

## SAMA

Nachhaltigkeitsaspekte von Advanced Materials in Digitalen Technologien in der Landwirtschaft

<b>Programm / Ausschreibung</b>	Produktionstechnologien, Produktionstechnologien, NANO EHS Ausschreibung 2023	<b>Status</b>	laufend
<b>Projektstart</b>	01.01.2025	<b>Projektende</b>	28.02.2026
<b>Zeitraum</b>	2025 - 2026	<b>Projektlaufzeit</b>	14 Monate
<b>Keywords</b>	Nachhaltigkeit; Digitalisierung; Landwirtschaft; Advanced Materials; Smart Farming;		

### Projektbeschreibung

Die rasante Entwicklung digitaler Technologien prägt unser tägliches Leben, die Wirtschaft und die Industrie. Auch in der Landwirtschaft gewinnen diese an Bedeutung, um Betriebsabläufe zu optimieren, die Effizienz zu steigern und Erträge zu erhöhen. Innovative Produkte wie mobile Messstationen, Monitoring-Geräte für das Mikroklima, Sicherheitskameras, digitale Werkzeuge für das Bienenmonitoring, Softwarelösungen für Feldversuche, Drohnenbilddauswertung und Herdenmanagementsysteme zeigen die Vielfalt digitaler Anwendungen. Die Digitalisierung der Landwirtschaft, auch als "precision farming," "smart farming" oder "digital farming" bekannt, zeigt einen Trend zu KI-basierten Systemen. Diese Systeme erkennen Muster in großen Datenmengen und leiten eigenständig Entscheidungen und Arbeitsschritte ab. Digitale Technologien sollen nicht nur die Effizienz und Erträge steigern, sondern auch die Landwirtschaft umweltfreundlicher gestalten, indem beispielsweise der Düngemiteleinsatz optimiert und der Pestizideinsatz reduziert wird.

Trotz dieser positiven Entwicklungen werden die Umweltauswirkungen digitaler Technologien oft vernachlässigt. Wenige Studien befassen sich mit diesem Thema. Die Produktion und Entsorgung digitaler Geräte gehen mit erheblichem Ressourcenverbrauch einher, was eine Herausforderung für die Kreislaufwirtschaft darstellt. Der Einsatz von "Advanced Materials" in der Sensortechnik und anderen Bereichen erfordert eine kritische Bewertung hinsichtlich Umwelt- und Gesundheitsrisiken. Nachhaltigkeitsaspekte, einschließlich Materialauswahl, Energieverbrauch und Entsorgung, müssen bereits im Designprozess berücksichtigt werden.

Das Projekt zielt darauf ab, einen Überblick über digitale Anwendungen in der Landwirtschaft zu geben und Chancen sowie Risiken für Nachhaltigkeit und Klimaschutz zu beleuchten. Praxisbeispiele in Zusammenarbeit mit Partnern sollen die Umwelt- und Gesundheitsrisiken von "Advanced Materials" in digitalen Geräten evaluieren und Vorschläge für umweltfreundlichere Anwendungen im Sinne des "Safe-and-Sustainable-by-Design"-Konzepts entwickeln. Neben ökologischer Nachhaltigkeit werden auch soziale Aspekte analysiert, um Auswirkungen auf die Agrarsysteme in Österreich zu verstehen.

## Abstract

The rapid development of digital technologies characterises our daily lives, the economy and industry. They are also becoming increasingly important in agriculture in order to optimise operational processes, increase efficiency and boost yields. Innovative products such as mobile measuring stations, microclimate monitoring devices, security cameras, digital tools for bee monitoring, software solutions for field trials, drone image analysis and herd management systems demonstrate the diversity of digital applications. The digitalisation of agriculture, also known as "precision farming", "smart farming" or "digital farming", shows a trend towards AI-based systems. These systems recognise patterns in large amounts of data and independently derive decisions and work steps. Digital technologies should not only increase efficiency and yields, but also make agriculture more environmentally friendly, for example by optimising the use of fertilisers and reducing the use of pesticides.

Despite these positive developments, the environmental impact of digital technologies is often neglected. Few studies deal with this topic. The production and disposal of digital devices are associated with considerable resource consumption, which poses a challenge for the circular economy. The use of advanced materials in sensor technology and other areas requires a critical assessment of environmental and health risks. Sustainability aspects, including material selection, energy consumption and disposal, must already be considered in the design process.

The project aims to provide an overview of digital applications in agriculture and to highlight opportunities and risks for sustainability and climate protection. Practical examples in collaboration with partners will evaluate the environmental and health risks of "advanced materials" in digital devices and develop proposals for more environmentally friendly applications in line with the "safe and sustainable by design" concept. In addition to environmental sustainability, social aspects will also be analysed in order to understand the impact on agricultural systems in Austria.

## Endberichtkurzfassung

Die Landwirtschaft wird zunehmend von digitalen Anwendungen unterstützt, vor allem um Effizienz und Produktivität zu steigern, die Arbeit zu erleichtern und die Wettbewerbsfähigkeit auf einem globalen Markt sicherzustellen. Eine Reihe von digitalen Hilfsmitteln, wie autonom gesteuerte Traktoren, webbasierte oder mobile (App) Entscheidungsunterstützungssysteme, Roboter und Drohnen stehen dafür zur Verfügung. Die Generierung notwendiger Daten erfolgt über Sensoren, Satelliten, Kameras oder meteorologische Stationen, deren Verarbeitung und Bereitstellung über spezielle Software oder KI-Tools erfolgt. Der Trend in Richtung Digitalisierung wird unter den Schlagwörtern „Präzisionslandwirtschaft“, „Smart Farming“ oder „Landwirtschaft 2.0“ subsumiert und findet auch Niederschlag in Förderprogrammen, Strategiepapieren und Aktionsplänen. Neben den ökonomischen Vorteilen werden auch Verbesserungen bei Umweltschutz und Nachhaltigkeit erhofft, insbesondere durch Einsparungen von Ressourcen wie Düngemitteln, Pestiziden, Wasser und Energie. Zur Abschätzung, inwieweit digitale Anwendungen tatsächlich die ökologische Nachhaltigkeit der Landwirtschaft verbessern können, sind jedoch umfassende Analysen des gesamten Lebenszyklus notwendig, denn auch die Digitalisierung selbst benötigt Energie und Ressourcen und die Geräte müssen am Ende ihrer Lebensdauer ordnungsgemäß entsorgt werden. Die am häufigsten dafür verwendete Methode ist die Ökobilanz oder Lebenszyklusanalyse (LCA), die als einzige auch standardisiert ist und ein geeignetes Werkzeug darstellt, Umwelt-„Hotspots“ zu identifizieren. Bislang liegen erst wenige LCAs zu digitalen Anwendungen in der Landwirtschaft vor, die teilweise zu unterschiedlichen Ergebnissen kommen. Generell zeichnet sich ein Potenzial für Umweltentlastungen in der Landwirtschaft ab, eine generalisierte Aussage ist jedoch nicht möglich und eine Einzelfallbetrachtung unumgänglich. Allgemein lässt sich

jedoch feststellen, dass eine Reduktion von Umweltwirkungen bei gleichbleibendem Ressourcen-Input durch eine Steigerung der Produktivität möglich ist. Kritisch zu betrachten ist jedoch, dass die überwiegende Mehrheit der vorliegenden LCAs den Material- und Energieeinsatz für die Herstellung und die Entsorgung der digitalen Geräte nicht berücksichtigt. Auch der Energiebedarf für die Anwendung von KI-Tools wird nicht einbezogen. Für die Herstellung der digitalen, elektronischen Geräte und Sensoren für die Landwirtschaft wird eine Vielzahl von innovativen Materialien benötigt, wie etwa spezielle Polymere sowie Halbleitermaterialien und Metalle, von denen viele zu den „kritischen Rohstoffen“ zählen. Eine Zuordnung in die Gruppe der „Advanced Materials“ ist aufgrund des fehlenden zeitlichen Bezugspunkts der derzeitigen Arbeitsdefinition subjektiv und eine Nachhaltigkeitsbewertung dieser Materialien wurde in den bislang durchgeführten LCAs zu digitalen Anwendungen in der Landwirtschaft kaum vorgenommen. Literaturrecherchen zeigen, dass insbesondere kohlenstoffbasierte Nanomaterialien (CBNs), insbesondere CNTs, Graphen und Fullerene, in der Elektronik aufgrund ihrer speziellen Eigenschaften auf Interesse stoßen und Gegenstand einer Vielzahl von Forschungsaktivitäten für einen Einsatz in der Nanoelektronik und Nanosensortechnik sowie als Ersatz für „kritische Rohstoffe“ sind. Im Sinne des „Safe-and-Sustainable-by Design“-Konzeptes (SSbD) sollten bereits bei der Herstellung dieser Materialien Maßnahmen getroffen werden, um deren toxisches Potenzial zu minimieren, etwa durch die Wahl geeigneter Form, Morphologie, Struktur und Oberflächenmodifikation, und auch um eine rasche biologische Abbaubarkeit in der Umwelt zu gewährleisten. Neben den ökologischen gewinnen auch soziale Aspekte der Nachhaltigkeit zunehmend an Interesse. Hier besteht jedoch noch erheblicher Forschungsbedarf und erst wenige Studien versuchen, sLCAs für digital unterstützte Anwendungen in der Landwirtschaft zu erstellen. Herausforderungen der sLCA betreffen Datenlage und Quantifizierung sowie die Indikatorenauswahl, wobei eine generelle Tendenz zur Standardisierung gegeben ist. In Bezug auf verwendete Materialien in digitalen Geräten liegen wenige Ergebnisse vor. In sLCAs zur nachhaltigen digitalen Landwirtschaft werden die Produktion und Entsorgung der untersuchten digitalen Geräte explizit ausgenommen. Eine Online-Umfrage sowie Interviews von Stakeholdern zeigte, dass Leistbarkeit, Effizienz und Arbeitserleichterung (bzw. Flexibilisierung) eine große Rolle sowohl hinsichtlich Potenzialeinschätzungen neuer Technologien als auch konkreter Kaufentscheidungen spielen. Konkrete Überlegungen zum Umweltschutz sind nachgereiht, auch wenn zukünftiges Potenzial im teilflächenspezifischen Pflanzenschutz gesehen wird.

## **Projektkoordinator**

- Universität für Bodenkultur Wien

## **Projektpartner**

- Zentrum für Soziale Innovation GmbH