



Intelligent sensor technology for digitalisation in agriculture

IMMS is working on self-sufficient modular sensor systems for cost-effective options for data collection in agriculture. To this end, we have developed the prototype shown here for a modular IoT platform that can be used to record abiotic parameters in orchards and evaluate site factors, among other things. Photograph: IMMS.

Motivation and overview

Irrigation plays an increasingly important role in ensuring high yield quality for many fruit growers. In times of climate change and increased drought, however, it is important to use the resource water as sparingly as possible. Evaluating how to ensure this is part of the studies of our partners from the Lehr- und Versuchszentrum Gartenbau (LVG, a teaching and research centre for horticulture) in Erfurt. To help them, IMMS has developed and tested technology in the EXPRESS project. Long-term results of irrigation trials at LVG show that all irrigated varieties have higher fruit size and quality than the non-irrigated control. These characteristics are important to survive in the marketplace, because only the best quality can command prices that economically justify the expense. Irrigation is therefore becoming increasingly important if fruit production in central Germany is to remain competitive. At the same time, however, drought and persistent dryness are making it increasingly important to use the water applied as sparingly as possible.

For these optimisations, data must be collected by different sensors and combined afterwards. However, since systems available on the market are often only

*More on
EXPRESS at
www.imms.de*

*Lead application
Adaptive edge
AI systems for
industrial
application:
www.imms.de*

*Annual report
© IMMS 2021*

tailored to one problem, it is difficult to integrate different sensors into one system and thus realise flexible solutions for fruit growing.

IMMS has therefore developed a modular platform with which adapted solutions can be realised with regard to the sensors used but also the radio technologies employed.

LVG has used this platform for research and, among other things, has been able to use soil moisture sensors to achieve savings over fixed irrigation intervals or irrigation according to the current standard model, and to further optimise irrigation using data on fruit development.



Figure 1:

Microclimate node built from components of the platform with 2 combined sensors for air temperature and humidity and a leaf moisture sensor, as currently used in fruit and wine growing.

Photograph: IMMS.

Development and construction of the modular IoT platform

The platform developed is characterised by the fact that different radio modules (currently IEEE 802.15.4, LoRa and NB-IoT) can be combined with different baseboards for connecting specific sensors. Which baseboard is used depends on the interface to the sensor. There are variants for I²C, for example, but also for specific protocols such as SDI-12. In addition to a classic energy supply via battery, options for self-sufficient supply via solar panel are also used.

Various challenges had to be met on the way to this platform. For example, a solution had to be found for the integration of more complex protocols such as SDI-12. This was solved via a protocol-specific co-processor, which is itself addressed via

*Core topic
Analysis of
distributed IoT
systems:
www.imms.de*

*Annual report
© IMMS 2021*

Figure 2:

Components of the modular IoT platform:

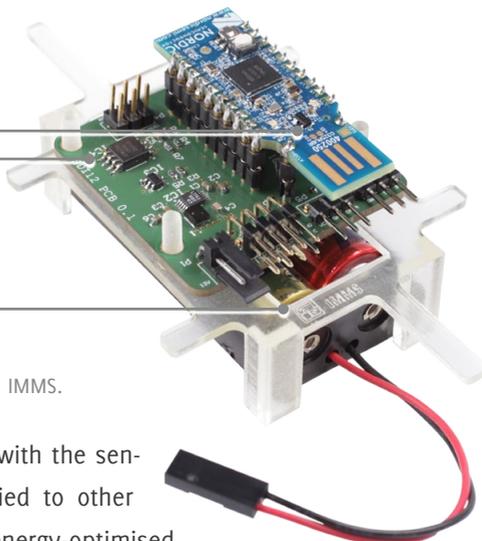
Radio module

Measurement module

- . Base
- . I²C mux
- . Coprocessor
 - .. SDI-12
 - .. 1-Wire

Energy supply

- . Battery
- . Mains
- . Harvester



Photograph: IMMS.

I²C and takes over communications with the sensor. This concept can also be applied to other protocols. Another challenge is the energy-optimised

operation of the sensor nodes. Here, IMMS is working on the

model-based evaluation of the energy consumption and the resulting lifetime of the nodes under certain scenarios. This will gain particular importance when sensors become more intelligent and do not follow a fixed scheme for the operating cycle.

The prototyping system implemented in this way makes it possible to quickly build initial solutions if the sensors support the corresponding protocol. Furthermore, flexible solutions with several sensors are possible, which can be tailored to a specific problem. In the EXPRESS project, it is now possible to record air temperature and humidity, soil temperature and humidity, air pressure, photosynthetically active radiation, global radiation, leaf moisture, and wind speed and direction.

In addition to the actual wireless sensor nodes, due to its optimised energy management, the IMMS solution also supports the connection of more energy-demanding sensors to the gateway that cannot normally be operated attached to a battery-powered wireless sensor node. The platform also provides data quality assurance measures and a comprehensive system for monitoring and diagnosing the devices in the field. In this area, it was also a challenge to be able to evaluate the device status in the field and the data quality at any time without having to be on site. To make this possible, status information was integrated into the messages and a server-side quality assurance mechanism with notification functionalities was created.



Figure 3:

Placement of soil moisture sensors and installation of sensor nodes for LVG studies.

Photograph: IMMS.

Configuration of the modular IoT platform for experiments at LVG

At LVG, sensor systems built using the platform were installed for a sweet cherry irrigation trial. An ad-hoc network based on the IEEE 802.15.4 radio standard was used, providing a mesh-capable multihop network. This is ideal for experimental applications with a comparatively large number of measuring points in a small area. The system records air temperature and humidity, soil temperature and humidity, leaf moisture as well as air pressure and photosynthetically active radiation at 9 measuring points. Of which the soil values and the microclimate in the plot are most relevant for irrigation. The irrigation trial at LVG includes four different means of irrigation and two types of mulch cover. The data from the sensors are collected locally at a gateway, temporarily stored as a backup and transferred to both a server at IMMS and a server at LVG, where they are stored in an InfluxDB or MariaDB, respectively, and visualised via Grafana.

Lead application
IoT systems for
cooperative
environmental
monitoring:
www.imms.de

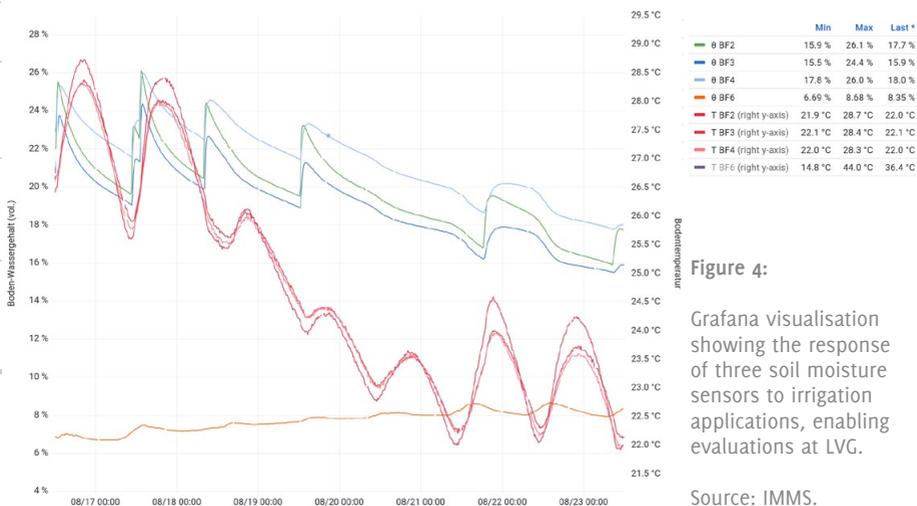


Figure 4:

Grafana visualisation showing the response of three soil moisture sensors to irrigation applications, enabling evaluations at LVG.

Source: IMMS.



Figure 5:
Selection of soil moisture sensors studied for irrigation control. Photograph: IMMS.

In addition to providing the technology for the trials and supporting them at LVG, IMMS has also tested the suitability of different soil sensors for this application, in order to be able to give fruit growers advice on the investments required. For this purpose, sensors in a price range of 50 to 600 EUR have been tested and compared.

Experiments using the modular IoT platform in various applications

Studies at LVG on economical irrigation and fruit growth in fruit growing

LVG conducts annual trials in which different types of irrigation systems, such as drippers or sprinklers, and mulch covers as evaporation barriers are tested. The additional use of sensors and thus digitalisation showed its first strengths here. For example, soil moisture sensors can detect the amount of water available to the plant in the soil and help assess when and how much to irrigate. The results at LVG show that this information alone is sufficient to achieve savings compared to fixed irrigation intervals or irrigation according to the current standard model.

Further savings are possible if, in addition to the abiotic factors of soil moisture and precipitation, information about the plant itself can be considered. For example, on the initiative of LVG, IMMS has developed a sensor for measuring fruit growth and integrated it into the existing system. This sensor makes it possible to detect different phases of fruit development. This makes it possible to adjust watering so that irrigation is only applied when it benefits fruit quality.

Experiments on irrigation, bud growth, and frost warning

In addition, the trials on soil sensor technology are being conducted with other application partners, including Obstgarten Orphalgrund e.G. (Fahner Obst) in Thüringen

Lead application IoT systems for cooperative environmental monitoring:
www.imms.de



Figure 6:

Sensor developed at IMMS for measuring fruit growth. It can be used to identify different phases of fruit development. As a result, irrigation is only applied when it benefits fruit quality.

Photograph: IMMS.

and Biofrucht Senst in Sachsen-Anhalt, so that these results can also be put into practice. Another aspect here is that results do not only come from one location in order to cover different surrounding conditions.

With the platform developed at IMMS, it is also possible to collect data for other issues in fruit growing and viticulture. For example, a slightly modified version of the sensor for fruit growth in winter has been used at the Julius-Kühn-Institut (JKI) für Züchtungsforschung an Obst (Institute for Breeding Research on Fruit Crops) in Dresden-Pillnitz to monitor bud growth on different apple varieties. The JKI's research question here is aimed at mechanisms for plant awakening in the spring in order to minimise the associated risk of frost damage in the long term. The sensors support the researchers in this by enabling detailed monitoring of development in the spring.

The detection and advance warning of frost events based on weather forecasts and sensors installed in the field is another key topic at IMMS. Initial tests of a threshold-based warning on cell phones have already been successfully carried out. This should enable fruit growers and vintners to take countermeasures depending on the situation. The sensor systems developed are also an important basis for this issue.

Lead application IoT systems for cooperative environmental monitoring:
www.imms.de



Figure 7:

Sensor for measuring bud growth. It helps to study the development of the plant and, in perspective, to breed late-frost-tolerant varieties.

Photograph: IMMS.

Outlook

With its work in EXPRESS, IMMS has helped identify suitable and affordable systems for farmers, record their capabilities, and generate benefits. In addition, with the development of the modular IoT platform for different sensors and thus different applications, IMMS has created a flexible and cost-effective system that can record all required variables with sufficient accuracy and at the same time provide usable assessments with a high practical value using as few measurement points as possible. On this basis, IMMS and LVG are striving for further cooperation in follow-up projects.

Future developments include data fusion of the measured values with weather forecasts, which are incorporated into the determination of irrigation timing. This can help to wait until precipitation is forecast and then compensate for any remaining deficit. This is another way to save additional water without compromising fruit quality and thus the success of the farmer.

It has also been shown that one of the frequently used models for irrigation can no longer accurately represent the seasonal course in times of climate change. This is due to changed conditions leading to basic assumptions of the model being only very rarely fulfilled. Here, too, the sensor technology used can provide support in the future in order to, on the one hand, determine the exact initial situation in spring and, on the other hand, to determine the necessary adjustment of the calculation factors.

Contact person: Dr.-Ing. Silvia Krug, silvia.krug@imms.de

The EXPRESS project is supported by funds of the Federal Ministry of Food and Agriculture (BMEL) based on a decision of the Parliament of the Federal Republic of Germany. The Federal Office for Agriculture and Food (BLE) provides coordinating support for digitisation in agriculture as funding organisation, grant number FKZ 28DE102D18.

With support from



Federal Ministry
of Food
and Agriculture

Project manager



Federal Office
for Agriculture and Food

by decision of the
German Bundestag



Intelligente Sensorik für die Digitalisierung in der Landwirtschaft

Das IMMS arbeitet an autarken modularen Sensorsystemen für kostengünstige Optionen zur Datenerhebung in der Landwirtschaft. Dazu haben wir den hier abgebildeten Prototypen für eine modulare IoT-Plattform entwickelt, mit der sich u.a. abiotische Parameter im Obstbau erfassen und Standortfaktoren bewerten lassen. Foto: IMMS.

Motivation und Überblick

Bewässerung spielt für viele Obstbauern zunehmend eine wichtige Rolle bei der Sicherung der Erträge. In Zeiten von Klimawandel und vermehrter Trockenheit ist es jedoch wichtig, die Ressource Wasser so sparsam wie möglich einzusetzen. Für diese Frage, die auch die Partner des Lehr- und Versuchszentrums Gartenbau (LVG) in Erfurt seit langem beschäftigt, hat das IMMS im Projekt EXPRESS Technik entwickelt und erprobt. Die langjährigen Ergebnisse der Bewässerungsversuche am LVG zeigen, dass alle bewässerten Varianten eine höhere Fruchtgröße und -qualität aufweisen als die unbewässerte Kontrolle. Diese Merkmale sind wichtig, um am Markt bestehen zu können, denn nur die beste Qualität kann Preise erzielen, die den Aufwand wirtschaftlich rechtfertigen. Die Bewässerung wird also immer wichtiger, wenn der Obstbau in Mitteldeutschland konkurrenzfähig bleiben soll. Gleichzeitig wird es durch Dürre und anhaltende Trockenheit jedoch immer wichtiger, das eingesetzte Wasser so sparsam wie möglich zu nutzen.

Für diese Optimierungen müssen Daten durch unterschiedliche Sensoren erfasst und zusammengeführt werden. Da am Markt verfügbare Systeme jedoch häufig nur

*Mehr zu
EXPRESS auf
www.imms.de*

*Leitanwendung
IoT-Systeme für
kooperatives
Umwelt-
Monitoring:
www.imms.de*

*Jahresbericht
© IMMS 2021*

auf eine Fragestellung zugeschnitten sind, ist es schwer, verschiedene Sensoren zu einem System zu integrieren und so flexible Lösungen für den Obstbau zu realisieren.

Das IMMS hat daher eine modulare Plattform entwickelt, mit der sich angepasste Lösungen hinsichtlich der verwendeten Sensoren aber auch der eingesetzten Funktechnologien realisieren lassen.

Das LVG hat diese Plattform für Untersuchungen eingesetzt und konnte unter anderem mittels Bodenfeuchtesensoren Einsparungen gegenüber festen Bewässerungsintervallen oder einer Bewässerung nach aktuellem Standardmodell erzielen und die Bewässerung mithilfe von Daten zur Fruchtentwicklung weiter optimieren.



Abbildung 1:

Aus Komponenten der Plattform aufgebauter Mikroklimatestknoten mit 2 kombinierten Sensoren für Lufttemperatur und -feuchte und einem Blattfeuchtesensor, wie sie im Obst- und Weinbau aktuell eingesetzt werden.

Foto: IMMS.

Entwicklung und Aufbau der modularen IoT-Plattform

Die entwickelte Plattform zeichnet sich dadurch aus, dass verschiedene Funkmodule (aktuell IEEE 802.15.4, LoRa und NB-IoT) mit unterschiedlichen Basisboards zum Anschluss von spezifischen Sensoren kombiniert werden können. Welches Basisboard genutzt wird, ist von der Schnittstelle zum Sensor abhängig. So gibt es Varianten für I²C, aber auch für spezifische Protokolle wie SDI-12. Neben einer klassischen Energieversorgung per Batterie werden auch Optionen zur autarken Versorgung mittels Solarpanel eingesetzt.

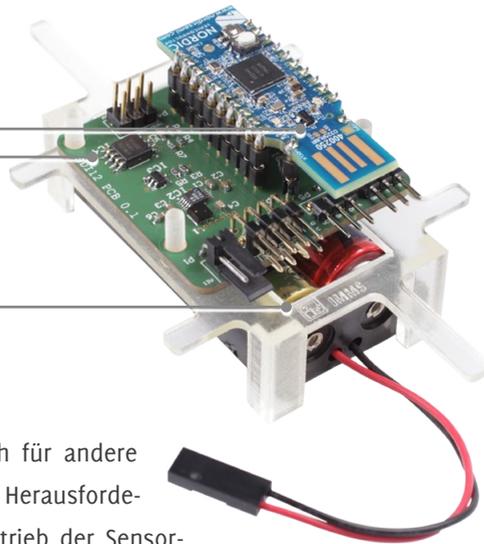
Auf dem Weg zu dieser Plattform war verschiedenen Herausforderungen zu begegnen. So musste eine Lösung für die Integration von komplexeren Protokollen wie SDI-12 gefunden werden. Das wurde über einen protokollspezifischen Co-Prozessor gelöst, der selbst per I²C angesprochen wird und die Kommunikation mit dem Sensor

Abbildung 2:

Komponenten der modularen IoT-Plattform:

- Funkmodul
- Messmodule
 - . Basis
 - . I²C-Mux
 - . Coprozessor
 - .. SDI-12
 - .. 1-Wire
- Energieversorgung
 - . Akku / Batterie
 - . Stromnetz
 - . Harvester

Foto: IMMS.



übernimmt. Dieses Konzept ist auch für andere Protokolle anwendbar. Eine weitere Herausforderung stellt der energieoptimierte Betrieb der Sensor-knoten dar. Hier arbeitet das IMMS an der modellbasierten Evaluation des Energieverbrauchs und der daraus resultierenden Lebensdauer der Knoten unter bestimmten Szenarien. Dies wird insbesondere dann wichtig, wenn Sensoren intelligenter werden und keinem festen Schema für den Arbeitszyklus folgen.

Das so realisierte Prototyping-System ermöglicht es, schnell erste Lösungen aufzubauen, wenn die Sensoren das entsprechende Protokoll unterstützen. Darüber hinaus sind damit flexible Lösungen mit mehreren Sensoren möglich, die sich speziell für eine Fragestellung zuschneiden lassen. Im Projekt EXPRESS können so mittlerweile die Größen Lufttemperatur und -feuchte, Bodentemperatur und -feuchte, Luftdruck, photosynthetisch aktive Strahlung, Globalstrahlung, Blattfeuchte sowie Windgeschwindigkeit und -richtung erfasst werden.

Neben den eigentlichen Funksensorknoten unterstützt die Lösung des IMMS darüber hinaus aufgrund des optimierten Energiemanagements den Anschluss solcher Spezialsensorik an das Gateway, die einen derart hohen Energieverbrauch aufweist, dass man normalerweise mit ihr keinen sinnvollen batteriebetriebenen Funksensorknoten aufbauen kann. Die Plattform bietet zudem Maßnahmen zur Sicherstellung der Datenqualität und ein umfassendes System zum Monitoring und zur Diagnose der Geräte im Feld. Auch in diesem Bereich war es eine Herausforderung, den Gerätezustand im Feld und die Datenqualität jederzeit evaluieren zu können, ohne vor Ort sein zu müssen. Um dies zu ermöglichen, wurden Statusinformationen in den Nachrichten sowie eine Server-seitige Qualitätssicherung mit Benachrichtigungsfunktion integriert.

- > Integrierte Sensorsysteme
- > Intelligente verteilte Mess- u. Testsysteme
- > Mag6D-nm-Direktantriebe
- > Inhalt
- * Förderung

Kernthema
Analyse von verteilten IoT-Systemen:
www.imms.de

Mehr zu
EXPRESS auf
www.imms.de



Abbildung 3:

Einbringen von Bodenfeuchtesensoren und Installation der Sensorknoten für Untersuchungen des LVG.

Foto: IMMS.

Konfiguration der modularen IoT-Plattform für Untersuchungen am LVG

Am LVG wurden mit Hilfe der Plattform aufgebaute Sensorsysteme für einen Versuch zur Bewässerung von Süßkirschen installiert. Dabei wurde ein Ad-Hoc-Netzwerk verwendet, das auf dem Funkstandard IEEE 802.15.4-basiert, und ein Mesh-fähiges Multihopnetzwerk bereitstellt. Für Fragestellungen im Versuchswesen mit vergleichsweise vielen Messpunkten auf kleinem Raum ist dies ideal. Das System erfasst an 9 Messpunkten Lufttemperatur und -feuchte, Bodentemperatur und -feuchte, die Blattfeuchte sowie den Luftdruck und die photosynthetisch aktive Strahlung. Für die Bewässerung sind jedoch vor allem die Bodenwerte und das Mikroklima in der Anlage relevant. Der Bewässerungsversuch vom LVG umfasst vier unterschiedliche Varianten der Bewässerung und zwei Varianten Mulchabdeckung. Die Daten der Sensoren werden lokal an einem Gateway gesammelt, als Backup zwischengespeichert und sowohl an einen Server am IMMS als auch an einen Server am LVG übertragen, dort in einer InfluxDB bzw. MariaDB gespeichert und per Grafana visualisiert.

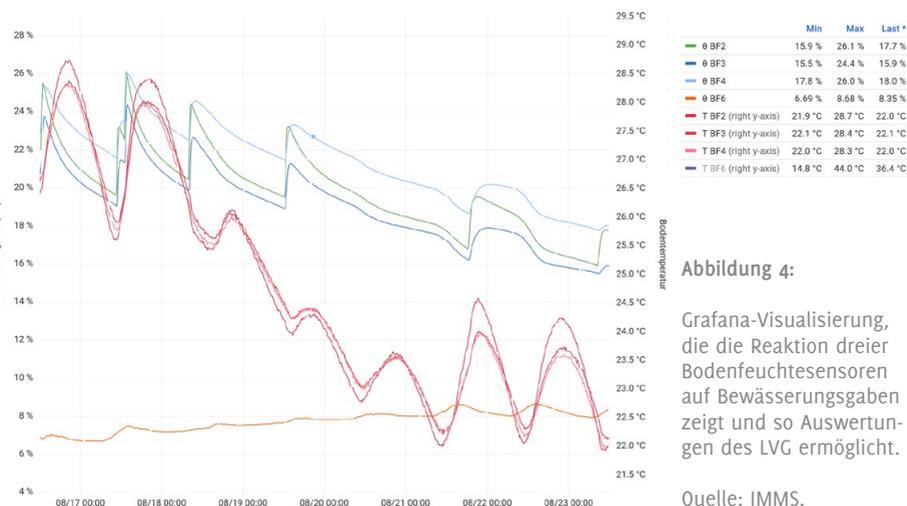


Abbildung 4:

Grafana-Visualisierung, die die Reaktion dreier Bodenfeuchtesensoren auf Bewässerungsgaben zeigt und so Auswertungen des LVG ermöglicht.

Quelle: IMMS.



Abbildung 5:
Auswahl an untersuchten Bodenfeuchtesensoren
für die Bewässerungssteuerung. Foto: IMMS.

Neben der Bereitstellung der Technik für die Versuche und deren Unterstützung am LVG erprobte das IMMS zusätzlich die Eignung unterschiedlicher Bodensensoren für diesen Anwendungsfall, um den Obstbauern Hinweise zu benötigten Investitionen geben zu können. Dazu wurden Sensoren in einer Preisspanne von 50 – 600 EUR getestet und verglichen.

Untersuchungen mit der modularen IoT-Plattform in verschiedenen Anwendungen

Versuche am LVG zur sparsamen Bewässerung und zum Fruchtwachstum im Obstbau

Das LVG führt jährlich Versuche durch, in denen unterschiedliche Bewässerungsarten, wie z.B. Tropfer oder Sprinkler, und Mulchauflagen als Verdunstungssperren geprüft werden. Der zusätzliche Sensorikeinsatz und damit die Digitalisierung zeigte hier erste Stärken. So können Bodenfeuchtesensoren die für die Pflanze verfügbare Menge Wasser im Boden erkennen und dabei helfen einzuschätzen, wann und wie viel bewässert werden muss. Die Ergebnisse am LVG zeigen, dass diese Information allein ausreicht, um gegenüber festen Bewässerungsintervallen oder einer Bewässerung nach aktuellem Standardmodell eine Einsparung zu erzielen.

Weitere Einsparungen sind möglich, wenn neben den abiotischen Faktoren der Bodenfeuchte und des Niederschlags auch Informationen über die Pflanze selbst genutzt werden können. So hat das IMMS auf Initiative des LVG einen Sensor zur Messung des Fruchtwachstums entwickelt und in das bestehende System integriert. Dieser Sensor erlaubt es, unterschiedliche Phasen der Fruchtentwicklung zu erkennen. Damit ist es möglich, die Wassergabe so anzupassen, dass nur dann bewässert wird, wenn es der Fruchtqualität zugutekommt.

Leitanwendung
IoT-Systeme für
kooperatives
Umwelt-
Monitoring:
www.imms.de



Abbildung 6:

Am IMMS entwickelter Sensor zur Messung des Fruchtwachstums. Mit ihm lassen sich unterschiedliche Phasen der Fruchtentwicklung erkennen. Folglich wird nur dann bewässert, wenn es der Fruchtqualität zugutekommt.
Foto: IMMS.

Versuche zu Bewässerung, Knospenwachstum und Frostwarnung

Darüber hinaus werden die Versuche zu Bodensensorik mit weiteren Praxispartnern, unter anderem Obstgarten Orphalgrund e.G. (Fahner Obst) in Thüringen und Biofrucht Senst in Sachsen-Anhalt, durchgeführt, um auch diese Ergebnisse in die Praxis zu tragen. Ein weiterer Aspekt ist dabei, dass Ergebnisse nicht nur von einem Standort stammen, um unterschiedliche Rahmenbedingungen abzudecken.

Mit der am IMMS entwickelten Plattform ist es zudem möglich, Daten für andere Fragestellungen im Obst- und Weinbau zu sammeln. So ist z.B. eine leicht veränderte Version des Sensors für das Fruchtwachstum im Winter in Dresden-Pillnitz beim Julius-Kühn-Institut (JKI) für Züchtungsforschung an Obst eingesetzt worden, um das Knospenwachstum an unterschiedlichen Apfelsorten zu überwachen. Die Forschungsfrage des JKI zielt dabei auf Mechanismen für das Erwachen der Pflanzen im Frühjahr ab, um langfristig das damit einhergehende Risiko auf Frostschäden zu minimieren. Die Sensoren unterstützen die Forscher dabei, indem die Entwicklung im Frühjahr detailliert verfolgt werden kann.

Die Erkennung und Warnung vor Frostereignissen auf Basis von Wetterprognosen und im Feld installierter Sensorik ist ein weiteres Schwerpunktthema am IMMS. Dazu konnten erste Tests einer Schwellwert-basierten Warnung aufs Handy bereits



Abbildung 7:

Sensor zur Messung des Knospenwachstums. Er hilft dabei, die Entwicklung der Pflanze zu untersuchen und perspektivisch Spätfrost-tolerante Sorten zu züchten.
Foto: IMMS.

erfolgreich durchgeführt werden. Dies soll es Obstbauern und Winzern ermöglichen, je nach Situation Gegenmaßnahmen zu ergreifen. Auch für diese Fragestellung sind die entwickelten Sensorsysteme eine wichtige Basis.

Ausblick

Das IMMS hat mit seinen Arbeiten in EXPRESS dazu beigetragen, für Landwirte geeignete und bezahlbare Systeme zu identifizieren, deren Möglichkeiten zu erfassen und einen Nutzen zu generieren. Darüber hinaus hat das IMMS mit der Entwicklung der modularen IoT-Plattform für verschiedene Sensoren und damit verschiedene Anwendungen ein flexibles und kostengünstiges System realisiert, das alle erforderlichen Größen hinreichend genau erfassen und gleichzeitig mit möglichst wenigen Messpunkten verwertbare Aussagen mit einem hohen praktischen Nutzwert bereitstellen kann. Auf dieser Grundlage streben IMMS und LVG eine weitere Zusammenarbeit in Folgeprojekten an.

Zukünftige Entwicklungen beinhalten u.a. eine Datenfusion der gemessenen Werte mit Wetterprognosen, die in die Bestimmung der Bewässerungszeitpunkte mit einfließen. Dies kann helfen, bei angesagtem Niederschlag diesen erst abzuwarten und anschließend ein verbliebenes Defizit auszugleichen. Auch so kann zusätzlich Wasser eingespart werden, ohne die Fruchtqualität und damit den Erfolg der Landwirte zu beeinträchtigen.

Außerdem hat sich gezeigt, dass eines der häufig verwendeten Modelle für die Bewässerung in Zeiten des Klimawandels den jahreszeitlichen Verlauf nicht mehr exakt abbilden kann. Dies liegt an veränderten Bedingungen, die dazu führen, dass Grundannahmen des Modells nur noch sehr selten erfüllt werden. Auch hier kann die eingesetzte Sensorik künftig unterstützen, um einerseits die genaue Ausgangssituation im Frühjahr zu ermitteln und andererseits die erforderliche Anpassung der Berechnungsfaktoren zu bestimmen.

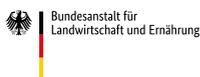
Kontakt: Dr.-Ing. Silvia Krug, silvia.krug@imms.de

Gefördert durch



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Projektträger



Die Förderung des Vorhabens EXPRESS erfolgt aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages. Die Projektträgerschaft erfolgt über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen der Förderung der Digitalisierung in der Landwirtschaft mit dem Förderkennzeichen FKZ 28DE102D18.