführten Arbeiten, insbesondere im Vergleich zur ursprünglichen Vorhabenbeschreibung.

AP 1: Projektmanagement

Das Arbeitspaket 1 umfasste die übergeordnete Planung und Organisation von Projekttreffen, Abstimmungsgesprächen und sonstigen Meetings. Infolge der spezifischen Restriktionen der Corona-Virus-Pandemie erfolgte die Mehrheit der Treffen und Abstimmungen in digitaler Form. Im Rahmen der Arbeitsgruppentreffen erfolgte ein detaillierter Austausch über den zwischenzeitlichen Fortschritt im 4-Wochen-Rhythmus sowie die Präsentation von Zwischenergebnissen. Zum Abschluss des Projekts wurde ein gemeinsames Abschlussmeeting durchgeführt, in dessen Rahmen der Projektverlauf rekapituliert und diskutiert wurde.

AP 2: Anforderungsanalyse

Die Anforderungsanalyse wurde in gemeinschaftlicher Arbeit mit den Konsortialpartnern durchgeführt. Basierend auf der Projektskizze wurden detaillierte Anforderungen an das CERES-Gesamtsystem definiert und Applikationsszenarien beschrieben. Die Ergebnisse der Anforderungsanalyse wurden in Form eines Lastenheftes festgehalten, welches im Projektverlauf fortgeschrieben wurde.

Im Rahmen des Projektvorhabens wurden zwei konkrete Use Cases definiert und in Form eines Proof of Concept umgesetzt. Hierbei handelt es sich erstens um die Überwachung des

Stallklimas (Use Case 1) und zweitens um das Anlegen von elektronischen Tierakten für die Dokumentation (Use Case 2).

Der Fokus bei der Überwachung des Stallklimas in Use Case 1 liegt auf der Auswahl, Anbringung und Verknüpfung der Sensoren sowie der Übertragung der erhobenen Daten in das Cloud-System. Im Rahmen der Anforderungsanalyse und nach enger Rücksprache mit den Partnern wurden in Use Case 1 folgende Parameter mittels Sensoren im Stall erhoben:

- Temperatur & Luftfeuchte
- Gasanalytik: CO₂, Ammonium, Methan, Schwefelwasserstoff

Die elektronischen Tierakten des zweiten Use Cases soll den gesamten Lebenslauf – einschließlich der Verarbeitung – aufzeigen. In der Rinderhaltung geschieht dies auf Ebene des einzelnen Tieres. In der Schweinehaltung wird hingegen eine Akte je Bucht angelegt.

Für Use Case 2 wurden folgende Parameter erhoben:

Rindermast & Milchkuhhaltung:

- Körpertemperatur, Liegeverhalten, Bewegungsaktivität und Fressverhalten

Schweinemast & Sauenhaltung:

- Bewegungsaktivität

In beiden Fällen können die Informationen durch manuelle Notizen ergänzt werden, die bei Stallbegehungen und visuellen Begutachtungen der Herden gemacht werden.

Im Rahmen der Anforderungsanalyse wurden umfangreiche Recherchearbeiten zur Auswahl geeigneter Sensoren für das Projekt CERES durchgeführt und in Rücksprache mit den Projektpartnern diverse Sensoren ausgewählt. Die Sensoren wurden vom Projektpartner IMST in die entwickelte Sensorplattform integriert.

AP 3: Datenschutzkonforme Datenhaltung (Safety & Security)

Im Rahmen des Arbeitspakets 3 wurde ein Konzept für die datenschutzkonforme Datenhaltung entwickelt und in Form eines Dokuments festgehalten. Das Dokument zur datenschutzkonformen Datenhaltung definiert die Richtlinien für den Umgang mit sensiblen betrieblichen Daten. Im Rahmen dessen wurden die im CERES-Betrieb anfallenden Datentypen definiert. So wird beispielsweise zwischen Verwaltungs- und Sensordaten, Protokollen aus der betrieblichen Eigenkontrolle und Daten von externen Dienstleistern unterschieden. Die datenschutzkonforme Datenhaltung wird durch personelle und organisatorische Maßnahmen sichergestellt. Darüber hinaus werden die datenbezogenen Prozesse der CERES-Cloud sowie Konzepte zur Pseudonymisierung der Daten und zur Verschlüsselung beschrieben. Eine Risikoabschätzung für den CERES-Betrieb ist ebenfalls

Teil des Konzepts. Das erarbeitete Dokument bildet neben der Anforderungsanalyse die Grundlage für die CERES-Software-Architektur und das Identitäts- und Rechtemanagement.

AP 4: Software-Architektur

Die Speicherung der Daten erfolgt in einem zentralen Data Warehouse. Die Daten aus heterogenen Datenquellen mit heterogenen Datenformaten werden in ein homogenes Zielformat transformiert, wobei sowohl die Syntax als auch die Semantik berücksichtigt werden. Anschließend werden die transformierten Daten in eine zentrale Datenbasis kopiert, wodurch eine globale Sicht, die auf heterogene Datensätze ermöglicht wird. Der homogene Datensatz steht für Berechnungen und Analysen mit Hilfe von maschinellen Lernverfahren sowie Algorithmen zur Erstellung grafischer Auswertungen zur Verfügung. Redundanzen, sowohl gleicher als auch verschiedener Quellen, können automatisch bestimmt und je nach Datentyp fusioniert bzw. verdichtet werden. Des Weiteren erlaubt die Vorgehensweise die Darstellung einer Aussage über die Zeitvarianz der Daten und somit über die Veränderung der Betriebe. Die Aggregation der Daten erfolgt gemäß der beschriebenen Vorgehensweise durch den ETL-Prozess (Extraktion der relevanten Daten aus verschiedenen Quellen, Transformation der Daten in den homogenen Zieldatentyp, Laden der Daten in das Data Warehouse). Die Architektur gliedert sich in folgende Module, die in der Abbildung 2 dargestellt werden:

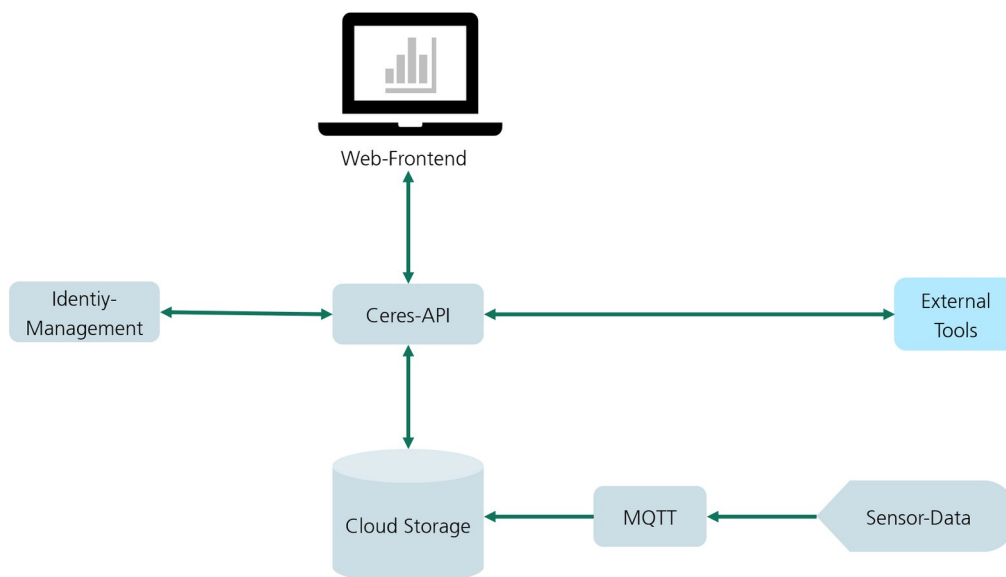


Abbildung 2: CERES Module

1. Ceres-API: GraphQL-Schnittstelle die alle internen und externen Subsysteme integriert.
2. Web-Frontend (HSHL): Benutzeroberfläche.
3. Cloud Storage/CERES Data Store: Datenbank für (Mess-)Daten und Metadaten.
4. MQTT (IMST): Protokoll bzw. Softwarekomponenten für den sicheren Transport der Messdaten in den CERES-Datastore.

AP 5: Identitäts- und Rechtemanagement

Das Identitäts- und Rechtemanagement stellt eine zentrale Säule der CERES-Datenplattform dar. Es wurde mit besonderem Augenmerk auf die Aspekte Datenschutz, Flexibilität und Benutzerfreundlichkeit konzipiert. Als Grundlage für das Identity-Management wurde ein leistungsstarker Open-Source Identitäts- und Zugriffsmanagement-Server verwendet (Keycloak). Der Server bietet eine Reihe von robusten Sicherheitsfunktionen, darunter Single Sign-On (SSO), Multi-Faktor-Authentifizierung sowie feingranulare Berechtigungsverwaltung. Diese Wahl gewährleistet ein hohes Maß an Sicherheit und ermöglicht gleichzeitig die Bereitstellung einer skalierbaren Lösung für die wachsende Nutzerbasis der Plattform. Im Rahmen des Projektes erfolgte eine weitere Erweiterung der Rechteverwaltung, welche an die spezifischen Anforderungen der Agrar-Domäne angepasst wurde.

Ein Kernprinzip der Plattform ist, dass die Datenhoheit in erster Linie beim Landwirt bzw. Erzeuger liegt. Dieses Konzept stellt sicher, dass die Nutzer volle Kontrolle über ihre Daten behalten und selbst entscheiden können, wer Zugriff auf welche Informationen erhält. Jeder Landwirt hat ein eigenes, sicheres Benutzerkonto, über das er seine Daten verwalten, freigeben oder zurückziehen kann. Um den kollaborativen Aspekt der Landwirtschaft zu fördern, wurde eine flexible Projektstruktur implementiert. Die Nutzer haben die Möglichkeit, sich zu Projekten zusammenzuschließen, indem sie sich gegenseitig einladen. Im Rahmen eines Projekts besteht für die Teilnehmer die Möglichkeit, gezielt bestimmte Teile ihrer Daten (Subsets) für die Projektarbeit freizugeben. Die Funktion ermöglicht es beispielsweise, regionale Kooperationen zu bilden oder gemeinsame Forschungsvorhaben durchzuführen, ohne dabei die Kontrolle über die eigenen Daten aufzugeben.

Durch diese Maßnahmen wird die Datenhoheit beim Nutzer in der Plattform effektiv gewährleistet, was das Vertrauen in die Plattform stärkt, und die aktive Teilnahme fördert. Die Nutzer behalten die Kontrolle über ihre Daten, während sie gleichzeitig von den Vorteilen der Zusammenarbeit und des Datenaustauschs profitieren können.

AP 6: CERES Data Store

Das im Rahmen des Arbeitspakets entwickelte Konzept für ein Datenmanagementsystem (DMS) zeichnet sich insbesondere durch seine Revisionssicherheit sowie ein feingranulares Rechtemanagement aus. Das System stellt eine robuste und zukunftssichere Lösung für die Verwaltung komplexer Agrardaten dar. Des Weiteren werden Schnittstellen bereitgestellt, welche den Zugriff auf Backend- und systemübergreifende Dienste ermöglichen. Die Kernfunktionen und Architektur des Gesamtsystems sind schematisch in Abbildung 3 dargestellt.

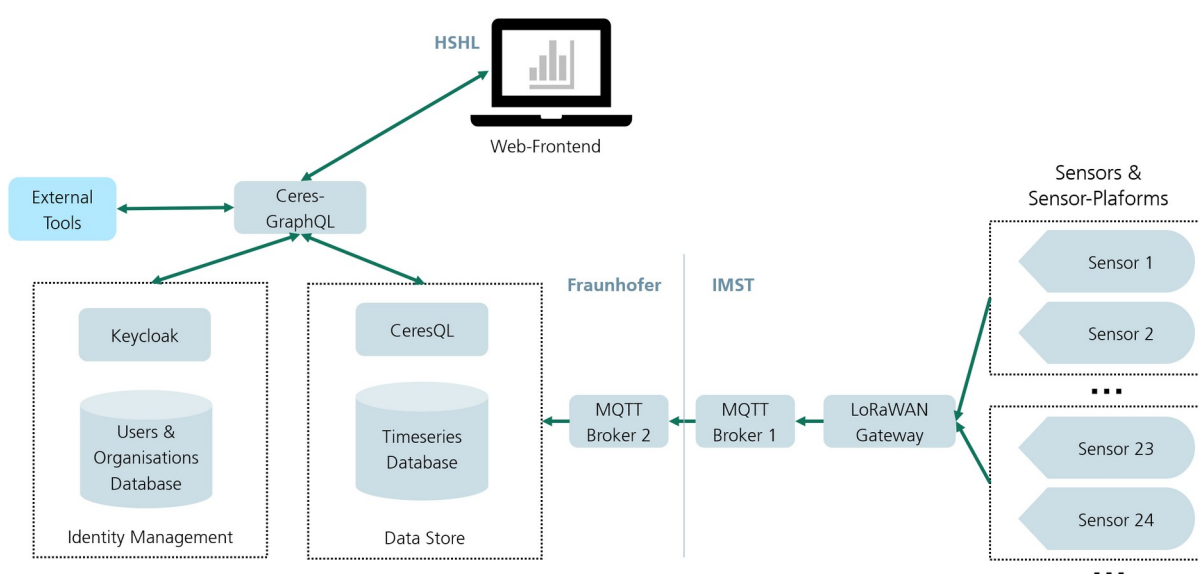


Abbildung 3: Kernfunktionen und Architektur des Gesamtsystems

Daten- und MetadatenSpeicherung: Das System ermöglicht die zuverlässige Speicherung sowohl von Primärdaten als auch zugehörigen Metadaten. Dies gewährleistet eine umfassende Dokumentation und erleichtert die spätere Analyse und Interpretation der Daten.

Skalierbarkeit: Die Architektur wurde mit Blick auf Skalierbarkeit konzipiert, um mit wachsenden Datenmengen und Nutzerzahlen Schritt zu halten. Dies stellt sicher, dass die Plattform auch bei steigender Belastung effizient arbeitet.

Datenherkunft und Nachvollziehbarkeit: Durch detaillierte Metadaten wird die Herkunft der Daten transparent gemacht. Nutzer können nachvollziehen, aus welchen Messwerten

Auswertungen generiert wurden und wie diese reproduziert werden können. Dies fördert die wissenschaftliche Integrität und ermöglicht eine genaue Überprüfung der Ergebnisse.

Integrierte Datenbankarchitektur: Die Plattform nutzt verschiedene spezialisierte Datenbanken, die jeweils für bestimmte Datentypen optimiert sind. Beispielsweise kommen Zeitreihendatenbanken für Sensordaten und Graph-Datenbanken für komplexe Metadaten zum Einsatz. Diese Diversifizierung ermöglicht eine effiziente Datenverwaltung und -abfrage.

MQTT-Integration: Durch die Anbindung an einen MQTT-Message-Broker können Sensordaten in Echtzeit in die Plattform integriert werden. Dies ermöglicht eine zeitnahe Datenerfassung und -analyse.

CeresSQL als interne Abfragesprache: Die eigens entwickelte Abfragesprache CeresSQL bietet spezialisierte Funktionen für Zeitreihenanalysen, Rechteverwaltung und Datenaggregation. Sie ermöglicht komplexe Abfragen unter Berücksichtigung der spezifischen Anforderungen der CERES Plattform.

Services-Architektur: Die Datenplattform ist als eine Reihe von Diensten konzipiert, die jeweils über eine eigene REST-API verfügen. Diese wurden mittels OpenAPI-Spezifikationen definiert und implementiert, was die Interoperabilität und Wartbarkeit erhöhten.

GraphQL-Client: Das Frontend enthält einen GraphQL-Client, der es ihm ermöglicht, mit dem CERES-GraphQL-Server zu kommunizieren und Abfragen im JSON-Format an diesen zu senden. Der GraphQL-Server fragt diese Daten aus den Datenbanken ab und schickt sie ebenfalls im JSON-Format zur Anzeige ans Frontend zurück.

Durch diese Kombination von Funktionen und Technologien bietet das Datenmanagementsystem eine leistungsfähige, sichere und flexible Grundlage für die Verwaltung und Analyse von Agrardaten. Es erfüllt die hohen Anforderungen an Datensicherheit, Nachvollziehbarkeit und Skalierbarkeit, die für moderne Forschungs- und Anwendungsszenarien im Agrarbereich unerlässlich sind.

AP 8: Benutzeroberfläche

8.1 Technische Entwicklung

Die Benutzeroberfläche stellt die Schnittstelle zwischen dem Anwender und der Software dar. Sie bietet landwirtschaftlichen Entitäten (z.B. Landwirten, Forschungseinrichtungen, etc.) eine unkomplizierte Möglichkeit, Daten miteinander zu teilen.

Sie verfügt über ein reaktives Design; es kann also bei gleich bleibend intuitiver User Experience von einem Smartphone, Tablet oder Desktopcomputer aus darauf zugegriffen werden. Die Hauptaufgabe der Benutzeroberfläche ist die visuelle Repräsentation von Sensordaten, die in Schweine- und Kuhställen gesammelt wurden und der Austausch dieser visualisierten Daten, um die Effizienz landwirtschaftlicher Prozesse zu verbessern.

Für die Entwicklung wurde Google's Webframework Angular in Kombination mit Material-Klassen genutzt. Dadurch ist die Benutzeroberfläche hoch kompatibel mit allen Webbrowsern.

Die verwendeten Material-Klassen sind gängige Elemente, die standardmäßig auf den meisten Webseiten und in den meisten Mobile-Apps verwendet werden. Außerdem unterliegen sie der MIT-Lizenz und sind somit uneingeschränkt nutzbar, -selbst für den kommerziellen Gebrauch.

Ein weiterer Vorteil von Angular ist die Unterstützung von TypeScript zur Entwicklung. Im Gegensatz zu reinem JavaScript bietet TypeScript optionales statisches Typing, was TypeErrors bereits zum Zeitpunkt der Programmierung vorbeugt. Sie würden unter JavaScript erst zur Laufzeit auffallen, da diese Sprache nur dynamisches Typing unterstützt. Dadurch verbessert sich die Qualität der Software, da Fehler, die Anzahl von Fehlern, die im Betrieb anfallen, entscheidend verringert wird, da sie schon bei der Entwicklung auffallen.

Sämtliche Komponenten in der Anwendung sind Material-Klassen, da sie hoch modular sind und das Frontend somit mit einem konsistenten Erscheinungsbild aufwarten kann. Bei den spezialisierten Komponenten, um Widgets wie Graphen und Projekte darzustellen, wurde die Klasse Mat-Card genutzt; hierzu dienten die Karten aus Smart-Home-Anwendungen als Inspiration.

Der Hauptfokus bei der Visualisierung von Sensordaten lag auf den Daten für Kohlenstoffdioxid, Schwefelwasserstoff, Ammoniak, der Temperatur, der Windgeschwindigkeit und dem Luftdruck. In den Graphen können Echtzeitdaten eingesehen

werden, es können Thresholds für kritische Werte gesetzt werden und einzelne Werte können bei einem Mouse-Over betrachtet werden (Abbildung 4).

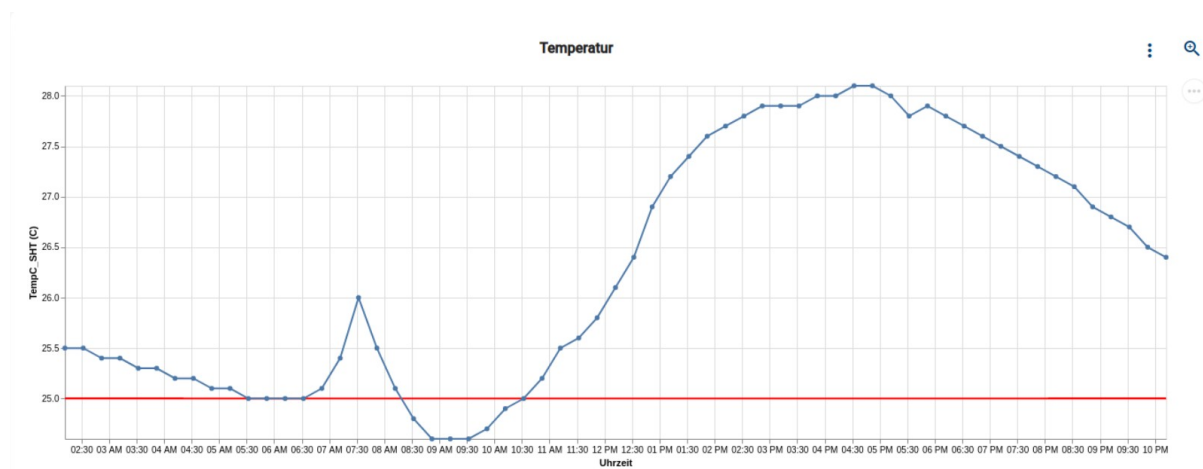


Abbildung 4: Ein Graph, der die Temperatur in °C in Abhängigkeit von der Tageszeit anzeigt und bei dem ein Threshold bei 25 °C gesetzt wurde.

Ein Key-Feature ist der Data Share, bei dem Projekte für gemeinschaftlichen Zugriff erstellt und geteilt werden können. Es ist so möglich, Partner einzuladen und Daten zwischen kompletten Organisationen und/oder ihren Mitgliedern auszutauschen. Um dies zu bewerkstelligen, können Projekte angelegt werden. Diese Projekte verfügen über ein Start- und ein Enddatum und die Daten können mit Nutzern oder Organisationen geteilt werden.

Sicherheit wird durch Nutzerauthentifizierung über den Keycloak gewährleistet und Zugriff auf die Daten erfolgt streng rollenbasiert. Die unterschiedlichen Rollen legen die Rechte beim Zugriff und Anlegen von Projekten fest.

Nur geteilte Daten sind für andere User verfügbar und die Daten, die übertragen und gespeichert werden, sind verschlüsselt. Zudem verfügt der Keycloak über die Möglichkeit, Zwei-Faktor-Authentifizierung zu aktivieren.

Die Kommunikation mit dem GraphQL-Server im Backend, der Daten aus der Datenbank lädt, erfolgt über die Bibliothek Apollo Angular. Diese stellt einen vollwertigen GraphQL-Client zur Verfügung. Damit werden einem festen Schema entsprechende, verschachtelte Queries an den GraphQL-Server gesendet, der die gewünschten Daten aus der Datenbank lädt und sie im JSON-Format zur Darstellung an das Frontend schickt. Des weiteren können mit Mutations auch Daten in der Datenbank verändert und aktualisiert werden. Mutations sind Queries, die bereits vorhandene Daten mit neuen Werten aktualisieren.

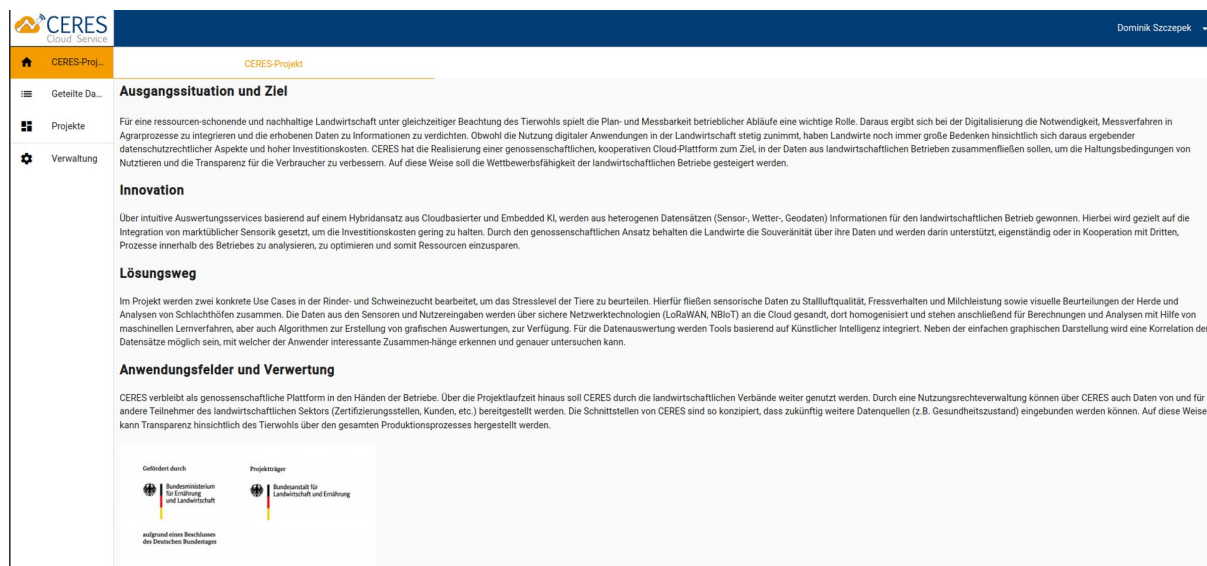
8.2 Benutzerführung

Die Farbgebung der App basiert auf den Pantone-Farben der Hochschule Hamm-Lippstadt. Das Logo der Hochschule setzt sich immer aus zwei unterschiedlichen Farben zusammen und da die gelb-dunkelblaue Farbkombination schlicht aber elegant aussieht, wurde diese als Farbgebung für die Benutzeroberfläche gewählt.

Der Client teilt sich in vier Ansichten auf, die in der Navigationsleiste mit klar zu unterscheidenden Icons erkennbar gemacht sind:

1. Landing Screen
2. Geteilte Daten
3. Projekte
4. Verwaltung

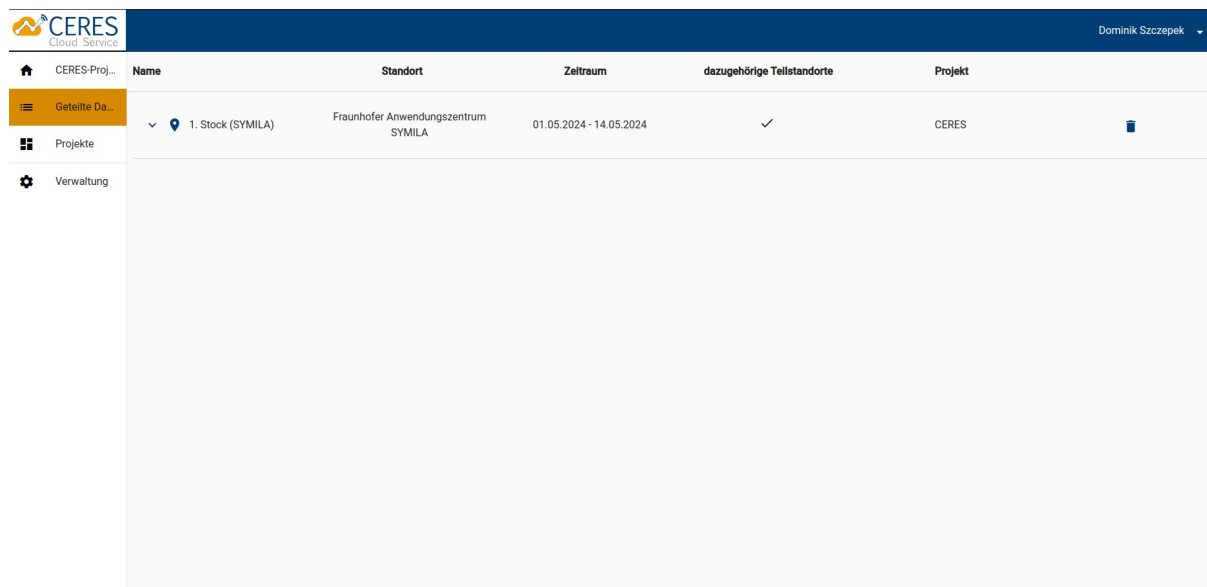
Der **Landing Screen** bietet dem Nutzer eine kurze Übersicht über das Projekt CERES.



The screenshot shows the CERES Landing Screen. The header includes the CERES logo and the user name 'Dominik Szczepek'. The left sidebar has three main sections: 'Geteilte Da...', 'Projekte', and 'Verwaltung'. The main content area is titled 'Ausgangssituation und Ziel' and contains three sub-sections: 'Innovation', 'Lösungsweg', and 'Anwendungsfelder und Verwertung'. Each section contains a paragraph of text describing the project's goals and methods. At the bottom, there is a diagram showing the project's funding sources: 'Gefördert durch' (funded by) and 'Projektsponsor' (project sponsor), both pointing to the 'Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft' (Federal Ministry of Food and Agriculture).

Abbildung 5: Der Landing Screen, der das Projekt CERES vorstellt.

Geteilte Daten gibt eine Übersicht über die Daten, die aktuell geteilt werden; sie enthält den Namen der Datenquelle, den Standort, an dem sie sich befindet, den Zeitraum, für welchen, das zugehörige Projekt angelegt wurde, ob die Teilstandorte des Standortes hinzugefügt wurden und den Namen des Projektes.



The screenshot shows the 'Geteilte Daten' (Shared Data) view in the CERES application. The header is the same as the landing screen. The left sidebar is the same. The main content area is a table with the following columns: 'Name', 'Standort', 'Zeitraum', 'dazugehörige Teilstandorte', and 'Projekt'. There is one row of data:

Name	Standort	Zeitraum	dazugehörige Teilstandorte	Projekt
1. Stock (SYMILA)	Fraunhofer Anwendungszentrum SYMILA	01.05.2024 - 14.05.2024	✓	CERES

Below the table, there is a section for 'Verwaltung' (Management) which is currently empty.

Abbildung 6: Die Ansicht Geteilte Daten mit einer Beispieldatenquelle.

Projekte ist in *Meine Projekte* und *Geteilte Projekte* aufgeteilt. Unter dem Reiter *Meine Projekte* werden ausschließlich die vom eingeloggten Benutzer selbst angelegten Projekte

angezeigt und es können neue Projekte erstellt werden. In *Geteilte Projekte* werden auch die Projekte angezeigt, die von anderen Usern mit dem aktuell eingeloggten User geteilt werden.

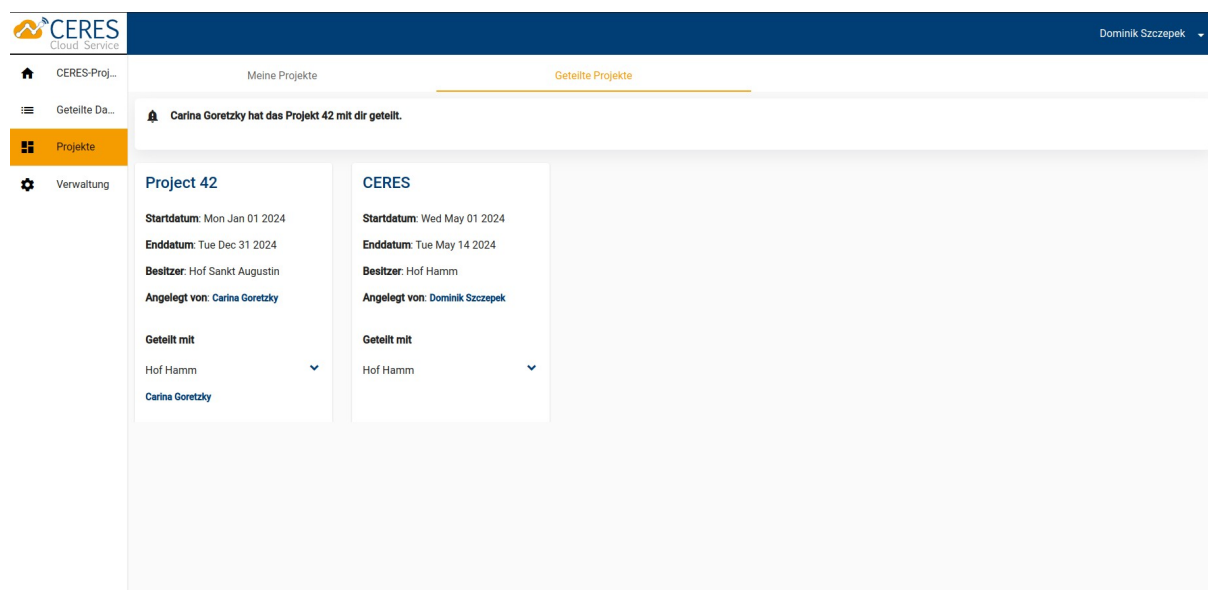


Abbildung 7: Die Projektansicht mit zwei Projekten.

Verwaltung besteht aus *Standortverwaltung* und *Sensorplattformverwaltung*. Im Reiter *Standortverwaltung* werden alle Orte angezeigt, an denen per Sensoren Daten gesammelt werden. Die *Sensorplattformverwaltung* gibt eine Übersicht über die verfügbaren Sensorplattformen.

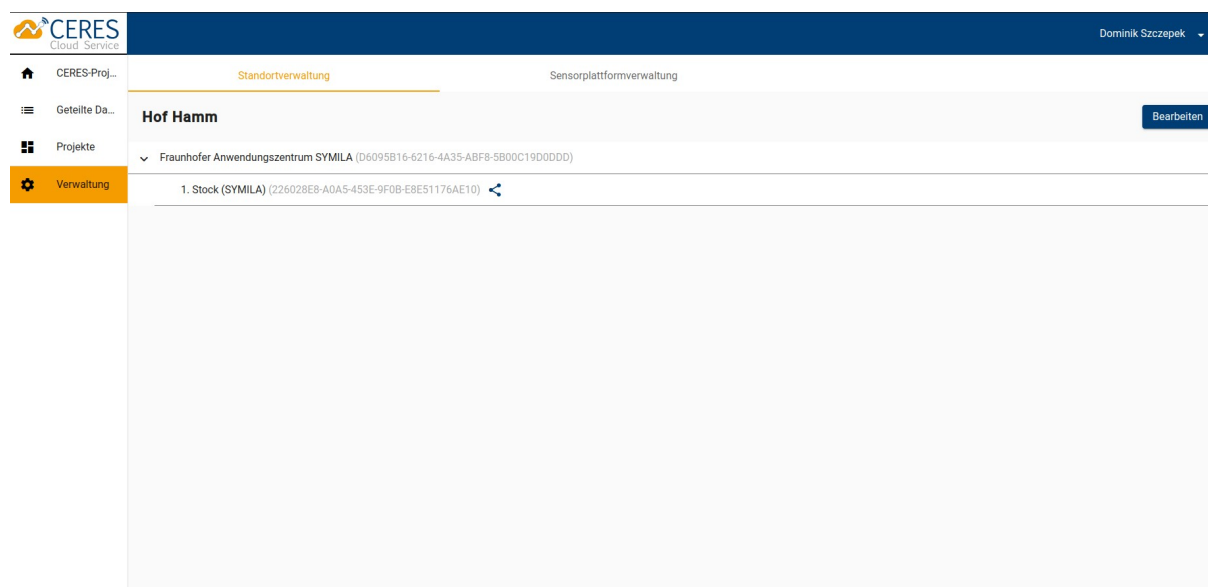


Abbildung 8: Die Standortverwaltung mit einem Beispielort.

AP 14: Testaufbau

AP14 beinhaltet einen Testaufbau, der durch die Verzögerung bei der Elektroniklieferung in der Realisierung verzögert war. Aus diesem Grund und aufgrund der Tatsache, dass vor allem für die Sensordatenlieferung und die Verarbeitung der Sensordaten ein Testsystem zur Verfügung stehen musste, hat die HSHL einen Laboraufbau realisiert, der dazu verwendet wurde, Sensordaten zu erzeugen und die Ausbreitung von Gasen (Ammoniak, CO₂) und Staub zu simulieren (Abbildung 9).

Es handelt sich dabei um eine gasdichte, in gewissen Grenzen druckstabile Röhre, die den gerichteten Gaseinlass erlaubt. Dieser wird über ein Gaseinlassventil vermittelt. Der Auslass geschieht über ein spezielles Auslassventil.

Man erkennt im Inneren der Röhre leuchtende LEDs (grün, rot) die für die Sensoren und die Rechner (Raspberry PI-Einplatinen-Rechner) stehen. Die verbundenen Kleinrechner bilden ein Netzwerk und werden als neuronales Netz (NN) betrieben. Das Prinzip kann als sehr günstige Sensorvariante in Ställen installiert werden. Die NN werden zu einem Modell trainiert und gleichen eine Degradation der Sensorik im Stall aus.

Anschließend wurde das System zu einem echten NN ausgebaut. Messergebnisse liegen vor und können für die Modellbildung genutzt werden.



Abbildung 9: CERES-Sensorsignalerzeugungsaufbau. Das Rohr ist gasdicht und erlaubt die definierte Zufuhr unterschiedlicher Gase wie NH_3 , CO_2 und die Zufuhr von Staub. Die Sensorik ist mit RaspberryPis verknüpft, die verbunden sind und ein Netzwerk aus Sensoren darstellen. Dieses soll als neuronales Netz betrieben werden.

2. Der wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Die Projektkosten setzen sich aus Personal- und Reisekosten zusammen.

3. Der Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Das Projekt zielte auf die Entwicklung einer Datenplattform ab, welche den Mittelstand und KMUs stärken sollte. Etwa 60 % der Beschäftigten in Deutschland arbeiteten in diesem Sektor. Ohne die beantragte Zuwendung konnte das Projekt nicht durchgeführt werden, da die erforderlichen Personal- und Sachmittel die Möglichkeiten des Konsortiums überschritten. Die wissenschaftliche Betreuung sowie die Bereitstellung der erforderlichen Infrastruktur wurden durch die Projektpartner gewährleistet. Die beantragten finanziellen

Mittel waren erforderlich, um die CERES-Plattform zu entwickeln. Die Förderung diente dazu, die Hemmnisse des laufenden Innovationsprozesses abzubauen, Kooperationen und Vernetzungen zu schaffen und eine mögliche wissenschaftliche Anschlussfähigkeit zu gewährleisten.

4. Des voraussichtlichen Nutzens, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans

Der von CERES verfolgte Lösungsansatz adressiert die zwei größten Herausforderungen im Bereich der Digitalisierung der Landwirtschaft, nämlich hohe Investitionskosten und Datenintegration (Frost & Sullivan, 2019). Durch die dargestellte Kombination aus vorhandenen oder am Markt etablierten Sensoren mit Datenhaltung und -verarbeitung innerhalb der kooperativen Cloud-Plattform wird die Hürde, die die Landwirte verspüren, um ihre Betriebe zu digitalisieren, deutlich verringert.

Während des Projektes erlangte Ergebnisse, insbesondere im Bereich der Frontendentwicklung und Ansteuerung verschiedener Programmierschnittstellen, werden in die Lehre an der HSHL einfließen.

Es soll nach der abgeschlossenen Entwicklung eine Erweiterung und Optimierung des Systems erfolgen, sodass möglichst kostengünstige Geräte mit stabiler Leistung zum Einsatz kommen und die Rentabilität und Nutzung des Systems zu gewährleisten.

CERES soll durch landwirtschaftliche Verbände für weiterführende Analysen und Auswertungen genutzt werden.

5. Des während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt gewordenen Fortschritts auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen.

Während der Projektlaufzeit erfuhren die Zuwendungsempfänger von weiteren Forschungsprojekten und Initiativen, deren Zielsetzung im gleichen Themenkomplex liegt wie im Projekt CERES. Beispielsweise das Fraunhofer-Leitprojekt „Cognitive Agriculture - COGNAC“ (2018 - 2022), das auf die Verbesserung der Interoperabilität und die flächendeckende Automatisierung der Landwirtschaft abzielt. Der „Agricultural Data Space“ erarbeitet erste Umsetzungsoptionen für einen gemeinsamen Datenraum in der Landwirtschaft. Das von HORIZON EUROPE geförderte Projekt „AgriDataValue Smart Farm and Agri-environmental Big Data Space“ (2023 - 2029) führt eine innovative,

technologieübergreifende Plattform für Smart Farming und Umweltüberwachung ein. Ein weiteres Beispiel ist das Projekt „AgriDataSpace“ (2022 - 2024), das von der EU gefördert wird und den europäischen Datenraum in der Landwirtschaft vorbereitet, um den sicheren, transparenten und verantwortungsvollen Datenaustausch zu ermöglichen. Diese Initiativen zielen zwar auf ähnliche Ziele ab, unterscheiden sich jedoch im konzeptionellen Ansatz entscheidend vom Projekt CERES. Während einige dieser Ansätze neben der Videoanalyse auch Sensordaten verwenden, um sofortige Rückschlüsse auf eventuelle Auslöser zu liefern, fokussiert sich CERES auf die Entwicklung einer Datenplattform zur Stärkung des Mittelstands und KMUs.

6. Der erfolgten oder geplanten Veröffentlichungen des Ergebnisses

Veröffentlichungen sind nicht erfolgt.