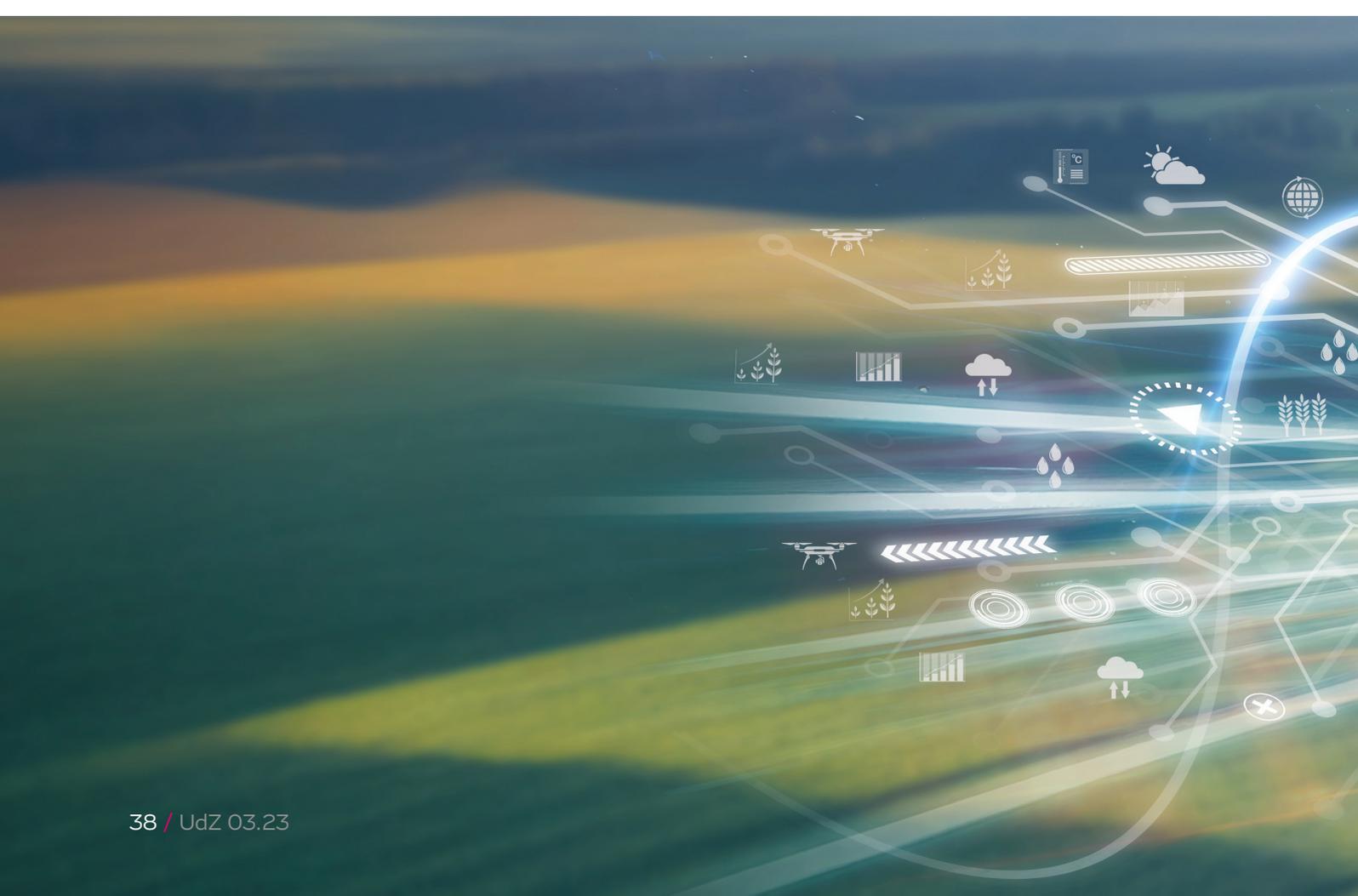


5G.NATURAL:

# 5G in der Landwirtschaft: Wie steht es um das Kosten-Nutzen-Verhältnis?

## Die Implementierungsperspektive für landwirtschaftliche Betriebe im Zeitalter von 5G

Die rasante Entwicklung der 5G-Kommunikationstechnologie lässt vermuten, die Landwirtschaft in vielfacher Hinsicht zu revolutionieren. Von autonomen Maschinen bis zur Echtzeitüberwachung von Feldern und Tieren bietet 5G ein enormes Potenzial. In diesem Artikel werden die finanziellen Aspekte der Implementierung von 5G in der Landwirtschaft, einschließlich Investitions- und Betriebskosten, näher beleuchtet. Zudem werden die potenziellen finanziellen Vorteile und Nutzenaspekte untersucht, die durch 5G-fähige Technologien in den Dimensionen Flexibilität, Sicherheit und Qualität erzielt werden können. Im Rahmen des Forschungsprojekts 5G.NATURAL entsteht ein Business-Case-Rechner, der Unternehmen dabei unterstützt, fundierte Entscheidungen zu treffen. Die Veröffentlichung dieses Tools ist für Ende 2023 geplant und verspricht, die Zukunft der Landwirtschaft nachhaltig zu gestalten. >



5G.NATURAL:

# 5G in Agriculture: What About the Cost-Benefit Ratio?

## An Implementation Perspective for Farms in the Age of 5G

The rapid development of 5G communication technology suggests that it will revolutionize agriculture in many ways. From autonomous machines to real-time monitoring of fields and animals, 5G offers enormous potential. In this article, we will look at the financial aspects of implementing 5G in agriculture, including investment and operational costs. It also examines the potential financial benefits and value propositions that can be achieved through 5G-enabled technologies in the dimensions of flexibility, safety and quality. As part of the 5G.NATURAL research project, a business case calculator is being developed to help companies make informed decisions. The release of this tool is planned for the end of 2023 and promises to shape the future of agriculture in the long term. >



Das Potenzial der 5G-Kommunikationstechnologie erstreckt sich über eine Vielzahl von Branchen, darunter die Landwirtschaft, in der „Smart Farming“ an Bedeutung gewinnt. In diesem Kontext werden Technologien wie unbemannte Luftfahrzeuge (UAVs), unbemannte Bodenfahrzeuge (UGVs) und drahtlose Sensor-Netzwerke durch 5G vernetzt, um die Landwirtschaft zu revolutionieren. Diese Technologien ermöglichen die Überwachung von Feldern und Viehbeständen, was zu erhöhter Effizienz und Produktivität führt (s. Figure 1).

Dennoch bleibt die finanzielle Seite der 5G-Implementierung in der Landwirtschaft ein bisher wenig erforschtes Gebiet. Um fundierte Entscheidungen über die Einführung von 5G zu treffen, ist eine gründliche finanzielle Bewertung notwendig. Im Rahmen des Forschungsprojekts 5G.NATURAL wird ein Business-Case-Rechner entwickelt, der diese Bewertung unterstützt und eine umfassende Analyse von Kosten und Nutzen bietet (s. Figure 2).

### Man kann (nicht) alles haben: Geschwindigkeit, Latenz, Dichte...

Durch drei Faktoren hebt sich 5G besonders von anderen Mobilfunktechnologien ab: Mit Geschwindigkeiten von bis zu 20 Gigabit pro Sekunde ist eine erheblich höhere Datenübertragungsrate möglich. Eine geringere Latenz von weniger als 1 Millisekunde ermöglicht Echtzeitanwendungen. Der dritte Faktor ergibt sich aus der höheren Dichte des 5G-Netzwerks, mit dem deutlich mehr Geräte in einem physischen Bereich vernetzt werden können.

The potential of 5G communication technology extends across a wide range of industries, including agriculture, where smart farming is becoming increasingly important. Technologies such as unmanned aerial vehicles (UAVs), unmanned ground vehicles (UGVs) and wireless sensor networks are being connected through 5G to revolutionize agriculture. These technologies enable the monitoring of fields and livestock, leading to increased efficiency and productivity (see Figure 1).

Nevertheless, the financial side of 5G implementation in agriculture remains an under-researched area. In order to make informed decisions about whether or not to introduce 5G, a thorough financial assessment is necessary. As part of the 5G.NATURAL research project, a business case calculator is being developed to support this assessment and provide a comprehensive analysis of costs and benefits (see Figure 2).

### You can (not) Have it all: Speed, Latency, Density...

Three factors in particular set 5G apart from other mobile technologies: With speeds of up to 20 gigabits per second, significantly higher data transfer rates can be achieved. A lower latency of less than 1 millisecond enables real-time applications. The third factor results from the higher density of the 5G network, which allows significantly more devices to be connected in a given location.



Figure 1 (left): Virtual reality can be used to control swarm robots such as those used in the 5G.NATURAL research project. The additional hardware and software creates new benefits, such as increased user-friendliness



Figure 2 (right): The project consortium, consisting of Infosys, Schmiede.one, and FIR at RWTH Aachen University, during a field test in September

Es muss beachtet werden, dass aktuelle 5G-Netzwerke nicht in der Lage sind, gleichzeitig in allen drei Punkten optimal zu funktionieren. Die Optimierung eines Netzwerks ein Merkmal betreffend schwächt seine Tauglichkeit in den anderen. Zudem kann ein 5G-Netzwerk seine Stärken nur im Zusammenspiel mit anderen Technologien optimal zur Geltung bringen. Beispiele ergänzender Technologien sind der Einsatz von autonomen Maschinen, Künstlicher Intelligenz oder Schwarmlogik.

Die oben genannten Faktoren in Kombination mit der Bereitstellung von 5G-kompatiblen Technologien bieten eine Vielzahl von Vorteilen, die in drei Dimensionen kategorisiert werden können. Diese werden im Hinblick auf die Vorteile für die Landwirtschaft näher erläutert. Die erste Dimension umfasst Vorteile in Bezug auf die Flexibilität. 5G-Technologien ermöglichen den Einsatz automatisierter und autonomer Maschinen aufgrund der geringen Latenz und der hohen Übertragungsrate. Dadurch sind Landwirte beispielsweise während der Ernte weniger auf zusätzliches Personal angewiesen, was die Wirkung des Mangels an Fachkräften abschwächt und wodurch insgesamt weniger physischer Aufwand erforderlich ist. Darüber hinaus können Maschinen aufgrund der Echtzeitübertragung autonom arbeiten und somit gezielt und bedarfsgerecht eingesetzt werden. Auf diese Weise können optimale Arbeitszeiten gewählt und die Flexibilität der Landwirte gestärkt werden.

Die zweite Dimension betrifft Sicherheitsaspekte: Da über ein 5G-Netzwerk mehrere Geräte verbunden werden können und eine Echtzeitübertragung möglich ist, wird die Kommunikation zwischen den einzelnen Geräten erhöht, was positive Auswirkungen auf verschiedene Sicherheitsaspekte haben kann. Die kontinuierliche Aufnahme und der Austausch von Daten steigern die Widerstandsfähigkeit und die Belastbarkeit digitaler Technologien im landwirtschaftlichen Einsatz. Auch umweltbezogene Sicherheitsprobleme werden kontrollierbarer: So kann etwa die Gefahr von trockenen Böden, Ernteeinbußen, Feuern und damit verbundenen Schäden an Natur und Tieren durch die Sammlung von Wetter- oder Felddaten rechtzeitig erkannt werden. Somit können Schäden dieser Art verhindert oder wenigstens minimiert werden.

Die dritte Dimension behandelt das Thema Qualität. Durch die Möglichkeit, Echtzeitdaten über Sensoren zu sammeln, können diese analysiert und als Grundlage für Entscheidungen oder Vorhersagen verwendet werden. Analysen dieser Vorhersagen ermöglichen beispielsweise Empfehlungen für Erntezeiten, sodass die Planung und der Einsatz von Personal und Maschinen optimiert werden können. Darüber hinaus kann ein 5G-Netzwerk verwendet werden, um Technologien umzusetzen, die durch Datenanalysen eine größere

It is important to note that current 5G networks are not able to deliver optimal performance in all three areas simultaneously. Optimizing a network in one area weakens its performance in the others. In addition, a 5G network can best show its strengths in combination with other technologies. Examples of complementary technologies include the use of autonomous machines, artificial intelligence, or swarm logic.

The above-mentioned factors in combination with the provision of 5G-compatible technologies enable a variety of benefits to be realized that can be categorized in three dimensions. These are explained in more detail with regard to benefits realized in the area of agriculture. The first dimension includes benefits in terms of flexibility. Thanks to their low latency and high data transfer rates, 5G technologies enable the use of automated and autonomous machines. As a result, farmers are less dependent on additional hired labor during harvesting, for example, which mitigates the effect of skilled labor shortages and means that less physical effort is required overall. In addition, machines can work autonomously thanks to real-time transmission and can therefore be deployed in a targeted and needs-based manner. In this way, optimal working hours can be selected and the flexibility of farmers increased.

The second dimension concerns security aspects. Since multiple devices can be connected via a 5G network and real-time transmission is possible, communication between the individual devices is enhanced, which can have a positive impact on various safety aspects. The continuous recording and exchange of data increases the resilience and robustness of digital technologies in agricultural use. Environmental safety problems can also be better controlled: for example, the risks of dry soil, crop losses, fires and associated damage to nature and animals can be detected in good time by collecting weather or field data. Damage of this kind can thus be prevented or at least minimized.

The third dimension concerns the question of quality. Thanks to the ability to collect real-time data via sensors, this data can be analyzed and used as a basis for decisions or predictions. By analyzing these predictions it becomes possible, for example, to make recommendations for harvest times, so that the planning and deployment of personnel and machinery can be optimized. In addition, a 5G network can be used to implement technologies that create greater transparency through data analysis and make processes more sustainable and resource-efficient. The overall efficient use of 5G-related technologies can significantly reduce operating, personnel and resource costs.

Transparenz schaffen und Prozesse nachhaltiger und ressourceneffizienter gestalten. Die insgesamt effiziente Nutzung von 5G-bezogenen Technologien kann die Betriebs-, Personal- und Ressourcenkosten erheblich senken.

### Kostenaspekte bei Implementierung und Betrieb von 5G-Netzwerken

Grundsätzlich lassen sich die Kosten von 5G in Investitions- und Betriebsausgaben unterteilen. Erstere umfassen Hardware-, Software-, Infrastruktur- und Servicekosten, Letztere Service- und Lizenzkosten für das verwendete Spektrum an Bandbreite. Die meisten Kostenfaktoren hängen von der spezifischen Auslegung des Netzwerks in Bezug auf die abgedeckte Fläche, den internen oder externen Standort des Netzwerks, die beteiligten Benutzer:innen und die erforderliche Leistung und Qualität des Netzwerks ab.

Die Erfahrung unserer Forschungspartner und anderer Expert:innen hat gezeigt, dass die Anwendungsfälle in kleine, mittlere und große Anwendungsfälle unterteilt werden können, um die Kosten abzuschätzen (s. Chart 1). Die tatsächlich anfallenden Kosten können erheblich – bis um Faktor 4 – davon abweichen. Das hängt von zahlreichen Faktoren ab, wie der Größe des Netzes bzw. der abzudeckenden Fläche und der Anzahl der Endgeräte, davon, ob es sich um Innen- oder Außenlage handelt, von der Qualität des Netzes in Bezug auf die Features (High-End-Features beispielsweise bedeuten eine extrem geringe Latenz, eine sehr hohe Anzahl zu verbindender Endgeräte oder einen sehr hohen Datendurchsatz). Eine Übersicht über die relativen Kostenunterschiede zeigt Tabelle 2 (Chart 2). Der Faktor Netzqualität bezieht sich darauf, ob

### Cost Aspects of Implementing and Operating 5G Networks

In principle, the costs of 5G can be divided into investment and operating expenses. The former include hardware, software, infrastructure and service costs, while the latter include service and license costs for the bandwidth spectrum used. Most cost factors depend on the specific design of the network in terms of the area covered, the internal or external location of the network, the users involved, and the required performance and quality of the network.

The experience of our research partners and other experts has shown that the use cases can be divided into small, medium and large use cases in order to be better able to estimate the costs (see Chart 1). The actual costs incurred can vary considerably – by a factor of up to 4 – and depend on xy. Chart 2 provides an overview of the relative cost differences. The network quality factor refers to whether the 5G network can use high-quality functions such as very low latency or high gigabit bandwidths. The powerful hardware and software required for this are currently expensive and not necessary for every application. Due to the further technical development of the products, prices are expected to fall over the next few years. In addition, all prices are subject to individual negotiations, the purchase quantity, company characteristics, etc.

The investment costs also depend to a large extent on whether a public or private 5G network is used. Since in many cases, especially in agricultural applications, it cannot be guaranteed that the public networks will achieve sufficient coverage and quality everywhere in the field, it must be assumed that in many cases, private, possibly portable 5G networks will have to

Size of the 5G network	Indoor area	Outdoor area	Number of end devices
small	4.048 m <sup>2</sup>	1.012 m <sup>2</sup>	20
medium	20.240 m <sup>2</sup>	5.060 m <sup>2</sup>	50
large	40.480 m <sup>2</sup>	10.120 m <sup>2</sup>	100

Chart 1: Criteria for determining the size of a 5G network

	small		medium		large	
	Standard features	High-end features	Normal features	High-end features	Normal features	High-end features
Indoor area	1	2.0	1.3	2.9	1.9	3.9
Outdoor area	1.1	2.4	1.4	3.2	1.9	4.1

Chart 2: Relative cost comparison of differently designed 5G networks

das 5G-Netzwerk hochwertige Funktionen wie eine sehr geringe Latenz oder hohe Gigabit-Bandbreiten nutzen kann. Entsprechend leistungsfähige Hard- und Software sind derzeit teuer und nicht für jede Anwendung notwendig. Aufgrund der technischen Weiterentwicklung der Produkte ist in den nächsten Jahren mit einer Preissenkung zu rechnen. Zudem unterliegen alle Preise den individuellen Verhandlungen oder der Abnahmemenge etc.

Die Investitionskosten hängen zudem maßgeblich davon ab, ob ein öffentliches oder ein privates 5G-Netzwerk verwendet wird. Da in vielen Fällen, insbesondere in landwirtschaftlichen Anwendungsfällen, nicht garantiert werden kann, dass die öffentlichen Netze überall auf dem Feld ausreichende Abdeckung und Qualität erreichen, muss in vielen Fällen davon ausgegangen werden, dass eigene private, möglicherweise transportable 5G-Netze Einsatz finden müssen (s. Chart 3).

be used (see Chart 3). However, this is associated with higher investment costs. Chart 3 shows the individual cost factors determined for the installation of a (private) 5G network. The costs marked with an \* are independent of the size of the network, the indoor and outdoor location, and the number of integrated end devices. Factors in brackets are optional and not mandatory, depending on the use case. For a better overview, the factors were clustered into capital expenditure (CAPEX) and operating expenditure (OPEX). The costs for services and licenses were distributed across both categories.

## Conclusion

The introduction of 5G networks in agriculture offers the potential to create significant financial benefits for farms. The actual implementation requires an in-depth

	Kostenkomponenten	Posten
CAPEX	Netzwerkelemente	Core-Hardware* (z. B. Server, Switch)
		Core-Software & unterstützende Software*
		RAN-Hardware (z. B. RAN, Antenne, Server, Switch)
		RAN-Software & unterstützende Software
		(Einsparpotenzial bei getrennten Innen- und Außennetzwerken)
		Glasfaser/Konnektivität (passive Komponente)
		5G-Endgerät (inkl. SIM-Karte)
	Netzwerkelemente Redundanz	Core-Hardware (z. B. Server, Switch)
		Core-Software & unterstützende Software
	Infrastruktur	Stromversorgung, Kabelverlegung, Rack, Turminstallation etc.
		(Mobile Zelle/mobile Antennen)
		(Internet/externe Netzwerk-Konnektivität)
		(Fern-Konnektivitäts-Infrastructure)
	Dienstleistungen und Lizenzen	Anforderungserfassung und Lösungsentwurf
		Beschaffung und Lieferung
		RF-Planung und -Optimierung
Bereitstellung, Integration und Prüfung		
Geräte-Onboarding und Integration der Anwendungsfälle		
OPEX	RAN-Softwarelizenzverlängerung	
	Core-Softwarelizenzverlängerung	
	Bandbreitenlizenz	
	Bandbreitenlizenzverlängerung	
	(Wartung)	
	(Zusätzliche Infrastructure, Mieten, Energiekosten etc.)	

Chart 3: Cost factors for the implementation of 5G networks

Dies geht jedoch mit höheren Investitionskosten einher. Tabelle 3 (Chart 3, S. 43) zeigt die einzelnen ermittelten Kostenfaktoren für den Aufbau eines (privaten) 5G-Netzes. Die mit einem \* gekennzeichneten Kosten sind unabhängig von der Größe des Netzes, dem Innen- und Außenstandort und der Anzahl der integrierten Endgeräte. Faktoren, die in Klammern stehen, sind je nach Anwendungsfall optional, aber nicht zwingend erforderlich. Zur besseren Übersicht wurden die Faktoren in Investitionsausgaben (CAPEX) und Betriebsausgaben (OPEX) geclustert. Die Kosten für Dienstleistungen und Lizenzen wurden auf beide Kategorien verteilt.

## Fazit

Die Einführung von 5G-Netzwerken in der Landwirtschaft bietet das Potenzial, erhebliche finanzielle Vorteile für landwirtschaftliche Betriebe zu schaffen. Die tatsächliche Umsetzung bedarf einer eingehenden Betrachtung der Kosten- und Nutzenaspekte. Beide hier vorgestellten Aspekte werden im laufenden Forschungsprojekt 5G.NATURAL genutzt, um einen Business-Case-Rechner zu entwickeln, der diese spezifisch für landwirtschaftliche Anwendungsfälle vorstellt. Die Veröffentlichung des Tools auf der Projektwebseite bzw. im Publikationsportal des FIR wird für das Jahresende 2023 erwartet.

wt · lo



Image 3:

All the hardware and software required to set up a portable private 5G network at the edge of the field on the test site of the 5G.NATURAL research project is installed in and on the trailer

consideration of cost and benefit aspects. Both aspects presented here are being used in the ongoing 5G.NATURAL research project, which is developing a business case calculator that provides information on both aspects specifically for agricultural use cases. The tool is expected to be made available on the project website and the FIR publication portal by the end of 2023.



Are you interested in learning more about our activities?  
Please contact me!

**Project Title:** 5G.NATURAL – 5G networks for autonomous and resilient rural applications

**Funding/Promoters:** *Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen (MWIDE)*

**Project Partners:** Infosys Limited; Schmiede.one GmbH & Co. KG

Funding of projects as part of the 5G.NRW funding competition financed by state funds from the Ministry of Economic Affairs, Innovation, Digitalization and Energy of the State of North Rhine-Westphalia on the basis of the 5G.NRW Guideline.

**Website:** [5g-natural.fir.de](http://5g-natural.fir.de)



Tim Walter M. Sc.  
Project Manager  
Information Management  
FIR e. V. at RWTH Aachen University  
Phone: +49 241 47705-508  
Email: [Tim.Walter@fir.rwth-aachen.de](mailto:Tim.Walter@fir.rwth-aachen.de)

Ministerium für Wirtschaft,  
Industrie, Klimaschutz und Energie  
des Landes Nordrhein-Westfalen

