

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Ernährung  
und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

# LANDNETZ *IMPULSE*

*Erprobungsfeld für digitale ländliche Netze*



Das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) fördert LANDNETZ im Rahmen des Zukunftsprogramms Digitalpolitik in der Landwirtschaft als eines von deutschlandweit 14 digitalen Experimentierfeldern. Ziel ist die Weiterentwicklung der Digitalisierung im Bereich der Landwirtschaft gezielt zu unterstützen. Die Umsetzung der Forschungs- und Entwicklungsvorhaben in LANDNETZ wird von der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) betreut.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

# IMPRESSUM

## **Autoren**

Uwe Bergfeld, *Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie*

Fredrik Boye, *Fraunhofer-Institut für Verkehrs- und Infrastruktursysteme IVI*

Maximilian Deutsch, *Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie*

Jens Fehrmann, *Technische Universität Dresden*

Gerhard Fettweis, *Technische Universität Dresden*

Norman Franchi, *Technische Universität Dresden*

Frank Heisig, *Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie*

Thomas Herlitzius, *Technische Universität Dresden*

Dorothee Heyde, *Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie*

Stefanie Kewitz, *Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie*

Matthias Klingner, *Fraunhofer-Institut für Verkehrs- und Infrastruktursysteme IVI*

Till Kunkel, *Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie*

Vincent Lassen, *Technische Universität Dresden*

Isabel Raabe, *Technische Universität Dresden*

Benjamin Striller, *Technische Universität Dresden*

Anja Vetter, *Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie*

Thomas Welsch, *Technische Universität Dresden*

## **Bildnachweis**

Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

Benjamin Striller, Mario Henke & Jens Teichmann


## **Redaktion & Gestaltung**

Isabel Raabe, *Technische Universität Dresden*

Elke Sähn & Maximilian Stahr, *Fraunhofer-Institut für Verkehrs- und Infrastruktursysteme IVI*

## **Stand**

Juni 2021



# INHALT

ZUSAMMENFASSUNG	5
DIGITALISIERUNG DER LANDWIRTSCHAFT	6
KOMMUNIKATIONSNETZE & DATENAUSTAUSCH	7
LANDNETZ – ANWENDUNGSFÄLLE	14
NATIONALE & EUROPÄISCHE AKTIVITÄTEN	19
UNTERSTÜTZENDE PARTNER & NETZWERKE	20
PROJEKTSTECKBRIEF	22
REFERENZEN	23
GLOSSAR	24



## ZUSAMMENFASSUNG

Die produzierende Landwirtschaft kann mit Hilfe geeigneter digitaler Werkzeuge und deren Einsatz in den Prozessabläufen den steigenden Anforderungen an eine moderne und zukunftsfähige Landbewirtschaftung erfolgreich begegnen. Eine dafür wesentliche Voraussetzung, die der drahtlosen Kommunikation, steht aktuell jedoch weder flächendeckend und durchgängig noch zuverlässig zur Verfügung. Das Experimentierfeld LANDNETZ adressiert diese Herausforderung und entwickelt und erprobt Strategien zur völligen Vernetzung sowie zum adäquaten Datenaustausch als grundlegende Bedingung für eine Landwirtschaft 4.0. In diesem Whitepaper beleuchten wir aktuelle in der Landwirtschaft genutzte Vernetzungslösungen und stellen mit Mobilfunk-Campusnetzen einen alternativen Lösungsansatz für digitale Anwendungen in der Landwirtschaft vor. Die im Zuge digitaler Prozesse erhobenen Daten bedürfen sowohl einer sicheren Verarbeitung als auch eines geschützten Austauschs. Unter diesem Aspekt erörtern wir die Frage nach Datensouveränität und zeigen aktuelle Trends und Möglichkeiten für den sicheren Austausch von Daten auf. Im Experimentierfeld LANDNETZ werden im Zusammenspiel mit zahlreichen Kooperationspartnern digitale Anwendungsfälle in der Tierhaltung, des Obst- und Weinbaus sowie des Pflanzenbaus konzipiert, erprobt und optimiert. Im Beitrag betrachten wir exemplarisch drei Anwendungsfälle im Hinblick auf die jeweils erforderliche Kommunikationsinfrastruktur und den Datenaustausch näher.



# DIGITALISIERUNG DER LANDWIRTSCHAFT

## Ausgangssituation – Wie digital ist die Landwirtschaft heute?

Digitalisierung spielt bereits aktuell in vielen Bereichen der Landwirtschaft eine große Rolle. Im Feldbau fließen Daten aus verschiedenen Quellen (z. B. Wetterdaten) in die Planung ein, ermöglichen RTK-Spurführungssysteme vollautomatisiertes Fahren auf der Wirtschaftsfläche, und das automatisierte Arbeiten nach digitalen Applikationskarten sichert einen bedarfsgerechten Einsatz von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln. In der Tierhaltung überwachen Sensoren und Ortungssysteme das Verhalten der Tiere und unterstützen Landwirtinnen und Landwirte bei der Beurteilung des Gesundheitszustands jedes Einzeltiers. Daten werden teilweise in großem Umfang erhoben und verarbeitet. Sie erleichtern es Landwirtschaftsbetrieben, die komplexen Anforderungen und Dokumentationspflichten zu erfüllen. Häufig sind die digitalen Anwendungen aber Insellösungen, z. T. an die Hersteller gebunden und oft nicht interoperabel. Vielerorts fehlen die technischen Voraussetzungen (Netz-anbindung), um digitale Lösungen in die Praxis zu bringen.

## Vision Landwirtschaft 4.0 – Wie digital soll die Landwirtschaft werden?

Eine durchgehende digitale Unterstützung der Prozesse in der Landwirtschaft versetzt die Landwirtin und den Landwirt in die Lage, kleinteilig bedarfsorientiert zu handeln und effizient Ressourcen und Energie einzusetzen. Gleichzeitig erleichtert sie die Planung sowie Dokumentation der Betriebsprozesse und kann je nach Anforderung der Kunden Herkunft und Produktionsweise der landwirtschaftlichen Erzeugnisse transparent machen. Angesichts der weiter steigenden Anforderungen an die Prozesse in der Landwirtschaft (Reduktion von Umweltbelastungen etc.) und an die Produkte (Qualität) bietet die Digitalisierung die notwendigen Werkzeuge, diese Anforderungen erfüllen zu können. Grundlage dafür sind die Interoperabilität der Systeme, die sichere Verarbeitung der Daten und die Datensouveränität der Landwirtinnen und Landwirte, die jederzeit über die Verwendung ihrer Daten selbst entscheiden können müssen.

## Schwerpunkte im Experimentierfeld LANDNETZ

Der Fokus des Experimentierfeldes LANDNETZ ist gerichtet auf die Umsetzung und Demonstration von Strategien zur durchgängigen Vernetzung sowie für das erforderliche Datenhandling als grundlegende Voraussetzung für Smart Farming bzw. die Digitalisierung in der Landwirtschaft. Es werden Alternativen für die lückenhafte flächenbezogene Breitbandversorgung und Netzabdeckung durch die kommerziellen Mobilfunkanbieter aufgezeigt. Außerdem adressiert LANDNETZ die inadäquate Dauer von Standardisierungsprozessen sowie den Interessenkonflikt der Maschinenhersteller zwischen Datenhoheit und Datenverwertung mit der Demonstration von Lösungen zur Herstellung von Interoperabilität.

### DIGITALISIERUNG

Unter Digitalisierung in der Landwirtschaft, auch Digital Farming oder Landwirtschaft 4.0 in Anlehnung an Industrie 4.0, verstehen wir die durchgängige digitale Abbildung und Vernetzung der Betriebsprozesse zum Zweck der Planung und Steuerung (Effizienz) sowie der Dokumentation (Transparenz und Nachweispflicht). Hierbei werden nach Gandorfer [1] die Technologien des Smart Farming durch digitale Datenplattformen vernetzt. Smart Farming wiederum kann als Oberbegriff für wissensbasierte digitale Entscheidungsunterstützung bzw. Prozess-Management auf der einen und informationsbasiertes Precision Farming auf der anderen Seite verstanden werden. Erstere umfassen Farm-Management-Informationssysteme (FMIS), Agrar-Apps und digitale Marktplätze. Unter Precision Farming sind Automatisierung, Agrarrobotik und teilflächenspezifische Bewirtschaftung einzuordnen [1].

# KOMMUNIKATIONSNETZE & DATENAUSTAUSCH

## Aktuelle Vernetzungslösungen – Welche Technologien werden heute genutzt?

Die Vielfalt der landwirtschaftlichen Anwendungen spiegelt sich wider in der Bandbreite an derzeitigen Technologien für mobile Vernetzungslösungen zur Datenübertragung in der Landwirtschaft (Abbildung 1). Mobile Maschinen übermitteln Statusinformationen oder tauschen Daten mit der Hersteller-Cloud per Mobilfunk (2G bis 4G) aus. Aufgrund seiner Reichweiten spielt WLAN vor allem beim innerbetrieblichen Datenaustausch eine Rolle oder dient genauso wie Bluetooth der Verbindung von nicht-mobilfunkfähigen Geräten (bspw. Maschinenterminals oder Beacons) über geeignete Endgeräte (bspw. Smartphones) an das Mobilfunknetz. RFID<sup>1</sup> kommt zum Einsatz bei der Lokalisation und Identifikation vor allem von Tieren, aber auch von Betriebsmitteln, Anbaugeräten oder Mitarbeitern. LoRaWAN zur Tierlokalisation im Außenbereich wird erprobt. Stationäre Sensoren wie z. B. Wetterstationen werden über Mobilfunk angebunden, die Nutzung von IoT-Technologien, wie mobilfunkbasiertes NarrowBand-IoT oder LoRaWAN, ist im Aufkommen. Satellitenkommunikation spielt, u. a. aufgrund niedriger Datenraten und hoher Kosten, über Forschungsprojekte hinaus bisher kaum eine Rolle in der Landwirtschaft.

	Technologie	Reichweite	Datenrate	Latenz	Sicherheit	Lizenz	Anwendungsbeispiele
aktuell – Stand der Technik	RFID	10 m	850 kBits/s	~ 10 ms			Tieridentifikation
	Bluetooth	100 m	500 kBits/s	~ 100 ms			Datensynchronisation
	WLAN	~100 m	mehrere 100 MBits/s bis wenige GBits/s	~ 100 ms			Datensynchronisation
	bisheriger Mobilfunk (2G/ 3G/ 4G)	bis ca. 30 km	bis zu 100 MBit/s	~ 50 ms			Telefonie/ Telemetrie/ Videobildübertragung
im Aufkommen	NB-IoT	~10 km	~150 kBit/s	einige s			Sensorik
	LoRaWAN	einige 10 km	einige 10 kBit/s	einige s			Sensorik
neu	LTE-M	~10 km	bis zu 1 MBits/s	~50 - 100 ms			Sensorik
	5G	~10 km	bis zu 10 GBits/s	< 10 ms			Robotik, AR/VR

**Abbildung 1** Funktechnologien im Überblick. Dargestellt sind in der Landwirtschaft verwendete, aktuell aufkommende und neuartige Technologien. Die Angaben zu Reichweite, Datenrate und Latenz sind typische, in der Praxis beobachtete Werte, die im individuellen Fall von der Umgebung und der verwendeten Funkfrequenz abhängen. SIM/ S: keine freien Frequenzen

1 - siehe Glossar



## Aktuell ungelöste Probleme

Die mobile breitbandige und echtzeitfähige Vernetzung mit Hilfe von neuen Kommunikations- und Clouddiensten ist ein maßgeblicher Treiber der Digitalisierung in der Landwirtschaft [2,3,4]. Dieser Treiber kann seine volle Wirkung zur Optimierung landwirtschaftlicher Prozesse und Produkte jedoch erst dann entfalten, sobald er flächendeckend, durchgängig und zuverlässig für landwirtschaftliche Nutzer zur Verfügung steht. Dabei ist genau dies aktuell in Deutschland, aber auch in anderen EU-Staaten, die Kernherausforderung, weil breitbandige Zugänge zu öffentlichen Mobilfunknetzen nationaler Netzbetreiber bis dato vorwiegend in Ballungsräumen bereitgestellt werden. In ländlichen und landwirtschaftlich genutzten Räumen hingegen, ist meist nur eine Mobilfunkabdeckung mit schmalbandigen Netzzugängen (mit niedrigen Datenraten und schwankenden bzw. löchrigen Netzverfügbarkeitseigenschaften) oder teilweise gar keine Mobilfunkversorgung vorhanden. Mit den Glasfaser-Ausbaustrategien des Bundes und der Länder werden die Anbindungs- und Versorgungsmöglichkeiten zwar schrittweise verbessert, jedoch adressiert diese Strategie in erster Linie Haushalte und nicht die mobile Versorgung in der Fläche. Eine signifikante Verbesserung dieser Situation mit Blick auf die nächsten Jahre ist aktuell nicht abzusehen.

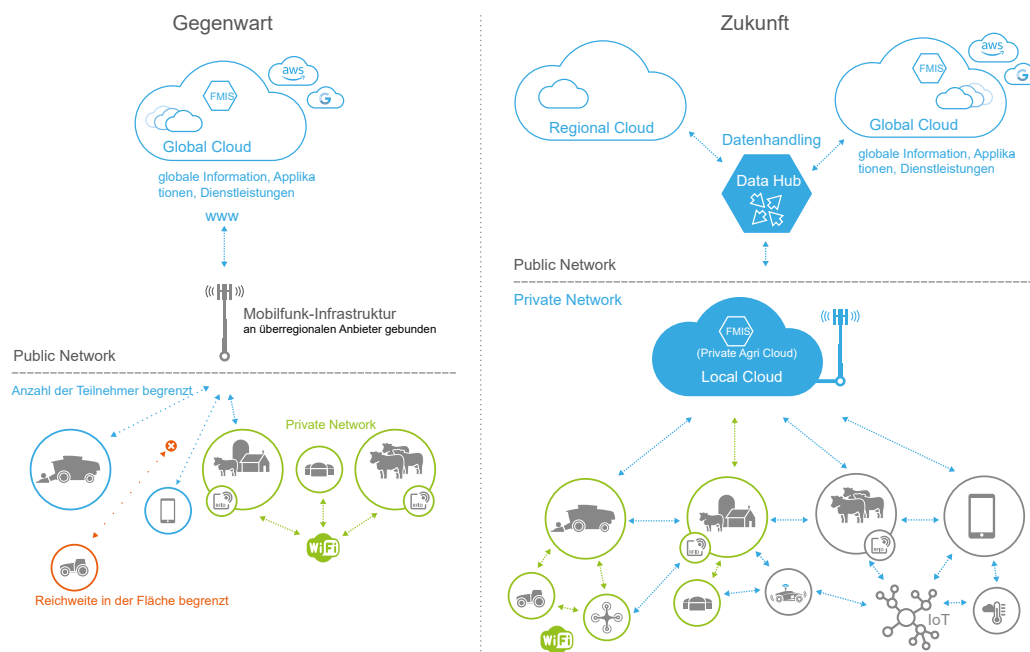
Die Abbildung 2 links zeigt den Stand der Technik von Vernetzungsmöglichkeiten in der Landwirtschaft mittels aktuell genutzter Mobilfunkkommunikationstechnik (2G/GSM, 3G/UMTS, 4G/LTE), wobei in Deutschland ein flächendeckendes 4G/LTE-Netz, welches bereits breitbandige Dienste erlauben würde, nicht verfügbar ist. Bei der drahtlosen Kommunikation mittels Mobilfunk ist der Nutzer bis dato stets an einen Telekommunikations-Dienstleister gebunden und die Daten werden üblicherweise mit Hilfe der Hersteller-Cloud des angeschlossenen Gerätes übertragen. Damit einher geht ein potentieller Interessenkonflikt bezüglich der weiteren Verwendung der Daten zwischen Cloud-Anbieter und Anwender. In Abbildung 2 rechts ist die in LANDNETZ verfolgte Kommunikations- und Cloudarchitektur auf der Basis von 5G-Technologien unter Einbindung von weiteren Vernetzungslösungen wie WLAN und RFID illustriert. Sie erlaubt es, private landwirtschaftliche Netzwerke, in

denen die drahtlose Kommunikation technologieübergreifend (d. h. 5G, 4G, WLAN, LPWAN, etc.) zum Zwecke der Anwendungen gemeinschaftlich orchestriert werden, zu schaffen, die durch beispielsweise einen regionalen Netzbetreiber verwaltet werden und deutlich sicherere und höhere Datenraten, Echtzeitfähigkeit, Verfügbarkeit, Zuverlässigkeit und Resilienz ermöglichen. Somit sind Abdeckung, Durchsatz und Datensouveränität ganz anders darstellbar. Viele Anwendungen erfordern keine Internetanbindung und können in der lokalen Cloud ausgeführt werden. Die Anbindung der lokalen Cloud an regionale oder globale Clouds erfolgt über einen Datenhub und trägt so zur Datensouveränität der Landwirtschaftsbetriebe bei. Im Experimentierfeld sollen Kommunikations- und Cloudinfrastrukturen konzipiert, errichtet, getestet und evaluiert werden, welche alle erforderlichen wie auch geeigneten Optionen für eine flächendeckende und leistungsstarke mobile Vernetzung in der Landwirtschaft und im ländlichen Raum gewährleisten. Abbildung 2 rechts veranschaulicht die dabei in LANDNETZ angestrebten und zu demonstrierenden unterschiedlichen Vernetzungsvarianten und Kommunikationswege, die für die betrachteten landwirtschaftlichen Anwendungen relevant sind.

## In LANDNETZ verfolgte Lösungsansätze

Das Experimentierfeld LANDNETZ war das erste Projekt in Deutschland und der EU, das Konzepte erforscht und entwickelt hat, um Campusnetze auch für die Landwirtschaft nutzbar zu machen. In LANDNETZ wurden und werden daher erstmals Mobilfunk-Campusnetze für landwirtschaftliche Anwendungen und Einsatzumgebungen konzipiert, entwickelt und begleitet von wissenschaftlichen Untersuchungen erprobt [5]. Mit 5G können erstmalig virtualisierte, eingebettete oder eigenständige Campusnetze realisiert werden [6]. Die ersten beiden Varianten sind in [6] erläutert und erfordern die Verfügbarkeit eines öffentlichen 5G-Netzes sowie der Kooperation mit einem öffentlichen Netzbetreiber. Die Variante eines eigenständigen Campusnetzes kann unabhängig von öffentlichen Mobilfunknetzen aufgebaut und betrieben werden. So ist es möglich, eigenständige dezentrale Campusnetze zu schaffen, die unabhängig





**Abbildung 2** Vernetzung in der Landwirtschaft. Gegenwärtiger Stand der Vernetzung in der Landwirtschaft mit öffentlichem Mobilfunk-Netzwerk (2G-4G) und ergänzend exemplarisch privatem WLAN und RFID (links). Künftige Netzwerkstrukturen in der Landwirtschaft mit dem in LANDNETZ verfolgten Ansatz mit privaten 5G-Campusnetzwerken und exemplarisch privatem WLAN und RFID (rechts).

von etwaigen Ausbauzielen öffentlicher Netzbetreiber betrachtet und untersucht werden können. Dabei werden zwei bauliche Ausprägungsformen unterschieden: zum einen Mobilfunk-Campusnetzanlagen mit festem Standort und zum anderen mobile, d. h. ortsveränderliche, Campusnetzanlagen. Standortfeste Landwirtschafts-Campusnetze werden im Grunde genommen wie normale Mobilfunkstandorte geplant und in Berücksichtigung mitnutzbarer Infrastruktur mit geeigneter Höhe, bspw. als kompakte Dachkonstruktionen auf Gebäuden (wie im LVG Köllitsch), an Hauswänden, Schornsteinen, Laternen oder auch Windkraftanlagen installiert. Dabei werden die Einstellungen für die Antennenausrichtung, ggf. MIMO-Beamforming-Konstellationen und Sendeleistungen entsprechend der gewünschten Netzabdeckung konfiguriert. Falls keine Infrastruktur mit geeigneter Höhe für Installationszwecke zur Verfügung steht, können ebenfalls Mobilfunkmasten mit Höhen bis zu 70 m (und entsprechendem Fundament) errichtet werden. Der grundlegende Unterschied zu öffentlichen Mobilfunknetzen besteht darin, dass alle für ein Mobilfunknetz relevanten Komponenten und Funktionen in einer kompakten und in ihrem Leistungsumfang an die zu

steuernden Funkzugangsknotenpunkte angepassten Form lokal aufgebaut werden. Bei 5G handelt es sich dabei um sog. 5G New Radio (NR) Stand-Alone (SA) Netzwerktechnik, bei der lokal neben dem Funkzugangnetzwerk (RAN) ebenfalls das Kernnetzwerk (Core Network), welches das komplette Netzwerk und den Datenfluss steuert, integriert wird. Um Anwendungen mit niedrigen Ende-zu-Ende-Latenzen zu realisieren und/oder eine Unabhängigkeit von Internetdiensten zu erreichen, können zudem lokale Applikationsrechner-einheiten (auf denen die Daten prozessiert bzw. Apps ausgeführt werden) in das Netzwerk integriert werden. Die Kombination aus Kernnetzwerk und Applikationsserver(n) wird in LANDNETZ als Local Edge Cloud (LEC) bezeichnet. Die Netzdimensionierung, bspw. die Anzahl verteilter Antennenstandorte, und die Netzabdeckung sind allein durch die Grundstücksgrenzen und Anwendungsanforderungen limitiert. Am LVG Köllitsch wurde im Dezember 2020 Deutschlands erstes standort-festes 5G-Mobilfunk-Campusnetz für einen landwirtschaftlichen Betrieb installiert und in diesem Zuge auch erstmals ein Antrag bei der Bundesnetzagentur (BNetzA) zur Nutzung sog. „lokaler 5G-Frequenzen“ für die Landwirtschaft gestellt.



Mobile Landwirtschafts-Campusnetze beinhalten die gleiche Systemtechnik wie standortfeste Campusnetze, allerdings i. d. R. ohne in der Fläche verteilte Antennen, dafür integriert in einen kompakten mobilen Aufbau (z. B. als Anhänger) mit robuster und energieautarker Auslegung sowie höhenverstellbarem Mast und variabler Antennenausrichtung. Dieser Campusnetz-Typ entspricht quasi einer „Network-In-A-Box“-Lösung mit eigenständigem Mobilfunknetz inkl. Edge Cloud und – falls gewünscht – separater Internetanbindungslösung. Die Abbildung 3 zeigt schematisch das LANDNETZ Campusnetz, welches aufgrund seines einfachen mobilen Charakters auch als nomadisches Netz bezeichnet werden kann. Das LANDNETZ Campusnetz integriert neben 5G zudem WLAN und LPWAN (wie z. B. LoRaWAN), damit sich Endgeräte, je nach Ausstattung, lokal über verschiedene Funklösungen mit dem Campusnetz verbinden können. WLAN und 5G bieten zudem auch Ad-hoc-Netzwerk-Funktionen, die für den Einsatz von Maschine-zu-Maschine (M2M) Kommunikation geeignet sind und im Zusammenspiel mit dem Campusnetz

genutzt werden können. Über die LPWAN-Schnittstelle des Campusnetzes werden IoT-Anwendungen, wie bspw. die Anbindung von Funksensoren, ermöglicht. In Kombination mit mobilem Campusnetz ermöglichen sich dem Anwender im landwirtschaftlichen Bereich damit weitere Optionen zur temporären orts- und bedarfs-erforderlichen Nutzung, auch für Mesh-Netze. Im LVG Köllitsch wird zu diesem Zweck ebenfalls ein mobiles Campusnetz geschaffen.

Die Anbindung des mobilen LANDNETZ Campusnetzes an das Internet kann dabei über verschiedene Funkschnittstellen erfolgen. Zum einen über 4G/LTE, falls eine ausreichende LTE-Abdeckung am Einsatzort gegeben sein sollte, über mobilfunkbasierte LPWAN-Technologien (wie NB-IoT und LTE-M), oder über Satellitenkommunikation. In LANDNETZ werden unter verschiedensten Netzabdeckungsbedingungen und für heterogene Landwirtschaftsanwendungen und Verbindungsanforderungen Untersuchungen durchgeführt, um die Nützlichkeit und Nutzbarmachung aller Schnittstellen anwendungsbezogen zu evaluieren.

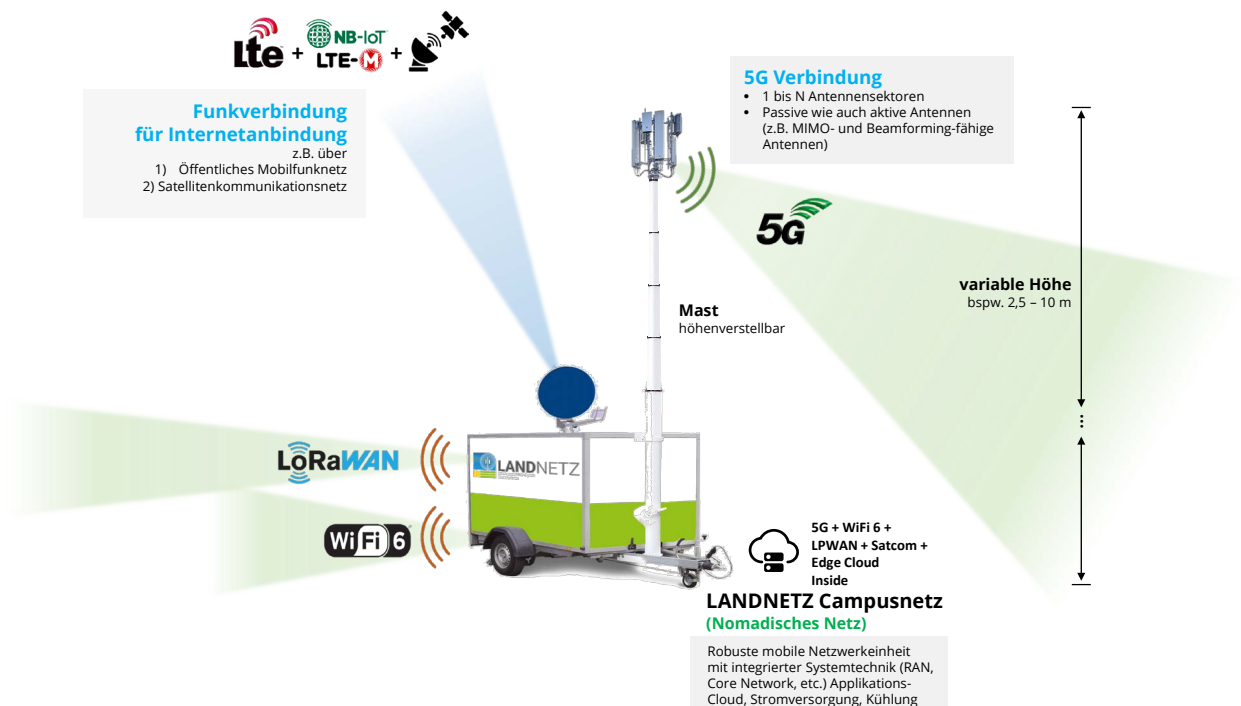


Abbildung 3. Mobiles LANDNETZ Campusnetz mit eigenständigem Mobilfunknetz inkl. Edge Cloud.



## Digitale Plattformen und Ökosysteme

Für eine Digitalisierung der Landwirtschaft ist ein Datenaustausch zwischen allen Beteiligten essenziell. Die Vermeidung von manueller Arbeit bezüglich der Datenüberführung birgt ein hohes Potenzial für die Effizienzsteigerung von Prozessen. Heutzutage gibt es bereits digitale Ökosysteme im Bereich der Landwirtschaft – diese sind jedoch herstellerspezifisch. Unter einem digitalen Ökosystem verstehen wir vernetzte Maschinen und digitale Plattformen, die wiederum aus Softwareanwendungen und Datenspeichern bestehen (Abbildung 4). Für den Austausch zwischen solchen digitalen Ökosystemen entwickeln sich zentrale Daten-Hubs oder Daten-Drehscheiben, deren primäre Aufgabe in der Verteilung der Daten besteht.

## Datensouveränität und Datenaustausch

Erst durch die Verarbeitung und Nutzung von Daten entsteht ein Mehrwert, beispielsweise durch die Identifikation von Problemen und einer darauf basierenden Entscheidungsunterstützung. Aber wem gehören die Daten und wer bestimmt über deren Nutzung? Aus rechtlicher Sicht gilt in Deutschland die Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO), diese regelt jedoch nur die Verwendung personenbezogener Daten. Es gibt nach aktueller Rechtslage kein generelles Eigentum an Daten, vom Urheberrecht abgesehen. Derjenige, der die Daten erhebt, kann die Daten nach seinem Belieben verwenden [7]. Weitere Regelungen können jedoch vertraglich vereinbart werden. Unter Datensouveränität (siehe Info-Box) in der Landwirtschaft verstehen wir die Definition aus dem Agricultural Data Space (ADS): „die Fähigkeit, Entscheidungen über die Verwendung von Daten, die im eigenen Betriebskontext erfasst wurden, selbstbestimmt treffen zu können, [und] die Auswirkungen dieser Entscheidungen verstehen zu können“ [8]. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist, dass die Nutzung der Daten aus dem eigenen betrieblichen Kontext durch Dritte erst nach expliziter Freigabe erfolgen kann und dass diese Freigabe auch geändert oder widerrufen werden kann. Für die Realisierung von Systemen, die eine Datensouveränität ermöglichen, gibt es aktuell mehrere Initiativen.

### DATENSOUVERÄNITÄT

Souveränität bedeutet selbstbestimmt handeln zu können. Auf landwirtschaftliche Daten bezogen spricht man von Datensouveränität in der Landwirtschaft. Aus unserer Sicht umfasst diese sowohl die rechtliche Legitimation als auch die organisatorischen und technischen Voraussetzungen für eine vollständig kontrollierte und transparente Speicherung sowie Verarbeitung der Daten aus dem eigenen betrieblichen Kontext. Dabei muss sichergestellt sein, dass

- Daten von Dritten nur nach Freigabe verwendet werden dürfen und diese Freigabe widerrufen werden kann,
- Verständnis und Transparenz der Konsequenzen einer Freigabe besteht,
- Daten nur für die erlaubten Zwecke in vereinbarter Form (bspw. anonymisiert) verwendet werden,
- es eine Wahlmöglichkeit darüber gibt, welche Daten wo gespeichert werden,
- die Daten einfach in verschiedenen Systemen genutzt werden können [11].

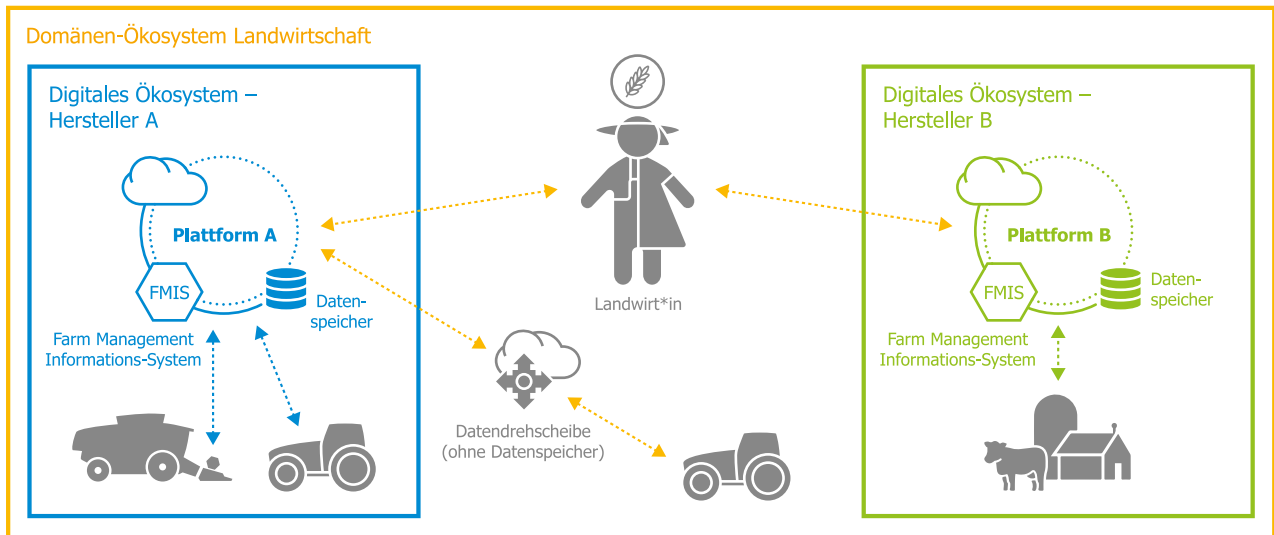


Abbildung 4. Teilnehmer und Datentransfer im digitalen Ökosystem Landwirtschaft in der heutigen Situation.

## Aktuelle Trends

2015 startete die Fraunhofer-Gesellschaft zusammen mit vielen weiteren Forschungs- und Industriepartnern eine Initiative für den Entwurf von offenen und sicheren Datenräumen. Zunächst als „Industrial Data Space“ begonnen, beinhaltet die Initiative seit 2018 unter dem Namen „International Data Spaces“ inzwischen mehr als 100 Mitglieder [9]. Ziel ist es, Protokolle und eine dezentrale Architektur zu entwickeln, die in verschiedenen Domänen – wie z. B. auch der Landwirtschaft – eingesetzt werden können. Dies soll es ermöglichen, Datensouveränität zu gewährleisten, Nutzungsregeln für Daten zu definieren und deren Einhaltung zu überprüfen. Gemeinsam mit Frankreich rief die deutsche Bundesregierung 2019 GAIA-X [10] ins Leben – Ziel ist es, eine vernetzte Dateninfrastruktur zu entwickeln, um Innovationen und die Unabhängigkeit Europas in diesem Bereich zu fördern. Dabei wird besonders darauf geachtet, dass diese offene, sichere und vertrauenswürdige Dateninfrastruktur konform mit europäischen Gesetzen und Verordnungen ist. Damit soll es ermöglicht werden, neuartige Dienste anzubieten und Daten vertrauensvoll zu teilen. Seit 2020 organisiert die internationale Non-Profit-Organisation GAIA-X AISBL die Zusammenarbeit. Auch hier sind Realisierungen in verschiedenen Domänen vorgesehen.

## Fokus im Projekt LANDNETZ

Bei der Digitalisierung im landwirtschaftlichen Bereich und dem breiten Spektrum an Anwendungsfällen fallen sehr unterschiedliche Daten an. Manche sind dabei möglichst ohne Verzögerung innerhalb der näheren Umgebung zu übertragen – z. B. von autonomen Feldrobotern in eine Leitstelle auf dem Hof. Aber nicht alle Daten müssen ständig in eine zentrale Cloud übertragen oder dauerhaft gespeichert werden, sondern es kann sinnvoll sein, möglichst früh eine Vorverarbeitung vorzunehmen und die Daten aufzubereiten, um deren Qualität und Aussagekraft zu erhöhen. Die daraus resultierende Information nimmt trotz vieler wichtiger Details weniger Speicherplatz in Anspruch als die Rohdaten (z. B. umfangreiche Bilddaten), aus denen die Information gewonnen wurde.

In LANDNETZ untersuchen wir, welche Herausforderungen und Möglichkeiten sich durch eine solche dezentrale Kommunikations-Infrastruktur ergeben. Wie lassen sich die Daten sicher zwischen den einzelnen Teilnehmern und landwirtschaftlichen Softwarelösungen austauschen? Wie konzipiert man ein verteiltes Datenhub-System, welches ganz oder teilweise in der Local Edge Cloud im lokalen Campusnetz ausgeführt wird? Welche Herausforderungen ergeben sich für den Betrieb und die Verwaltung eines solchen Systems?



Ein Schwerpunkt liegt dabei auf der Untersuchung, wie diese Systeme einen Beitrag zur Datensouveränität liefern können. Die Schaffung der technischen Voraussetzungen für das Vergeben von Zugangs- und Nutzungsrechten ermöglichen der Landwirtin und dem Landwirt selbst zu bestimmen, wer wann auf welche Daten zugreifen darf. Dabei werden existierende herstellerübergreifende Datenhubs wie der Agrirouter der DKE-Data GmbH unter praxisnahen Bedingungen untersucht. Auch die sich aktuell in der Entwicklung befindende Agricultural Dataspace (ADS) enabling Plattform wird evaluiert.

Der **Agricultural Data Space** ist die Gesamtheit aller Bestandteile eines herstellerübergreifenden digitalen Ökosystems in der Landwirtschaft, die Daten erzeugen, speichern, verwalten oder konsumieren bzw. austauschen. Für die Verbindung aller Akteure wird eine ADS Plattform entworfen, die die Konzepte der International Data Spaces aufgreift und auf die landwirtschaftliche Domäne überführt [8]. Dabei werden ein unabhängiger Datenspeicher („Digitaler Zwilling“) und Connectoren für einen sicheren Datenaustausch evaluiert.

Der **Agrirouter** versteht sich als herstellerübergreifende Datendrehschleife, die es landwirtschaftlichen Akteuren ermöglicht, Daten über zertifizierte Telemetrie-Verbindungen zwischen Maschinen und zertifizierten Agrarsoftwarelösungen auszutauschen. Im Rahmen von LANDNETZ wird das Potenzial untersucht, das sich daraus für den Nutzen digitaler Anwendungen in Landwirtschaftsbetrieben mit gemischten Flotten und einer oft großen Vielfalt an Softwarelösungen ergibt.

Das **GeoBox-Projekt** fokussiert schwerpunktmäßig auf die Bereitstellung öffentlicher Daten sowie eine resiliente IT-Infrastruktur für die Landwirtschaft durch unter anderem dezentrale Datenhaltung [12]. Ein weiteres Thema ist darüber hinaus ein offener, transparenter und kontrollierter standardbasierter (Datenformate, Vokabularien) Datenaustausch in einer digitalisierten Landwirtschaft.

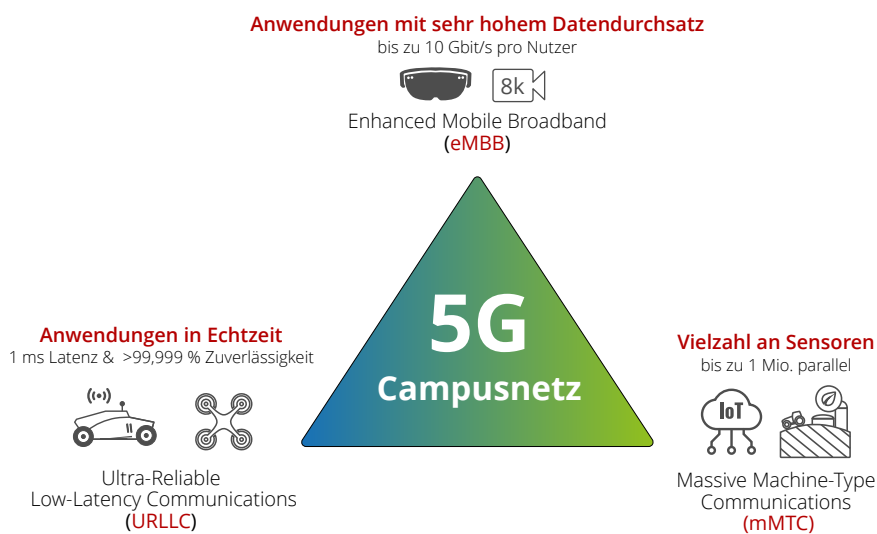


Abbildung 5. Wesentliche Eigenschaften des 5G Campusnetz.



# LANDNETZ ANWENDUNGSFÄLLE

In LANDNETZ werden im Zusammenspiel mit zahlreichen Praxisbetrieben sowie mehr als 20 Kooperationspartnern aus Industrie und Forschung neue digitale Technologien und Vernetzungslösungen für eine Vielzahl von Digitalisierungsanwendungen in der Landwirtschaft erprobt, optimiert und demonstriert. Bei einigen kommen dabei die Vorteile, die sich aus den drei wesentlichen Eigenschaften von 5G ergeben, in hohem Maße zum Zuge. Hohe Bandbreite (eMBB – Enhanced Mobile Broadband), geringe Latenz (URLLC – Ultra-Reliable Low-Latency Communications) sowie die Möglichkeit des Einsatzes einer sehr großen Anzahl an Sensoren (mMTC – Massive Machine-Type Communications) sind in Form des 5G-Dreiecks in Abbildung 5 illustriert. Die Anwendungen reichen dabei von teilflächenspezifischen pflanzenbaulichen Maßnahmen wie Aussaat und Stickstoffdüngung über digitalen Herdenschutz bis hin zur Maschine-zu-Maschine-Kommunikation (M2M) in Ernteketten wie bspw. zwischen Feldhäcksler und parallel fahrenden Abfuhrfahrzeugen. Im nachfolgenden Abschnitt werden exemplarisch drei weitere Anwendungsfälle – autonome landwirtschaftliche Fahrzeuge, automatische Wetterdatenerfassung im Pflanzenbau sowie Lösungen in der Tierhaltung unter Vernetzungs- und Digitalisierungsaspekten – näher betrachtet.

## 1. Feldrobotik

Die Automatisierung von Aufgaben in der Landwirtschaft schreitet fort, so dass in Zukunft intelligente hochautomatisierte Systeme mehr und mehr Arbeit übernehmen können. Die Anwendung von kleineren – mit entsprechender Sensorik und Intelligenz ausgestatteten – Maschinen, die komplexe Arbeitsvorgänge wie z. B. die mechanische Beikrautregulierung oder Pflanzenschutzmittelapplikation, aber auch einfache Arbeiten mit hohem Wiederholungsgrad autonom bewältigen können, wäre ein großer Schritt zur Verknüpfung von Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit.

### Anwendungsfall

Das Projekt LANDNETZ untersucht mit solchen Feldrobotern auch Forschungsfragen zu mobiler Vernetzung und lokaler Datenverarbeitung. Dazu werden landwirtschaftliche Roboter wie der Feldroboter CERES und der elWObot eingesetzt. Das Einsatzgebiet von CERES wird dabei im Pflanzenbau liegen, z. B. in der Beikrautregulierung. Der elWObot ist für Pflegemaßnahmen im Obstbau konzipiert. Bei einem möglichen Rund-um-die-Uhr-Einsatz solcher Roboter bedingt dies einerseits, dass alle anfallenden Daten automatisch und per Funk zu anderen Speicherorten übertragen werden können. Andererseits besteht das Erfordernis, mehrere Einheiten aus der Ferne zu überwachen und bei Bedarf einzugreifen.

### Anforderungen an die Funkübertragung

Um jederzeit eingreifen zu können und eine Manipulation durch Unberechtigte zu verhindern, ist eine sichere und zuverlässige Kommunikation unabdingbar. Für die Beurteilung der aktuellen Lage sind Daten nahezu in Echtzeit zu übertragen, so dass die Latenz, die bei der Datenübertragung entsteht, so gering wie möglich sein muss. Auch wenn mehrere Maschinen parallel arbeiten, ist ein verzögerungsfreier Austausch der Positionsdaten erforderlich. In LANDNETZ wird dafür ein 5G-Standalone-Campusnetz eingesetzt, bei dem sowohl das Mobilfunk-Kernnetz als auch die Applikationen auf Servern direkt an der Mobilfunk-Infrastruktur in der Local Edge Cloud ausgeführt werden. Für den Einsatz auf Betrieben ohne existierende fest installierte 5G-Infrastruktur wird dafür das anhängerbasierte LANDNETZ-Campusnetz (Abbildung 3) eingesetzt. 5G-Modems auf den Robotern sorgen für die Verbindung mit dem Campusnetz.

### Daten

Landwirtschaftliche Roboter sind, ähnlich wie autonome PKW, mit einer Vielzahl von Sensoren ausgestattet, die eine Menge an Daten produzieren. Für eine lückenlose Umfelderkennung gibt es mehrere Kameras und Laserscanner (Lidar). Die Durchführung der eigentlichen Arbeit (z. B. Bonitur und Beikrautregulierung) erfolgt über den Einsatz von Hyperspektral-Kameras, deren Daten nur teilweise auf der Maschine verarbeitet werden können.



Weiterhin fallen auch Positions- und Statusinformationen an, die permanent zu einer übergeordneten Leitstelle übertragen werden müssen. Je nach Anwendungsfall überträgt das Campusnetz die Daten entweder direkt an ein (mobiles) Endgerät bzw. eine Leitstelle oder speichert sie zur Aufbereitung in der Local Edge Cloud zwischen.

### Zusammenfassung

Für den Anwendungsfall „Feldrobotik“ wird eine Übertragung mit hoher Bandbreite und geringer Latenz bei höchster Zuverlässigkeit benötigt, eine Kombination von eMBB (enhanced Mobile Broadband) und URLLC (Ultra-Reliable Low Latency Communication).

## 2. Sensorik im Pflanzenbau

Die Umsetzung der Digitalisierung in der Landwirtschaft stellt aus unterschiedlichen Gründen (Insellösungen, unzureichende Netzabdeckung, fehlende Interoperabilität) eine Herausforderung dar, zu deren Lösung LANDNETZ durch die Verknüpfung von Teilprozessen einen Beitrag leisten will. Einen Anwendungsfall dieser Verknüpfung stellt dabei die Prozessabfolge der teilflächenspezifischen Applikation von Wachstumsregler im Pflanzenbau auf Grundlage einer engmaschigen Wetterdatenerfassung und Prognose durch einzelne Wetterstationen in der Fläche dar.

### Anwendungsfall

Bei nicht arrondierten landwirtschaftlichen Betrieben liegen einzelne Schläge oft weit voneinander entfernt, so dass eine kleinräumige schlagbezogene Wetterbeobachtung für viele ackerbauliche Maßnahmen eine notwendige Grundlage darstellt. Die ackerbaulichen Partnerbetriebe in LANDNETZ werden aus diesem Grund mit Feldwetterstationen ausgestattet. Diese messen die Parameter Niederschlag, Luftfeuchte, Lufttemperatur, Windgeschwindigkeit, Sonneneinstrahlung, Bodenfeuchte und Bodentemperatur. Des Weiteren berechnen sie Parameter wie z. B. die Wirkungsbedingungen für Pflanzenschutzmittel. Die erhobenen Parameter fließen in die Wetterprognose ein, die eine präzise, mikro-

klimatische Wettervorhersage für bis zu 14 Tage ermöglicht. Die durch die Wetterstationen erhobenen Parameter und die mikroklimatische Wettervorhersage leisten eine Entscheidungsunterstützung für verschiedene pflanzenbauliche Maßnahmen. Der Aussaatzeitpunkt, der Schädlingsbefall und der Krankheitsdruck in den Ackerkulturen werden wie die Einsatzzeitpunkte und Wirkungsgrade von Düngemitteln und Pflanzenschutzmaßnahmen maßgeblich von den klimatischen Bedingungen beeinflusst. Im vorliegenden Anwendungsfall wird anhand der kleinräumigen Wetterdatenerfassung exemplarisch der optimale Anwendungszeitpunkt für den Einsatz von Wachstumsregler schlagspezifisch ermittelt. Die Wirksamkeit von Wachstumsreglern ist stark abhängig von der Witterung und dem Entwicklungsstadium der Kulturpflanzen (BBCH-Skala). Sowohl die Temperaturansprüche der verschiedenen Wirkstoffe als auch die Witterung im Zeitraum von 3 Tagen vor bis 10 Tage nach der Applikation sind entscheidend für die eintretende Wirkung des eingesetzten Mittels und eine korrekte Dosierung zur Verminderung des Pflanzenschutzmitteleinsatzes.

Daneben weisen landwirtschaftliche Nutzflächen häufig Heterogenität hinsichtlich ihrer Bodengüte auf. Diese Bodenheterogenität kann insbesondere durch unterschiedliche Wasser- und Nährstoffverfügbarkeit zu inhomogenen Pflanzenbeständen führen. Wird in einem solchen Pflanzenbestand der Wachstumsregler in konstanter Menge ausgebracht, erhalten dünne und schwach entwickelte Bestände möglicherweise zu viel Wirkstoff und dichte, stark entwickelte Bestände im Umkehrschluss eine zu geringe Wirkstoffmenge. Das kann dazu führen, dass die Heterogenität im Bestand erhalten bleibt oder noch verstärkt wird.

Im Demonstrationsvorhaben in LANDNETZ wird der Wachstumsregler durch Erfassung der Biomasseunterschiede im Pflanzenbestand teilflächengenau appliziert. Das Verfahren wird online durchgeführt, d. h. Sensoren am Traktor messen das vom Pflanzenbestand reflektierte Licht. Aus diesen Reflexionswerten berechnet eine Software auf dem Traktorterminal Vegetationsindizes, die Rückschlüsse über Biomasse und Stickstoffaufnahme des Pflanzenbestands ermöglichen.



Diesen Vegetationsindizes wird anschließend eine Ausbringmenge zugewiesen und über eine Schnittstelle an den Jobrechner der Pflanzenschutzspritze, durch den die Ausbringmenge geregelt wird, weitergegeben. Auf diese Weise erhält der Bestand auf dem Gesamtschlag die optimale Wirkstoffmenge für seine teilflächenspezifische Biomasse. Während der Maßnahme werden die Sensordaten, die Position und die Ausbringmenge für eine spätere Analyse und die vorgeschriebene Dokumentation abgespeichert.

#### Anforderungen an die Funkübertragung

Die Wetterstationen erfassen die vorgenannten Parameter in einem regelmäßigen Intervall und versenden diese über eine mobile Datenverbindung an eine Cloudplattform, wobei ein monatliches Datenübertragungsvolumen von etwa 500 MB anfällt. Für die positionsgenaue Datenaufzeichnung auf dem Schlag benötigt der Traktor einen RTK-fähigen GNSS-Empfänger. Das RTK-Korrektursignal wird per Mobilfunk übertragen. Für eine dauerhaft hohe Präzision der Positionsbestimmung darf die Übertragung des Korrektursignals je nach verwendetem System nicht für einen längeren Zeitraum unterbrochen werden.

#### Daten

Die Wetterstationen sind mit bis zu 25 Sensoren ausgestattet. Diese nehmen die Wetterdaten wie Luftfeuchte, Lufttemperatur, Windgeschwindigkeit, Niederschlag, Bodenfeuchte und Bodentemperatur in einem fünfminütigen Rhythmus auf und übertragen diese per 2G und 4G stündlich bis halbstündlich an die Cloud. Für die teilflächenspezifische Wachstumsreglerapplikation wird in einer cloudbasierten Softwareanwendung ein Arbeitsauftrag erstellt. In diesem wird die Fruchtart, der Schlag, das BBCH-Stadium, spezifische Sensoreinstellung und der jeweilige Anwender festgelegt. Der Arbeitsauftrag kann per USB-Stick oder Mobilfunk vom Hofrechner auf das Terminal des Traktors transferiert werden. Auf dem Schlag erfolgt der Datentransfer zwischen Sensor, Terminal und Jobrechner über kabelgebundene ISOBUS-Verbindungen in Traktor und Feldspritze. Die auf dem Schlag aufgezeichneten Daten können am Ende der Maßnahme per USB-Stick oder Mobilfunk vom Traktorterminal auf den Hofrechner überspielt werden.

#### Vernetzung

Die Wetterstationen sind mit verschiedenen kommerziellen Agrarsoftwarelösungen kompatibel, so dass sich die Wetterdaten nicht nur im Webportal beobachten, sondern auch in die Ackerschlagkartei automatisch integrieren lassen. Daneben bietet eine API die Möglichkeit, die Wetterdaten automatisch abzurufen und in andere Systeme zu überführen. Da für den Sensoreinsatz zur Bestimmung der Biomasse eine spezielle Precision Farming Software genutzt wird, sind für die komplette Dokumentation in der Ackerschlagkartei Datenübermittlungen und -konvertierungen nötig, um die auf dem Schlag erhobenen Daten automatisch aus der Precision Farming Software in die Ackerschlagkartei zu überführen und so die jeweiligen Insellösungen zu verbinden.

#### Zusammenfassung

Durch die Verknüpfung von engmaschiger, kleinräumiger Wetterdatenermittlung und -prognose mit sensorgestützter teilflächenspezifischer Wachstumsreglerapplikation kann sowohl der Zeitpunkt der Applikation optimiert als auch die Dosierung an die Bestandsdichte angepasst werden. Dies ermöglicht eine Einsparung von Pflanzenschutzmitteln bei gleichzeitig erhöhter Pflanzengesundheit und somit eine nachhaltigere landwirtschaftliche Produktion. Der vorliegende Anwendungsfall hat dabei keine hohen Ansprüche an die Latenz oder Geschwindigkeit der mobilen Datenübertragung. Er zeigt allerdings die Schwierigkeiten auf, die bei der Vernetzung und Verknüpfung von Daten aus verschiedenen Quellen entstehen. Für einzelne Teilprozesse sind verschiedene spezielle Software-Lösungen nötig, deren Kompatibilität oftmals nicht gegeben ist. Ein einfacher, automatischer Datenaustausch ist aber eine Voraussetzung, damit die Digitalisierung der Landwirtschaft sinnvoll umgesetzt werden kann.





### 3. Automatische Datenerfassung in der Tierhaltung

#### Anwendungsfall

Auch in der Kälberaufzucht zeigt sich die digitale Transformation der Landwirtschaft: Technologisierung und Automatisierung halten seit geraumer Zeit Einzug im Kälberstall, wobei die eingesetzten Geräte und Assistenzsysteme neben der Erfüllung alltäglicher Arbeitsaufgaben umfangreiche Datenmengen generieren. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt sind die Möglichkeiten der Zusammenführung von Daten in der Tierhaltung allgemein sehr überschaubar und im Kälberhaltungsbereich besonders gering. Es bestehen lediglich Insellösungen, die Kompatibilität der Geräte und Systeme ist nur innerhalb des Portfolios eines einzelnen Herstellers gegeben. Synergieeffekte können aufgrund gegenläufiger Interessen nicht aufkommen, mitunter herrscht auf Kommunikationsseite Konkurrenz um die wenigen verfügbaren lizenzfreien Frequenzbereiche. Des Weiteren besteht derzeit nur eine eingeschränkte Möglichkeit, gewonnene Daten aus der Kälberhaltung in das jeweils angewendete Herdenmanagementprogramm einzupflegen, da Schnittstellen oftmals nicht vorhanden sind. Die Entwicklung des Tieres vom Kalb bis zur Milchkuh kann nicht lückenlos nachvollzogen werden. Management-Tools für die Kälberaufzucht werden zwar angeboten, sind aber ebenfalls nicht herstellerübergreifend anwendbar. Diese Umstände führen dazu, dass das Potential der Datensätze hinsichtlich ihres Informationsgehaltes und ihrer Bedeutung für alltägliche Handlungen weitgehend ungenutzt bleibt. Ziel ist es, bereits heute angebotene Vernetzungsmöglichkeiten für den Kälberbereich zu identifizieren, zu etablieren, anzuwenden und nachzuvollziehen, um eine Bewertung hinsichtlich ihrer Architektur, ihrer Handhabung und schlussendlich des generierten Nutzens für den Anwender abgeben zu können. Diese Ist-Stand-Erhebung bildet eine der Grundlagen, um eine umfassende Vision der Richtung(en) zukünftiger Forschungs- und Entwicklungsarbeit entstehen zu lassen.


#### Vernetzung

Im vorliegenden Anwendungsfall werden diese Vernetzungsmöglichkeiten anhand eines Edelstahlanks auf Rädern untersucht, der bei der Bewirtschaftung von Kälberhütten zum erleichterten Transport und zur Ausdosierung von Kälbertränke (Vollmilch bzw. Milchaustauscher) in zahlreichen Betrieben bereits routinemäßig eingesetzt wird. Das hier erprobte Modell der neuesten Generation verfügt über die Zusatzfunktion „Smart-ID“, die laut Hersteller ein „intelligentes Buchtenmanagement“ ermöglicht. Verwendung finden dabei eine UHF-Antenne im Frequenzbereich von 865,6 bis 867,6 MHz (Europa) sowie an den betreffenden Kälberbuchten angebrachte RFID-Transponder. Der Einsatz eines mit der Smart-ID-Funktion ausgestatteten „Milchtaxis 4.0“ erlaubt die automatische Erkennung der jeweiligen Kälberbucht, sobald sich die Antenne des Milchtaxis in einem Abstand von ca. 30 cm zum Transponder befindet. Im Milchtaxi wird bei jeder Neueinstellung das Alter des jeweiligen Kalbes und die ihm zugeordnete Tränkekurve hinterlegt. Bricht der Mitarbeiter zur Tränkerunde auf und nähert sich der ersten Kälberbucht, so wird diese vom Milchtaxi erkannt, und per Knopfdruck kann die entsprechende Tränkemenge über einen Dosierarm ausdosiert werden. Das Milchtaxi 4.0 soll an dieser Stelle eine Erleichterung des Arbeitsprozesses mit einer vereinfachten Dokumentation verbinden. Die erhobenen Daten fließen vom Milchtaxi an den im Stall installierten Server und werden zentral zugänglich gemacht. Eine Einwahl ist per mobilem Endgerät mit Internetzugang örtlich unabhängig möglich. Tränkeautomaten desselben Herstellers und in der neuesten Ausführung wären ergänzend ebenfalls in der Lage, die von ihnen erhobenen Tränkedaten an den Server zu übermitteln. Fütterung und Gesundheitsüberwachung rücken an dieser Stelle enger zusammen, allerdings liegen hier für den Prozess der Tränkeverarbeitung derzeit die Grenzen des Umsetzbaren. Im Bereich der Gesundheitsüberwachung sind prinzipiell weitere Möglichkeiten der Vernetzung gegeben, beispielsweise durch bereits marktverfügbare smarte Fieberthermometer mit Bluetooth-Kommunikationseinheit bzw. USB-Kabel oder mobile Sensoren zur Überwachung der Bewegungsaktivität. Limitierend bleibt dabei jedoch wie eingangs beschrieben die Kompatibilität, welche herstellerunabhängig nicht gegeben ist.



### Zusammenfassung

Der geschilderte Anwendungsfall dient dazu, derzeitige Grenzen und Möglichkeiten der digitalen Transformation der Tierhaltung aufzuzeigen und zukünftige Entwicklungspfade und -notwendigkeiten zu identifizieren. Eine herstellerunabhängige Vernetzung bietet dabei die Möglichkeit, die Aussagekraft der Daten durch die Einbettung in einen entsprechenden Kontext um ein Vielfaches zu steigern. Nach Verknüpfung und Abgleich mit anderen erhobenen Daten können komplexe Auswertungsalgorithmen ihre Arbeit verrichten. Landwirtinnen und Landwirte sollen hierdurch perspektivisch in die Lage versetzt werden, über eine einzige Benutzeroberfläche den Überblick über die Situation im Stall zu bekommen. Konkrete Handlungsempfehlungen und die notwendigen Arbeitsschritte könnten hinsichtlich größtmöglicher Effizienz vororganisiert werden. Ab dieser Stelle bringen die Landwirtinnen und Landwirte die weiterhin notwendigen eigenen Erfahrungswerte ein und handeln selbst oder leiten Informationen an Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter weiter. Im Sinne des Gesamtbildes der Landwirtschaft 4.0 könnte so jedes Tierleben vom ersten bis zum letzten Lebensstag transparent und nachvollziehbar dokumentiert werden. Einen Mehrwert erfahren damit langfristig auch Tierwohl und Verbraucherschutz.



# NATIONALE & EUROPÄISCHE AKTIVITÄTEN

Neben dem digitalen Experimentierfeld LANDNETZ gibt es sowohl in Deutschland als auch im europäischen Ausland eine Reihe von Projekten und Initiativen mit ähnlichem Fokus hinsichtlich der Nutzung moderner Mobilfunktechnologien in der Landwirtschaft sowie der damit verbundenen Vernetzung. Im Folgenden sind einige nationale sowie europäische Aktivitäten gelistet:

## Deutschland

### [5G Nachhaltige Agrarwirtschaft](#)

Reallabor zur Vernetzung der Wertschöpfungsketten in der Agrar- und Ernährungswirtschaft im LK Vechta.

### [5G-Modellregion Kaiserslautern - 5G für Stadt, Land und Arbeit – John Deere & Hofgut Neumühle](#)

Aufbau eines mobilen 5G Campusnetz u. a. zur Flottenüberwachung.

### [5G-Campusnetz TIP Innovationspark Nordheide](#)

Reallabor für 5G-Anwendungen u. a. im Bereich der Landwirtschaft durch bspw. den Einsatz von Drohnen. Nutzung auch für bestehende Forschungsprojekte wie das Roboterprojekt „Aurora“ (Obstplantagenhelfer).

## Europa

### [5G RuralDorset](#)

Erprobungen zum Einsatz von 5G in verschiedensten Lebensbereichen – u. a. der Landwirtschaft – in der Region Dorset zu welcher auch die sensible, von der UNESCO als Weltkulturerbe geführte, Küstenlinie gehört.

### [Wissenstransfer in der Euroregion Neisse: Nutzung von 5G-Netzwerktechnologien in der Landwirtschaft](#)

Das grenzübergreifende Kleinprojekt fokussiert die Begegnungen und den Fachaustausch auf angewandte Forschung und aktuelle Entwicklungen in der Praxis.

### [Innosuisse-Projekt zur Unkrautbekämpfung mit Drohne & Roboter](#)

Einsatz von 5G, Cloud-Technologie, Big Data, KI, Bilderkennung, Sensor- und Drohnentechnik sowie Robotik und autonomem Fahren zur Erkennung und Bekämpfung von Blacken.

# UNTERSTÜTZENDE PARTNER & NETZWERKE

## Sächsische Ministerien und Initiativen

Das **Sächsische Staatsministerium für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft (SMEKUL)** als übergeordnete Behörde des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) hat das Thema „Digitalisierung und Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft“ zu einem seiner Schwerpunkte für die angewandte Forschung gemacht und unterstützt das Experimentierfeld LANDNETZ durch komplementäre landesfinanzierte Erprobungen im Netzaufbau und der Digitalisierung von Pflanzenbau und Tierhaltung.

STAATSMINISTERIUM  
FÜR ENERGIE, KLIMASCHUTZ,  
UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT



Das **Sächsische Staatsministerium für Regionalentwicklung (SMR)** unterstützt das Experimentierfeld LANDNETZ im Rahmen der Zukunftsinitiative simul+. LANDNETZ ist eines der Projekte im simul+InnovationHub und ordnet sich dabei in die Kategorie „Regionale Wertschöpfung“ ein.





## LANDNETZ Kooperationspartner

Das Projekt LANDNETZ vereint eine Vielzahl an Partnern aus der Industrie, aus Verbänden, Vereinen und Gemeinden sowie aus regionalen landwirtschaftlichen Betrieben. Darüber hinaus kooperiert LANDNETZ mit anderen digi-

talen Experimentierfeldern. Die folgende Auflistung verschafft einen Überblick zu den aktuellen Kooperationspartnern im Experimentierfeld LANDNETZ.

### Aus der Industrie

- AGCO GmbH
- Agricon GmbH
- Apus Systems
- BASF SE
- BayWA AG
- CLAAS E-Systems Verwaltungs GmbH
- Deutsche Saatveredelung AG
- DKE-Data GmbH & Co. KG
- DLG Testservice GmbH
- ESTINO GmbH
- EXAgT GbR
- John Deere GmbH & Co. KG
- LEMKEN GmbH & Co. KG
- REICHHARDT GmbH Steuerungstechnik
- Rauch Landmaschinenfabrik GmbH
- Telespazio VEGA Deutschland GmbH

### Aus Verbänden, Vereinen und Gemeinden

- Deutscher Bauernverband e.V.
- Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. (KTBL)
- Lommatzcher Pflege e. V.
- Sächsischer Landesbauernverband e.V.
- Stadt Lommatzsch
- VDMA Fachverband Landtechnik

### Aus der Landwirtschaft

- Agrarunternehmen Lommatzcher Pflege e. G.
- Biohof Faller-Moog
- Gutshof Raitzen, Dres. Kübler GbR
- Hofgut Weißig
- Landgut Nemt
- Lehr- und Versuchsgut Köllitsch
- Maschinenringe Deutschland GmbH
- Obstland Dürrweitzschen AG
- Weingut Schloss Proschwitz Prinz zur Lippe
- Wilhelm Kemming GmbH

### Kooperierende Experimentierfelder

- Experimentierfeld Agro-Nordwest
- Experimentierfeld CattleHub
- Experimentierfeld EXPRESS



# PROJEKTSTECKBRIEF

## Projekttitle

Experimentierfeld LANDNETZ - flächendeckende Kommunikations- und Cloudnetze für Landwirtschaft 4.0 und den ländlichen Raum

## Verbundpartner

Technische Universität Dresden

Vodafone Stiftungsprofessur Mobile Nachrichtensysteme | Prof. Dr. Gerhard Fettweis

Professur für Agrarsystemtechnik | Prof. Dr. Thomas Herlitzius

Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie | Dr. Uwe Bergfeld

Fraunhofer-Institut für Verkehrs- und Infrastruktursysteme, IVI | Prof. Dr. Matthias Klingner

## Verbundkoordination

Technische Universität Dresden,

Institut für Nachrichtentechnik

Vodafone Stiftungsprofessur Mobile Nachrichtensysteme,

Prof. Dr. Gerhard Fettweis

## Sprecher Verbundprojekt Experimentierfeld LANDNETZ

Prof. Dr. Thomas Herlitzius

## Projektvolumen

7.328.752,78 Euro

## Projektlaufzeit

36 Monate (01.09.2019 - 31.08.2022)

# REFERENZEN

1. M. Gandorfer et al., „Landwirtschaft 4.0 – Digitalisierung und ihre Herausforderungen“, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung, 2017.
2. N. Franchi, G. Fettweis, T. Herlitzius, „The Significance of the Tactile Internet and 5G for Digital Agriculture“, *at-Automatisierungstechnik Journal*, Vol. 69, No. 4, S. 281-286, 2021. DOI:10.1515/auto-2020-0130
3. N. Franchi, „5G als Booster der Landwirtschaft“, *Magazin Technik in Bayern (TiB)*, Ausgabe 05/2016, 2016.
4. G. Fettweis, N. Franchi, „Das Netz der Netze - Und seine Bedeutung für die Digitale Landwirtschaft“, 27. *Hülsenberger Gespräche 2018 - Landwirtschaft und Digitalisierung*, 2018.
5. N. Franchi, T. Welsch, B. Striller, F. Heisig, G. Fettweis, „Mobilfunk-Campusnetze für die Landwirtschaft“, 41. *GIL-Jahrestagung - Informations- und Kommunikationstechnologien in kritischen Zeiten*, 2021.
6. Industrial Radio Lab Germany, „Merkblatt zum Thema 5G Campus-Netze“, 2020.
7. P. Vogel, „Datenhoheit in der Landwirtschaft 4.0“, *Gesellschaft für Informatik*, 2020.
8. „Agricultural Data Space (ADS)“, Fraunhofer IESE | Leitprojekt „Cognitive Agriculture“, 2019.
9. „Industrial Data Space | Digitale Souveränität über Daten“, Fraunhofer-Gesellschaft, 2016.
10. „Das Projekt GAIA-X“, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2019.
11. R. Kalmar, B. Rauch, „Wie schafft man Datensouveränität in der Landwirtschaft?“, Blog des Fraunhofer IESE, 2020.
12. F. Kuntke, „Die GeoBox-Vision: Resiliente Interaktion und Kooperation in der Landwirtschaft durch dezentrale Systeme“, *Proceedings of the Mensch und Computer 2020 Workshop*, 2020.

# GLOSSAR

<b>2G, 3G, 4G</b>	Mobilfunkstandards der zweiten (z. B. GSM), dritten (z. B. UMTS) und vierten Generation (LTE)
<b>5G-NSA</b>	5G Non-Standalone – erste Ausbaustufe für das Netz der fünften Mobilfunkgeneration, bei dem Teile des LTE-Netzes (Signalisierung und Kernnetz) verwendet werden
<b>5G-SA</b>	5G Standalone – „reines“ 5G Mobilfunknetz, das unabhängig von LTE funktioniert
<b>Ackerschlagkartei</b>	chronologische Aufzeichnung der durchgeführten landwirtschaftlichen Maßnahmen auf einem Flurstück (Schlag). Dient zur Anbauplanung, sowie zur Dokumentation zum Nachweis der Einhaltung der gesetzlichen Bestimmungen
<b>ADS</b>	Agricultural Data Space, Teil des Digitalen Domänenökosystem Landwirtschaft, bei dem durch eine Plattform mittels IDS-Konzepten Akteure zu einem Agrar-Datenraum verbunden werden
<b>agrirouter</b>	Cloudbasierte Datendrehscheibe - kommerzielle Software der DKE-Data GmbH & Co. KG zum Austausch von Daten zwischen landwirtschaftlichen Maschinen und Softwaresystemen
<b>API</b>	Application Programming Interface, Programmierschnittstelle, mit deren Hilfe ein Software-Programm mit einem anderen interagieren kann
<b>AR / VR</b>	Augmented Reality / Virtual Reality
<b>Beacon</b>	Funkbake – Sendeeinrichtung, z. B. basierend auf Bluetooth, die Informationen (bspw. eindeutige Kennung, Betriebszustand) an Empfänger im Nahbereich übermittelt
<b>BBCH-Stadium</b>	kodierte Beschreibung über das morphologische Entwicklungsstadium einer Pflanze der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Bundessortenamt und Chemische Industrie
<b>Bluetooth</b>	Standard für die Funkübertragung von Daten über kurze Strecken
<b>Campusnetz</b>	exklusives Mobilfunknetz für einen privaten, geschlossenen Anwenderkreis in einem definierten, lokalen Bereich (z. B. Mitarbeiter in einer Firma, Universität, oder in einzelnen Gebäuden)
<b>CERES</b>	Cognitive Electrical Robot Environment System – modularer elektrischer Feldroboter, welcher vom Fraunhofer IVI im Rahmen des Projektes COGNAC entwickelt wird
<b>Cloud</b>	in Form von Dienstleistungen geteilte IT-Ressourcen (Server, Datenspeicher, Applikationen), die zeitnah und mit wenig Aufwand bereitgestellt werden können
<b>Connector</b>	Komponente, die die Teilnehmer eines Datenraums (IDS) durch ein gesichertes Protokoll miteinander verknüpft und so einen sicheren Datenaustausch ermöglicht
<b>Datenhub</b>	Software für die Verteilung und Speicherung von Daten mit gegebenenfalls weiteren angegliederten Diensten, wie z. B. Konvertierung zwischen verschiedenen Formaten
<b>Datendrehscheibe</b>	Software für den Austausch von Daten ohne Zwischenspeicherung
<b>Digitaler Zwilling</b>	digitale Repräsentation eines physischen Objektes (z. B. eines Schlags) in Software
<b>DSGVO</b>	Datenschutz-Grundverordnung für die Regelung der Verarbeitung personenbezogener Daten
<b>eWObot</b>	elektrischer Wein- und Obstroboter
<b>eMBB</b>	Enhanced Mobile Broadband – 5G-Anwendungsfall für die Übertragung von großen Datenmengen, z. B. Video-Streaming
<b>ETSI</b>	Europäisches Institut für Telekommunikationsnormen
<b>FMIS</b>	Farm Management Information System – Software zur Unterstützung des betrieblichen Ablaufs eines landwirtschaftlichen Betriebes
<b>GAIA-X</b>	Europäische KI und Cloud-Initiative für eine sichere und offene vernetzte Dateninfrastruktur





<b>GeoBox</b>	durch das BMEL gefördertes Forschungsprojekt – entwickelt GeoBox-Infrastruktur u. a. für Bereitstellung öffentlicher Daten sowie dezentrale Datenhaltung
<b>GNSS</b>	Globales Navigationssatellitensystem (englisch global navigation satellite system) – System zur Positionsbestimmung und Navigation durch den Empfang von Signalen von Navigationsatelliten (bspw. Galileo, Glonass, GPS)
<b>IDS</b>	International Data Space, Datenraum für den sicheren Austausch von den Daten
<b>Interoperabilität</b>	Fähigkeit unterschiedlicher Systeme, nahtlos zusammenzuarbeiten, ohne dass Anpassungen notwendig sind
<b>IoT</b>	Internet der Dinge (engl. Internet of Things) – Sammelbegriff für Technologien, die es ermöglichen, Objekte zu vernetzen, damit sie Informationen austauschen; eine Anbindung an das klassische Internet ist dabei nicht zwingend erforderlich
<b>KI</b>	Künstliche Intelligenz
<b>Kernnetzwerk</b>	Komponente eines Mobilfunk-Netzwerks, u. a. zuständig für die Authentifizierung der Endgeräte und Weiterleitung der Sprach- und Paket-Daten an andere Netze
<b>Local Edge Cloud</b>	Kombination von Mobilfunk-Kernnetzwerk und Applikationsserver(n), welche direkt an die Mobilfunk-Infrastruktur angegliedert ist und dadurch nah am Endanwender ist; für die Umsetzung von MEC
<b>LoRaWAN</b>	Long Range Wide Area Network – ermöglicht die energieeffiziente Übertragung von Daten über lange Strecken und ist von der LoRa-Allianz speziell für Anwendungen im IoT-Bereich entwickelt worden (vgl. dazu Narrowband-IoT)
<b>LTE</b>	UMTS Long Term Evolution – Mobilfunknetz der 4. Generation
<b>Mesh-Networking</b>	lokal vermaschtes Netz aus Geräten, die sich direkt und dynamisch mit vielen anderen Geräten verbinden und miteinander kooperieren, um Daten effizient zwischen Anwendern weiterzuleiten
<b>MEC</b>	Multi-Access Edge Computing – Initiative der ETSI zur Standardisierung einer Netzarchitektur, die IT-Ressourcen für Cloud-Computing am Rande eines Netzwerks, d. h. dezentral und nah am End-Anwender, bereitstellt
<b>mMTC</b>	massive Machine-Type Communications – 5G-Anwendungsfall für die Vernetzung einer Vielzahl von Objekten für IoT
<b>NarrowBand-IoT</b>	ermöglicht die energieeffiziente Übertragung von Daten über lange Strecken und ist von der 3GPP speziell für Anwendungen im IoT-Bereich entwickelt worden (vgl. dazu LoRaWAN)
<b>N-Sensor</b>	fahrzeuggetragener Bestandssensor, der während der Überfahrt die Stickstoffaufnahme des Pflanzenbestands misst
<b>Online-Verfahren</b>	im Online-Verfahren bestimmt ein Sensor während der Überfahrt die Stickstoffaufnahme und steuert den Düngerstreuer oder die Pflanzenschutzspritze direkt an
<b>Offline-Verfahren</b>	im Offline-Verfahren werden aus erhobenen Daten (Bestandssensor, Drohnen- oder Satellitendaten), im Nachgang zur Messung, Applikationskarten zur Ausbringung von Dünger oder Pflanzenschutzmittel am Rechner erstellt
<b>PSM</b>	Pflanzenschutzmittel
<b>RAN</b>	Radio Access Network, Funkzugangsnetzwerk
<b>RFID</b>	Radio Frequency Identification – Identifizierung mittels Funkübertragung; bezeichnet eine Technologie für Sender-Empfänger-Systeme zur automatischen und berührungslosen Identifizierung und Lokalisierung von Objekten und Lebewesen mittels Funk
<b>RTK</b>	Real-Time Kinematic (Echtzeitkinematik) – GNSS-gestütztes Verfahren zur präzisen Bestimmung von Positionskoordinaten unter Nutzung von Referenzstationen mit bekannter Position



<b>Smart Farming</b>	Komponente der Digitalisierung (s. a. Infobox) in der Landwirtschaft und Oberbegriff für wissensbasierte digitale Entscheidungsunterstützung bzw. Prozess-Management auf der einen und informationsbasiertes Precision Farming auf der anderen Seite
<b>Taktiler Internet</b>	Internet in Echtzeit – die Datenübertragung und -verarbeitung findet für den Anwender nicht spürbar statt (vgl. dazu URLLC)
<b>Telemetrie</b>	Übertragung von Messwerten eines Sensors am Messort zu einer räumlich getrennten Stelle, z. B. ein zentraler Rechner
<b>URLLC</b>	Ultra-Reliable Low-Latency Communications – 5G-Anwendungsfall für die sehr zuverlässige und schnelle Kommunikation – z. B. Echtzeitsteuerung von Maschinen
<b>Wachstumsregler</b>	Wachstumsregler sind Pflanzenschutzmittel zur Beeinflussung des Pflanzenwachstums. Sie erhöhen durch Einkürzen der Halmlänge die Standfestigkeit von Getreide, verhindern, dass das Getreide ins Lager geht und erleichtern so die Getreideernte.
<b>Wi-Fi</b>	Markenbegriff für WLAN-Geräte und -Netzwerke nach den IEEE 802.11-Standards; wird allgemein als Synonym für WLAN verwendet, wenngleich streng genommen sie nicht dasselbe beschreiben
<b>WLAN</b>	Wireless Local Area Network, lokales Funknetz, worunter allgemein die lizenzfreien Funkübertragungsprotokolle nach dem IEEE-802.11 Standard im 2 und 5 GHz Frequenzbereich verstanden werden, die neueste Version ist Wi-Fi-6 (802.11ax)

