

AgriRegio: Infrastruktur zur Förderung von digitaler Resilienz und Klimaresilienz im ländlichen Raum am Beispiel der Pilotregion Nahe-Donnersberg

Christian Reuter¹, Franz Kuntke¹, Matthias Trapp², Christian Wied³, Gerwin Brill⁴, Georg Müller⁵, Enno Steinbrink¹, Jonas Franken¹, Daniel Eberz-Eder⁶, Wolfgang Schneider⁷

Abstract: Die Digitalisierung schreitet auch in der Landwirtschaft immer weiter voran. Vermehrt werden in landwirtschaftlichen Betrieben sogenannte Smart Farming-Technologien eingesetzt, mit deren Hilfe verschiedenste Arbeitsabläufe automatisiert ablaufen, kontrolliert werden und mit anderen Betrieben ausgetauscht werden können. Durch die verfügbaren Daten und die Vernetzung mit anderen Betrieben, ergeben sich vielfältige neue Möglichkeiten in Bezug auf ressourcenschonendes, wirtschaftlicheres und kollaboratives Arbeiten. Problematiken ergeben sich mit Blick auf die Speicherung dieser sensiblen Betriebsdaten, vor allem, wenn hierfür nur einige wenige Anbieter zur Verfügung stehen. Das Forschungsprojekt „AgriRegio“ soll die digitalisierte Datenerfassung und -nutzung in landwirtschaftlichen Betrieben widerstandsfähiger machen und die sicherheitskritische Infrastruktur schützen. Sieben Projektpartner erproben dazu smarte Sensoren auf Basis standardisierter Open-Source-Technologien in der Landwirtschaft, bei denen die Betriebsdaten dezentral auf lokalen Servern gespeichert werden.

Keywords: Resilienz, Edge Computing, Landwirtschaft

1 Einleitung

Beim sogenannten Smart Farming werden verschiedenste Sensoren, Geräte und Systeme eines landwirtschaftlichen Betriebs miteinander vernetzt. Dabei werden Daten genutzt, die entweder von amtlichen Stellen abgerufen oder selbst erzeugt werden. Auf diese Weise können beispielsweise Bodeneigenschaften, Landschaftsstrukturen oder Verkehrswege in die Planung einbezogen werden. Smart Farming macht also ein ressourcenschonendes und wirtschaftlicheres Arbeiten möglich. Zudem können die Daten beim überbetrieblichen Lo-

¹ Technische Universität Darmstadt (TUDa), Wissenschaft und Technik für Frieden und Sicherheit (PEASEC), Pankratiusstr. 2, 64298 Darmstadt, <nachname>@peasec.tu-darmstadt.de, <https://orcid.org/0000-0003-1920-038X>, <https://orcid.org/0000-0002-7656-5919>

² RLP AgroScience, Breitenweg 71, 67435 Neustadt an der Weinstraße, matthias.trapp@agrosience.rlp.de

³ IBM Deutschland GmbH, IBM-Allee 1, 71139 Ehningen, christian.wied@de.ibm.com

⁴ expeer GmbH, Wachsbleiche 10-12, 53111 Bonn, brill@expeer.de

⁵ Maschinen- und Betriebshilfsring Rheinhessen-Nahe-Donnersberg e.V., Otto-Lilienthal-Str. 4, 55232 Alzey, georg.mueller@mbr-alzey.de

⁶ Land Rheinland-Pfalz, DLR Rheinhessen-Nahe-Hunsrück, Rüdeshheimer Str. 60 - 68, 55545 Bad Kreuznach, daniel.eberz@dlr.rlp.de

⁷ Maschinen- und Betriebshilfsring Rheinhessen-Nahe-Donnersberg e.V. (Mitglied), Otto-Lilienthal-Str. 4, 55232 Alzey, wolfgang.schneider@steinwein.de

gistik- und Bewirtschaftungsmanagement neue Handlungsoptionen zum Boden-, Pflanzen- und Klimaschutz liefern. Dieses „datenlastige“ Arbeiten hat jedoch auch Nachteile, vor allem, wenn zur Datenspeicherung nur wenige oder ein einzelner Anbieter genutzt werden. Ein Ausfall oder gar Angriff auf die dabei eingesetzten digitalen Lösungen könnte dann im Extremfall zu Produktionsausfällen und Versorgungsengpässen führen. Hier setzt AgriRegio an.

Im Rahmen des Projekts „AgriRegio – Infrastruktur zur Förderung von digitaler Resilienz und Klimaresilienz im ländlichen Raum am Beispiel der Pilotregion Nahe-Donnersberg“ werden mit Hilfe standardisierter Open-Source-Technologien neue Anwendungen entwickelt, mit denen die beteiligten Landwirtschaftsbetriebe vor Ort ihre Daten erfassen und verarbeiten können, beispielsweise die Bodenfeuchtigkeit. Werden mehrere Sensoren eingesetzt, die sich miteinander verbinden, spricht man von Sensornetzen. Sensornetze können auch überbetrieblich im Verbund betrieben werden. Die Daten werden dabei per Funkverbindung direkt an die Betriebe übermittelt, und sind damit vom Internet unabhängig.

Gespeichert werden die Daten lokal auf einem kostengünstigen Miniserver, der „HofBox“, die im Rahmen des Vorgänger-Projekts „GeoBox-Infrastruktur“ entstanden ist und parallel weiterentwickelt wird. Hier befinden sich auch Betriebsdaten, Geodaten und Fachinformationen. Weil die Daten nicht auf einem zentralen Server gespeichert werden, sondern dezentral bei jedem landwirtschaftlichen Betrieb in der jeweiligen HofBox, entsteht eine widerstandsfähige digitale Infrastruktur, die zudem auch bei Internetausfällen funktionsfähig bleibt.

Ziel des Projekts AgriRegio ist es zu zeigen, dass sich auf regionaler Ebene ein flächendeckendes und vom Internet unabhängiges Sensornetz mithilfe von aktuellen, standardisierten Technologien des Edge Computings etablieren lässt. Das innovative Konzept für dezentrales und resilientes Edge Computing soll zur Praxisreife entwickelt und erprobt werden. Resilientes Edge Computing bedeutet dabei, dass digital erfasste Daten dezentral verarbeitet werden – ohne Anbindung an zentrale Server in Rechenzentren. Das Konzept wird im Rahmen einer öffentlich-privaten Partnerschaft unter Einbeziehung von regionalen Erzeugerorganisationen und Gebietskörperschaften in den nächsten zwei Jahren in der Pilotregion Nahe-Donnersberg in Rheinland-Pfalz getestet.

In diesem Artikel wird die Zielsetzung des Projekts, die bisherigen Arbeiten, der Forschungs- und Entwicklungsansatz sowie die Erfolgsaussichten besprochen.

2 Hintergrund

Nach der Verordnung zur Bestimmung kritischer Infrastrukturen gilt ein Landwirt als Betreiber kritischer Infrastruktur im Sektor Ernährung, sofern der Schwellenwert der Produktion von 434.500 t Speisen oder 350 Mio. Liter Getränke pro Jahr überschritten wird. Ein Angriff auf die in der Landwirtschaft weit verbreiteten IT-Systeme würde aber weitaus mehr Betriebe treffen, als die per Gesetz als KRITIS eingestuft. Es könnte somit zu

einer deutlich höheren Zahl an betroffenen Personen führen, als der vom BSI zu Grunde gelegte Schwellenwert von 500'000 versorgten Personen. Gleichzeitig gilt: Im Ernährungssicherstellungs- und -vorsorgegesetz (ESVG) ist die Deckung des lebensnotwendigen Nahrungsmittelbedarfs im Falle einer Versorgungskrise durch den Staat sicherzustellen.

Der Fokus der Landwirtschaft liegt insbesondere auf der präzisen und nachhaltigen Bewirtschaftung des Bodens. Dies soll künftig das *Smart Farming* durch Erhebung und Analyse von Prozess- und Sensordaten ermöglichen. Die derzeit auf dem Markt verfügbaren Dienstleistungen und Produkte sind dabei durch die Funktionsweise des Cloud Computing geprägt. Das bedeutet, dass Daten nicht mehr vor Ort gespeichert werden, sondern auf Servern in Rechenzentren ausgelagert werden. Bei den betrieblichen Daten handelt es sich um freiwillig bereitgestellte Betriebsgeheimnisse [LKSF21]. Das heißt, dass das Anwenden von Sanktionen schwierig ist, wenn ein Cloud-Anbieter diese Daten für einen nicht legitimen Zweck verwendet [LSKF22]. Zusätzlich ist es schwer nachzuvollziehen, wie die Daten von einem Cloud-Anbieter innerhalb seiner eigenen Rechnersysteme verwendet werden.

Ein weiteres Problem stellt die Ausfallsicherheit der Vernetzung dar. Da der Service vieler Anbieter zumeist wie eine zentrale Drehscheibe funktioniert, über die alle Aktionen innerhalb des landwirtschaftlichen Betriebes koordiniert werden, muss bei deren Ausfall im schlimmsten Falle die gesamte Geschäftstätigkeit stillgelegt werden. Nutzen also ausreichend viele große Betriebe den gleichen Anbieter, so kann es im Extremfall zu Produktionsausfällen beziehungsweise Versorgungsengpässen kommen. Auch absichtlich verursachte Ausfälle durch Cyberangriffe sind nicht auszuschließen (zum Beispiel Denial-of-Service-Angriffe [RSEB18]).

Eine mögliche Gegenmaßnahme, um die Gefahren des Cloud-Computing zu adressieren wäre hier, zumindest ein teilweise eigenes dezentrales Netzwerk zu errichten (zum Beispiel „Digitale HofBox“ [KRSE20]). Bei einem solchen „Offline-First“-System geht es darum, dass Programme grundsätzlich ohne Internetanbindung nutzbar sind. Sie können zusätzlich auch noch alle gewohnten Online-Fähigkeiten bieten, um so beispielsweise eine optionale Steuerung über das Smartphone zu ermöglichen [KLSF22]. Um eine möglichst resiliente Infrastruktur zu gewährleisten, ist ein internes Rechner-zu-Rechner System einer zentralisierten Cloud-Lösung in jedem Fall vorzuziehen.

Die Vernetzung und Digitalisierung in der Ernährungswirtschaft nimmt exponentiell zu und wird große Veränderungen bringen. Der kritischen Infrastruktur Landwirtschaft und der notwendigen kritischen Auseinandersetzung mit dem Sicherheitsaspekt der Technologie muss ausreichend Aufmerksamkeit eingeräumt werden. Es wäre daher von hoher Relevanz, die Infrastruktur für ein resilientes Smart Farming (RSF) zu erstellen. Ziel ist es daher, die Fortschritte der Digitalisierung in der Landwirtschaft zu nutzen, ohne die Ausfallsicherheit der landwirtschaftlichen Primärproduktion und damit die Lebensmittelversorgung der Verbraucher zu gefährden. Das Projekt AgriRegio möchte hierzu einen Beitrag leisten.

3 Zielsetzung des Projekts AgriRegio

Ziel des Projekts AgriRegio ist es, bei der Digitalisierung in der Landwirtschaft neue und innovative Konzepte eines dezentralen und resilienten Edge Computings (REC) [EKSR21] zur Praxisreife zu entwickeln und in der rheinland-pfälzischen Pilotregion Nahe-Donnersberg im Rahmen einer überbetrieblichen Vernetzung in öffentlich-privater Partnerschaft unter Einbeziehung von regionalen Erzeugerorganisationen und Gebietskörperschaften zu testen. Im Sinne der experimentellen Forschungsmethodik sollen die Projektpartner die finalen, konkreten Lösungen im Zuge des Projekts integrieren.

Das resiliente Edge Computing dient der Weiterentwicklung der GeoBox-Infrastruktur [KRSE20] zur dezentralen Datenhaltung und regionalen Vernetzung, die das BMEL mit Zustimmung der Agrarministerkonferenz seit 2018 über den Projektträger BLE und die Landwirtschaftliche Rentenbank fördert. Zum bisherigen Förderbezug, der sich primär auf die Sicherung der betrieblichen Datenhoheit und Wertschöpfung durch die Etablierung von offline-fähigen HofBoxen richtete, bringt AgriRegio mit der Anbindung von IoT-Sensornetzwerken mit innovativer Analyse der Sensordaten nahe am Punkt ihrer Erzeugung, sprich am Netzwerkrand oder der „Edge“, zusätzliche Optionen eines überbetrieblich verankerten Umwelt- und Klimaschutzes auf regionaler Ebene.

AgriRegio soll demonstrieren, dass sich IoT-Sensoren auf Basis aktueller und standardisierter Open Source-Technologien des Edge Computings an die HofBoxen der GeoBox-Infrastruktur andocken lassen und Landwirte damit eigene IoT-Sensornetze im überbetrieblichen Verbund betreiben können. Die Koordination entsprechender Erzeugernetzwerke mit sensorgestützten HofBoxen erfolgt in AgriRegio exemplarisch durch eine Allianz des Informationsdienstleisters RLP AgroScience mit dem regional zuständigen Maschinenring Alzey, der die gewonnenen Sensordaten in Form von High-Level-Services nutzen kann. Beispielsweise bieten Sensordaten zur Ableitung der Bodenfeuchte und Blattnässe den Landwirten nicht nur betriebsinterne Vorteile, sondern liefern auch beim überbetrieblichen Logistik- und Bewirtschaftungsmanagement des Maschinenrings per Dashboard eine neue Dimension an regionalen Handlungsoptionen zum Boden-, Pflanzen- und Klimaschutz sowie zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit eines überbetrieblichen Smart Farmings.

Ausgehend vom Hofgut Neumühle in Münchweiler, das als „Open Data Farm“ auf Basis der GeoBox-Infrastruktur im Zentrum des Experimentierfelds Südwest steht und mit dem BMEL-Projekt SOFI (Smart Soil Information for Farmers) zur Bodenfeuchteabschätzung bereits bundesweit auf die KlimAgrar-Projekte ausstrahlt, soll in AgriRegio gemeinsam mit weiteren Betrieben in der Pilotregion Nahe-Donnersberg ein regionales IoT-Sensornetzwerk per resilienter LoRaWAN-Kommunikation aufgebaut und getestet werden [KRSL22]. In AgriRegio kann der beteiligte Maschinenring als Selbsthilfeorganisation der Landwirte den Nachweis erbringen, dass sich mit dem resilienten Edge Computing auf regionaler Ebene ein flächendeckendes und vom Internet unabhängiges Sensornetz etablieren lässt. Entscheidend ist hierbei der in AgriRegio verfolgte Open Source-Ansatz, der ein Rollout der sensorgestützten HofBoxen nicht durch Schutzrechte beeinträchtigt.

Mit diesem Aufbau ausfallsicherer Erzeugernetzwerke und der Organisationskompetenz beim überbetrieblichen Logistik- und Bewirtschaftungsmanagement ist der Maschinenring prädestiniert, um in der kritischen Infrastruktur (KRITIS) „Ernährung“ den in Krisenfällen regional zuständigen Gebietskörperschaften als Verwaltungshelfer gemäß des Ernährungssicherstellungs- und -vorsorgegesetzes (ESVG) zuzuarbeiten. Um der wachsenden Vulnerabilität einer internetabhängig digitalisierten Landwirtschaft entgegenzuwirken, werden in AgriRegio erste Testläufe des resilienten Edge Computing der GeoBox-Infrastruktur bei simulierten Internetausfällen in der Pilotregion Nahe-Donnersberg durchgeführt.

Die Ausrichtung der Resilienzscenarien und darauf abgestimmte Testläufe werden in enger Zusammenarbeit mit Vertretern der assoziierten Kreisverwaltungen im Rahmen regelmäßiger Workshops festgelegt und gemäß den implementierten Technologien dynamisch weiterentwickelt und umgesetzt.

Auf Forschungsebene soll erstmalig in Zusammenarbeit mit den assoziierten Kreisverwaltungen evaluiert werden, ob regionale und resiliente IoT-Sensornetzwerke auf Basis der in AgriRegio fusionierten REC- und LoRaWAN-Technologien neben dem direkten Nutzen beim Smart Farming und dem Klimaschutz auch der digitalen Resilienz im Rahmen gesellschaftlich relevanter ESVG-Krisenpläne zur Ernährungssicherung dienen können. Eine derartige „Doppelnutzung“ ist politisch willkommen und würde der flächendeckend operierenden Landwirtschaft einen neuen Stellenwert bei der im GeoBox-Projekt u.a. mit IBM initiierten öffentlich-privaten Partnerschaft zur Etablierung einer "digitalen Resilienz als Service“ (dRaaS) in der Kritischen Infrastruktur Ernährung verschaffen. Die in AgriRegio geplante experimentelle Operationalisierung einer resilienten Infrastruktur bei Internetausfällen ist offen für eine herstellerübergreifende Beteiligung der IT-Branche und insbesondere für Anbieter vulnerabler Cloudlösungen von zunehmender Relevanz. Es werden keine Schutzrechte durch die Arbeiten im Rahmen von AgriRegio angestrebt.

4 Bisherige Arbeiten

Koordiniert wird das Verbundprojekt vom Fachgebiet Wissenschaft und Technik für Frieden und Sicherheit (PEASEC) am Fachbereich Informatik der Technischen Universität Darmstadt. Weitere Partner sind IBM Deutschland GmbH, expeer GmbH, RLP AgroScience, der Maschinen- und Betriebshilfsring Rheinhessen-Nahe-Donnersberg e.V. sowie die Kreisverwaltungen Donnersbergkreis und Bad Kreuznach sowie das Dienstleistungszentren Ländlicher Raum (DLR) Rheinhessen-Nahe-Hunsrück. Das BMEL fördert AgriRegio für zwei Jahre aus Mitteln der Landwirtschaftlichen Rentenbank.

Der Lehrstuhl *Wissenschaft und Technik für Frieden und Sicherheit (PEASEC)* im Fachbereich Informatik der *Technischen Universität Darmstadt* verbindet Informatik mit Sicherheitsforschung. Im Fach Informatik gehört die TU europaweit zu den führenden Universitäten – gemessen an der Forschungsleistung. PEASEC forscht zur resilienten Digitalisierung in der Landwirtschaft und beschäftigt sich mit der Nutzbarkeit von Sicherheits-

und Privatheitskonzepten [LiVR19, LKSR19] zum Schutz vor gezielten Angriffen und unbeabsichtigten Fehlfunktionen. PEASEC ist beteiligt an dem BMBF-Projekt *HyServ* (BMBF; Hybride Dienstleistungen) [BBSL21] sowie den BMEL-Projekten *GeoBox-I* (Dezentrale Datenhaltung und Regionale Vernetzung) und *GeoBox-II* (Standardisierter Datenaustausch mit amtlichen Informationsportalen) sowie Koordinator des Forschungsbereichs *Secure Urban Infrastructures* im Nationalen Forschungszentrum für angewandte Cybersicherheit ATHENE.

IBM gehört mit einem Umsatz von 73.620 Millionen US-Dollar im Jahr 2020 zu den weltweit größten Anbietern im Bereich Informationstechnologie (Hardware, Software und Services) und B2B-Lösungen. *IBM Deutschland* ist an rund 15 Standorten in ganz Deutschland vertreten und sichert damit nicht nur in allen wirtschaftlichen Metropolregionen, sondern auch in den Mittel- und Regionalzentren kurze Wege und beste Erreichbarkeit und Kundennähe. Künstliche Intelligenz/Business Analytics, Cloud Computing, Security, das Nutzen der Möglichkeiten im Internet der Dinge (IoT) und Blockchain-Technologien sind die strategischen Felder und bilden für IBM die Basis ihres stetig erweiterten Lösungsportfolios. IBM Edge Computing wurde entwickelt, zur Skalierung und zum Betrieb von Edge-Lösungen in jeder Umgebung mit autonomem Management. Eine wesentliche Zielsetzung ist autonome Ausführung, auch im Offlinebetrieb zur Reduzierung von Unterbrechungen und Kosten.

Die *expeer GmbH* ist ein gründergeführtes IT-Technologie- und Beratungsunternehmen aus Bonn, das überwiegend im Bereich der digitalen Transformation tätig ist. Seit 2002 setzt expeer hochkomplexe Projekte um. So sind die eingesetzten Prozesse seit 2017 nach ISO 9001:2015 zertifiziert. Seit 2019 ist expeer ein autorisiertes Beratungsunternehmen im vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie getragenen Programm go-digital. FuE-Tätigkeiten, u.a. für die Deutsche Luft- und Raumfahrtgesellschaft sowie die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, zeigen auf, mit expeer einen zukunftsorientierten Partner an der Seite zu haben. Die von expeer u.a. in den Forschungsprojekten TruNet sowie GeoBox-I/II mitentwickelten GeoBox-Technologien verknüpfen die Produktionsdaten landwirtschaftlicher Betriebe mit öffentlich bereitgestellten Informationen und sind somit zugleich redundanter lokaler (Zwischen-) Speicher und Drehscheibe im Prozess der landwirtschaftlichen Digitalisierung und ländlichen Vernetzung. Auf Grundlage der von expeer eingebrachten Basistechnologien jim!, jim!goesMobile und jim!trust-Net-Messenger realisieren wir einen dezentralen inhalts-agnostischen Enterprise-Service-Bus, der mit dem GeoBox-Messenger als Bedienoberfläche prinzipiell beliebige Anwendungsfälle und Workflows realisieren kann. P2P-basiertes WebRTC-Messaging in Kombination mit den dezentralen HofBoxen bietet zudem die Möglichkeit zur Untersuchung einer resilienten Inselnetz-Kommunikation.

Der *Maschinen- und Betriebshilfsring Rheinhessen-Nahe und Donnersberg e.V.* (MR) mit Sitz in Alzey übernimmt als Selbsthilfeorganisation der Landwirte auf regionaler und überbetrieblich ausgerichteter Ebene eine wichtige Rolle bei der digitalen Transformation der Landwirtschaft. Mit rund 2600 Mitgliedsbetrieben ist es eine der größten Maschinen-

ringeinheiten auf Bundesebene. Das Arbeitsgebiet umfasst 2.900 km² mit 150.600 ha landwirtschaftlicher Nutzfläche in 337 Gemeinden mit 840.000 Einwohnern. Neben der Organisation und Abrechnung überbetrieblicher Arbeiten entwickelt sich der Ausbau eines regional vernetzten Datenmanagements zwischen den Mitgliedsbetrieben zur Zukunftsaufgabe. Eine besondere Herausforderung stellt hierbei der arbeitsteilige Einsatz von informationsgestützter Landtechnik (überbetriebliches Smart Farming) dar. Am Beispiel des MR-Mitgliedbetriebs Hofgut Neumühle (u.a. „Open Data Farm“ im Experimentierfeld Südwest) entwickelte der Maschinenring gemeinsam mit PEASEC im BMBF-Projekt Hy-Serv [BRSL19] eine blockchainbasierte Auftragsabwicklung für hybride, d.h. informationsgestützte Maschinendienstleistungen. Satzungsgemäße Aufgabe der Maschinenringe in RLP ist auch die Unterstützung der Gesellschaft in Krisenfällen. Entsprechend groß ist das Interesse an einer resilienten Form der Digitalisierung in der landwirtschaftlichen Primärproduktion, um ggf. als „Verwaltungshelfer“ (n. ESVG, §3 Abs. 4) die für die regionale Ernährungssicherstellung zuständigen Landkreise in Krisenfällen mit möglichst ausfallsicheren Digitalisierungslösungen unterstützen zu können.

Gegenstand der *RLP AgroScience GmbH* sind grundlagen- und anwendungsorientierte Forschungs- und Entwicklungsarbeiten auf den Gebieten Biotechnologie und Agrarökologie im Zusammenhang mit Pflanzenproduktion. Die gemeinnützige Gesellschaft verfolgt das Ziel, diese Wirtschaftsweisen ökonomisch und ökologisch zu optimieren und das erarbeitete Wissen Unternehmen, Forschungseinrichtungen und interessierten Personen zur Verfügung zu stellen. Die Gesellschaft soll insbesondere die Wettbewerbsfähigkeit von Sonderkulturbetrieben (Weinbau, Obstbau, Gartenbau und sonstige) sowie von verarbeitenden Betrieben unterstützen und den Umwelt- und Naturschutz, vor allem in landbaulich intensiv genutzten Regionen, durch ihre Forschungstätigkeit fördern. Das Kernthema Anwendungen der Digitalisierung setzt Methoden der digitalen Landschaftsanalyse ein, um den landscape data space als raumzeitlichen Kontext weiter zu etablieren und als ein zentrales Element in die Geoboxinfrastruktur des Landes zu integrieren. Die RLP AgroScience ist Konsortialführer des Forschungsvorhaben SOFI sowie Forschungspartner im Verbundprojekt Experimentierfelder Südwest (beides gefördert durch das BMEL).

5 Forschungs- und Entwicklungsansatz

In AgriRegio gilt es den Nachweis zu führen, dass ein regional und überbetrieblich ausgerichteter Digitalisierungsansatz in der Landwirtschaft sofort im Tagesgeschäft seinen Nutzen entfalten kann und sich doch im Krisenfall, d.h. bei einem länger andauernden Internetausfall, in einem Notmodus weiterverwenden lässt. Diesen Anspruch kann die Geo-Box-Infrastruktur durch die in AgriRegio geplanten Entwicklungsschritte zur Integration des resilienten und sensorgestützten Edge Computings inzwischen immer besser erfüllen. Zu betonen ist hierbei, dass die herstellerunabhängige regionale Vernetzung von HofBoxen mit standardisierter Datenhaltung per 0/5-G-Kommunikation (d.h. inkl. LoRaWAN) nicht im Wettbewerb zu den proprietären und vielfach vulnerablen Cloudlösungen

der Wirtschaft steht. Vielmehr erlaubt die Etablierung der resilienten und von der Politik geforderten bzw. geförderten resilienten GeoBox-Infrastruktur als inselnetzfähiges „Fallback-System“ eine weitere Verwendung cloudbasierter Farmmanagementsysteme in der KRITIS Landwirtschaft und Ernährung [ReSE19].

Da sich in der Landwirtschaft bisher noch keine allgemeingültigen Datenaustauschstandards herauskristallisiert haben, arbeitet das vom BMEL geförderte GeoBox-Vorhaben an einer schema-agnostischen Datenhaltung in der HofBox, um Branchenlösungen auf Basis semantischer Technologien flexibel anbinden zu können. In diese Entwicklung sind die AgriRegio-Partner TUDa und das Softwarehaus expeer aktiv eingebunden, so dass die Berücksichtigung von aktuellen Schnittstellenentwicklungen sichergestellt ist. In dem für AgriRegio besonders relevanten Bereich der Geo- und Sensordaten wird die in der EU (INSPIRE) kürzlich beschlossene Umstellung auf Anwendungsprogrammierschnittstellen (z.B. OpenAPI, OGC API Features, SensorThings API) direkt umgesetzt.

Eine besondere Herausforderung beim dezentralen Edge Computing ist die Auslieferung und der fortlaufende Support der Edge Devices (HofBoxen). Hierzu kann AgriRegio erstmals auf das Open Source-Framework Open Horizon der Linux Foundation zurückgreifen. IBM fördert diese Open Source-Entwicklung für das Edge Computing und stellt in AgriRegio die Infrastruktur zur automatisierten Installation der HofBoxen (SDO-Standard: Secure Device Onboarding) und zur Integration und Fernwartung vielfältiger Softwarecontainer zur sicheren Offline-Nutzung in den Betrieben bereit. Im Projektverlauf von AgriRegio entwickelt und installiert IBM exemplarische Auslieferungskanäle für offline-fähige Softwareapplikationen, die im Sinne der digitalen Resilienz als Service (dRaaS) branchenweit auch von Drittanbietern genutzt werden können. Der Support von HofBoxen in der GeoBox-Infrastruktur wird über transportable und automatisierte Edge-Cloud-Rechenzentren abgesichert, die dezentral auf die für die Ernährungssicherung zuständigen Gebietskörperschaften (i.d.R. Landkreise) verteilt sind. Als Hardware für die betriebliche HofBox dienen aus Kostengründen primär Einplatinencomputer (z.B. Raspberry Pi), aber auch leistungsfähige Server oder Windows PCs können per Open Horizon als HofBox genutzt werden.

Der Maschinenring entwickelt und praktiziert ein entsprechendes Coaching für die Landwirte als HofBox-Nutzer und unterstützt diese beim Aufbau des regionalen Sensornetzwerks, welches eine internetunabhängige LoRaWAN-Installation zur Datenübertragung nutzt, vergleichbar zu [KSLR21]. Aufgrund der besonderen Umwelt- und Klimarelevanz der Bodenfeuchte beim (überbetrieblichen) Maschineneinsatz fokussiert sich der exemplarische Sensoreinsatz im AgriRegio-Vorhaben zunächst auf die Parameter Bodenfeuchte zur Ableitung der Befahrbarkeit von Böden sowie Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit zur Steuerung von überbetrieblichen Pflanzenschutzmaßnahmen.

Das Ausrollen der HofBoxen wird durch Evaluationsstudien der TUDa begleitet. Dabei werden mögliche Akzeptanzhemmnisse und Probleme seitens der Nutzerführung sowohl bei Inbetriebnahme, als auch fortwährender Nutzung der HofBoxen ermittelt. Im Rahmen

der Verbesserung der HofBox-Software wird die Forschung an benutzbaren privatheitsfördernden Technologien [LKSF21] fortgeführt.

Zur Datenauswertung der betrieblichen und regionalen Sensordatenströme entwickelt die RLP AgroScience ausgehend vom BMEL-Forschungsvorhaben SOFI das Bodenfeuchte-simulationsmodell SIMPEL weiter, um generische und mögliche Niederschlags- und Temperaturzeitreihen zu kreieren und deren Auswirkung auf den Einzelschlag zu rechnen [TrTK13].

Als weitere Anwendung werden aufbauend auf Sensornetzen zur kontinuierlichen Erfassung von Lufttemperatur und Luftfeuchte Korrelationen zur aktuellen Blattnässe erarbeitet, um damit wiederum Pflanzenschutzmaßnahmen überbetrieblich optimieren zu können. Dazu werden geostatistische Methoden und machine learning-Algorithmen genutzt, die Sensordaten, Vor-Ort-Messungen und die stationsgebundenen Daten der Agrarmeteorologie miteinander in Verbindung setzen. Als Ergebnis sollten dann wiederum einfache Ableitungen und Modelle stehen, die als entsprechende Softwarecontainer aufgrund des resilienten Edge Computings auf der HofBox laufen können und zusätzlich lokale Bewirtschaftungsdaten in die Auswertung einbeziehen. Dabei behalten Landwirte grundsätzlich die Datenhoheit. Sie bekommen jedoch die Option, ihre standort- und bewirtschaftungsspezifisch verfeinerten Daten für eine überbetriebliche Auswertung freizugeben und damit den Aufbau regionaler High-Level-Services zu unterstützen. Entsprechende Ergebnisse werden als thematische Karten einerseits betriebsbezogen an die HofBoxen zurückgeliefert und andererseits regionalisiert über das Portal des GeoBox-Viewers veröffentlicht, das vom ebenfalls in der Pilotregion angesiedelten Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum in Bad Kreuznach bereits länderübergreifend betrieben wird.

Im Fokus von AgriRegio steht allerdings die Einbindung der sensorgestützten Bodenfeuchte-Services in zu entwickelnde Dashboards für den Maschinenring. Ziel ist ein überbetriebliches und umweltsensitives Logistik- und Bewirtschaftungsmanagement, das RLP AgroScience gemeinsam mit IBM entwickelt. Aus Gründen des Umwelt- und Klimaschutzes ist diese regionale Steuerungsebene von besonderer Relevanz, da der Maschinenring beispielsweise lokale Niederschlagsereignisse beim überbetrieblichen Maschineneinsatz eher großräumig umgehen kann als ein standortgebundener Einzelbetrieb.

Zur hierfür erforderlichen Kommunikation von georeferenzierten Auftrags- und Bewirtschaftungsdaten zwischen Landwirten, Lohnunternehmern und Maschinenring entwickelt expeer für den bundesweit verfügbaren GeoBox-Messenger eine Teil-App, d.h. einen speziell an das Maschinenring-Framework angepassten Dokumentenchat in Form eines messengerbasierten Workflows. Dabei stellt der GeoBox-Messenger als prinzipiell anwendungsfallunabhängiger Datenaustauschkanal eine optimale Plattform auch für die regionale Vernetzung dar; er kann hier die Rolle eines Enterprise Service Bus (ESB) einnehmen. Zudem kann der auf mobilen Endgeräten installierte GeoBox-Messenger durch seine inhärenten ESB- und Schnittstellenfähigkeiten beispielsweise auf die Datenhaltung in der HofBox, aber auch auf lokale IoT-Sensornetze effizient zugreifen. Der GeoBox-Messen-

ger ist damit in der Lage, prinzipiell alle in der Landwirtschaft tätigen Personen auf individuellen Wegen und leichtgewichtig in das resiliente digitale Ökosystem von AgriRegio einzubinden.

AgriRegio liefert mit der GeoBox-Infrastruktur auf Basis des resilienten Edge Computings gewichtige Alleinstellungsmerkmale für eine regional ausgerichtete Digitalisierung in der Landwirtschaft, sowohl für das Tagesgeschäft als auch für Krisenfälle: 1.) Softwarecontainer für die betriebliche HofBox zur Offline-Datenhaltung sowie für angeschlossene IoT-Sensornetzwerke lassen sich automatisiert ausliefern und aktualisieren; 2.) Sensornetze können in der Landwirtschaft für klimarelevante High-Level-Services flächendeckend aufgebaut werden und bieten mit LoRaWAN den Einstieg in eine internetunabhängige und resiliente Kommunikation [KSLR21]; 3.) Messengerfunktionen dienen einer effizienten und herstellerunabhängigen Anbindung aller regional relevanten Akteure landwirtschaftlicher Produktions- und Lieferketten an übergeordnete Organisationseinheiten.

AgriRegio untersucht, wie die Maschinenringarbeit von vorgenannten Funktionen profitiert und Umwelt- und Klimaziele mit modernster Technologie angegangen werden können. Politisch und gesellschaftlich relevant ist zusätzlich die Frage, inwieweit Grundfunktionen der GeoBox-Infrastruktur bei länger andauernden Internetausfällen dazu beitragen können, essentielle Prozesse der landwirtschaftlichen Primärproduktion im Digitalzeitalter aufrecht zu erhalten. Durch Simulation von Internetausfällen prüft der Lehrstuhl Wissenschaft und Technik für Frieden und Sicherheit (PEASEC) der TUDa gemeinsam mit dem Maschinenring, inwieweit die regionale Operationalisierung des dezentralen und resilienten Edge Computings den Maschinenring dazu befähigt, als ESVG-Verwaltungshelfer die für die Ernährungssicherstellung zuständigen Landkreise im Krisenfall zu unterstützen.

Die prinzipielle Aufteilung der Aufgaben ist dabei wie folgt: Die TUDa übernimmt die wissenschaftliche Projektkoordination und ist direkter Absprache mit dem MR Alzey für die Evaluationen der Entwicklungen verantwortlich. Die Entwicklung neuer Software-Artefakte bzw. Konfiguration und Einbettung bestehender Software wird durch expeer (GeoBox-Applikationen) und IBM (Infrastruktur) übernommen. Domänenspezifische Anwendungen werden durch RLP AgroScience weiterentwickelt.

6 Erfolgsaussichten und Ausblick

Die in AgriRegio geplante experimentelle Zusammenführung bisheriger Entwicklungen der GeoBox-Infrastruktur mit innovativen Open Source-Lösungen zur Verbreitung des dezentralen und resilienten Edge Computings dient dem modellhaften Aufbau einer Resilienzregion, die als Referenz und Leuchtturm mit zentralem Support von ausfallsicher vernetzten HofBoxen und IoT-Sensoren sowohl die Klimaresilienz als auch die digitale Resilienz in Krisenfällen fördert und damit im Kontext von gesellschaftlich relevanten Entscheidungen zur Digitalisierung in der KRITIS Ernährung und Landwirtschaft wichtige Grundlagen liefern kann. Die Durchführung und Evaluierung simulierter Ausfallszenarien

wird dabei zugleich auch den wissenschaftlichen Diskurs voranbringen. Das Vorhaben schließt aus wissenschaftlicher Sicht nahtlos an frühere Vorarbeiten an und überführt innovative Konzepte in praktisch demonstrierte Machbarkeit.

AgriRegio zielt auf eine öffentlich-private Partnerschaft mit landwirtschaftlichen Erzeugerorganisationen einerseits, und den für die Ernährungssicherstellung (nach ESVG) zuständigen regionalen Gebietskörperschaften andererseits. Der an AgriRegio beteiligte Maschinenring hat ein primäres Interesse an Managementtools zur effizienten Operationalisierung eines herstellerunabhängigen und überbetrieblichen Smart Farmings. Diese in AgriRegio konzipierte Digitalisierungsstufe muss resilient und krisentauglich umgesetzt werden, da Maschinenringe in Rheinland-Pfalz satzungsbedingt den Staat in Krisenfällen unterstützen müssen. Entsprechend sollen die betrieblichen Komponenten der GeoBox-Infrastruktur auf Basis eines resilienten Edge Computings der Branche grundsätzlich als Open Source-Software zur Verfügung gestellt werden und auch der regionalen privatwirtschaftlichen Datenkommunikation dienen. Eine privatwirtschaftliche Nutzung des modular per Softwarecontainer erweiterbaren regionalen AgriRegio-Ökosystems durch Dritte ist erwünscht und kann durch die IT-Projektpartner fachlich und technisch unterstützt werden. Schon zur Laufzeit des Projektes soll der Praxistransfer der Ergebnisse bei Kreisverwaltungen, Landwirten, Maschinenringen, Lohnunternehmern und weiteren Dienstleistern getestet und evaluiert werden.

Danksagung

Diese Arbeit wurde aus Mitteln des Zweckvermögens des Bundes bei der Landwirtschaftlichen Rentenbank im Rahmen des Projekts AgriRegio gefördert.

Literaturverzeichnis

- [BBSL21] BERNARDI, ANSGAR ; BECKER, SANDRA ; STRUVE, CARSTEN ; LINSNER, SEBASTIAN ; REUTER, CHRISTIAN ; MÜLLER, GEORG: Erfolgsorientierte Dienstleistung: Neue Perspektiven für die landwirtschaftliche Arbeitsteilung durch hybride Dienstleistungen. In: *41. GIL-Jahrestagung: Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft* (2021), S. 37
- [BRS19] BERNARDI, ANSGAR ; REUTER, CHRISTIAN ; SCHNEIDER, WOLFGANG ; LINSNER, SEBASTIAN ; KAUFHOLD, MARC-ANDRÉ: Hybride Dienstleistungen in digitalisierten Kooperationen in der Landwirtschaft. In: MEYER-AURICH, A. (Hrsg.): *38. GIL-Jahrestagung: Digitalisierung in kleinstrukturierten Regionen, Lecture Notes in Informatics (LNI)*. Vienna, Austria : Gesellschaft für Informatik, 2019
- [EKS21] EBERZ-EDER, DANIEL ; KUNTKE, FRANZ ; SCHNEIDER, WOLFGANG ; REUTER, CHRISTIAN: Technologische Umsetzung des Resilient Smart Farming (RSF) durch den Einsatz von Edge-Computing. In: *41. GIL-Jahrestagung: Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft* (2021), S. 79–84
- [KLS22] KUNTKE, FRANZ ; LINSNER, SEBASTIAN ; STEINBRINK, ENNO ; FRANKEN, JONAS ; REUTER,

- CHRISTIAN: Resilience in Agriculture: Communication and Energy Infrastructure Dependencies of German Farmers. In: *International Journal of Disaster Risk Science (IJDRS)* (2022)
- [KRLS22] KUNTKE, FRANZ ; ROMANENKO, VLADIMIR ; LINSNER, SEBASTIAN ; STEINBRINK, ENNO ; REUTER, CHRISTIAN: LoRaWAN Security Issues and Mitigation Options by the Example of Agricultural IoT Scenarios. In: *Transactions on Emerging Telecommunications Technologies (ETT)* (2022)
- [KRSE20] KUNTKE, FRANZ ; REUTER, CHRISTIAN ; SCHNEIDER, WOLFGANG ; EBERZ, DANIEL ; BERNARDI, ANSGAR: Die GeoBox-Vision: Resiliente Interaktion und Kooperation in der Landwirtschaft durch dezentrale Systeme. In: *Mensch und Computer 2020 - Workshopband* (2020), S. 1–6
- [KSLR21] KUNTKE, FRANZ ; SINN, MARCEL ; LINSNER, SEBASTIAN ; REUTER, CHRISTIAN: Low Power Wide Area Networks (LPWAN) für krisentaugliche Datenübertragung in landwirtschaftlichen Betrieben. In: *41. GIL-Jahrestagung: Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft* (2021), S. 193–198
- [LiVR19] LINSNER, SEBASTIAN ; VARMA, RASHMI ; REUTER, CHRISTIAN: Vulnerability Assessment in the Smart Farming Infrastructure through Cyberattacks. In: MEYER-AURICH, A. (Hrsg.): *38. GIL-Jahrestagung: Digitalisierung in kleinstrukturierten Regionen, Lecture Notes in Informatics (LNI)*. Wien, Austria : Gesellschaft für Informatik, 2019
- [LKSF21] LINSNER, SEBASTIAN ; KUNTKE, FRANZ ; STEINBRINK, ENNO ; FRANKEN, JONAS ; REUTER, CHRISTIAN: The Role of Privacy in Digitalization – Analysing the German Farmers' Perspective. In: *Proceedings on Privacy Enhancing Technologies (PoPETs)* Bd. 2021 (2021), Nr. 3
- [LKSR19] LINSNER, SEBASTIAN ; KUNTKE, FRANZ ; SCHMIDBAUER-WOLF, GINA MARIA ; REUTER, CHRISTIAN: Blockchain in agriculture 4.0 - An empirical study on farmers expectations towards distributed services based on distributed ledger technology. In: *ACM International Conference Proceeding Series* Bd. 2019 (2019), S. 103–113 — ISBN 9781450371988
- [LSKF22] LINSNER, SEBASTIAN ; STEINBRINK, ENNO ; KUNTKE, FRANZ ; FRANKEN, JONAS ; REUTER, CHRISTIAN: Transparency and Accountability in Privacy Oriented Data Disclosure Scenarios in Agriculture. In: *Behaviour & Information Technology (BIT)* (2022)
- [ReSE19] REUTER, CHRISTIAN ; SCHNEIDER, WOLFGANG ; EBERZ, DANIEL: Resilient Smart Farming (RSF) – Nutzung digitaler Technologien in krisensicherer Infrastruktur. In: VIENNA, A. (Hrsg.): *38. GIL-Jahrestagung: Digitalisierung in kleinstrukturierten Regionen, Lecture Notes in Informatics (LNI)*. Vienna, Austria : Gesellschaft für Informatik, 2019
- [RSEB18] REUTER, CHRISTIAN ; SCHNEIDER, WOLFGANG ; EBERZ, DANIEL ; BAYER, MARKUS ; HARTUNG, DANIEL ; KAYGUSUZ, CEMAL: Resiliente Digitalisierung der kritischen Infrastruktur Landwirtschaft - mobil, dezentral, ausfallsicher. In: DACHSELT, R. ; WEBER, G. (Hrsg.): *Mensch und Computer 2018: Workshopband*. Dresden, Germany : Gesellschaft für Informatik e.V., 2018, S. 623–632
- [TrTK13] TRAPP, MATTHIAS ; TINTRUP GEN. SUNTRUP, GREGOR ; KOTREMBÄ, CHRISTIAN: Auswirkungen des Klimawandels auf die Landwirtschaft und den Weinbau in Rheinland-Pfalz. In: *Schlussberichte des Landesprojekts Klima- und Landschaftswandel in Rheinland-Pfalz (KlimLandRP)* Bd. Teil 3 (2013), S. 170