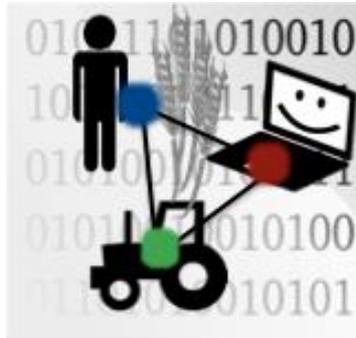


**HyServ** – Hybride Dienstleistungen  
in digitalisierten Kooperationen



## **Kurzbericht**

01.08.2018 - 31.12.2021

**Technische Universität Darmstadt**

Förderkennzeichen

01IS17030B

Verfasser

Sebastian Linsner,  
Prof. Dr. Christian Reuter

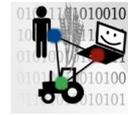
Erstellungsdatum

08.04.2022

Laufzeit des Vorhabens

01.08.2018 - 31.12.2021

---



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

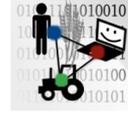
## 1 Ursprüngliche Aufgabenstellung

---

HyServ erforscht und entwickelt innovative Servicekonzepte und Schnittstellen für Anbieter\*innen und Nutzer\*innen hybrider Dienste und illustriert und erprobt dies am Beispiel kollaborativer Arbeitsprozesse in der Landwirtschaft. Zentrale Komponenten sind die Formulierung von Smart Contracts über Bereitstellung und Weiterleitung zweckgebundener betrieblicher Daten; orchestrierte Micro-Services und Datenquellen mit kryptographisch gesichertem Austausch und Überwachung der vereinbarten Datenflüsse in Blockchain-basierten Strukturen; eine insbesondere für Nutzer\*innen im KMU-Bereich adäquat bedienungsfreundliche Zugangslösung als App oder steckerfertige Kleinrechnerlösung; sowie schließlich begleitende Schulungskonzepte für potentielle Anwender\*innen und Kund\*innen, welche die innovativen Möglichkeiten der hybriden Dienstleistungen breiten Nutzer\*innenschichten zugänglich machen.

Arbeitsabläufe in der Landwirtschaft sind seit jeher kooperativ organisiert und werden mit dem Fortschritt der Technisierung zunehmend arbeitsteilig-spezialisiert strukturiert. Daraus ergeben sich vielfältige Möglichkeiten der Auftragsvergabe an Dienstleister\*innen. Dabei sind die einzelnen Schritte heute üblicherweise durch klassische Formen des Informationsaustauschs (Zuruf, Telefon, schriftliche Notiz) untereinander verbunden. Auch in der Durchführung kommen noch vielfach traditionelle Verfahren zum Einsatz – eine analoge Planung auf Papier (mit Zetteln am Küchenschrank) ist in der Branche nicht unüblich. Bewährt und verbreitet sind auch z. B. Excel-Tabellen. Die zunehmende Digitalisierung führt hier zu wichtigen Änderungen: Die Aufträge bzw. einzelne Arbeitsschritte sind zunehmend zwingend als hybride Services zu verstehen, da physikalische Arbeitsausführung und der Umgang mit dafür notwendigen oder dabei erzeugten Daten unmittelbar und untrennbar verbunden sind. Das Konzept der hybriden Services erfordert daher in allen Prozessschritten einen neuen Umgang mit Daten: Die klassische Auftragserteilung wird um detaillierte Verfügungen zum Umgang mit Daten ergänzt. Dabei wird festgelegt, woher die für den Auftrag nötigen Daten kommen, und wie mit während der Durchführung entstehenden Daten umzugehen ist. Die klassische Planung und Ressourcenbereitstellung in der Vorbereitungsphase werden um die Beschaffung der konkreten notwendigen Daten und durch vorbereitende Maßnahmen der Datenverarbeitung erweitert. Während der Ausführung der Arbeiten im Feld werden nunmehr vielfältige Daten erhoben, oft direkt durch Sensoren der eingesetzten Maschinen. Diese Daten müssen nun entsprechend den bei der Auftragserteilung vereinbarten Vorgaben und im Hinblick auf Dokumentationspflichten, Abrechnungen und Bedürfnisse nachfolgender Prozessteilnehmender korrekt, transparent und nachverfolgbar verarbeitet werden. Entsprechend wird die Nacharbeit gegenüber der klassischen Variante deutlich umfangreicher und betrifft ein breites Spektrum auftragsbezogener Daten. Entsprechend muss auch die Abschlussphase eines Auftrags die Dokumentation des Umgangs mit den Daten und die vereinbarungsgemäße Speicherung oder Löschung explizit behandeln.

HyServ untersucht alle Aspekte dieser erweiterten Datenflüsse in kooperativen landwirtschaftlichen Szenarien bzw. Auftragsprozessen. Die entscheidenden Innovationen betreffen einerseits die globale, prozessweite Sicherstellung der getroffenen Vereinbarungen („Smart Contracts“) und der durchgehenden Nachverfolgbarkeit (Revisionsicherheit) des Umgangs mit Daten, andererseits die praxistaugliche Gestaltung der Modellierungen und Schnittstellen an allen Übergängen zwischen Prozessschritten, wechselnden Beteiligten oder verschiedenen betrieblichen und außerbetrieblichen Datenquellen.



## 1.1 Verbundpartner

---

Das Gesamtvorhaben HyServ wurde von DFKI in Kaiserslautern koordiniert. Der gesamte Projektverbund umfasste:

1. DFKI GmbH, Kaiserslautern (Konsortialführung)
  - Im Unterauftrag: Dienstleistungszentrum ländlicher Raum Rheinhessen-Nahe-Hunsrück (DLR-RNH), Bad Kreuznach
2. Technische Universität Darmstadt, Lehrstuhl „Wissenschaft und Technik für Frieden und Sicherheit“ (PEASEC)
3. Maschinen- und Betriebshilfsring Rheinhessen-Nahe-Donnersberg e.V., Alzey (MBR-Alzey)
4. Maschinenbetriebsring Ulm-Heidenheim e.V., Ulm (MBR-Ulm)
5. Hofgut Neumühle – Lehr- und Versuchsanstalt, Winnweiler (NEUMÜHLE)
6. John Deere GmbH & Co. KG, European Technology Innovation Center, Kaiserslautern (JD ETIC)

## 1.2 Aufgabenstellung der TUDA im Verbund

---

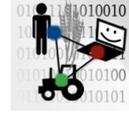
Der Arbeitsplan von HyServ bestand – neben dem koordinierenden Projektmanagement AP0 – aus sieben inhaltlichen Arbeitspaketen. Im Arbeitspaket AP1 „Anforderungen und Lösungsarchitektur“ sollten landwirtschaftliche Arbeitsprozesse untersucht und die für hybride Dienstleistungen relevanten Schritte identifiziert werden. Im Dialog mit den Anwendungspartnern sollten die relevanten Datenflüsse beschrieben, passende Erprobungsszenarien formuliert und eine prinzipielle Lösungsarchitektur für hybride Dienste entwickelt werden. AP2 „Basisplattform Micro Services – Auswahl und Betrieb“ realisierte die technischen Grundlagen für eine serviceorientierte Gesamtlösung. Neben der Einrichtung der für das Projekt notwendigen Entwicklungsumgebungen sollte hier der Blick bereits frühzeitig auf moderne Technologien für das flexible, verteilte Deployment von Softwarelösungen in Netzwerken kooperierender Partner gerichtet werden. AP3 „Realisierung Hybride Dienste“ bildete den Schwerpunkt des Projekts. Ausgehend von Formalisierungen des gewünschten Datenaustauschs galt es, exemplarische Implementierungen von Smart Contracts und interaktiven Clients für die identifizierten Nutzungsrollen zu realisieren, wobei geeignete Blockchain-Technologien untersucht und als Grundlage eingesetzt werden sollten. Ziel war letztlich die Demonstration der gesicherten, revisionssicheren Dokumentation und der transparenten Nachverfolgbarkeit der hybriden Services. AP4 „Anbindung Datenquellen, Sensornetze“ betrachtete die Einbindung relevanter Datenquellen, wobei ein besonderes Augenmerk den individuellen betrieblichen Daten und der Anbindung an die ausführende Landtechnik galt. AP5 „Referenz-Client-Realisierungen“ hatte zum Ziel, die Bereitstellung von Dienstangeboten, die Datenerhebung/Beauftragung durch Landwirt\*innen, den Datenempfang auf Seiten der Auftragnehmer\*innen und die Nachverfolgung des Datenflusses exemplarisch demonstrierbar zu implementieren. AP6 „Erprobung in der Praxis“ diente dem intensiven Dialog mit den Anwendungspartnern, insbesondere den beteiligten Maschinenringern, mit dem Ziel der konzeptuellen Diskussion der Konzepte und der praktischen Erprobung der implementierten Demonstratoren. AP7 „Wissenschaftliche und Anwendungsorientierte Publikation, Ertüchtigung potentieller Anbieter und Anwender“ schließlich war der Verbreitung der Ergebnisse und der Ausarbeitung entsprechender Schulungen gewidmet.

Die Aufgaben der TUDA umfassen dabei die Anforderungserhebung, die Erprobung neuartiger Technologien, insbesondere Blockchain-Lösungen in Zusammenarbeit mit dem DFKI, deren Evaluation und schließlich die Publikation in wissenschaftlichen Formaten wie Konferenzen und Journals.

## 2 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

---

Die wissenschaftlichen und technischen Grundlagen des Projekts sind in der Vorhabensbeschreibung [1] umfassend dokumentiert. Die wichtigsten Aspekte der für HyServ relevanten Themenfelder sind hier



kurz zusammengefasst, dabei wird neben der allgemein fortschreitenden Entwicklung zu einer digitalisierten Landwirtschaft insbesondere auf die damit verbundenen Aspekte des Datenaustauschs, der Realisierung flexibler modularer Systeme sowie der technischen Unterstützung von sicherer Kommunikation und Vertrauensbildung in dezentralen und störungsresilienten Systemen für hybride landwirtschaftliche Dienstleistungen eingegangen.

### *Digitalisierte Landwirtschaft*

In der Landwirtschaft findet, wie in allen Sektoren der Volkswirtschaft, ein Strukturwandel statt [Zander et al., 2013]. Während die Zahl der Betriebe schrumpft, wachsen die durchschnittlichen Kapazitäten, Flächen und Tierbestandsgrößen. Der Trend geht weg von kleinen Einzelbetrieben, die zunehmend feststellen, dass sie nicht wettbewerbsfähig sind, hin zu größeren Betrieben, die von der Gesellschaft eher abgelehnt werden. Die Digitalisierung bietet Chancen, diesem Strukturwandel entgegenzuwirken. Intelligente Systeme können Landwirt\*innen entlasten, indem sie beispielsweise Aufgaben von Menschen übernehmen oder Entscheidungen unterstützen [Walter, 2016]. So können sie auch kleineren Betrieben die Möglichkeit geben, wettbewerbsfähig zu bleiben, gleichzeitig aber auch nachhaltiger zu produzieren. Die Arbeitsorganisation bei Landwirt\*in, Lohnunternehmer\*in und Maschinenring findet momentan größtenteils mit nicht vernetzten Arbeitswerkzeugen statt (Landkarte, Telefon, Excel, lokale Management-Tools). Für eine erfolgreiche durchgängige Digitalisierung gilt es, zunehmend nahtlose Datenflüsse über Applikationen und Prozessschritte hinweg zu realisieren.

### *Informationsgestützte Agrartechnik & Bewirtschaftungsverfahren*

Mithilfe digitaler Applikationskarten sowie sensorbasierter Bestandsaufnahmen ist es dem\*der Anwender\*in möglich, Schläge teilflächenspezifisch zu bewirtschaften. Sämtliches Kartenmaterial wird dazu zentral in einer Schlagkartei verarbeitet, die als Schnittstelle zwischen Anwender\*in und Maschinendisplay fungiert. Die teilflächenspezifische Bewirtschaftung/Steuerung (u. a. variable Ausbringraten/-Tiefen/-Breiten) übernimmt dann automatisch das Maschinendisplay. Bei Online-Sensoren findet die Bestandsaufnahme, Umrechnung und Steuerung des Anbaugerätes direkt auf der Maschine statt. Hier dient das Maschinendisplay als Dokumentationssystem.

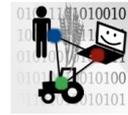
### *Datenaustausch in der Landwirtschaft – Plattformen und Semantik*

Das Forschungsprojekt iGreen [Bernardi, 2014] hat automatisierte, aufwandsarme Datenintegration auf Basis semantischer Technologien gezeigt und damit Grundlagen für die flexible ad-hoc-Kommunikation gelegt. Aus diesen Ergebnissen sind inzwischen verschiedene Plattformentwicklungen (im Sinne landwirtschaftlicher Datendreh scheiben) hervorgegangen, oft mit reduzierter semantischer Tiefe, aber höherer Praxisakzeptanz. Proprietäre Lösungen der Landtechnikhersteller sind auf die jeweils eigenen Maschinen beschränkt. Zur Realisierung landwirtschaftlicher Datenaustauschplattformen und Serviceplattformen sind inzwischen Aktivitäten mehrerer, auch großer, Hersteller angekündigt oder stehen vor der Markteinführung. Der „AgriRouter“ der DKE GmbH verspricht einen herstellerübergreifenden und unabhängigen Datentransport zwischen den durch Landmaschinen erhobenen Daten und beliebigen registrierten Endpunkten [AgriRouter, 2017].

HyServ geht über den Datenaustausch hinaus und ermöglicht eine Service-Integration für hybride Services: Explizit modellierte Verfügung über Daten und übergreifende, transparente Dokumentation mit Blockchain-Sicherung gewährleisten die homogene Handhabung auch bei multiplen Beteiligten. Das Realisierungsprinzip der Micro-Services bedeutet: Datendienstleistung und Datenintegration bleiben entwicklungstechnisch in der Hand des jeweiligen Anbieters.

### *Technische Sicherung von Integrität und Vertrauen*

Moderne landwirtschaftliche Maschinen bieten die Möglichkeit, sehr umfangreiche Daten zu speichern und für eine weitere Bearbeitung bereitzustellen (iGreen Projekt [Bernardi, 2014]). Da es im Agrarbereich viele Gruppen mit unterschiedlichen Interessen an diesen Daten gibt, beispielsweise Landwirt\*innen, Lohnunternehmer\*innen oder Landmaschinenhersteller, wird eine Betrachtung der Aspekte des Datenschutzes immer komplexer. Zur technischen Sicherung von Integrität und Vertrauen werden Blockchains und Smart Contracts in Betracht gezogen. Eine Blockchain ist eine verteilte Datenstruktur, die zwischen Mitgliedern eines Netzwerks repliziert und geteilt wird [Christidis & Devetsikiotis, 2016]. Durch die Möglichkeit, Transaktionen dezentral, manipulationssicher und transparent für Mitglieder eines Netzwerks abzuwickeln [ebd.], schaffen Blockchains Vertrauen zwischen ad-hoc Akteur\*innen, im Kontext der Landwirtschaft ermöglichen sie etwa eine fälschungs- und reversionssichere Dokumentation. Smart Contracts sind in diesem Kontext selbstausführende Skripte (workflows), die in der Blockchain



residieren und die Automatisierung mehrschrittiger Prozesse erlauben [Christidis & Devetsikiotis, 2016]. Im landwirtschaftlichen Kontext bieten diese Möglichkeiten der automatisierten Überwachung der bei Auftragserteilung getroffenen Vereinbarungen über viele Prozessbeteiligte hinweg.

#### *Implementierung von Micro-Services*

Micro-Services sind leichtgewichtige und unabhängige Services, die einzelne Funktionen durchführen und sich mit anderen ähnlichen Services über ein wohldefiniertes Interface austauschen [Namiot & Sneys-Snepe, 2014]. Es handelt sich dabei um einen Architekturansatz, bei dem die ganze Software als Satz kleiner, voneinander unabhängiger Prozesse realisiert wird. Die Unabhängigkeit der Micro-Services reicht sogar so weit, dass sie in unterschiedlichen Programmiersprachen programmiert werden können, sowie andere Datenmodelle und unterschiedliche Programmbibliotheken verwenden können. Zentrale Herausforderungen bei der Implementierung sind die geeignete Aufteilung der Funktionalität in Micro-Services sowie die Kommunikation zwischen den Micro-Services [ebd.].

#### *Human-Computer-Interaction / Usability-Forschung*

Die sicherheitskritische Mensch-Computer-Interaktion ist eine interdisziplinäre Herausforderung und ein für die Informatik und die jeweiligen Anwendungsdomänen zunehmend wichtiges Thema [Reuter, 2018]. Usability (dt.: Gebrauchstauglichkeit) ist in jenem Kontext das gemäß der ISO-Norm 9241-11 „das Ausmaß, in dem ein Produkt durch bestimmte Benutzer in einem bestimmten Nutzungskontext genutzt werden kann, um bestimmte Ziele effektiv, effizient und zufriedenstellend zu erreichen“ [ISO 9241-110, 2006]. Aus dieser Definition lässt sich herauslesen, wie sehr die (professionelle) Beurteilung von Usability vom Kontext abhängig ist, in dem die Software genutzt wird: Usability hängt insbesondere davon ab, wer das Produkt benutzt, welche Aufgaben damit erledigt werden sollen, und in welchem (organisationalen, freizeithlichen, etc.) Kontext man sich dabei befindet. Um Produkte auf ihre Usability hin zu evaluieren, existieren eine Vielzahl an Methoden, die sich in objektive Methoden, subjektive Methoden, experimentelle Methoden und leitfadenorientierte Methoden unterteilen lassen [Heinecke, 2012].

### **3 Ablauf des Vorhabens:**

---

Das Vorhaben HyServ war zunächst auf eine Laufzeit von drei Jahren angelegt. HyServ startete formal am 1.8.2018; das Kick-off Meeting des Projekts fand am 5.9.2018 statt. Bei der Gewinnung passenden Personals kam es zunächst zu Verzögerungen, so dass im ersten Quartal Arbeiten auf die Folgezeit verschoben wurden.

Im Jahr 2019 liefen die Arbeiten planmäßig. Schwerpunkte waren die Erhebung der kooperativen Arbeitsprozesse, die Darstellung des Informationsflusses zwischen Landwirt\*in, Maschinenring und beauftragtem Lohnunternehmer (bzw. MR-Dienstleister) für Auftrag und Abrechnung der landwirtschaftlichen Aufgaben. Hierzu wurden neben regelmäßigen Videokonferenzen mit allen Beteiligten mehrere Präsenzworkshops durchgeführt. Die Evaluierung passender Blockchain-Lösungen wurde begonnen. Dabei zeigte sich, dass prinzipiell zwar vielfältige Lösungen verfügbar sind, praktisch aber nur wenige an die Anforderungen des landwirtschaftlichen Szenarios angepasst sind. Die konzeptuellen Ergebnisse wurden in Zusammenarbeit mit allen Partnern publiziert.

Im Jahr 2020 lag der Schwerpunkt der Arbeiten auf der Realisierung der angedachten Lösungsarchitektur auf Basis einer Blockchain-Infrastruktur. Ausgehend von den Anforderungen der Beteiligten – wobei insbesondere die Vertraulichkeit der Auftragsdaten zwischen den unmittelbar beteiligten Parteien und die Rolle der Maschinenringe als vertrauenswürdige Vermittler betont werden – kamen letztlich nur Lösungen einer „managed Blockchain“ in Frage. Nach umfangreicher Marktübersicht wurden die Systeme CORDA (das ursprünglich im Finanzumfeld entstanden ist und vergleichsweise schlanke Smart Contract Implementierungen ermöglicht) und Hyperledger Fabric (das deutlich schwergewichtiger, aber auch von einer starken Community unter Beteiligung von IBM unterstützt wird und neben modellierten Datenelementen auch die Verwaltung eines gesicherten, aber abstrahierten Kommunikationschannells für beliebige Informationen zwischen Beteiligten erlaubt) ausgewählt und weiter verfolgt. Neben der Implementierung webbasierter Prototypen und der Realisierung einer flexiblen Deployment-Infrastruktur wurde auch die Anbindung an die technischen Systeme/Plattformen des Landtechnik-Herstellers John Deere realisiert, so dass der durchgängige Datenaustausch vom Auftrag bis zur Ausführung und die entsprechende Dokumentation gezeigt werden konnten.



Zu Beginn des Jahres 2020 wurde die Corona-Pandemie manifest; die für 2020 geplanten Arbeitstreffen und gemeinsamen praktischen Erprobungen mussten daher komplett entfallen. Die Arbeiten wurden unter verstärkter Nutzung von Videokonferenzen unter Beteiligung aller Partner weitergeführt. Der erwünschte interdisziplinäre Austausch wurde jedoch damit erschwert; insbesondere hatten die beteiligten Maschinenringe nicht die erwarteten Test- und Einflussmöglichkeiten und mussten insofern hinter den Planungen zurückbleiben. Die erreichten technischen Ergebnisse und neuen konzeptuellen Einsichten wurden in einem Konferenzpapier (GIL) publiziert.

Die für das Jahr 2021 vorgesehene praktische Erprobung und beginnende Dissemination von Ergebnissen konnten aufgrund aufgetretener technischer Verzögerungen und der immer noch bestehenden Pandemie-Einschränkungen nicht wie geplant stattfinden. Es zeigte sich zunächst, dass die Hyperledger-Fabric-Implementierung weitaus komplexer in der Handhabung und mit vielfältigen Fehlern in Details behaftet war, so dass die Realisierung der Prototypen weit schwerer als erwartet voranschritt. Gleichzeitig beschränkte sich die praktische Erprobung auf häufige geführte Walk-throughs der realisierten Prototypen mit den Anwendungspartnern, welche Änderungs- und Erweiterungsvorschläge zur Folge hatten. Der Fortschritt war entsprechend langsam.

Um dennoch Erprobungen zu ermöglichen, beantragten und erhielten die Projektpartner gemeinsam die Verlängerung der Projektlaufzeit bis zum Jahresende. In dieser Zeit konnten die vorgesehenen Web-Prototypen bis zur exemplarischen, demonstrierbaren Funktion weiterentwickelt und von den Anwendungspartnern begutachtet werden. Trotz dieser Einschränkung wurde so letztlich der Erfolg des in HyServ neu entwickelten Konzepts exemplarisch belegt. Die Ergebnisse fließen in weitere Publikationen (Fertigstellung nach Projektende) ein und werden entsprechend der Verwertungsabsichten der Partner weiterverfolgt.

## 4 Wichtigste Projektergebnisse

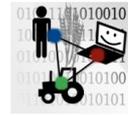
---

Die wesentlichen Projektergebnisse umfassen

- a) die innovative Konzeption und Realisierung landwirtschaftlicher Arbeitsprozesse als „hybride Services“, die neben der traditionellen Beauftragung/Durchführung physischer Arbeit auch Verfügungen über den Umgang mit Daten enthalten;
- b) das innovative Konzept und die prototypische Realisierung eines Blockchain-gestützten Systems, das die partnerübergreifenden Datenflüsse in kooperativen Arbeitsprozessen auf eine fälschungssichere und nachverfolgbare Basis stellt;
- c) die innovative automatische Überprüfung vereinbarter Zugriffsrechte, Erfolgskriterien oder Datenverfügungen durch implementierte Smart Contracts, die unberechtigte Aktionen zurückweisen oder mindestens zur Anzeige bringen können;
- d) die Erkenntnis über die Anwendbarkeit von Blockchain-basierten Mechanismen zur Realisierung einer flexiblen Kommunikations-Infrastruktur.

Die genannten Konzepte wurden in webbasierten Prototypen, zum Teil als vernetzte Micro-Services, realisiert und im engen Dialog mit Anwendungspartnern erprobt und verfeinert.

Im Rahmen des Projektes HyServ sind drei Demonstratoren entstanden, die unterschiedliche Aspekte des Gesamtziels veranschaulichen. Demonstrator 1 zeigt eine exemplarische Umsetzung eines Auftragsdatenmanagementsystems in Hyperledger Fabric mit mehreren Parteien anhand eines Aussaat-Workflows. Für alle Daten können Zugriffsrechte und Rückmeldekanäle definiert werden. Zugriffsrechte werden über die nutzungsgebundenen Zertifikate gesteuert. Demonstrator 2, ebenfalls basierend auf Hyperledger Fabric, stellt einen Editor bereit um verschiedene Workflows zu erzeugen und zeigt die Nutzung von verschiedenen Features dieser Blockchain-Umgebung. Zum einen können die sogenannten Organisationen der Hyperledger Fabric-Architektur genutzt werden, um verschiedene Betriebe innerhalb eines Maschinenrings darzustellen. Weiterhin wird das Gossip Protocol von Hyperledger genutzt, um Betriebsdaten direkt zwischen den Parteien auszutauschen, ohne dass sensible Daten auf den öffentlichen Ledger kommen. Auf diesem werden nur die Prüfsummen abgelegt, um Fälschungssicherheit herzustellen. Demonstrator 3 trennt das Frontend von der Backend-Technologie und kann daher nicht nur für Blockchain-Umgebungen genutzt werden. Basis dieses Demonstrators ist eine selbst



gehostete Instanz von Form.io, die die Erstellung von Auftragsformularen für jedweden Zweck ermöglicht. Durch eine selbst erstellte Komponente innerhalb des Formulareditors können die Zugriffsrechte auf einzelne Daten gesteuert werden. Ein Splitter-Tool wertet diese aus und erzeugt für jede\*n Auftragnehmer\*in ein eigenes Formular, welches nur die jeweils freigegebenen Daten enthält. So können Aufträge lokal erzeugt werden und nur freigegebene Daten verlassen das System des auftraggebenden Betriebs.

Zu den Demonstratoren wurden Usability-Studien durchgeführt und die Ergebnisse in wissenschaftlichen Arbeiten publiziert. Für die Erstellung der Demonstratoren waren zahlreiche Vorarbeiten notwendig. Im HyServ-Konsortium fanden regelmäßige Absprachen statt, um sicherzustellen, dass die aktuellen technischen Entwicklungen der Anwendungswirklichkeit entsprechen. Zu Beginn des Projektes wurden außerdem Begrifflichkeiten definiert und landwirtschaftliche Prozesse erläutert, um Use Cases zu erstellen und UI-Komponenten mit den korrekten Begriffen aus der Anwendungsdomäne zu gestalten. Gemeinsam mit den Maschinenringen, dem Hofgut Neumühle und John Deere wurden Evaluationen mit insgesamt 52 Personen aus landwirtschaftlichen Berufen durchgeführt, um die Herausforderungen des Datenaustausches in der Landwirtschaft zu erheben und Probleme zu identifizieren, die durch Lösungen aus dem Projekt HyServ adressiert werden können.

Während der Projektlaufzeit entstanden mehrere studentische Projekt- und Abschlussarbeiten, sowie 13 wissenschaftliche Publikationen, in denen entweder HyServ-Ergebnisse publiziert wurden oder Expertisen aus HyServ einfließen. Die erreichten Ergebnisse zielen auf die weitere Entwicklung und Erforschung im landwirtschaftlichen Anwendungsfeld, bieten aber auch Perspektiven für andere offene und sichere Kommunikations-szenarien.

## 5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

---

Neben dem laufenden Austausch mit den Projektpartnern hat DFKI im Laufe des Projekts HyServ insbesondere mit dem parallellaufenden Projekt GeoBox/GeoBox-II unter Führung des Dienstleistungszentrums Ländlicher Raum Rheinhessen-Nahe-Hunsrück kooperiert. Die in GeoBox entstandene ontologiegestützte Modellierung landwirtschaftlicher Tätigkeiten und Beobachtungen im Feld als sogenanntes „Buchungsjournal“ erlaubte einen intensiven Austausch über die verwendeten modellierten Konzepte, die beiden Projekten zugutekam.

Regionale Kooperation führte zur intensiven Vernetzung mit den folgenden Initiativen:

- BMEL-Projekt GeoBox-I und II, [www.geobox-infrastruktur.de](http://www.geobox-infrastruktur.de)
- Länderübergreifender Zusammenschluss zur Weiterentwicklung der GeoBox-Infrastruktur, K-West ([www.k-west.digital](http://www.k-west.digital))
- Digitales Agrarportal RLP, [www.dap.rlp.de](http://www.dap.rlp.de)
- Kompetenznetzwerk-West Digitalisierung in der Landwirtschaft, [www.k-west.digital](http://www.k-west.digital)
- Experimentierfeld Südwest, <https://ef-sw.de/>
- Open Data Farm Neumühle, [www.opendatafarm.com](http://www.opendatafarm.com)

Im Hinblick auf Weiterentwicklung und Verwertung ist ferner die Kooperation mit den F&E-Projekten GAIA-X, AGRI-GAIA sowie der Austausch mit dem Institut Agro Dijon von großer Bedeutung.

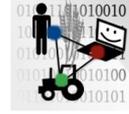
## 6 Literatur

---

[HyServ] HyServ – Hybride Dienstleistungen in digitalisierten Kooperationen. Vorhabensbeschreibung, 2. Mai 2018.

[AgriRouter, 2017] Sonnen, J. (2017). Der agrirouter kommt. Datenaustausch für Landwirte einfach und sicher. Online <http://www.dkedata.com/der-agrirouter-kommt>

[Bernardi, 2014] Bernardi, A. (2014). Intelligente Wissenstechnologien für das öffentlich- private Wissensmanagement im Agrarbereich(iGreen) - Schlussbericht.



[Christidis, Devetsikiotis, 2016] Christidis, K., & Devetsikiotis, M. (2016). Blockchains and Smart Contracts for the Internet of Things. *IEEE Access*, 4, 2292–2303. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2016.2566339>

[Heinecke, 2012] Heinecke, A.M. (2012): *Mensch-Computer-Interaktion – Basiswissen für Entwickler und Gestalter*, Berlin.

[ISO 9241-110] *Ergonomie der Mensch-System-Interaktion – Teil 110: Grundsätze der Dialoggestaltung (ISO 9241-110:2006)*; Deutsche Fassung EN ISO 9241-110:2006

[Namiot, Sneps-Sneepe, 2014] Namiot, D., Sneps-Sneepe, M.: On Micro-service Architecture. *International Journal of Open Information Technologies* ISSN: 2307-8162 vol. 2, no. 9, 2014 Teil II: Eingehende Darstellung Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH - DFKI 27

[Reuter, 2018] Reuter, C. (2018). *Sicherheitskritische Mensch-Computer-Interaktion: Interaktive Technologien und Soziale Medien im Krisen- und Sicherheitsmanagement*. Wiesbaden: Springer Vieweg (Lehrbuch/Fachbuch).

[Walter, 2016] Walter, A. (2016). Digitale Landwirtschaft: Wohin wollen wir? In 7. Agrarwissenschaftliches Symposium (pp. 9–12).

[Zander et al., 2013] Zander, K., Isermeyer, F., Bürgelt, D., Christoph-Schulz, I., Salamon, P., & Weible, D. (2013). *Erwartungen der Gesellschaft an die Landwirtschaft*. Stiftung Westfälische Landschaft.

#### **HyServ-Publikationen:**

[Bernardi et al., 2021] Bernardi, Ansgar, Sandra Becker, Carsten Struve, Sebastian Linsner, Christian Reuter, und Georg Müller. „Erfolgsorientierte Dienstleistung: Neue Perspektiven für die landwirtschaftliche Arbeitsteilung durch hybride Dienstleistungen“. In *41. GIL-Jahrestagung: Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft*, herausgegeben von Andreas Meyer-Aurich, Markus Gandorfer, Christa Hoffmann, Cornelia Weltzien, Sonoko D. Bellingrath-Kimura, und Helga Floto, 37. Gesellschaft für Informatik, 2021. [https://peasec.de/paper/2021/2021\\_Bernardietal\\_ErfolgsorientierteDienstleistung\\_GIL.pdf](https://peasec.de/paper/2021/2021_Bernardietal_ErfolgsorientierteDienstleistung_GIL.pdf).

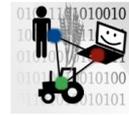
[Bernardi et al., 2019] Bernardi, Ansgar, Christian Reuter, Wolfgang Schneider, Sebastian Linsner, und Marc-André Kaufhold. „Hybride Dienstleistungen in digitalisierten Kooperationen in der Landwirtschaft“. In *39. GIL-Jahrestagung: Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft Fokus; Digitalisierung für landwirtschaftliche Betriebe in kleinstrukturierten Regionen – ein Widerspruch in sich?, Lecture Notes in Informatics (LNI)*, herausgegeben von A. Meyer-Aurich, 25–30. Vienna, Austria: Gesellschaft für Informatik, 2019. [http://gil-net.de/Publikationen/139\\_25-30.pdf](http://gil-net.de/Publikationen/139_25-30.pdf).

[Kaufhold et al. 2019] Kaufhold, Marc-André, Margarita Grinko, Christian Reuter, Marén Schorch, Amanda Langer, Sascha Skudelny, und Matthias Hollick. „Potentiale von IKT beim Ausfall kritischer Infrastrukturen: Erwartungen, Informationsgewinnung und Mediennutzung der Zivilbevölkerung in Deutschland“. In *Proceedings of the International Conference on Wirtschaftsinformatik (WI)*, 1054–68. Siegen, Germany: AIS, 2019. [http://www.peasec.de/paper/2019/2019\\_KaufholdGrinkoReuterSchorschLangerSkudelnyHollick\\_InfrastrukturAusfall\\_WI.pdf](http://www.peasec.de/paper/2019/2019_KaufholdGrinkoReuterSchorschLangerSkudelnyHollick_InfrastrukturAusfall_WI.pdf).

[Kuntke et al. 2022a] Kuntke, Franz, Sebastian Linsner, Enno Steinbrink, Jonas Franken, und Christian Reuter. „Resilience in Agriculture: Communication and Energy Infrastructure Dependencies of German Farmers“. *International Journal of Disaster Risk Science (IJDRS)*, 2022. <https://doi.org/10.1007/s13753-022-00404-7>.

[Kuntke et al. 2022b] Kuntke, Franz, Vladimir Romanenko, Sebastian Linsner, Enno Steinbrink, und Christian Reuter. „LoRaWAN Security Issues and Mitigation Options by the Example of Agricultural IoT Scenarios“. *Transactions on Emerging Telecommunications Technologies (ETT)* 33 (2022). [https://www.peasec.de/paper/2022/2022\\_KuntkeRomanenkoLinsnerSteinbrinkReuter\\_LoRaWANsecurityAgriculture\\_ETT.pdf](https://www.peasec.de/paper/2022/2022_KuntkeRomanenkoLinsnerSteinbrinkReuter_LoRaWANsecurityAgriculture_ETT.pdf).

[Kuntke et al. 2021a] Kuntke, Franz, Marcel Sinn, Sebastian Linsner, und Christian Reuter. „Low Power Wide Area Networks (LPWAN) für krisentaugliche Datenübertragung in landwirtschaftlichen Betrieben“. In *41. GIL-Jahrestagung: Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft*, herausgegeben von Andreas Meyer-Aurich, Markus Gandorfer, Christa Hoffmann, Cornelia Weltzien, Sonoko D. Bellingrath-Kimura, und Helga Floto, 193–98. Meyer-Aurich, Andreas Gandorfer, Markus Hoffmann, Christa Weltzien, Cornelia Bellingrath-Kimura, Sonoko D. Floto, Helga: Gesellschaft für Informatik, 2021.



[http://www.peasec.de/paper/2021/2021\\_KuntkeSinnLinsnerReuter\\_LowPowerWideAreaNetworks\\_GIL.pdf](http://www.peasec.de/paper/2021/2021_KuntkeSinnLinsnerReuter_LowPowerWideAreaNetworks_GIL.pdf).

[Kuntke et al. 2021b] Kuntke, Franz, Marcel Sinn, und Christian Reuter. „Reliable Data Transmission using Low Power Wide Area Networks (LPWAN) for Agricultural Applications“. In *Proceedings of the 16th International Workshop on Frontiers in Availability, Reliability and Security (FARES 2021)*, 1–9, 2021. <https://doi.org/10.1145/3465481.3469191>.

[Linsner et al. 2019a] Linsner, Sebastian, Franz Kuntke, Gina Maria Schmidbauer-Wolf, und Christian Reuter. „Blockchain in der Landwirtschaft 4.0 - Empirische Studie zu Erwartungen von Landwirt\_innen gegenüber dezentralen Services auf Basis von Distributed Ledger Technology“. In *Mensch und Computer 2019*, herausgegeben von Florian Alt, Andreas Bulling, und Tanja Döring, 103–13. Hamburg, Germany: ACM, 2019. <https://doi.org/10.1145/3340764.3340799>.

[Linsner et al. 2021] Linsner, Sebastian, Franz Kuntke, Enno Steinbrink, Jonas Franken, und Christian Reuter. „The Role of Privacy in Digitalization – Analysing the German Farmers’ Perspective“. *Proceedings on Privacy Enhancing Technologies (PoPETs) 2021*, Nr. 3 (2021). <https://www.petsymposium.org/2021/files/papers/issue3/popets-2021-0050.pdf>.

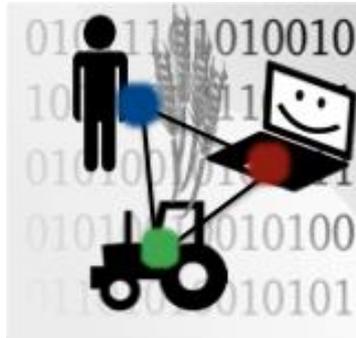
[Linsner et al. 2022] Linsner, Sebastian, Enno Steinbrink, Franz Kuntke, Jonas Franken, und Christian Reuter. „Supporting Users in Data Disclosure Scenarios in Agriculture through Transparency“. *Behaviour & Information Technology (BIT)* 41, Nr. 10 (2022): 2137–59. <https://doi.org/10.1080/0144929X.2022.2068070>.

[Linsner et al. 2019b] Linsner, Sebastian, Rashmi Varma, und Christian Reuter. „Vulnerability Assessment in the Smart Farming Infrastructure through Cyberattacks“. In *39. GIL-Jahrestagung: Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft Fokus; Digitalisierung für landwirtschaftliche Betriebe in kleinstrukturierten Regionen – ein Widerspruch in sich?, Lecture Notes in Informatics (LNI)*, herausgegeben von A. Meyer-Aurich, 119–24. Wien, Austria: Gesellschaft für Informatik, 2019. [http://gil-net.de/Publikationen/139\\_119.pdf](http://gil-net.de/Publikationen/139_119.pdf).

[Reuter et al. 2019] Reuter, Christian, Wolfgang Schneider, und Daniel Eberz. „Resilient Smart Farming (RSF) – Nutzung digitaler Technologien in krisensicherer Infrastruktur“. In *39. GIL-Jahrestagung: Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft Fokus; Digitalisierung für landwirtschaftliche Betriebe in kleinstrukturierten Regionen – ein Widerspruch in sich?, Lecture Notes in Informatics (LNI)*, herausgegeben von A. Meyer-Aurich, 177–82. Vienna, Austria: Gesellschaft für Informatik, 2019. [http://gil-net.de/Publikationen/139\\_177.pdf](http://gil-net.de/Publikationen/139_177.pdf).

[Reuter et al. 2018] Reuter, Christian, Wolfgang Schneider, Daniel Eberz, Markus Bayer, Daniel Hartung, und Cemal Kaygusuz. „Resiliente Digitalisierung der kritischen Infrastruktur Landwirtschaft - mobil, dezentral, ausfallsicher“. In *Mensch und Computer 2018: Workshopband*, herausgegeben von Raimund Dachsel und Gerhard Weber, 623–32. Dresden, Germany: Gesellschaft für Informatik e.V., 2018. [https://dl.gi.de/bitstream/handle/20.500.12116/16930/Beitrag\\_330\\_final\\_a.pdf](https://dl.gi.de/bitstream/handle/20.500.12116/16930/Beitrag_330_final_a.pdf).

**HyServ** – Hybride Dienstleistungen  
in digitalisierten Kooperationen



**Abschlussbericht**  
01.08.2018 - 31.12.2021

**Technische Universität Darmstadt**

Förderkennzeichen

01IS17030B

Verfasser

Sebastian Linsner,  
Prof. Dr. Christian Reuter

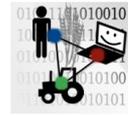
Erstellungsdatum

08.04.2022

Laufzeit des Vorhabens

01.08.2018 - 31.12.2021

---



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

## 1 Verwendung der Zuwendung

---

Ausgehend von der Beobachtung, dass moderne landwirtschaftliche Dienstleistung zunehmend mit vielfältigen Formen der Datenverarbeitung verbunden ist, wurde im Projekt HyServ das Konzept der „hybriden Services“ ausgearbeitet und demonstriert. Ein Dienstleistungsauftrag wird dabei als Hybrid aus traditionell physischem Arbeitsauftrag und verbundenem Datenverarbeitungsteil verstanden. Die Angaben zur Datenverarbeitung betreffen übermittelnde und zu erhebende Informationen und die Spezifikation von Zugriffs- und Übertragungsrechten. Der Austausch der Serviceaufträge, der Daten und Spezifikationen geschieht im gemeinsamen Datenraum einer Blockchain. Die getroffenen Vereinbarungen sind dadurch gegen unberechtigten Zugriff und Verfälschung geschützt und können automatisiert überwacht werden. Die Kooperationspartner in landwirtschaftlichen Arbeitsketten erhalten Zugang zum jeweiligen Blockchain-Raum. Der Austausch untereinander erfolgt auftragsspezifisch und vertraulich zwischen den rechtmäßig beteiligten Partnern.

Auf dieser Grundlage wurde ein weiterführendes, zukunftsweisendes Konzept für eine erfolgsorientierte Beauftragung und Abrechnung erarbeitet: Anstelle der auf reine Ausführung (etwa „Weizenaussaat auf dem Feld“) ausgerichteten Kommunikation zwischen auftraggebendem Landwirtschaftsbetrieb und durchführendem Maschinenring (bzw. Dienstleister) tritt die Vereinbarung von zu erreichenden Erfolgskriterien (etwa eine vereinbarte Feldaufgangsrates, oder Pflanzen pro Quadratmeter). Eine solche Beauftragung lässt dem ausführenden Partner Freiheiten, etwa auf lokale oder zeitliche Gegebenheiten zu reagieren. Wird die vereinbarte Entlohnung mit den Erfolgskriterien verknüpft, wird so eine adäquate Risikobeteiligung aller beteiligten Parteien möglich. Die durch die HyServ-Modellierung und -Infrastruktur ermöglichte, technisch gesicherte und daher leicht prüfbare Dokumentation der Vereinbarungen und der arbeitsbegleitenden Messwerte im Feld bietet die notwendige Grundlage für dieses Konzept.

Im Folgenden werden die im Projekt durchgeführten Arbeiten und die erreichten Ergebnisse detailliert beschrieben.

### 1.1 AP1: Anforderungen und Lösungsarchitektur

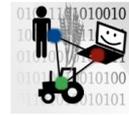
---

Dieses Arbeitspaket lieferte die Darstellung der landwirtschaftlichen Arbeitsprozesse, die Anforderung an Modellierung, Kommunikation und Datenaustausch, sowie relevante nicht-funktionale Anforderungen an die zu entwickelnden Systeme.

Nachdem zunächst in Präsenzworkshops entsprechende Darstellungen erarbeitet wurden, konnte die Weiterentwicklung nur unter Nutzung von Telekommunikationssystemen und durch Dokumentenaustausch stattfinden, was die Arbeit erschwerte.

Die Untersuchungen orientierten sich an der Realität typischer landwirtschaftlicher Arbeitsaufträge wie Bodenbearbeitung, Aussaat, Düngung, Pflanzenschutz, Ernte und an den Vermittlungs- bzw. Durchführungsprozessen zwischen Landwirt\*in, Maschinenring, angeschlossenen Dienstleister und dessen Maschinenflotte.

Am Beispiel der Aussaat werden hier typische Anforderungen dargestellt:



Ziel ist es, einen Prototypen zu entwickeln, der einen typischen Workflow bei der Vermittlung von Aufträgen über den Maschinenring veranschaulicht. In mehreren Workshops und in Gesprächen mit Branchenvertreter\*innen wurden alle notwendigen Inputs für die komplette Erstellung eines solchen Auftrags gesammelt und funktionale und nicht-funktionale Anforderungen an das zu erstellende Werkzeug identifiziert. Das Hauptaugenmerk bei den funktionalen Anforderungen liegt auf den Attributen, die für den Seeding-Auftrag zusammen mit der Zugriffssteuerungslogik ausgewählt wurden.

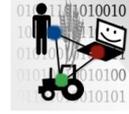
Folgende Daten werden für einen Aussaatauftrag benötigt und sind als Inputs darzustellen:

1. Details des Auftrags:
  - a. Ort
  - b. Feldgröße
  - c. Art des Saatguts
  - d. Erforderliche Betriebsmittel; mitbringen oder auf dem Hof vorhanden?
  - e. Startdatum/Enddatum des gewünschten Ausführungszeitraums
  - f. Aussaattiefe
  - g. Vorbereitung des Saatbettes
  - h. Abstand der anzulegenden Fahrgassen
  - i. Zu verwendende Maschinen mit Angaben zu Spurbreite und zulässiger Bodenbelastung
  - j. Aussaatarate
  - k. Wird Kraftstoff (Diesel) bereitgestellt? Oder vom Dienstleister zu beschaffen?
  - l. Wunschpreis bzw. vereinbarter Preis nach Verhandlung
2. Vergabe von Datenzugriffsrechten

In der Praxis des Maschinenrings ist es notwendig, die Sichtbarkeit für verschiedene Daten für verschiedene Akteur\*innen definieren zu können. Dazu soll innerhalb des Tools ein Akteurs- und Rechtemanagementsystem implementiert werden. Betrachtet man einen Beispielfall eines Seeding-Auftrags, sollte das Tool die Übertragung individueller Nutzungsrechte durch die auftragsstellende Partei an etwaigen hinzugefügten Daten ermöglichen. Die Rechteabtretung sollte möglichst feinkörnig erfolgen. Dementsprechend sollen Nutzer\*innen mit geringerem Datenschutzbedarf in der Lage sein, mit wenigen Einstellungen allgemeine Freigaben zu gewähren.
3. Dokumentationsanforderungen (Der\*die Auftragsersteller\*in muss angeben können, welche Unterlagen nach Auftragserfüllung vom Auftragnehmer erwartet werden). Dies kann die folgenden Informationen umfassen:
  - a. Ausgabekarte
  - b. Soll-/Ist-Rate
  - c. Bodenfeuchtigkeit
  - d. Saatbett-Qualität
  - e. Saatgut- und Dieserverbrauch
  - f. Leitfäden
  - g. Ausführungszeiten

Ablauf der Auftragstransaktion:

Der Auftrag ist an den jeweils beauftragten Auftragnehmer zu senden. Sobald der Auftragnehmer den Auftrag erhalten hat, kann er ihn entweder annehmen oder ablehnen. Es sollte dem Auftragnehmer auch ermöglichen, die Dokumentation der von ihm ausgeführten Arbeit hinzuzufügen. Es muss dem\*der Ersteller\*in der Bestellung möglich sein, diese Dokumentation einzusehen.



Als nicht-funktionale Anforderungen wurden insbesondere genannt:

- Einfache Bedienung: Die Bedienung des Tools sollte einfach sein und nicht viel Training erfordern. Gute Usability ist hier hervorzuheben.
- Struktur: Die Entstehung einer Ordnung sollte logisch strukturiert abgebildet werden.
- Sicherheit: Die Daten müssen sicher gespeichert und vor Manipulation geschützt werden.
- Design: Eine ansprechende Gestaltung der Oberfläche wäre wünschenswert.

## 1.2 AP2: Basisplattform Microservices – Auswahl und Betrieb

---

Die Implementierung der beschriebenen Architektur wird notwendigerweise in Form eines hochgradig vernetzten Systems unterschiedlicher Akteur\*innen und Funktionalitäten geschehen müssen. Es war daher geplant, das Konzept der MicroServices zur Grundlage jeder Implementierung zu machen und dazu insbesondere die auf OpenSource beruhende, stark von IBM unterstützte Plattform OpenHorizon in Betracht zu ziehen.

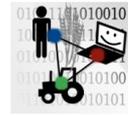
Dieser Ansatz erwies sich prinzipiell als tauglich, brachte jedoch erhöhte Konfigurations- und Verständnisanforderungen mit sich. Aus Gründen der Transparenz und der einfachen Realisierung wurden die Prototypen daher zunächst als klassische Web Services auf üblicher Webserver-Grundlage realisiert und erprobt; alle Interaktionen erfolgten über klassische Browser-Schnittstellen bzw. entsprechende Web Pages; entsprechende Hardware-Ressourcen wurden bei DFKI und TUDA bereitgestellt.

Der Übergang zu einer management- und deploymentfähigen Microservice-Architektur wurde parallel dazu weiterverfolgt. Diese Arbeiten wurden im Wesentlichen im Unterauftrag durch DLR-RNH erledigt, technische Ergänzungen und Einweisungen erwuchsen aus enger Zusammenarbeit mit IBM (in Assoziation, bzw. in Synergie mit anderen Projekten). Das Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Rheinhessen-Nahe-Hunsrück (DLR RNH) arbeitet seit einigen Jahren bereits an digitalen Anwendungen und Infrastrukturen für die Landwirtschaft. Als Einrichtung der Officialberatung stellt sich das DLR RNH auf den Trend ein, dass die digitalen Anwendungen auf Maschinen zukünftig ein weiteres Themenfeld im Bereich der landwirtschaftlichen Primärproduktion darstellen wird. Für die Agrarstruktur in Rheinland-Pfalz ist ein überbetrieblicher Einsatz der informationsgestützten Landtechnik besonders wichtig, was Maschinenringe durch hybride Services (d. h. Maschinen- und Datendienstleistungen) fördern wollen und im Projekt HyServ anhand prototypischer Szenarien umgesetzt haben.

Die bereits auf dem Markt verfügbaren Dienstleistungen und Produkte sind wesentlich durch die Funktionsweise des Cloud Computing geprägt. In der landwirtschaftlichen Praxis werden internetabhängige und oftmals hochleistungsbasierte Anwendungen nicht selten durch unzureichende Bandbreiten und hohe Latenzzeiten eingeschränkt.

Eine mögliche Gegenmaßnahme, um die Gefahren des Cloud Computing zu adressieren, kann die Nutzung eigener, unabhängiger Systeme sein. Wenn ein solches System grundsätzlich ohne Internetanbindung nutzbar ist, sprechen wir von einem „Offline-First“ System, z. B. die „HofBox“ (vgl. Reuter et al. 2018). Wir haben das sogenannte Resilient Smart Farming (RSF) über die technische Lösung des Edge Computings in der Landwirtschaft prototypisch ausprobiert, in welchem auch Micro-Services bzw. Software-Container laufen können.

Als Pilot-Projekt für Resilient Edge Computing (REC) wurde auf Grundlage des Open-Source-Frameworks Open Horizon die technische Machbarkeit in landwirtschaftlichen Betrieben getestet, hier als Beispiel das Hofgut Neumühle. Open Horizon bietet die Möglichkeit, eine Vielzahl an Edge-Devices ohne physischen Zugang zu den Geräten zu warten, mittels bestehender und erprobter Orchestrierungswerkzeuge (Eberz-Eder et al. 2021). Im Rahmen einer projektübergreifenden Demonstration im Herbst 2020 konnte die erste prototypische Machbarkeit des regionalen REC auf dem Hofgut Neumühle, mit der Open Source Software zur Administration von Edge Devices (RedHat OpenShift) getestet werden. Dies ist ein weiterer wichtiger Meilenstein zur Realisierung und Verbreitung von hybriden Services (Micro-Services) über eine regionale Serverinstanz. Der im Herbst 2020 vorgestellte Prototyp konnte die technische Machbarkeit zum Deployment von Software-Containern auf Edge Devices (am Beispiel eines Raspberry Pi) demonstrieren. Durch diese Komponente der technischen Infrastruktur konnte erstmalig



auf regionaler und betrieblicher Ebene gezeigt werden, dass unterschiedliche Software-Container über die Open Source Software RedHat OpenShift auf Edge Devices deployed werden können.

Im folgenden Video wird der Beitrag der technischen Lösung zur digitalen Resilienz als Service aufgezeigt: <https://www.youtube-nocookie.com/embed/LYr7gJj0Jrk>.

Hierbei konnte insbesondere das Angebot an relevanten öffentlichen Daten (z. B. Geoinformationen, Wetterdaten) durch die Anbindung der Software mit Link zur browserbasierten Anwendung GeoBox-Viewer (<https://geobox-i.de/GBV-RLP/>) umgesetzt werden. Diese Technologie eröffnet aufgrund ihrer Architektur die Möglichkeit hybride Services, u. a. über eine öffentlich-private Partnerschaft in der Praxis zu implementieren.

### 1.3 AP3: Realisierung Hybrider Dienste

---

Dieses Arbeitspaket bildete den inhaltlichen Schwerpunkt der Arbeiten.

Im Einzelnen wurden hier die Konzepte hybrider Services auf Basis von Smart Contracts über einer Blockchain-Architektur formuliert, die entsprechenden Datenflüsse modelliert, geeignete Blockchains evaluiert, und schließlich die verschiedenen Anwendungsprototypen exemplarisch implementiert.

#### Untersuchung und Auswahl von Blockchain-Architekturen

Aufgabe jeder Blockchain-Realisierung ist, durch Einsatz kryptographisch gesicherter Protokolle eine verlässliche Basis für den sicheren und korrekten Austausch zwischen verteilten, kooperierenden Partnern zu schaffen, ohne dass weitere Vorbedingungen zwischen den Partnern vereinbart werden müssten. Die technische Verlässlichkeit der Blockchain realisiert dabei die vertrauenswürdige Grundlage für alle weiteren geschäftlichen Transaktionen.

Die namensgebende Verkettung von Datensätzen mit kryptographischen Prüfsummen realisiert die gewünschte Manipulationssicherheit von in der Blockchain gespeicherten Daten: Eine nachträgliche Änderung verlangt den Neuaufbau aller nachfolgenden Blöcke, was im verteilten System rasch prohibitiv aufwändig würde.

Verschiedene Blockchain-Lösungen unterscheiden sich wesentlich in den folgenden Dimensionen

- **Teilnehmendenkreis:** Offene Blockchains erlauben beliebigen Zutritt, während private bzw. „permissioned“ oder „managed“ Blockchains den zulässigen Teilnehmendenkreis beschränken und überwachen, z. B. durch formale Mitgliedschaft o. Ä.
- **Art des Konsensverfahrens:** Im verteilten System können grundsätzlich zeitgleich parallel unterschiedliche Aktivitäten zu potentiell widersprüchlichen Situationen führen. Es gilt daher, durch ein technisches Protokoll zu garantieren, dass letztlich nur eine der möglichen Interpretationen als wahr anerkannt und für die Zukunft dokumentiert wird. Während zentralisierte Lösungen mit spezifischen Rollenkonzepten etwa durch eine dedizierte Notarfunktion hier Lösungen realisieren können, verlangt ein völlig dezentraler Ansatz aufwändigere Verfahren. Proof-of-work (bekannt insbesondere aus Digitalwährungen wie BitCoin) nutzt hier aufwändige Rechenverfahren, um letztlich multiple Wirklichkeiten technisch unmöglich zu machen. Während diese Verfahren zur weltweiten Verbreitung erheblich beigetragen haben, stehen sie andererseits wegen des hohen (und letztlich sinnlosen) Ressourcenverbrauchs in der Kritik; die üblicherweise für die dezentrale Motivation essentiellen digitalen Verrechnungseinheiten werden ferner gelegentlich zum Spekulationsobjekt. Andere Ansätze wie Proof-of-Stake (das ebenfalls eine währungsähnliche Verrechnungsbasis voraussetzt, aber ohne künstlich erhöhte Ressourcenverschwendung auskommt) oder etwa die Delegierte Byzantinische Fehlertoleranz sind Beispiele für alternative Lösungen.
- **Rollen im System:** Die Notwendigkeit, Daten durch Dritte in irgendeiner Form bestätigen zu lassen, führt zur Ausprägung unterschiedlicher Rollen in Blockchain-Systemen. Offene Systeme wie Bitcoin benötigen nur wenige elementare Funktionen: Grundsätzlich können alle Teilnehmenden auch als „Miner“ aktiv werden und damit Datensätze bestätigen – müssen dies aber nicht. Eine permissioned Blockchain mit zentralisierten Elementen unterscheidet hingegen auf



jeden Fall die Zugangskontrolle, evtl. Notar- oder Bestätigungsdienste, und die von solchen Funktionen ausgeschlossenen Nutzer\*innen.

Die Anforderungen des in HyServ verfolgten Anwendungsfeldes führen letztlich zur Wahl einer permissioned Blockchain: Die Maschinenringe als traditionell vertrauenswürdige Vermittler bieten sich als Betreiber und Wächter an.

Hierfür wurden in HyServ zwei alternative Blockchain-Lösungen in Prototypen erprobt: R3 Corda ist eine managed Blockchain mit Smart Contracts, die ursprünglich im Finanzsektor entwickelt wurde. Die Bestätigung der Transaktionen erfolgt durch mehrere dedizierte Notar-Dienste; die Randbedingungen (d. h. die Smart Contracts) werden durch individuellen Kotlin-Code realisiert. Auf dieser Basis wurde ein erster Prototyp für ein einfaches Logistik-Szenario in der Landwirtschaft realisiert und demonstriert.

Die Möglichkeiten der Kommunikation in Corda erschienen letztlich zu schwach; die Unterstützung der Community ist auf Finanzfragen ausgerichtet.

Hyperledger Fabric ist eines der Blockchain-Projekte auf Basis der Hyperledger-Implementierung, die auf den Distributed-Ledger-Technologien der Linux Foundations basieren. Wie andere Blockchain-Technologien hat es ein Ledger, verwendet Smart Contract und ist ein System, mit dem die Teilnehmenden ihre Transaktionen verwalten. Hyperledger Fabric sind für den Einsatz in privaten Unternehmen gedacht. Traditionelle Blockchain-Netzwerke unterstützen keine privaten Transaktionen und vertraulichen Verträge, die für Unternehmen von größter Bedeutung sind. Hyperledger Fabric ist eine Open-Source-Blockchain-Engine, die die wichtigsten Aspekte der Analyse und Implementierung von Blockchain für kommerzielle Anwendungsfälle behandelt. Die nachweisbare Identität eines Teilnehmenden ist ein Hauptkriterium in privaten industriellen Netzwerken. Alle Netzwerkteilnehmenden müssen über bekannte Identitäten verfügen, damit Hyperledger Fabric Mitgliedschaften basierend auf Berechtigungen anbieten kann. Die Teilnehmenden eines Hyperledger Fabric Netzwerks registrieren sich über einen vertrauenswürdigen Membership Service Provider (MSP). Hyperledger Fabric realisiert also eine „permissioned Blockchain“. Da prinzipiell ein „Gewebe“ verschiedener Ledger unterstützt wird, können die verschiedenen individuellen Geschäftsbeziehungen korrekt und gegeneinander abgeschottet repräsentiert werden.

Hyperledger Fabric bietet auch die Möglichkeit, Kanäle zu erstellen, sodass eine Gruppe von Teilnehmenden ein separates Transaktionsbuch erstellen kann. Dies ist wichtig für Geschäftsnetzwerke, in denen einige Teilnehmende Konkurrenten sein könnten und nicht möchten, dass jede Transaktion, die sie tätigen, allen Teilnehmenden bekannt ist.

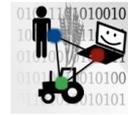
Hyperledger verspricht einfache Bedienung und Installation, hat eine riesige Entwicklerbasis sowie eine solide Leistung, übermäßige Kosteneffizienz und Sicherheit. HyServ entschied sich aus folgenden Gründen für Hyperledger Fabric als Grundlage der finalen Prototypen: Hyperledger Fabric eignet sich ideal für Konsortial-Blockchains, da es mehrere Clients unterstützen kann. Hyperledger Fabric beschreibt Kanalfunktionen, die es mehreren Teilnehmenden ermöglichen, an einem Blockchain-System teilzunehmen, während Transaktionen nur für relevante Stakeholder sichtbar sind. Wir beabsichtigen, eine einzige Blockchain für eine Vielzahl von Anwendungen und daher mit einer Vielzahl unabhängiger Parteien zu verwenden, daher müssen wir sicherstellen, dass die Datenschutzbedenken der Industriepartner\*innen berücksichtigt werden.

## Teilnehmende und Rollen

In den HyServ-Anwendungsszenarien unterscheiden wir drei Rollen:

1. Der\*die Landwirt\*in erteilt Aufträge für Dienstleistungen und die damit verbundene Datenverarbeitung mit Inkassoaufträgen und Zugriffsrechten.
2. Der Maschinenring (MR) betreibt die Hyperledger-Plattform, übernimmt die Rolle des Vermittlers und erbringt Unterstützungsleistungen (z. B. Abrechnungsleistungen).
3. Ausführende Dienstleister stellen die erforderlichen Maschinen bereit und führen die beauftragten Arbeiten durch.

Ein Auftrag beginnt mit der Bildung des sogenannten Konsortiums im Blockchain-Netzwerk. Die Peers aller Teilnehmenden bilden einen Kanal und haben fortan ein gemeinsames Ledger. Alle Auftragsdetails werden als Smart Contract formuliert und die Zugriffsrechte auf jedes Datenobjekt definiert. Darüber



hinaus wird definiert, wer Smart Contracts validiert, damit sie als gültig gelten. Wenn Daten übertragen werden, werden sie überprüft.

## Modellierung von Dienstleistungen, Aufträgen, Zugriffsrechten, Verträgen

Die Modellierung der Aufträge und Arbeitsdokumentationen geschieht generell in Form von Objekten, deren Attribute mit entsprechenden Werten die notwendigen Informationen für die jeweilige Tätigkeit übermitteln.

Unter dem Gesichtspunkt Hybrider Services wurden zwei Aspekte speziell betrachtet:

- Die Darstellung von Zugriffsrechten (und deren Überprüfung durch Smart Contracts) als Beispiel einer Verfügung über den Umgang mit Daten;
- Die Vereinbarung eines angestrebten Erfolgskriteriums und damit verbunden einer Preisänderung als Beispiel für innovative Vertragsgestaltung auf Basis von Hybrid Services.

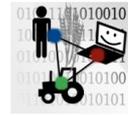
Zur Darstellung und Überwachung von Zugriffsrechten kann der\*die jeweilige Nutzer\*in bereits bei der Definition eines Auftrags oder bei jeder sonstigen Datenangabe spezifizieren, welche Parteien Zugriff auf diese Daten haben dürfen, und welche Art des Zugriffs zulässig ist. Im Ergebnis führt dies zu umfangreichen Rechtetabellen, die eine feingranulare Steuerung erlauben (siehe Abbildung 1).

The screenshot shows a web application interface for 'Hyserv-Aufträge'. The main content area is titled 'Transferred Contract Details' and shows 'Contract: Soyabeans Auftrag1'. Below this, it lists 'Client: Rainer Müller (Neumühle)' and 'Status: Angenommen'. A 'Show rights of use' toggle is visible. The 'Order details' section includes 'Execution Date: 26.03.2021' and 'Price: 1500 €'. A table below shows permissions for 'Lesen' and 'Speichern' across various actions: 'Immer', 'At Discount', 'To Accept', 'To Reject', and 'To Complete'. The 'At Time Period' column is empty.

	Rechte	Immer	At Discount	To Accept	To Reject	To Complete	At Time Period
Execution Date: 26.03.2021	Lesen	<input checked="" type="checkbox"/>	-				
	Speichern	<input type="checkbox"/>	-				
	Weitergeben	<input checked="" type="checkbox"/>	-				
	Weitervermitteln	<input type="checkbox"/>	-				
Price: 1500 €	Lesen	<input checked="" type="checkbox"/>	-				
	Speichern	<input type="checkbox"/>	-				

Abbildung 1: Detaillierte Zugriffsrechte als Beispiel einer Datenverfügung

Die Evaluierung durch die Anwendungspartner ergab jedoch, dass eine solche detaillierte Darstellung zwar inhaltlich wünschenswert, in der Praxis aber nicht handhabbar ist. Der verfolgte Lösungsansatz besteht einerseits in der Einrichtung und Wiederverwendung von nutzerspezifischen „Default-Konfigurationen“ (welche die Komplexität nach dem erstmaligen Einrichten verstecken); andererseits in einer Reduzierung der vielfältigen Alternativen.



Zur Darstellung innovativer Arbeitsaufträge mit vereinbarter, an Preise gekoppelter Zielvereinbarung wurde das Beispiel „erfolgsorientierte Aussaat“ modelliert. Die Detailentwicklung und die Durchführung entsprechender Versuche zu Präzisionsaat und Datenerhebung über den Feldaufgang wurden vom Projektpartner John Deere durchgeführt.

### Modellierung hybrider Services: Nachrichten-basierter Workflow über die Blockchain

Eine Blockchain als Grundlage hybrider Dienste in kooperativen landwirtschaftlichen Anwendungsszenarien stellt eine fälschungssichere Aufzeichnung des erfolgten Datenaustauschs bereit. Aus dieser Betrachtung wurde das Realisierungsprinzip des HyServ-Systems hergeleitet: Der betrachtete Arbeitsprozess beginnt mit dem Auftrag des\*der Landwirt\*in und reicht über die Vermittlung durch den Maschinenring bis zur Ausführung und einer eventuellen Datenweitergabe. Ergänzt wird er durch Dokumentation und Rückmeldung zwischen den Arbeitsschritten bzw. Rollen (siehe blau dargestellter Fluss in Abbildung 2).

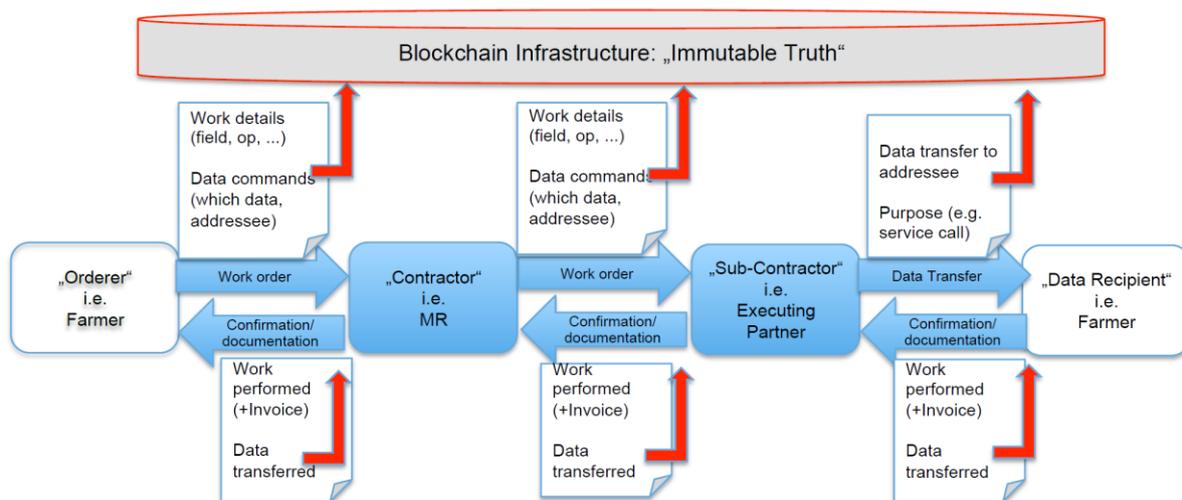


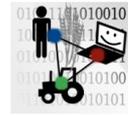
Abbildung 2: Workflow durch Nachrichtenaustausch auf Basis der Blockchain

Jeder Informationsaustausch wird als abgeschlossene Nachricht realisiert (und entsprechend formal modelliert). Die Kommunikation erfolgt durch Einstellen der Nachricht in die Blockchain; durch passend vermerkte Zugriffsrechte (bzw. Empfängerangaben) haben die jeweiligen Adressat\*innen Zugriff auf „ihre“ Nachrichten. Die Blockchain in ihrer Gesamtheit stellt dann eine gesicherte, unveränderbare „Wahrheit“ des Gesamtprozesses dar und erlaubt die automatisierte Überprüfung der formulierten Bedingungen und die Nachverfolgung der Kommunikation bzw. des Datenaustauschs durch Berechtigte.

### Blockchain-gestützte Kommunikationsarchitektur auf Basis von Hyperledger Fabric

Dieser Abschnitt konzentriert sich auf die Schritte und den Prozess, die für die Implementierung von Hyperledger-basierten industriellen Anwendungsfällen erforderlich sind. Insbesondere wird gezeigt, wie die Systemarchitektur aussieht, wie das System gesteuert wird und wie die Interaktion mit den Prozessen innerhalb des Hyperledger-Systems aussieht.

Wir haben ein Zugriffssteuerungsschema implementiert, indem wir die Hyperledger Fabric-Mitgliedschaftsdienstkomponente und das Kanalschema verwendet haben, wie in Abbildung 3 dargestellt. Die Zertifizierungsstelle, die auch als Mitgliedschaftsdienstanbieter bezeichnet wird, ist für die Mitgliedschaftsregistrierung verantwortlich, indem sie Registrierungszertifikate und Transaktionszertifikate für teilnehmende Knoten im Hyperledger Fabric-Blockchain Netzwerk und im teilnehmenden Fabric-Client ausstellt und die Zugriffssteuerungsliste während der Kanaleinrichtung gemäß den Benutzungseinstellungen und Vorgängen generiert. Im Zertifikat können unterschiedliche Zugriffstypen angegeben wer-



den, z. B. Abfrage und Aktualisierungsvorgänge für die Ausführung von Kettencode im Kanal. Chaincode ist ein Codeabschnitt, der in Hyperledger Fabric bereitgestellt wird, um Interaktionen zwischen Peers und dem freigegebenen Ledger zu ermöglichen. Es gibt drei Operationen für den Chaincode, einschließlich Deploy, Invoke und Query. Ein Chaincode kann auf einer Blockchain installiert werden, indem eine deploy-Transaktion ausgeführt wird, während eine Chaincode-Ausführung durch Aufruftransaktionen gestartet wird. Der Kanal wird gebildet, um einzelne Aktivitäten zwischen autorisierten Parteien zu isolieren.

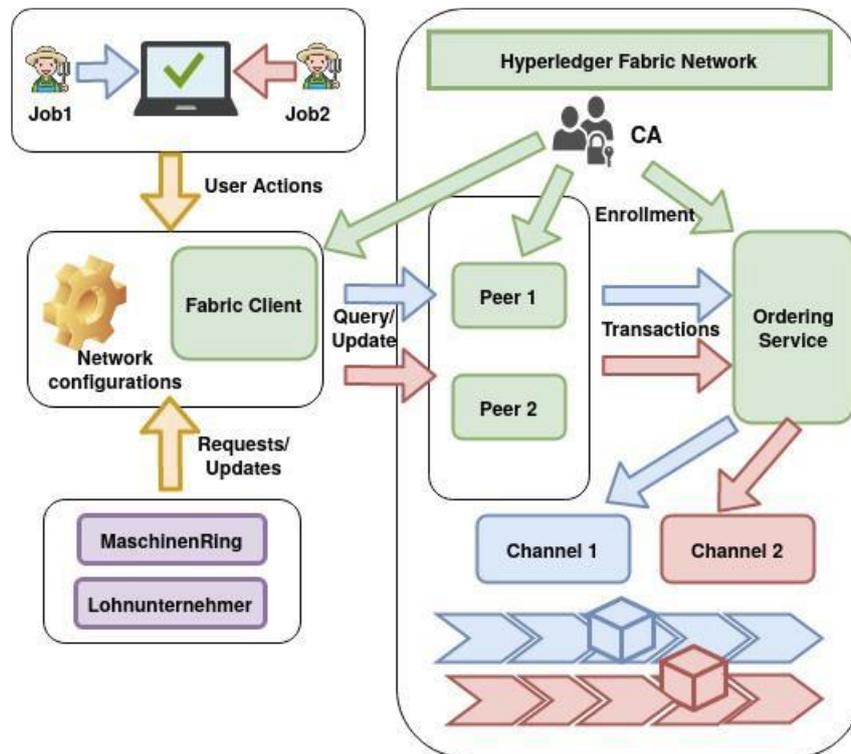


Abbildung 3: HyServ-System-Architektur

Um die Isolierung zwischen verschiedenen Datenfreigabedomänen zu ermöglichen, stellt die Zertifizierungsstelle dem Fabric-Client, Blockchain-Netzwerk Peers für die Transaktionsvalidierung und den Besteller\*innen (für den Bestellservice) ein Zertifikat aus. Zum Beispiel haben wir zwei Kanäle im Bild gezeigt, die sich im Wesentlichen auf zwei Jobs beziehen, die jeweils separate Kanäle haben. Die Endbenutzer\*innen dieser Anwendung (Farmer, Auftragnehmer und ausführende Agent) führen die Ausführung und Sammlung von Aufträgen auf ihren individuellen HyServ-Plattformen durch (Hinweis: hierbei wird der Auftragnehmer als MaschinenRing (MR) und der ausführende Auftragnehmer als Lohnunternehmer dargestellt). Beide Endbenutzer kommunizieren hierbei mit dem Server, um Auftragsinformationen anzufordern oder zu aktualisieren. Mit der Erlaubnis von Benutzer\*innen dürfen diese Anfragen an einem bestimmten Kanal teilnehmen. Der Server ist mit einem Fabric-Client für die Kommunikation mit dem Fabric-Blockchain Netzwerk peer konfiguriert. Für verschiedene Nutzungsaktivitäten werden die Daten mit einer anderen Kanal-ID gekennzeichnet, um isolierte Domänen zu unterscheiden. Die Abfrage- oder Aktualisierungsanforderungen vom Server werden zur Transaktionsbestätigung über den Fabric-Client an das Fabric-Netzwerk weitergeleitet. Verteilte Peers validieren die eingehenden Anforderungen und schlagen Transaktionen vor, indem sie Chaincode ausführen. Der Bestellservice ist dafür zuständig, Transaktionssignaturen zu prüfen und mit Kanal-IDs zu bestellen. Für jeden Kanal gibt es ein Nebenbuch als Teil des Systembuchs, um alle Transaktionen in Form von Blöcken zu erfassen.

Aus Datenschutzgründen kann der\*die Landwirt\*in eigene Daten selektiv an die anfordernden Partner weitergeben, je nachdem, welche Daten zur Unterstützung des Auftragnehmers (MR) erforderlich sind. Alle Teilnehmenden können im Zertifikat klar angeben, auf welche Kategorie von Daten zugegriffen werden darf, ob Lesezugriff oder Lese-/Schreibzugriff zulässig ist. Darüber hinaus werden in verschiedenen Kanälen unterschiedlich abgestimmte Informationen ausgetauscht. In diesem Sinne bietet das HyServ-System eine benutzerdefinierte, feingranulare Datenschutz- und Zugriffskontrollrichtlinie, die



das Dateneigentum von Einzelpersonen verbessert und die Sicherung von Geschäftsgeheimnissen unterstützt.

#### 1.4 AP4: Anbindung Datenquellen, Sensornetze

---

AP4 „Anbindung Datenquellen, Sensornetze“ betrachtete die Einbindung relevanter Datenquellen, wobei ein besonderes Augenmerk den individuellen betrieblichen Daten und der Anbindung an die ausführende Landtechnik galt.

Das DLR-RNH hat das DFKI bei der Akquise und Zusammenführung öffentlicher Geo- und Fachinformationen, die für viele der hybriden Services in den zu untersuchenden Anwendungsfeldern des überbetrieblichen Smart Farmings essentiell sind, unterstützt.

Im Rahmen der IT-Infrastruktur des vom DLR-RNH betriebenen GeoBox-Servers und der auf dem Hofgut Neumühle aufgebauten agrarmeteorologischen Wetterstation sowie eines LoRa-Gateways erhielt das DFKI die Möglichkeit, geeignete IT-Verfahren zur IoT-Anbindung von Maschinen gemeinsam mit dem DLR RNH zu testen. Im Jahr 2021 wurde das communitybasierte LoRaWAN-Netzwerk (The Things Network) für die projektübergreifende Arbeit des DLR RNH und des Hofguts Neumühle im Rahmen der Digitalisierung in der Landwirtschaft, eingeführt. Dabei wurde der Aufbau der IoT-Netzwerkinfrastruktur zur Anbindung von LoRaWAN-Sensoren und die Demonstration des Nutzens von IoT-Sensoren zur Übermittlung von Echtzeitinformation über Umweltdaten des Versuchsfeldes realisiert.

Der Anschluss an Komponenten und ontologiebasierte Modellierung des parallelaufenden Projekts GE-OBOX ermöglicht ferner den Zugriff auf die landwirtschaftlichen Betriebsdaten individueller Schläge, indem solche Daten entweder als „Feldpass“ aggregiert bereitgestellt oder durch gezielte räumlich-zeitlich bestimmte Abfragen abgefragt werden.

Die Anbindung an Landtechnik geschah über eine Schnittstelle zu den proprietären Systemen des Partners John Deere. Damit wurde für die Projektlaufzeit der Anschluss der HyServ-Prototypen an eine Datenplattform und der entsprechende Austausch von Maschinendaten zu Auftrag und Auftragsdurchführung möglich.

#### 1.5 AP5: Referenz-Client-Realisierungen

---

Die Implementierung geschah als Web-Applikation auf eigenen Servern; jede Interaktion geschieht über gewöhnliche Web-Browser.

Die Implementierung der Prototypen erfolgte in enger Kooperation mit dem Projektpartner TUDA und – soweit es den Anschluss an Landtechnik betrifft – John Deere; die Demonstratoren wurden regelmäßig mit den Anwendungspartnern der Maschinenringe und des Versuchsguts Neumühle diskutiert.

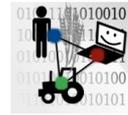
Der finale Prototyp ist in seinen wesentlichen Funktionen im Folgenden illustriert. Entscheidend ist die freie, dynamische Konfiguration der Oberfläche und der Datendetails für jeden Arbeitsschritt, so dass das System auf beliebige Aufgaben leicht angepasst werden kann.

Zur Implementierung der Oberfläche kam das Werkzeug form.io zum Einsatz.

##### Workflow zur Konfiguration neuer Elemente (z. B. Auftragsformular)

Ein neues Element, typischerweise ein Auftragsformular, wird in der Regel durch den Dienstleister erstellt, der die fragliche Arbeitsleistung anbietet. Damit bestimmt der Dienstleister auch, welche Daten für die Durchführung des Auftrags nötig oder als optionale Erweiterung sinnvoll sind. Entsprechend werden die folgenden Schritte vom Dienstleister oder vom Maschinenring durchgeführt:

1. Formular mit formIO generieren: Die dynamische Formularerstellung nutzt das Tool formIO. Auf diese Weise kann der\*die Benutzer\*in das erforderliche Formular dynamisch ändern. Die Formulargenerierung wird über die Schaltfläche „Formulargenerierung“ aktiviert, die auf die formIO-basierte Editorseite umleitet, auf der das vorhandene Dokument hochgeladen und entsprechend geändert werden kann. Dies ist der erste Schritt, in dem MaschinenRing das Dokument



für den Seeding-Auftrag vorbereitet. Dieses wird dann an die jeweiligen Partner weitergeleitet. Wir sehen diesen Prozess in den kommenden Schritten 2 und 3.

2. Formular hochladen: Sobald das Formular von FormIO generiert wurde, müssen wir das generierte Formular im Abschnitt „Angebot“ hochladen. Dieses wird später im Abschnitt „Angebot“ anderer Teilnehmender angezeigt wird. Die Schritte sind einfach zu handhaben, der\*die Benutzer\*in lädt das Formular hoch und gibt bei Bedarf einen Formularnamen in Bezug auf die Version an.
3. Formular dem jeweiligen Partner zuordnen: Schließlich wird erfragt, für welche Nutzerrollen das neue Formular zugänglich werden soll. Sobald der Teilnehmende ausgewählt und abgeschickt wurde, steht dem Teilnehmenden das generierte Formular zur Verfügung, um den entsprechenden Auftrag zu formulieren.

### Erteilen und Durchführen eines Auftrags (am Beispiel Aussaat)

Ausgehend von den im System dargestellten Angeboten mit entsprechend konfigurierten Formularen kann ein\*e Landwirt\*in den gewünschten Auftrag auswählen und erteilen. Der empfangende Teilnehmende aktualisiert den Arbeitsauftrag basierend auf den vom/von der Formularabsender\*in erteilten Rechten.

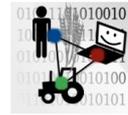
Dies geschieht in folgenden Schritten:

1. Wählen Sie den gewünschten Teilnehmenden aus: Der erste Schritt, wenn Sie die HyServ-App im endgültigen Prototyp laden, besteht darin, den gewünschten Teilnehmenden auszuwählen. Die Registerkarten bestehen aus allen teilnehmenden Anbietern, auf die der\*die Benutzer\*in zugreifen kann, indem einfach auf den entsprechenden ORG-Tab geklickt wird.
2. Wählen Sie das gewünschte Formular: Sobald der\*die Benutzer\*in im jeweiligen Netzwerk angemeldet ist, können die angebotenen Formulare aus dem Abschnitt „Angebot“ ausgewählt oder ein bereits früher ausgefülltes Formular hochgeladen werden.
3. Bestelldetails hinzufügen: Der\*die Benutzer\*in muss die Auftragsdetails im Formular eingeben. Beachten Sie, dass hier der\*die Landwirt\*in ORG-Rechte an der MaschinenRing ORG vergibt. In einem beispielhaften Szenario soll für das Attribut „Vorfrucht“ die bisherige Erntehistorie nicht geteilt werden. Der\*die Landwirt\*in wählt daher bei den Zugriffsrechten die Option „darf Daten nicht sehen“ aus. Auf diese Weise werden keine Informationen hinsichtlich dieses Attributs angezeigt, wenn der MaschineRingBenutzer das Formular erhält.
4. Bestellformular absenden: Sobald das Formular ausgefüllt ist, sendet der\*die Benutzer\*in das Formular ab, indem auf die Schaltfläche „Absenden“ geklickt wird. Dem\*r Benutzer\*in wird eine Eingabeaufforderung mit der Option angezeigt, den Dateinamen nach Belieben zu bearbeiten, und weiteren Funktionen durchzuführen, wie:
  - a. Speichern: Dadurch wird eine lokale Kopie in der pouchDB gespeichert.
  - b. Download: Dadurch wird eine Kopie auf dem lokalen Computer gespeichert.
  - c. Versenden: Sendet das Formular an die jeweilige Empfängerorganisation.

### Rückverfolgung (Sicht eines Administrators, Maschinenring)

Eine Rückverfolgung der auftragsbezogenen Informationen durch berechtigte Teilnehmende wurde im Prototypen durch das MR Admin Portal realisiert. Der Maschinenring bietet hier exemplarisch Rückverfolgbarkeit für die Bestellungen, die entweder bei MR eingereicht wurden oder eingegangen sind. Der Prototyp illustriert 2 Anwendungsfälle:

1. Abfrage von Datenzugriff und Zugriffsrecht (am Beispiel „Preis per Leistungseinheit“): Für den aktuellen Seeding-Auftrag von MR zeigt das Portal die vergebenen Nutzungsrechte für die Leistungseinheit Preis und zeigt, ob auf diese Information zugegriffen werden darf.
2. Nachweis des Umgangs mit Daten: Wer hat Daten von mir erhalten (MR)? Durften die Daten weitergegeben werden? Wir präsentieren 2 ORG, die an MR beteiligt sind: Lohnunternehmer



bzw. Saatgutlieferant. Wir zeigen die Bestellungen an, die in Bezug auf die ausgewählte ORG verknüpft sind. Die eingereichte Bestellung kann durch "FORM DETAILS" eingesehen werden.

## 1.6 AP6: Erprobung in der Praxis

---

AP6 „Erprobung in der Praxis“ diente dem intensiven Dialog mit den Anwendungspartnern, insbesondere den beteiligten Maschinenringen, mit dem Ziel der Diskussion der Konzepte und der praktischen Erprobung der implementierten Demonstratoren.

Da nach den initialen Workshops die geplanten Präsenztreffen pandemiebedingt ausfallen mussten, blieben die Integration in Systeme der Anwender und die „echte“ Praxiserprobung hinter den Planungen zurück.

Die praktische Erprobung der entwickelten Konzepte und Prototypen beschränkte sich im Wesentlichen auf geführte Walk-throughs der jeweiligen Systeme unter Verwendung von Videokonferenzen. Die Prototypen wurden den Anwendern über Web zugänglich gemacht; in begleiteten Sitzungen wurden die jeweiligen Anwendungsszenarien schrittweise durchgearbeitet.

Die vielfältigen Anmerkungen der Praxispartner – von der korrekten Benennung einzelner Parameter bis zu generellen Anregungen etwa zur Handhabbarkeit umfangreicher Zugriffsrechte-Tabellen – wurden unmittelbar mit den Entwicklern geteilt und flossen in Änderungen des Prototypen ein, die dann beim nächsten virtuellen Treffen diskutiert und präsentiert wurden.

Erschwerend kam hinzu, dass sich die Basis Hyperledger Fabric in vielerlei Details als fehleranfällig, noch nicht völlig ausgereift oder schlicht schwer verständlich erwies. Die Implementierung der Prototypen erreichte daher letztlich nicht die angestrebte Praxistauglichkeit, so dass ein Echt-Einsatz nicht erfolgen konnte.

Jedoch wurden durch die TUDA umfangreiche Usability-Evaluierungen vorgenommen, die die Tauglichkeit unterschiedlicher Interaktionskonzepte und Darstellungen wissenschaftlich untersuchten.

Ferner konnte der Partner John Deere in Zusammenarbeit mit Neumühle praktische Experimente zur Vereinbarung, Verfolgung und Messung von Zielvereinbarungen bei der Aussaat durchführen und so das innovative Konzept der erfolgsabhängigen Gestaltung hybrider Dienstleistungen praktisch-experimentell untermauern.

## 1.7 AP7: Wissenschaftliche und Anwendungsorientierte Publikation, Ertüchtigung potentieller Anbieter und Anwender

---

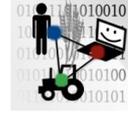
Ziel dieses Arbeitspaketes ist die notwendige Verbreitung der Projektergebnisse und die Instruktion potentieller Anwender der innovativen HyServ-Ergebnisse.

Die wissenschaftlichen Publikationen sind in Abschnitt 6 aufgeführt.

Anwendungsorientierte Präsentationen erfolgten im direkten Kontakt mit industriellen Besucher\*innen am DFKI und bei allfälligen externen Veranstaltungen. Während Details der individuellen Besuche i. d. R. der Vertraulichkeit unterliegen, sind öffentliche Veranstaltungen ebenfalls in Abschnitt II.6 aufgelistet.

Wesentliche Schulungsaktivitäten wurden durch DLR-RNH im Unterauftrag durchgeführt.

Aufgrund der Zuständigkeit für den Wissenstransfer in Form von Schulungen und Weiterbildungsveranstaltungen mit aktueller Fokussierung auf die digitale Landwirtschaft hat das DLR-RNH in Zusammenarbeit mit der DEULA als Lehranstalt für Agrartechnik sowie dem HyServ-Projektpartner Hofgut Neumühle die Umsetzung spezieller Schulungsangebote im Bereich hybrider Maschinendienstleistungen sowie eines informationsgestützten Pflanzenbaus begleitet und im Fachschulunterricht Ergebnisse präsentiert und getestet. In der Projektlaufzeit von HyServ konnten durch das DLR RNH in Zusammenarbeit mit der DEULA sowie dem Hofgut Neumühle unterschiedliche Formen des Wissenstransfers umgesetzt werden. In den Jahren, in denen Veranstaltungen vor Ort stattfanden, konnten Workshops auf dem Hofgut Neumühle sowie der DEULA in Bad Kreuznach durchgeführt werden. Das Ziel dabei war es,



Fachschüler\*innen des Ausbildungslehrgangs zum\*r Techniker\*in des Landbaus in Rheinland-Pfalz schon frühzeitig an die durchgeführten Entwicklungen im Bereich der Digitalisierung in der Landwirtschaft heranzuführen. Diese Schulungsmodulare werden auch nach dem Projekt HyServ fortgeführt und stetig weiterentwickelt. Des Weiteren hat sich während der Projektphase von HyServ das Hofgut Neumühle im Experimentierfeld Südwest, koordiniert durch das DLR RNH, zur Open Data Farm ([www.opendatafarm.com](http://www.opendatafarm.com)) entwickelt.

Ziel der Open Data Farm ist es, vorrangig als Bildungsplattform in Farmwissen ([www.farmwissen.de](http://www.farmwissen.de)) zu dienen, die die Kombination öffentlich verfügbarer Daten mit privaten, betriebsspezifischen Betriebsdaten demonstriert. Des Weiteren hat die Plattform das Ziel, Weiterentwicklungen voranzutreiben und den offenen Austausch und die Schaffung innovativer Ideen, Konzepte und Lösungen für aktuelle Herausforderungen im Bereich Smart Farming zu ermöglichen. Durch die Open Data Farm werden verschiedene Technologien zur Erweiterung von Umweltinformationen mit IoT-Sensorik, Edge-Computing sowie dem Aufbau belastbarer regionaler Kommunikationsnetze eingesetzt und erprobt. Die Open Data Farm verbindet Visualisierung, Demonstration, Information und Qualifizierung unterschiedlicher Technologien, Anwendungen und öffentlicher offener Daten. Die Ergebnisse aus dem Projekt HyServ fließen in die aktuellen Entwicklungen der Open Data Farm ein. Des Weiteren wurde 2021 im Projekt ein Workshop mit IBM zur Nutzung der Open Horizon Infrastruktur als Managementplattform für Software-Container bzw. Micro-Services in der Landwirtschaft durchgeführt.

In diesem Zusammenhang entstand eine intensive Vernetzung mit den folgenden Initiativen:

- GeoBox-I und II, [www.geobox-infrastruktur.de](http://www.geobox-infrastruktur.de)
- Länderübergreifender Zusammenschluss zur Weiterentwicklung der GeoBox-Infrastruktur, K-West ([www.k-west.digital](http://www.k-west.digital))
- Digitales Agrarportal RLP, [www.dap.rlp.de](http://www.dap.rlp.de)
- Kompetenznetzwerk-West Digitalisierung in der Landwirtschaft, [www.k-west.digital](http://www.k-west.digital)
- Experimentierfeld Südwest, <https://ef-sw.de/>
- Open Data Farm Neumühle, [www.opendatafarm.com](http://www.opendatafarm.com)

Schließlich wurden Gespräche mit möglichen Verwertungspartnern geführt. Besonderes Interesse zeigte hierbei ein in der Region ansässiges Unternehmen, das sich auf Blockchain-gestützte Lösungen im (bisher) industriellen Umfeld spezialisiert hat und an einer Ausweitung der eigenen Tätigkeit in die Agrarbranche interessiert ist. Ferner werden mit Partnern aus Frankreich erste Ansätze für gemeinsame europäische Aktivitäten verfolgt.

## 2 Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

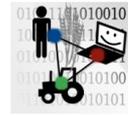
---

Der Verlauf der Arbeit im Projekt folgte der im Projektantrag formulierten Planung. Bedingt durch die Corona-Pandemie konnten die vorgesehenen Präsenzveranstaltungen nicht wie geplant durchgeführt werden; stattdessen verursachten die vermehrten Videokonferenzen erhöhte Arbeitsaufwände.

Pandemie-bedingte Änderungen der Arbeitsweise führten zu vielfach erlebten Mehraufwänden und Verschiebungen. Generell zeigte sich, dass die konsortiumsweite Kooperation durch Einsatz von Telekommunikationsmitteln und Videokonferenzen gesichert werden konnte, dass jedoch die Effizienz des Austauschs und der gemeinsamen Meinungsbildung unter dem fehlenden direkten Austausch leidet. Umgekehrt wurden geplante Reisemittel nicht ausgeschöpft bzw. zur Deckung der entstandenen Mehraufwände genutzt.

Die ursprünglich für Cloud-Computing vorgesehenen Mittel wurden nicht im geplanten Umfang benötigt, da die realisierten Installationen eigene Hardware nutzten und die verwendeten Open Horizon Ressourcen im Unterauftrag an DLR-RNH kostengünstig genutzt werden konnten.

Details sind dem begleitenden Zahlenwerk zu entnehmen.



### 3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

---

Die geplanten konzeptuellen Arbeiten wurden in vollem Umfang durchgeführt. Die im Konsortium erreichten konzeptuellen Ergebnisse gehen über die Planung hinaus, insbesondere ist die Idee der durch hybride Services möglichen Erfolgsvereinbarung mit technischer Überwachung ein potentiell vielversprechender und innovativer Ansatz.

Die Evaluierung der relevanten Blockchain-Implementierungen und die Erarbeitung des für das Vorhaben wichtigen tiefgreifenden Verständnisses der Grundlagen und Potentiale dieser Technologie erwies sich als weit schwieriger als erwartet. Gerade auch die Vielfalt der bereits existierenden Ansätze mit signifikant unterschiedlichen Prinzipien und deren Auswirkung auf wichtige Anforderungen des industriellen Umfelds (Zutrittskontrolle/permissioned vs. offenes Netzwerk; Abschottung individueller Transaktionen vs. Transparenz gegen alle; zuverlässiger Schutz individueller Geschäftsgeheimnisse und Partnerbeziehungen) führte zu unerwarteter Komplexität.

Die geplante praktische Erprobung konnte aufgrund der Entwicklungsverzögerungen und durch die Corona-Pandemie nicht im gewünschten Umfang stattfinden und blieb auf System Walk-throughs unter Beteiligung der Praxispartner beschränkt. Dennoch fand erheblicher Wissenstransfer zwischen Forschung und Praxis statt.

Signifikantes Anwenderinteresse, positive Rückmeldungen bei Projektpräsentationen, sowie erfolgversprechende Transfer- und Verwertungsperspektiven bestätigen die Korrektheit und Relevanz der im Projekt realisierten Ergebnisse.

Das Projektergebnis bestätigt damit die Sinnhaftigkeit der verfolgten Ziele und die Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit.

### 4 Voraussichtlicher Nutzen

---

Die wesentlichen nutzbringenden Projektergebnisse umfassen

- a) die innovative Konzeption und Realisierung landwirtschaftlicher Arbeitsprozesse als „hybride Services“, die neben der traditionellen Beauftragung/Durchführung physischer Arbeit auch Verfügungen über den Umgang mit Daten enthalten
- b) das innovative Konzept und die prototypische Realisierung eines Blockchain-gestützten Systems, das die partnerübergreifenden Datenflüsse in kooperativen Arbeitsprozessen auf eine fälschungssichere und nachverfolgbare Basis stellt
- c) die innovative automatische Überprüfung vereinbarter Zugriffsrechte, Erfolgskriterien oder Datenverfügungen durch implementierte Smart Contracts, die unberechtigte Aktionen zurückweisen oder mindestens zur Anzeige bringen können
- d) die Erkenntnis über die Anwendbarkeit von Blockchain-basierten Mechanismen zur Realisierung einer flexiblen Kommunikations-Infrastruktur

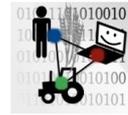
Die erreichten Ergebnisse zielen auf die weitere Entwicklung und Erforschung im landwirtschaftlichen Anwendungsfeld, bieten aber auch Perspektiven für andere offene und sichere Kommunikationsszenarien.

Entsprechend werden insbesondere verfolgt

- Weiterentwicklung und Erprobung der Konzepte in Forschungsprojekten, in denen die gesicherte und offene Kommunikation zwischen vernetzten Partnern relevant ist
- Kooperative Entwicklungsprojekte mit industriellen Partnern zur Realisierung neuer innovativer Angebote

Aus der Charakteristik der nutzbaren Ergebnisse folgt die für DFKI relevante Verwertungsstrategie, die dem laufend fortgeschriebenen Plan entspricht. Die wesentlichen Elemente sind

- Veröffentlichung der Ergebnisse durch Publikationen und Open-Source-Implementierungen



- Beratungsdienstleistungen und Entwicklungsunterstützung für industrielle Kunden, die an einer kooperativen Weiterentwicklung von HyServ-Ergebnissen interessiert sind und solche in ihre Lösungen integrieren wollen
- Realisierung der wissenschaftlichen Anschlussfähigkeit durch Weiterentwicklung der innovativen Ergebnisse in anschließenden F&E-Projekten mit und ohne öffentliche Förderung.

## 5 Fortschritte bei anderen Stellen

---

Während der Durchführung des Projekts sind keine Fortschritte anderer Stellen bekannt geworden, die das Projektergebnis in Frage stellen könnten.

Die Technologie der Distributed Ledgers (alias Blockchain) hat während der Projektlaufzeit vielfältige öffentliche Aufmerksamkeit erhalten. Allerdings beschränkt sich die Diskussion im Wesentlichen auf digitale Währungen (mit BitCoin als prominentem Beispiel), die einerseits erhebliche Bedeutung als Spekulationsobjekt gewonnen haben (bis hin zur erstmaligen Verwendung als offizielles staatlich anerkanntes Zahlungsmittel), andererseits aufgrund des hohen Ressourcenverbrauchs bei proof-of-work Konsensverfahren große Kritik erfahren. Andere kritische Punkte (etwa die deflationären Prinzipien in BitCoin, die hohe Volatilität der Spekulation, die inhärenten Abhängigkeiten etwa von chinesischen Entscheidungen) erfahren in der öffentlichen Diskussion weit weniger Aufmerksamkeit.

Die bekannt gewordenen Anwendungen sind aktuell schwerpunktmäßig in der Logistikbranche angesiedelt. Zahlreiche Projekte, auch großer Finanzinstitute, arbeiten an Vorhaben wie etwa einer europäischen Digitalwährung.

Der während der Projektlaufzeit erfolgte Start des Vorhabens GAIA-X verspricht eine innovative, europaweite Herangehensweise an flexiblen, vernetzten Datenaustausch. Ein aktuell in der Diskussion befindliches Realisierungskonzept (auf Basis des Ocean Protocol) setzt in erheblichem Maße auf Blockchain-Technologie. Vor dem Hintergrund der Erfahrungen in HyServ ergeben sich hier erweiterte Anknüpfungspunkte und Gelegenheit für Wissenstransfer und neue Forschungsprojekte.

Die erfolgreiche Entwicklung und wachsende Marktbedeutung des Systems DKE Agrirouter für den herstellerneutralen und -übergreifenden Datenaustausch in der Landwirtschaft verspricht eine generische Lösung zur Anbindung von Landtechnik, die für eine Fortentwicklung der HyServ-Ergebnisse an dieser Stelle berücksichtigt werden sollte.

Die Vernetzung mit den Ergebnissen der GEOBOX-Projekte zur betrieblichen Datenmodellierung und zum resilienten Smart Farming bietet Ansatzpunkte für eine weitere Untersuchung der in HyServ entwickelten Ansätze für einen sicheren Informationsaustausch; es ist aktuell noch offen, welche Anwendungsszenarien diesen Ansatz sinnvoll erscheinen lassen.

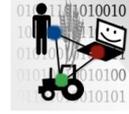
## 6 Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen

---

### 6.1 Mitarbeit an wissenschaftlicher Veröffentlichung (erschieden):

Marc-André Kaufhold, Margarita Grinko, Christian Reuter, Marén Schorch, Amanda Langer, Sascha Skudelny, Matthias Hollick (2019); **Potentiale von IKT beim Ausfall kritischer Infrastrukturen: Erwartungen, Informationsgewinnung und Mediennutzung der Zivilbevölkerung in Deutschland**; Proceedings of the International Conference on Wirtschaftsinformatik (WI) Siegen, Germany.

*Abstract:* In der Sicherheits- und Krisenforschung stehen bislang primär Fragen der Vulnerabilität, Stärkung von Resilienz und Erhaltung bzw. Wiederherstellung kritischer Infrastrukturen (KRITIS) im Mittelpunkt; zunehmend wird auch die Bedeutung von Sozialen Medien und Krisen-Apps erkannt. Inwiefern ist die Zivilbevölkerung in Deutschland aber auf das Eintreten einer Krise tatsächlich vorbereitet? Welche Informations- und Kommunikationstechniken (IKT) werden im Alltag und bei einem potentiellen Infrastrukturausfall genutzt? Unser Beitrag stellt die Ergebnisse einer repräsentativen Umfrage mit 1024 Teilnehmern in Deutschland vor, die belegen, dass Gefahrenbewusstsein, Vorbereitung, effektives Krisenmanagement und Verbreitung von Krisen-Apps in



Deutschland noch relativ gering sind, während traditionelle Kommunikations- und Informationskanäle sowie informelle Informationsnetzwerke bevorzugt werden. Die Ergebnisse stellen weiterhin die beträchtlichen Unterstützungspotentiale von IKT in derartigen Krisensituationen heraus, die zur Erhöhung des Risikobewusstseins, der Erleichterung des Informationstransfers und der Verbesserung der Kommunikation zwischen Zivilbevölkerung, KRITIS-Betreibern und Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS) entscheidend beitragen können.

#### 6.2 Mitarbeit an wissenschaftlicher Veröffentlichung (erschieden):

Bernardi, A., Reuter, C., Schneider, W., Linsner, S., & Kaufhold, M. A. (2019). **Hybride Dienstleistungen in digitalisierten Kooperationen in der Landwirtschaft – eine Forschungsagenda**. 39. GIL-Jahrestagung, Digitalisierung für landwirtschaftliche Betriebe in kleinstrukturierten Regionen – ein Widerspruch in sich?

*Abstract:* Arbeitsteilung und Kooperation sind essenzielle Bestandteile von Landwirtschaft, die sich im Laufe der Geschichte stetig weiterentwickelt haben. Nun ermöglicht die voranschreitende Digitalisierung in der Landwirtschaft erneut Innovationen und neue Arten der Kooperation. Moderne Dienstleistungen – wie optimierte Logistik oder umweltschonende Bewirtschaftung – verbinden zunehmend Maschinenleistungen und Datendienste zu untrennbaren Hybriden Services. Im Zuge dessen werden detaillierte Vereinbarungen bezüglich der bereitzustellenden betrieblichen Daten sowie der Verwendung der während der Dienstleistung erhobenen Messwerte getroffen. Im Rahmen des Projektes HyServ werden Servicekonzepte und Schnittstellen entwickelt, welche es den Akteuren erlauben, die Hoheit über die eigenen Daten zu behalten und dennoch kooperative Dienstleistungsverträge zu erstellen. Zu diesem Zweck werden dezentrale Strukturen mit kryptographisch gesichertem Austausch etabliert, welche als Infrastruktur für orchestrierte Micro-Services und Smart Contracts dienen.

#### 6.3 Wissenschaftliche Veröffentlichung (erschieden):

Sebastian Linsner, Rashmi Varma, Christian Reuter (2019); **Vulnerability Assessment in the Smart Farming Infrastructure through Cyberattacks**; 39. GIL-Jahrestagung: Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft Fokus; Digitalisierung für landwirtschaftliche Betriebe in kleinstrukturierten Regionen – ein Widerspruch in sich? Lecture Notes in Informatics (LNI) Wien, Austria.

*Abstract:* Das Internet der Dinge hat erhebliche Auswirkungen auf die Landwirtschaft. Das so genannte Smart Farming nutzt Drohnen und eine Vielzahl von Sensoren, um Klima, Bewässerung, Bodenfeuchte oder GPS-Position zu messen. Mit diesem schnellen Zustrom von Technologie erhöht sich die Gefahr, dass Schwachstellen in diesen Technologien für böswillige Zwecke ausgenutzt werden. Um die Auswirkungen von Cyberangriffen auf die Landwirtschaft aufzuzeigen, stellen wir eine Simulation mehrerer Angriffe auf ein ZigBee-basiertes drahtloses Sensornetzwerk vor. Wir führen einen Delay-Angriff, einen Interferenzangriff und drei verschiedene Routing-Angriffe (Sinkhole-, Blackhole- und Selective Forwarding Attack) durch. Diese Angriffe werden mit dem OMNET++/NETA Framework simuliert. Wir zeigen, dass die Sicherheit von drahtlosen Sensornetzwerken von Faktoren wie Energieverbrauch oder Rechenleistung beeinflusst wird, die im Widerspruch zu anderen Interessen wie niedrigen Kosten pro Einheit stehen können. Die in dieser Arbeit gewonnenen Erkenntnisse über Angriffsszenarien müssen in der Umsetzung technischer Lösungen – sowohl in Form von Soft- als auch Hardware – berücksichtigt werden, um die Sicherheit im landwirtschaftlichen Betrieb gewährleisten zu können und neue Angriffsvektoren proaktiv zu reduzieren.

#### 6.4 Wissenschaftliche Veröffentlichung (erschieden):

Sebastian Linsner, Franz Kuntke, Gina Maria Schmidbauer-Wolf, Christian Reuter (2019): **Blockchain in der Landwirtschaft 4.0 - Empirische Studie zu Erwartungen von Landwirt\_innen gegenüber dezentralen Services auf Basis von Distributed Ledger Technology**; Mensch und Computer 2019 Hamburg, Germany. doi:10.1145/3340764.3340799

*Abstract:* Die branchenübergreifende Digitalisierung, die auch in der Landwirtschaft durch den Einsatz neuer Technik, Sensorik und Vernetzung stattfindet, erfordert den verantwortungsvollen Umgang mit Daten. Eine Möglichkeit um Daten zu verwalten und Wert aus ihnen zu schöpfen ist der Einsatz der Blockchain-Technologie. Diese wird vor allem von der Lebensmittelindustrie und



den Endkunden mit dem Ziel der Nachverfolgbarkeit und Transparenz gefordert. Um einen für die Landwirtschaft sinnvollen Einsatz der Blockchain-Technologie zu gewährleisten, muss diese Anwendungsdomäne auch hinsichtlich ihrer sozialen und betrieblichen Strukturen betrachtet und analysiert werden. Dieser Beitrag stellt die Ergebnisse einer qualitativen Studie vor, bei der 41 Akteur\_innen aus dem landwirtschaftlichen Sektor schriftliche Beantwortung einer Frage und Fokusgruppen teilnahmen. Es stellte sich heraus, dass es für Landwirt\_innen attraktiv ist, neue Märkte und Technologien früh zu adaptieren, um einen Wettbewerbsvorteil erlangen zu können. Jedoch muss ihre Sorge vor dem Verlust langjähriger lokaler Geschäftspartner\_innen und des sozialen Gefüges, in dem sie aufgewachsen sind, berücksichtigt werden

#### 6.5 Mitarbeit an wissenschaftlicher Veröffentlichung (erschieden):

Jonas Höchst, Lars Baumgärtner, Franz Kuntke, Alvar Penning, Artur Sterz, Bernd Freisleben (2020); **LoRa-based Device-to-Device Smartphone Communication for Crisis Scenarios**; Proceedings of Information Systems for Crisis Response and Management (ISCRAM)

*Abstract.* In this paper, we present an approach to facilitate long-range device-to-device communication via smartphones in crisis scenarios. Through a custom firmware for low-cost LoRa capable micro-controller boards, called rf95modem, common devices for end users can be enabled to use LoRa through a Bluetooth, Wi-Fi, or serial connection. We present two applications utilizing the flexibility provided by the proposed firmware. First, we introduce a novel device-to-device LoRa chat application that works a) on the two major mobile platforms Android and iOS and b) on traditional computers like notebooks using a console-based interface. Second, we demonstrate how other infrastructure-less technology can benefit from our approach by integrating it into the DTN7 delay-tolerant networking software. The firmware, the device-to-device chat application, the integration into DTN7, as well as the experimental evaluation code fragments are available under permissive open-source licenses.

#### 6.6 Mitarbeit an wissenschaftlicher Veröffentlichung (erschieden):

Franz Kuntke, Marcel Sinn, Christian Reuter (2021); **Reliable Data Transmission using Low Power Wide Area Networks (LPWAN) for Agricultural Applications**; Proceedings of the 16th International Workshop on Frontiers in Availability, Reliability and Security (FARES 2021). doi:10.1145/3465481.3469191

*Abstract.* Reliable IT-based communication in agriculture is becoming increasingly important for regular operations. For example, if a farmer is in the field during a network outage, such as a failure of the mobile network, an alternative communication channel is needed to continue to connect to IT components and required data. With increasing digitalization, Low Power Wide Area Network (LPWAN) technologies are being used more and more frequently, e.g. for sensor networks. The LPWAN technologies offer a high range and can be used autonomously for the most part, but do not allow classic TCP/IP communication. In this work, a popular LPWAN technology, namely LoRaWAN, is experimentally supplemented by AX.25 on OSI layer 2 (Data Link Layer) to allow end devices TCP/IP-based communication over long distances. The evaluation shows that classic low-bandwidth applications are thus functional and can enable reliable, crisis-capable data transmission.

#### 6.7 Mitarbeit an wissenschaftlicher Veröffentlichung (erschieden):

Franz Kuntke, Marcel Sinn, Sebastian Linsner, Christian Reuter (2021); **Low Power Wide Area Networks (LPWAN) für krisentaugliche Datenübertragung in landwirtschaftlichen Betrieben**; 41. GIL-Jahrestagung: Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft Meyer-Aurich, Andreas Gandorfer, Markus Hoffmann, Christa Weltzien, Cornelia Bellingrath-Kimura, Sonoko D. Floto, Helga.

*Abstract.* Zuverlässige IT-basierte Kommunikation in der Landwirtschaft wird immer wichtiger für den regulären Betriebsablauf. Sollte sich ein Landwirt beispielsweise während eines lokalen Krisenfalls, wie einem Ausfall des Mobilfunknetzes oder des Internetzugangs des Betriebs, auf dem Feld aufhalten, wird ein alternativer Kommunikationskanal benötigt, um weiterhin eine Verbindung zu IT-Komponenten und benötigten Daten herstellen zu können. Mit der zunehmenden Digitalisierung finden Low-Power-Wide-Area-Network (LPWAN)-Technologien immer häufiger Anwendung, beispielsweise durch den Aufbau von Sensornetzwerken. Die eingesetzten LPWAN-



Technologien bieten dabei eine hohe Reichweite und sind größtenteils autark einsetzbar, erlauben jedoch keine klassische TCP/IP-Kommunikation. Im Rahmen dieser Arbeit wird experimentell eine populäre LPWAN-Technologie, namentlich LoRaWAN, durch AX.25 auf OSI-Schicht 2 (Data Link Layer) ergänzt, um Endgeräten eine TCP/IP-basierte Kommunikation über weite Strecken zu erlauben. Die Evaluation zeigt, dass klassische Anwendungen mit niedriger Bandbreite somit funktionsfähig sind und krisentaugliche Datenübertragung in landwirtschaftlichen Betrieben ermöglichen können.

#### 6.8 Wissenschaftliche Veröffentlichung (erschieden):

Sebastian Linsner, Franz Kuntke, Enno Steinbrink, Jonas Franken, Christian Reuter (2021); **The Role of Privacy in Digitalization – Analysing the German Farmers' Perspective**; Proceedings on Privacy Enhancing Technologies (PoPETs) ;2021(3). Autoren: Sebastian Linsner, Franz Kuntke, Enno Steinbrink, Jonas Franken, Christian Reuter

*Abstract:* Technological progress can disrupt domains and change the way we work and collaborate. This paper presents a qualitative study with 52 German farmers that investigates the impact of the ongoing digitalization process in agriculture and discusses the implications for privacy research. As in other domains, the introduction of digital tools and services leads to the data itself becoming a resource. Sharing this data with products along the supply chain is favored by retailers and consumers, who benefit from traceability through transparency. However, transparency can pose a privacy risk. Having insight into the business data of others along the supply chain provides an advantage in terms of market position. This is particularly true in agriculture, where there is already a significant imbalance of power between actors. A multitude of small and medium-sized farming businesses are opposed by large upstream and downstream players that drive technological innovation. Further weakening the market position of farmers could lead to severe consequences for the entire sector. We found that on the one hand, privacy behaviors are affected by adoption of digitalization, and on the other hand, privacy itself influences adoption of digital tools. Our study sheds light on the emerging challenges for farmers and the role of privacy in the process of digitalization in agriculture.

#### 6.9 Mitarbeit an wissenschaftlicher Veröffentlichung (erschieden):

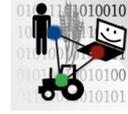
Bernardi, A., Becker, S., Struve, C., Bund, T., Linsner, S., Reuter, C., & Müller, G. (2021); **Erfolgsorientierte Dienstleistung: neue Perspektiven für die landwirtschaftliche Arbeitsteilung durch hybride Dienstleistungen**; 41. GIL-Jahrestagung, Informations- und Kommunikationstechnologie in kritischen Zeiten.

*Abstract:* Im Projekt HyServ werden landwirtschaftliche Dienstleistungen als Hybrid aus klassischem Arbeitsauftrag und Auftrag zur Datenverarbeitung verstanden, der sowohl den Auftrag als auch das Ergebnis umfasst. Die hybriden Dienstleistungen mit fälschungssicheren Vereinbarungen und technischen Kontrollmöglichkeiten sichern besseres Vertrauen in intensiven Datenaustausch und innovative Produktionsformen in komplexen Kooperationen. Die integrierte Betrachtung von konventionell-physischer Arbeitsleistung und Datenverarbeitung erlaubt neuartige landwirtschaftliche Dienstleistungen: Anstelle der reinen Aktivität kann das Erreichen definierter Ziele vereinbart und nachprüfbar dokumentiert werden. So können auch Ergebnisse, die erst nach längerer Zeit erkennbar werden, in die vereinbarte Leistung einbezogen und erfolgsabhängig entlohnt werden. Derartige erfolgsorientierte Dienstleistungen verbinden Ausführung und Garantieleistungen und eröffnen so gerade in kritischen Zeiten neue Formen der Risikoverteilung und innovativer Geschäftsmodelle

#### 6.10 Beteiligung an Publikation (erschieden):

Eberz-Eder, D., Kuntke, F., Schneider, W., & Reuter, C. (2021); **Technologische Umsetzung des Resilient Smart Farming (RSF) durch den Einsatz von Edge Computing**. 41. GIL-Jahrestagung, Informations- und Kommunikationstechnologie in kritischen Zeiten.

*Abstract:* Edge Computing bietet die Möglichkeit zur Realisierung von Resilient Smart Farming (RSF). Die vorliegende Arbeit setzt sich mit Möglichkeiten der möglichst ausfallsicheren Digitalisierung der Landwirtschaft als kritischer Infrastruktur auseinander und zeigt auf, dass dezentrale Lösungen des Edge Computing inzwischen innovative technologische Möglichkeiten zur Realisierung von RSF bieten. Die Vorteile der lokalen Datenverarbeitung am Entstehungsort in Kom-



bination mit einer regionalen Vernetzung bieten neue Möglichkeiten im Zeitalter von 5G-Infrastrukturen und dem Einsatz von IoT-Sensornetzwerken. Der Fokus dieser Arbeit liegt auf Edge Computing als Technologie zur Umsetzung eines resilienten Smart Farming.

#### 6.11 Wissenschaftliche Veröffentlichung (erschienen):

Franz Kuntke, Sebastian Linsner, Enno Steinbrink, Jonas Franken, Christian Reuter (2022); **Resilience in Agriculture: Communication and Energy Infrastructure Dependencies of German Farmers**; International Journal of Disaster Risk Science (IJDRS). doi:10.1007/s13753-022-00404-7

*Abstract:* Agriculture is subject to high demands regarding resilience as it is an essential component of the food production chain. In the agricultural sector, there is an increasing usage of digital tools that rely on communication and energy infrastructures. Should disruption occur, such strengthened dependencies on other infrastructure increase the probability of ripple effects. Thus, there is a need to analyze the resilience of the agricultural sector with a specific focus on the effects of digitalization. This study works out resilience capacities of the interconnected technologies used in farm systems based on the experiences and opinions of farmers. Information was gathered through focus group interviews with farmers (N = 52) and a survey with participants from the agricultural sector (N = 118). In particular, the focus is put on the digital tools and other information and communication technologies they use. Based on a definition of resilience capacities, we evaluate resilience regarding energy and communication demands in various types of farm systems. Especially important are the resilience aspects of modern systems' digital communication as well as the poorly developed and nonresilient network infrastructure in rural areas that contrast with the claim for a resilient agriculture. The result is a low robustness capacity, as our analysis concludes with the risk of food production losses

#### 6.12 Mitarbeit an wissenschaftlicher Publikation (erschienen):

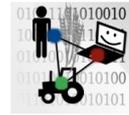
Franz Kuntke, Vladimir Romanenko, Sebastian Linsner, Enno Steinbrink, Christian Reuter (2022); **LoRaWAN Security Issues and Mitigation Options by the Example of Agricultural IoT Scenarios**; Transactions on Emerging Telecommunications Technologies (ETT).

*Abstract:* The Internet of Things (IoT) is a major trend that is seen as a great opportunity to improve efficiency in many domains, including agriculture. This technology could transform the sector, improving the management and quality of agricultural operations, for example, crop farming. The most promising data transmission standard for this domain seems to be Long Range Wide Area Network (LoRaWAN), a popular representative of low power wide area network technologies today. LoRaWAN, like any wireless protocol, has properties that can be exploited by attackers, which has been a topic of multiple research papers in recent years. By conducting a systematic literature review, we build a recent list of attacks, as well as collect mitigation options. Taking a look at a concrete use case (IoT in agriculture) allows us to evaluate the practicality of both exploiting the vulnerabilities and implementing the countermeasures. We detected 16 attacks that we grouped into six attack types. Along with the attacks, we collect countermeasures for attack mitigation. Developers can use our findings to minimize the risks when developing applications based on LoRaWAN. These mostly theoretical security recommendations should encourage future works to evaluate the mitigations in practice.

#### 6.13 Wissenschaftliche Veröffentlichung (erschienen):

Sebastian Linsner, Enno Steinbrink, Franz Kuntke, Jonas Franken, Christian Reuter (2022); **Supporting Users in Data Disclosure Scenarios in Agriculture through Transparency**; Behaviour & Information Technology (BIT).

*Abstract:* Business collaboration in the era of digital transformation requires the exchange of operational data. Since data are hardly controllable once they have been published or shared with others, it is highly important that users are clearly informed about who has access to which data and how certain settings can prevent the disclosure of sensitive data. However, giving end users more control over their data through increased transparency could also lead to information overload. This is particularly true in the field of agriculture, where tight schedules put pressure on employees of small enterprises. We conduct an empirical prestudy with 52 German farmers to investigate current data sharing scenarios. From these insights, we derive requirements and a concept for data sharing solutions providing data flow transparency for users. To investigate the



behavior of users and the effects of transparent UI controls, we evaluate a prototype with 18 persons. Our evaluation shows that farmers demand flexible and secure tools that adjust to their workflows. Also, data should be stored and processed locally, granting farmers data sovereignty. Although the controls require additional effort, the evaluated transparent controls for data disclosure are easy to use and raise user awareness.

## 7 Öffentlichkeitsarbeit

---

- 23.11.2020: Das Projekt HyServ wurde durch einen unserer wissenschaftlichen Mitarbeiter auf dem „**EU-Workshop on blockchain technologies in the agri-food sector**“ des EU Blockchain Observatory und Forum vorgestellt. Neben den Zielen von HyServ wurden einige Ergebnisse aus den bereits veröffentlichten Forschungsergebnissen präsentiert. <https://peasec.de/2020/eu-workshop-on-blockchain-technologies-in-the-agri-food-sector/>
- PEASEC als Kooperationspartner beim **RLP-Hackathon 2020**: Franz Kuntke, wissenschaftlicher Mitarbeiter bei PEASEC, betreute dort das Team Agrificial, welches den dritten Platz belegen konnte. <https://peasec.de/2021/peasec-als-kooperationspartner-beim-rlp-hackathon-2020-dritter-platz-fuer-das-team-agrificial/>
- 22.04.2021: Online-Vortrag von Prof. Reuter in Odenwald Akademie über **Resilient Smart Farming – Nutzung digitaler Technologien in krisensicherer Infrastruktur** <https://peasec.de/2021/odenwald-akademie-online-vortrag/>
- **Newsletter der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft**: Christian Reuter berichtet über Ausfall- und Angriffssicherheit der Landwirtschaft <https://peasec.de/2021/ausfall-und-angriffssicherheit-der-landwirtschaft/>