

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:	281C209F19
Laufzeit:	15.11.2020 bis 14.02.2024
Zuwendungsempfänger/in:	IMST GmbH
Projektpartner:	Fraunhofer FIT Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität zu Bonn- Institut für Landtechnik Hochschule Hamm-Lippstadt adesso SE 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.

Mit der von der IMST GmbH entwickelten Sensorplattform ist es möglich nahezu jeden drahtgebundenen Sensor (diese verfügen in der Regel über verschiedene Hardwareschnittstellen) an ein bereits bestehendes, oder noch zu implementierendes LoRaWAN® Funknetzwerk anzuschließen. Dabei ist der Endkunde unabhängig bei der Wahl der Sensoren und kann nach evtl. geringfügiger Anpassung der Softwaretreiber auch bestehende Sensoren in das Funknetz integrieren. Neben den drahtgebundenen Sensoren kann auch jeder Sensor in das Netzwerk integriert werden, der bereits für den LoRaWAN® Standard entwickelt wurde. Diese Sensoren sind in der Regel sehr preisgünstig, was den Endanwender in die Lage versetzt deutlich mehr Messpunkte zu etablieren. Weiterhin müssen Investitionen nicht auf einen Schlag getätigt werden. Nach Ausrüstung einer Lokalität mit den Sensoren kann das Netz auch zu einem späteren Zeitpunkt problemlos erweitert werden. Die deutlich erhöhte Anzahl an Sensoren ermöglicht es dem Endkunden statistisch belastbarere und detailliertere Informationen zu erhalten und somit eine bessere Grundlage zu schaffen mit der Analyse der Daten das Tierwohl zu steigern.

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.

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 unterteilt, die in ihrer logischen Verkettung als Projektstrukturplan in Abbildung 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.

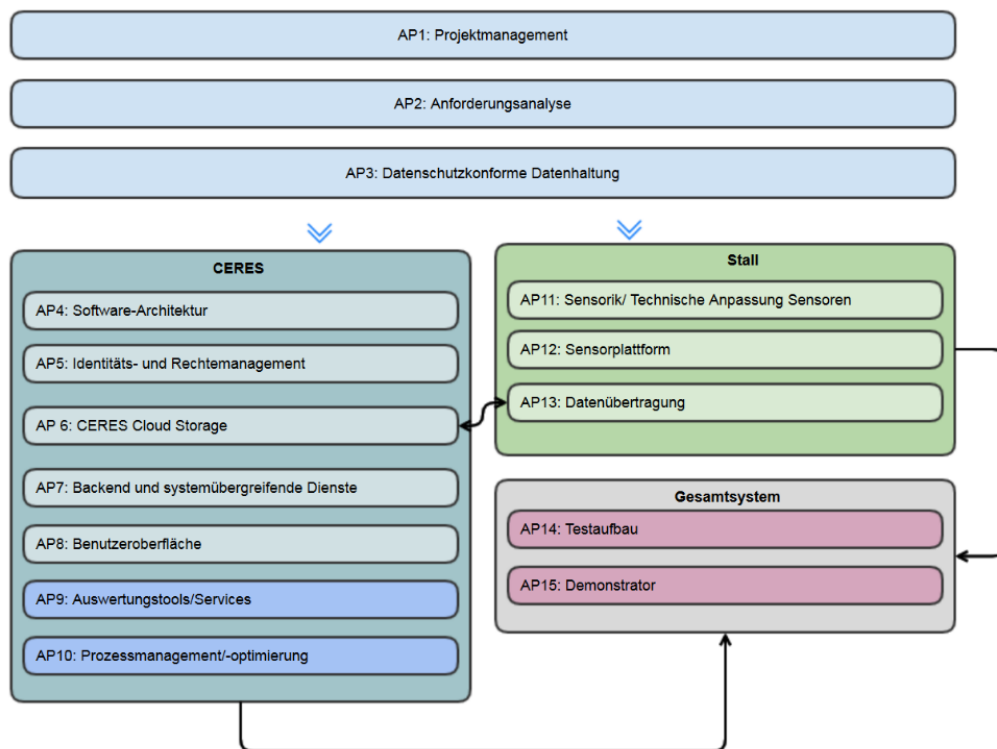


Abbildung 1: Schematischer Überblick über die Arbeitspakete

3. Wesentliche Ergebnisse

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

Im ersten Projektjahr stand die Durchführung der Anforderungsanalyse im Mittelpunkt. Dieses geschah in enger Zusammenarbeit mit den Projektpartnern. Die Lasten beziehen sich auf die landwirtschaftlichen Anforderungen sowie die technischen Anforderungen des zu

entwickelnden Systems. Daraus resultierte die Festlegung der zu erhebenden Sensorparameter auf Grundlage einer eingehenden Recherche. Nach der Auswahl der gewünschten Sensoren die in einer Liste dokumentiert wurden konnte IMST die für die Entwicklung der Hardware notwendigen Hardwareschnittstellen anhand der Datenblätter definieren. Siehe **AP 12: Sensorplattform**.

Wesentliche Aktivitäten im zweiten Projektjahr 2022

Im zweiten Projektjahr wurden **AP12** (Sensorplattform), und **AP13** (Datenübertragung) bearbeitet.

In AP12 konnte IMST das Design des Sensorboards fertig stellen. Die größte Herausforderung bestand in diesem Jahr darin, alle für die Bestückung des PCBs notwendigen Bauteile kaufen zu können, da die Lieferengpässe in vielen Teilen eine fristgerechte Beschaffung weiterhin unmöglich machten. Insbesondere die auf der Leiterkarte verbauten internen Sensorbausteine, die als Messwertevergleich zu den externen vom FIT eingekauften kommerziellen Sensoren geplant waren hatten Lieferzeiten von bis zu 18 Monaten, oder wurden während der Entwicklungszeit vom Hersteller abgekündigt. Neben der schwierigen Beschaffungssituation der Sensorbausteine waren aber auch andere Bauteile wie z.B. Spannungsregler betroffen so dass IMST während der Entwicklungsphase vor der Produktion der PCB s zu mehreren Iterationen des Designs gezwungen war. Um zumindest ein weitestgehend funktionierendes Sensorboard aufbauen zu können wurde auch auf den Lagerbestand des IMST zurückgegriffen und die notwendigen Bauteile aus Restbeständen von älteren Entwicklungsprojekten bereitgestellt.

Da es auch bei Projektpartnern manchmal Irritationen gab warum die Entwicklung der „Sensorplattform“ aufgrund der Beschaffung von Bauteilen (u.a. Sensoren) so unberechenbar war, obwohl evtl. manche Sensorprodukte mit vertretbaren Lieferzeiten zur Verfügung standen sei hiermit nochmals darauf hingewiesen, dass der Begriff „Sensor“ in diesem Projekt zweierlei Bedeutung hat. Bei den Sensoren die an die von IMST entwickelte Sensorplattform angebunden werden können geht es um existierende Produkte (z.B. Dräger Polytron 7000). Bei den Sensoren, die auf der eigens für dieses Projekt entwickelten Sensorplattform verbaut sind, geht es um elektronische Komponenten die auf die Leiterkarte bestückt werden. Die Wesentliche Funktionalität des Sensorboards ist hierbei jedoch, dass sowohl die Messdaten der extern angebundenen, als auch der internen Sensoren per LoRaWAN® Funkanbindung in ein frei verfügbarer Funknetzwerk übertragen und von den anderen Projektpartnern ausgewertet werden können.

Im Anschluss an die Entwicklung der Leiterkarte wurden diese bei einem externen Dienstleister in Auftrag gegeben. Nach der Lieferung wurden in einem ersten Schritt zwei Leiterkarten des Sensorboards bestückt und der Entwicklung zur Prüfung auf einwandfreie Funktion aller Einzelfunktionalitäten zur Verfügung gestellt.

Abbildung 2 zeigt die bestückte Leiterkarte.

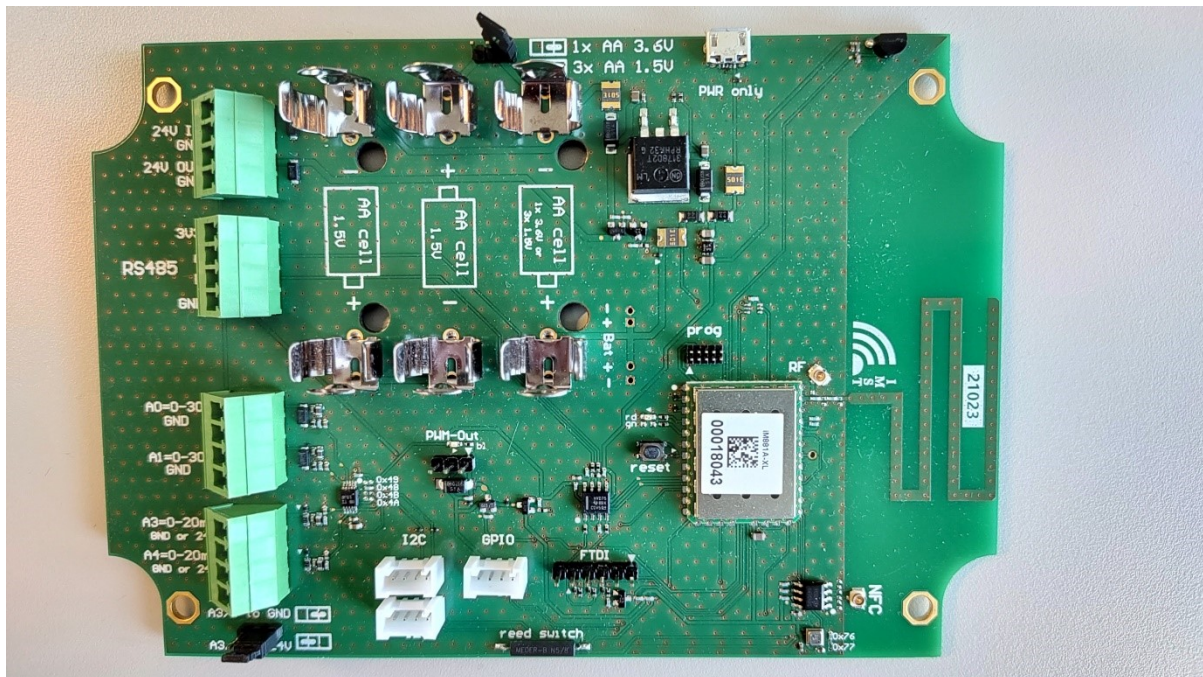


Abbildung 2: bestückte Leiterkarte

Neben der Hardwareentwicklung wurden der LoRaWAN® Netzwerk- und Applicationserver aufgesetzt und die Kommunikation per MQTT mit dem Server des Projektpartners Fraunhofer FIT eingerichtet. Die Gateways, die von FIT beschafft wurden, wurden installiert und für das lokale LoRaWAN®-Netzwerk konfiguriert und getestet. Nachdem die Tests erfolgreich in der Laborumgebung des IMST abgeschlossen waren wurde auf dem Versuchshof Frankenforst ein LoRaWAN®-Gateway zur Verarbeitung der Signale installiert. Da es aus Datensicherheitsgründen nicht möglich war das Gateway an das lokale Netzwerk anzuschließen wurde nach anfänglichen Versuchen mit einem LoRaWAN®-Lite Gateway von IMST ein Gateway mit einem LTE-Accesspoint beschafft und verbunden, wodurch eine Unabhängigkeit von den lokalen Netzwerkgegebenheiten gewährleistet ist. Des Weiteren wurde die erste Sensorplattform integriert, welche Daten an den Cloud-Server über die geschaffene Infrastruktur übertrug.

Wesentliche Aktivitäten im dritten Projektjahr 2023 und bis Projektende Februar 2024

Nach den erfolgreichen Feldtests auf dem Versuchshof Frankenforst wurden weitere 8 Leiterkarten des Sensorboards bestückt und der Entwicklung zur Prüfung auf einwandfreie Funktion aller Einzelfunktionalitäten zur Verfügung gestellt. Anschließend erfolgte die vollständige Integration der Sensoren in die CERES-Sensorplattform, wodurch eine durchgehende Datenübertragung in die Cloud über den gesamten Testzeitraum gewährleistet wurde. Die Projektpartner wurden bei der Integration und Inbetriebnahme der weiteren Sensorplattformen unterstützt und bei Problemen während des laufenden Betriebs Support geleistet. Die Infrastruktur in Form des LoRaWAN®-Network- und Application-Servers wurde aufrecht gehalten.

II. Eingehende Darstellung

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

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, Ammoniak, 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 Rechercharbeiten zur Auswahl geeigneter Sensoren für das Projekt CERES durchgeführt und in Rücksprache mit den Projektpartnern diverse Sensoren ausgewählt. Nach der Auswahl der gewünschten Sensoren die in einer Liste dokumentiert wurden konnte IMST die für die Entwicklung der Hardware notwendigen Hardwareschnittstellen anhand der Datenblätter definieren und im Design des Sensorboard PCB's umsetzen.

Die Architektur des Gesamtsystems ist schematisch in Abbildung 3 dargestellt.

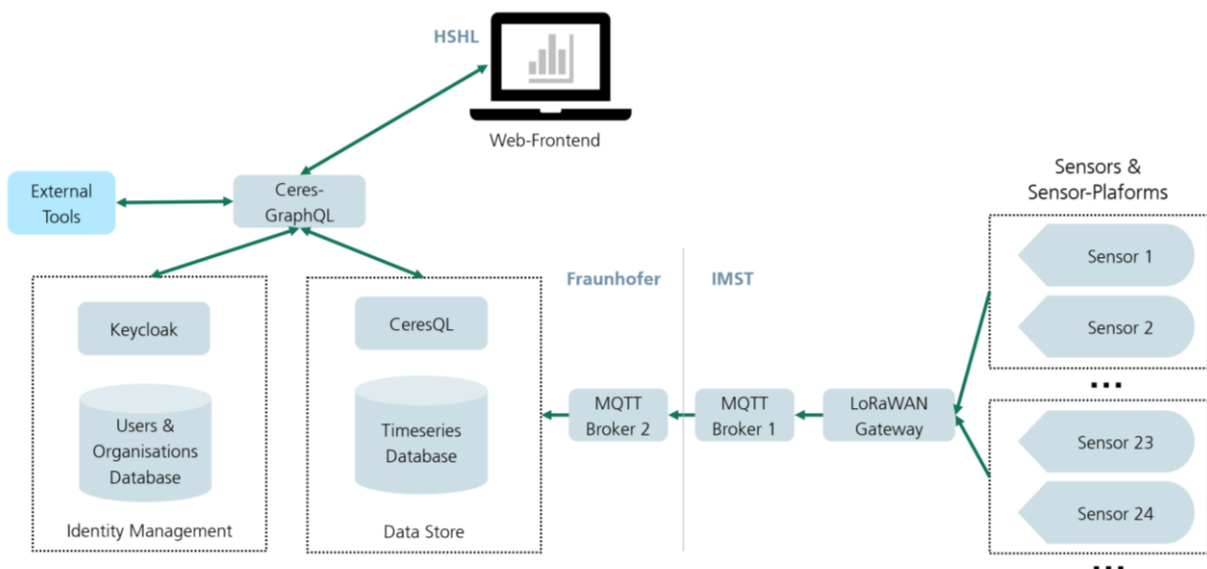


Abbildung 3: Architektur des CERES-Gesamtsystems

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.

AP 11: Sensorik/Technische Anpassung der Sensoren

Die innerhalb des Projekts zu verwendenden Sensoren wurden in AP2 festgelegt. Da schon dort die zu unterstützenden Hardwareschnittstellen der Sensorplattform berücksichtigt wurden, konnte der Aufwand für die technische Anpassung der Sensoren gering gehalten

werden. Es galt zu beachten, dass bei Sensoren wie beispielsweise dem Träger Polytron 7000, die es mit verschiedenen Hardwareschnittstellen gibt, die passende Optionen auszusuchen um diese auf dem PCB der Sensorplattform anschließen zu können.

AP 12: Sensorplattform

Die „Sensorplattform“ ist eine in ein Gehäuse integrierte, bestückte, gedruckte Schaltung (PCB) (siehe *Abbildung 2*). *Abbildung 4* zeigt ein Foto der Sensorplattform CERES-3. Das PCB wurde dahingehend entwickelt, dass sämtliche in AP 2 identifizierten Schnittstellen für die Anbindung von Sensoren umgesetzt wurden:

- Stromschnittstelle (4-20 mA)
- Spannungsschnittstelle (1-20 V)
- RS485
- I²C nach dem seeed Grove-System

Die Spannungsversorgung kann über USB, Batterie(en) oder externe Gleichspannung bis 24 Volt erfolgen.

Für die Funkübertragung der Messwerte per LoRaWAN® wurde auf das eigens entwickelte Modul iM881A-XL¹ zurückgegriffen. *Abbildung 2* zeigt eine fertig aufgebaute und bestückte Platine.

Im Jahr 2022 wurde die erste Sensorplattform im Versuchsgut Frankenforst in Betrieb genommen, um zu verifizieren, dass die gesamte Prozesskette vom Sensor bis in die CERES-Cloud funktioniert.



Abbildung 4: Sensorplattform CERES-3

¹ <https://wireless-solutions.de/products/im881a-xl/>

Anschließend wurden weitere Plattformen mit unterschiedlichen Sensoren aufgebaut und zunächst auf dem Versuchsgut Frankenforst zur Evaluierung in Betrieb genommen.

Es wurden vier unterschiedliche Plattform-Typen aufgebaut:

- SensorPlattform-Typ-01 (zwei Stück)
Die Plattform verfügt über zwei per Stromschnittstelle (4-20 mA) angebundene Dräger Polytron 7000 mit Sensoren für Schwefelwasserstoff (H₂S) bzw. Ammoniak (NH₃).
- SensorPlattform-Typ-02
Die Plattform verfügt über einen per Stromschnittstelle (4 bis 20 mA) angebundenes Dräger PIR 3000 Methansensor.
- SensorPlattform-Typ-03
Die Plattform verfügt über einen per Stromschnittstelle (4-20 mA) angeschlossenen Luftströmungssensor Kimo CTV110. Siehe [Abbildung 5](#)

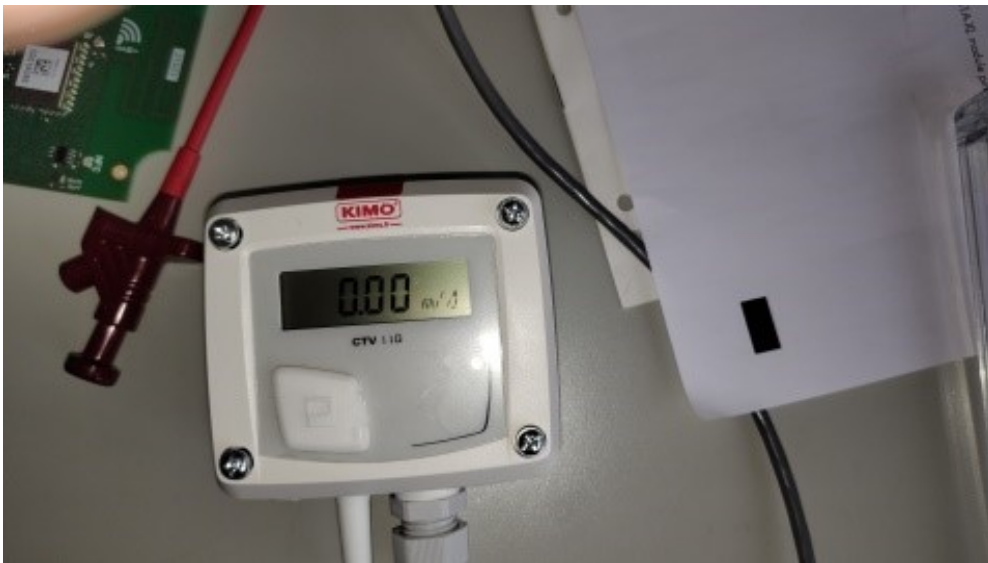


Abbildung 5: Luftströmungssensor Kimo CTV110

- SensorPlattform-Typ-04
Die Plattform verfügt über einen per analoger Spannungsschnittstelle (0-10 Volt) angebundenes PIR-Sensor zur Bewegungserkennung, einen per I²C angebundenes Bosch BME 680 zur Messung von Temperatur und Luftfeuchtigkeit und einen per I²C angeschlossenen Sensirion SHT35 zur Vergleichsmessung von Temperatur und Luftfeuchtigkeit.

Jeder Typ musste sowohl physisch (in Hardware) aufgebaut, als auch softwaretechnisch implementiert werden. Für jeden der Sensoren, die per I²C angeschlossen wurden, musste ein Treiber erstellt werden, der die Messwerte laut Vorgabe des Datenblatts ausliest. Diese Software ist Teil der Firmware des Funkmoduls, da aus Effizienzgründen kein zusätzlicher Mikrocontroller verbaut wurde.

Des Weiteren ist es Aufgabe der Firmware, die Werte aller Schnittstellen, also auch der analogen Spannungs- und Stromschnittstelle, per LoRaWAN® in konfigurierbaren Zeitintervallen zu übertragen. Dazu wurde ein Format für die Payload definiert. Die Payload wird nach der Übertragung auf dem Application-Server wieder decodiert, siehe dazu auch „exemplarischer Nachrichtenfluss“ *Abbildung 8*. Die Konfiguration einer Sensorplattform erfolgt per grafischer Benutzeroberfläche (GUI), siehe *Abbildung 6*.

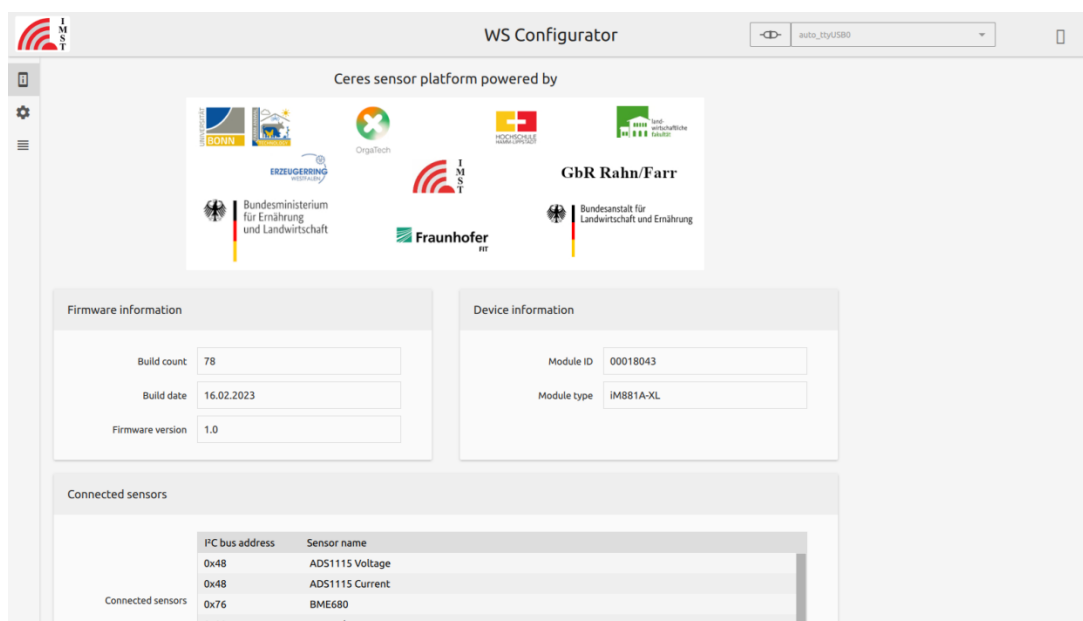


Abbildung 6: Konfiguration einer Sensorplattform

Von der SensorPlattform-Typ-01 wurden zwei Plattformen aufgebaut und eine weitere Plattform wurde für die Implementierung und Erprobung von Sensoren mit Seeed-Anschluss assembliert.

Alle Plattformen kamen zuerst im Versuchsgut der Uni Bonn für mindestens einen Mastdurchgang zum Einsatz. Nachdem dieses erfolgreich war, wurden sie in Ställe der Projektpartner Rahn-Farr und Erzeugerring Westfalen verbracht.

AP 13: Datenübertragung

Aufgrund der robusten, d.h. durch äußere physikalische Einflüsse kaum störbaren Funkübertragung wurde als Technologie für die Kommunikation zwischen den Sensoren

und dem Internet LoRaWAN® gewählt. IMST verfügt über einen langjährigen Erfahrungsschatz mit dieser Funktechnologie und konnte unter anderem ein Funkmodul aus seinem Produktportfolio beisteuern. Ein weiterer Vorteil des LoRaWAN® Standards ist die große Verbreitung von erwerbbaaren Sensoren, die bereits LoRaWAN®-fähig sind, so dass speziell zu Anfang des Projektes zumindest für Standardmessungen wie Temperatur auf fertige Geräte zurückgegriffen werden konnte.

Die grundsätzliche Architektur ist in *Abbildung 7* veranschaulicht:

Die Devices, auch Endnodes genannt, schicken per Funk (LoRaWAN®-) Pakete, die von einem oder auch mehreren Gateways empfangen werden können. Im CERES Projekt sind dies die Sensorplattformen.

Diese werden per Internet (TCP/IP) an den LoRaWAN® Network-Server weitergeleitet. Aufgrund der Möglichkeit von redundanten Paketen, die dadurch entstehen, dass mehrere Gateways sich in Empfangsreichweite befinden, werden diese auf dem Network-Server dedupliziert und an den LoRaWAN® Application-Server weiter gegeben.

Als Server-Software wurde ChirpStack², eine Open Source-Implementierung des Standards gewählt. So können die Daten lokal auf dem selbst betriebenen Server bleiben und gelangen nicht in die Hände Dritter.

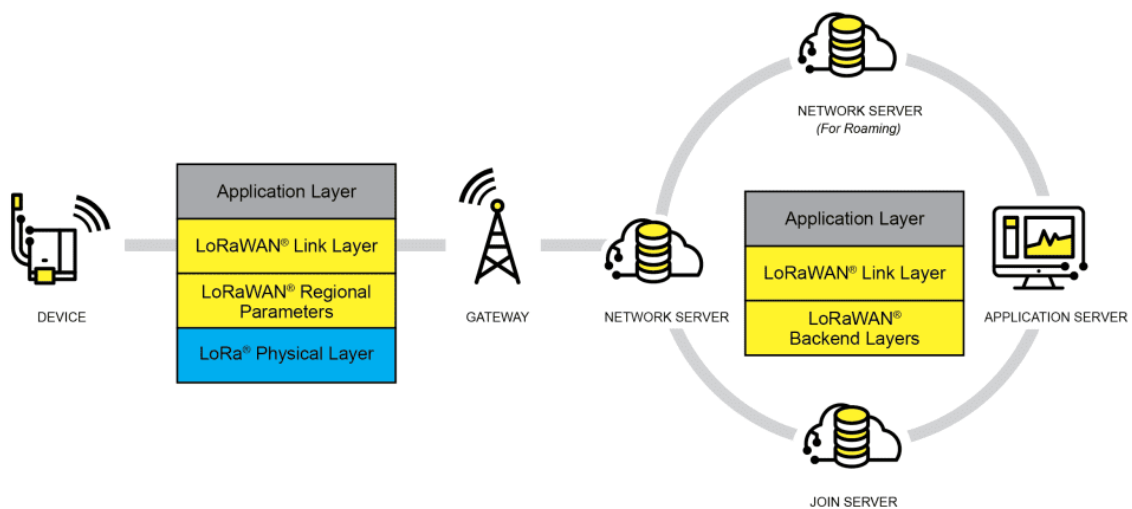


Abbildung 7: LoRaWAN® Netzwerk Architektur , Quelle: LoRa Alliance

Ein exemplarischer Nachrichtenfluss durch die gesamte CERES-Architektur soll hier für eine zugekaufte Endnode, ein Dragino LAQ4, gezeigt werden:

² <https://www.chirpstack.io/>

Das Gerät misst und sendet die Werte als Payload eines LoRaWAN®-Pakets. Die Gateways, die dieses Paket empfangen, leiten es per Internet an den Network-Server weiter, der das Paket dedupliziert und zur Weiterverarbeitung an den Application-Server weitergibt. Dort muss für jeden Device-Typ eine Dekodierungsfunktion implementiert sein, die ein JSON-Objekt mit Key/Value-Paaren erzeugt.

Dieses sieht zum Beispiel aus wie in *Abbildung 8*. Die Namen der Keys wurden so vergeben, dass sie möglichst menschenlesbar sind. So steht „TempC_SHT“ beispielhaft für die Temperatur in Grad Celsius des verwendeten SHT³-Sensors, hier 25,2 °C.

```
▼ objectJSON: {} 7 keys
  Alarm_status: "FALSE"
  Bat_V: 3.323
  CO2_ppm: 400
  Hum_SHT: 52.5
  TVOC_ppb: 0
  TempC_SHT: 25.2
  Work_mode: "CO2"
tags: {} 0 keys
confirmedUplink: false
devAddr: "ee03295f"
publishedAt: "2024-08-05T08:21:39.656666945Z"
deviceProfileID: "425ea96d-b3ca-48b7-a875-8c41e1b10a8f"
deviceProfileName: "Dragino_LAQ4_Device_Profile"
```

Abbildung 8: JSON-Objekt mit Sensorwerten

Dieses Objekt wird per MQTT vom Projektpartner FIT abonniert. Dort auf dem Server⁴ muss für jede Sensorplattform eine Konfiguration angelegt werden, in der alle Keys angegeben werden, die auftauchen können, siehe *Abbildung 9*:

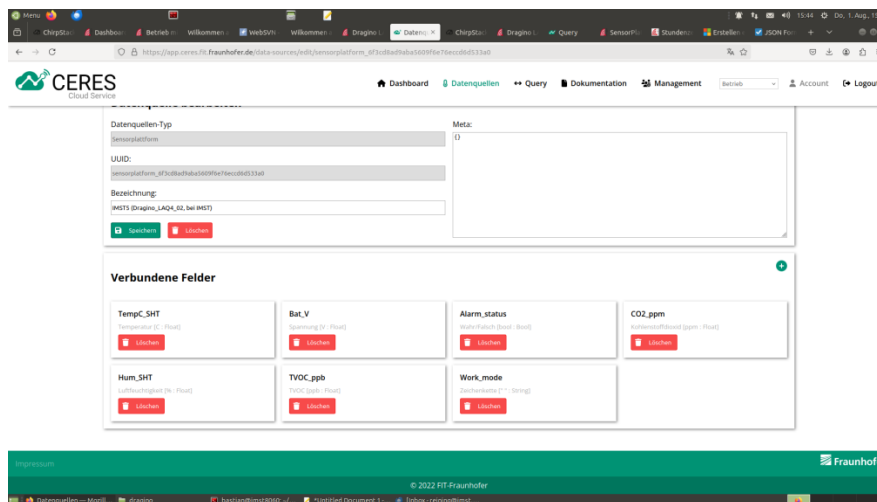


Abbildung 9: Konfiguration der möglichen Keys einer Plattform

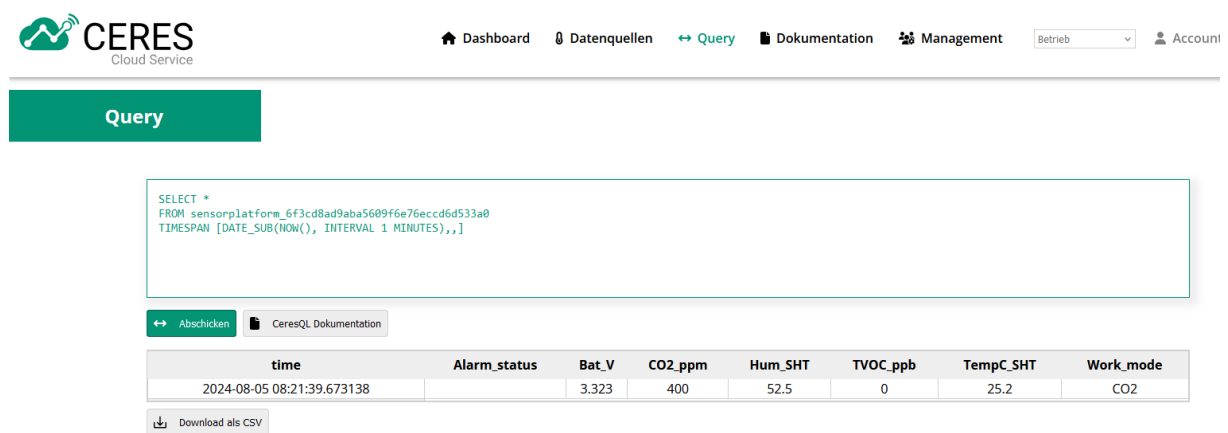
³ Sensirion Humidity Temperature

⁴ <https://app.ceres.fit.fraunhofer.de>

Per LoRaWAN® werden Pakete mit der entsprechenden Payload gesendet. Ein oder mehrere LoRaWAN®-Gateways empfangen diese und leiten sie per Internet an den Network-Server weiter.

Der LoRaWAN® Application-Server wurde so konfiguriert, dass er als MQTT-Broker fungiert („MQTT Broker 1“ in Abbildung 3). Dieses stellt die Schnittstelle zum Projektpartner Fraunhofer FIT dar. Dort werden die Daten entsprechend per MQTT-Client abonniert und die eingehenden Daten gespeichert.

Zum Test kann per CeresQL eine Anfrage an die Cloud gestellt werden, um zu sehen, dass der Datensatz korrekt in der Datenbank gespeichert ist, siehe [Abbildung 10](#):



The screenshot shows the Ceres Cloud Service interface. At the top, there is a navigation bar with links for Dashboard, Datenquellen, Query, Dokumentation, Management, and Account. Below the navigation bar, there is a green button labeled 'Query'. In the center, there is a text area containing a SQL query: `SELECT * FROM sensorplatform_6f3cd8ad9aba5609f6e76eccd6d533a0 TIMESPAN [DATE_SUB(NOW(), INTERVAL 1 MINUTES),,]`. Below the query area, there is a button labeled 'Abschicken' and a link to 'CeresQL Dokumentation'. Below the query area, there is a table with the following data:

time	Alarm_status	Bat_V	CO2_ppm	Hum_SHT	TVOC_ppb	TempC_SHT	Work_mode
2024-08-05 08:21:39.673138		3.323	400	52.5	0	25.2	CO2

Below the table, there is a button labeled 'Download als CSV'.

Abbildung 10: Beispieldatensatz aus der Cloud

AP 14: Testaufbau und Testphase

Der IMST-Beitrag zum Testaufbau bestand im Wesentlichen aus der Lieferung der vorkonfigurierten Sensorplattformen aus AP12 und dem Betrieb des LoRaWAN®-Netzwerk- und Application-Servers aus AP13. Schon während der Inbetriebnahme im Labor konnte die Funktionalität über lokale LoRaWAN®-Gateways getestet werden. Auf diese Art und Weise war es möglich, den Projektpartnern die Hardware als „Plug&Play-Lösung“ zur Verfügung zu stellen.

AP 15: Demonstrator

Ein Teil des Demonstrators der am CERES-Tag den 14.02.2024 vorgeführt wurde war eine Sensorplattform von IMST, die vorher bereits im Stall eines Projektpartners erfolgreich zum Einsatz gekommen war. Eine erfolgreiche Vorführung war somit gegeben.

2. der wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Neben den Personalkosten standen dem Zuwendungsempfänger weitere bewilligte Mittel wie Material- und Reisekosten zur Verfügung. Die Personalkosten machten den größten Anteil der Projektkosten aus. Die Materialkosten waren aufgrund der schwierigen Beschaffungssituation durch die Lieferengpässe insbesondere in 2022 deutlich geringer als geplant. Eine detaillierte Kostenübersicht findet sich im Schlussnachweis.

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.

Die im Projekt entwickelten Sensorplattformen und der anschließende Einsatz im Feld haben gezeigt, dass auch kostengünstige Sensoren dem Landwirt einen Informationsvorteil bieten können. Anstatt eines hoch präzisen und teuren Sensors im Stall können so mehrere Sensoren mit vergleichbaren Kosten im Stall verteilt, und somit die Informationsdichte deutlich erhöht werden. Auch wenn die Sensorplattform schon sehr kostengünstig ist, könnten durch Beschränkung auf nur eine oder wenige Hardwareschnittstellen die Kosten weiter gesenkt werden und somit die Hemmschwelle des Landwirts sinken die Digitalisierung voranzutreiben mit dem Ziel das Tierwohl weiter zu verbessern.

Die im Rahmen des Vorhabens CERES gewonnenen Ergebnisse und Erkenntnisse werden in neue Entwicklungen insbesondere für den Mittelstand einfließen, da auch hier der Informationsvorteil einer modular aufgebauten, kostengünstigen Sensorplattform bevorzugt wird. Schon jetzt kann IMST Akquisitionsgespräche mit Industriekunden unterstützt durch die entwickelte Sensorplattform führen und dem Kunden eine deutlich kürzere und damit kostengünstigere spezielle Adaption basierend auf der Sensorplattform anbieten.

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

Unterstützt durch den Projektkoordinator FIT 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

Da IMST bei der Entwicklung auf den bereits länger existierenden LoRaWAN® Standard gesetzt hat, sind in diesem Bereich weder Veröffentlichungen erfolgt noch geplant.

Abkürzungsverzeichnis

AP	Arbeitspaket
GUI	Graphical User Interface
IoT	Internet of Things
IP	Internet Protocol
JSON	JavaScript Object Notation
LoRa®	Long Range, von Semtech eingeführte Funktechnologie
LoRaWAN®	durch Lora Alliance spezifizierte Vermittlungsschicht
LTE	Long Term Evolution, Mobilfunkstandard
MQTT	eh. MQ Telemetry Transport
PCB	printed circuit board, Platine
PIR	Passiv-Infrarot
TCP	Transfer Control Protocol
USB	Universal Serial Bus
ZE	Zuwendungsempfänger