

eXpress

Schwerpunkt

Der idealtypisch digitalisierte Betrieb – Technologien für die Digitalisierung im Wein- und Obstanbau

Gefördert durch



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

Projektträger



Bundesanstalt für
Landwirtschaft und Ernährung

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Inhalt

Vorwort 5

1. Einleitung 9

2. Beiträge

2.1 Sensorik im digitalisierten Betrieb der Zukunft..... 11

2.2 Blockchain-Technologie 15

**2.3 Fahrassistenzsysteme und Robotik
– Automatisierung im Obst- und Weinbau 21**

**2.4 4-dimensionale Pflanzenbeobachtung
mit Kameras..... 25**

**2.5 Entscheidungssysteme für das
Wassermanagement im Weinberg
und smarte Bewässerung 27**

**2.6 Potentiale von Augmented- und Virtual Reality
Technologien im Obst- und Weinanbau 31**

2.7 Drohnen im Weinbau 35

**2.8 Effizientes Betriebsmanagement
durch Farm-Management-Informationssysteme 41**

**2.9 Das Arbeiten im
ideal digitalisierten Betrieb 45**

3. Diskussion..... 47

Thesen 48

4. Fazit und Ausblick 50

Glossar & Literaturverzeichnis 52

Impressum & Danksagung 54





Jördis Arnecke

Wissens- und Technologietransfer / Fraunhofer-Zentrum für Internationales Management und Wissensökonomie IMW



Dr. Rikard Graß

Erkundungstechnologien / Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH - UFZ



Dr. Tino Hutschenreuther

Sensorsysteme / IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH

Alle Abbildungen:
© Philipp Körner, Fraunhofer IMW



Valentin Knitsch

Wissens- und Technologietransfer / Fraunhofer-Zentrum für Internationales Management und Wissensökonomie IMW



Martin Kobe

Erkundungstechnologien / Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH - UFZ



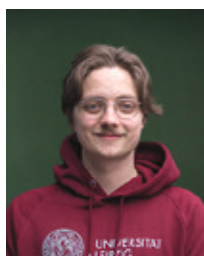
Dr. Silvia Krug

Vernetzung und Sensorsysteme / IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH



Hannes Mollenhauer

Erkundungstechnologien / Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH - UFZ



Arne Präger

Augmented Reality (AR), Virtual Reality (VR) / Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät der Universität Leipzig



Ingolf Römer

Vernetzung und Projektmanagement / Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät der Universität Leipzig



Martin Schieck

Virtual Reality (VR), Datenintegration / Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät der Universität Leipzig



Viola Süß

Regionalität, Blockchain Technologie / Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät der Universität Leipzig



Dr. Juliane Welz

Wissens- und Technologietransfer / Fraunhofer-Zentrum für Internationales Management und Wissensökonomie IMW

Vorwort

„Ohne Innovation keine Tradition.“ – So formuliert es einer der im Experimentierfeld involvierten Landwirte in Bezug auf die Diskussion der Notwendigkeit einer Modernisierung des Wein- und Obstbaus. Es sind viele Aspekte, die in diesen wenigen Worten stecken. Der anthropogene, vom Menschen verursachte Klimawandel mit verstärkten Spätfrösten, starken Regenfällen aber auch extremer Trockenheit sowie die wachsende gesellschaftliche Erwartung an einen nachhaltigen und transparenten Wein- und Obstanbau sind zwei der großen Herausforderungen, mit denen der Wein- und Obstanbau derzeit – und auch auf längere Sicht – konfrontiert sind. Die geringe Verfügbarkeit von Nachwuchs sowie von Saison- und Fachkräften, Planungsunsicherheit infolge momentaner rechtlicher Restriktionen, steigende Energie- und Produktionskosten infolge des russischen Angriffskrieges auf die Ukraine – die Liste der Herausforderungen für die Landwirtschaft ist lang.

Hinzu kommt das Thema der digitalen Transformation, was von einigen Akteur*innen ebenso eher als Herausforderung denn als Chance wahrgenommen wird. Den Rückmeldungen aus der Praxis an das Experimentierfeld EXPRESS folgend, warten viele Betriebe sowohl auf passende und bezahlbare

Lösungen als auch die entsprechenden rechtlichen Rahmenbedingungen und Fördermöglichkeiten. Vielen Akteuren ist klar, dass der Anbau und die Verarbeitung der landwirtschaftlichen Erzeugnisse einen teilweise tiefgreifenden Umbau der bestehenden Produktionsprozesse erfordert, wenn mittelfristig in Deutschland noch kostendeckend produziert werden soll. Die Meinungen gehen hier allerdings stark auseinander und die Entwürfe für die Produktion der Zukunft unterscheiden sich durchaus.

Diese Broschüre gibt einen fundierten Überblick über die aus dem Projekt EXPRESS (Experimentierfeld zur datengetriebenen Vernetzung und Digitalisierung in der Landwirtschaft) heraus bekannten und bearbeiteten digitalen Anwendungsfelder. Unter Berücksichtigung der angedeuteten Herausforderungen wird ein Idealbild eines hochgradig digitalisierten Betriebes entworfen, der aus heutiger Sicht bereits so existieren kann und in einem Weingut und / oder Obsthof technisch umsetzbar ist. Die vorliegende Publikation richtet sich insbesondere an Hersteller und Dienstleister, Förder- und Beratungsorgane sowie Entscheidungstragende im politischen Feld. Darüber hinaus wünschen wir uns, dass interessierte Landwirt*innen daraus Impulse für die zukünftige Gestaltung des eigenen Betriebes gewinnen. ■

Der idealtypisch digitalisierte Betrieb

Abbildung 1: Technologien für den Obst- und Weinbau in der Übersicht: Die Grafik vermittelt einen anschaulichen Überblick über die verschiedenen Aktionsfelder für die Digitalisierung im Sonderkulturbereich



Einleitung – Ganzheitliche Betrachtungen zur Digitalisierung

Das Kennenlernen und hinreichende Verstehen nicht nur neuer, sondern auch bereits am Markt verfügbarer Technologieanwendungen ist für viele Landwirt*innen mit hohen Hürden verbunden. Es besteht ein hoher Orientierungsbedarf und es finden sich kaum ganzheitliche Entwürfe, welche eine Vielzahl an wechselseitig (nicht) integrierbaren technischen Möglichkeiten im Kontext der gegebenen Rahmenbedingungen der Betriebe sowie den wachsenden Nachhaltigkeitsanforderungen betrachten.

Zudem mangelt es oft an konkreten Vorstellungen, wie vernetzte und verlässliche digitale Technologien Landwirt*innen dabei unterstützen können, auch in Zukunft Obst und Wein in hochwertiger Qualität zu produzieren und arbeitsintensive Einsätze vor Ort zu vereinfachen, neu zu organisieren bzw. sogar zu vermeiden.

Vor diesem Hintergrund zeigen wir auf, wie sich einzelne digitale Anwendungen sinnvoll vernetzen lassen. Die Auswahl und die Zusammensetzung an Technologien ergeben sich dabei aus den Problemstellungen des jeweiligen Betriebes heraus, denn Diskussionen rund um die digitale Transformation in der Landwirtschaft dürfen nicht die Fallstricke der Digitalisierung außer Acht lassen: Nicht jede Lösung ist für jede Betriebsgröße relevant und/oder bezahlbar. Nicht jede neuere Technologie ist hinreichend einfach bzw. robust gestaltet. Und ebenso ist es den Betrieben häufig nicht möglich, qualifizierte Mitarbeiter*innen zu gewinnen, die sich gleichzeitig in der Kulturführung sowie in der Einführung neuer Technologien im Betrieb gut auskennen. Diese Herausforderungen werden ebenfalls diskutiert, wenn es um die Einordnung des Mehrwertes unterschiedlicher Lösungen geht.

Daraus ergeben sich folgende Leitfragen für die einzelnen Beiträge:

- Welche digitalen Technologien sind vorhanden?
- Wie lassen sich diese bestmöglich in den Betrieb integrieren?
- Wie lassen sich einzelne digitale Anwendungen sinnvoll vernetzen?
- Welche Herausforderungen gibt es zu beachten?

Die folgenden Kapitel bieten Orientierungswissen, welches sich allerdings erst in zweiter Reihe an die Landwirt*innen selbst richtet. Nach fünf Jahren Experimentierfeld EXPRESS lässt sich festhalten, dass die landwirtschaftlich bewirtschafteten Raumkulturen in Mitteldeutschland hierbei nicht nur auf die Unterstützung aus Politik, Wirtschaft und Forschung angewiesen sind, sondern auch gänzlich neue Lösungen auf diese verzweigten Herausforderungen gefunden werden müssen. ■



2.1 Sensorik im digitalisierten Betrieb der Zukunft

Über Sensoren bereitgestellte Informationen sind das Herzstück vieler digitaler Unterstützungsdienste im Obst- und Weinbau. Sie messen mannigfaltige Umweltparameter wie Lufttemperatur, Bodenfeuchte oder die Knospengröße. Mit Sensorik werden heute Messungen an fest installierten Stationen erhoben und mit georeferenzierter mobiler Sensorik durchgeführt, bspw. an Drohnen, Satelliten oder anderen Maschinen. Aus diesen unterschiedlichen Quellen, von extern erhobenen Satellitendaten für Wetterprognosen bis hin zu lokal gemessenen Betriebsdaten ergeben sich unzählige Analyse- und Auswertungsmöglichkeiten zu vielfältigen Facetten der Pflanzengesundheit, zur Antizipation möglicher Schadereignisse oder auch betriebswirtschaftlichen Ernte- und Qualitätsschätzungen. Bereits heute ist es dabei möglich, lokale Bedingungen in unterschiedliche Analysen einzubinden und so angepasste Modellierungen auf Betriebsebene herzustellen.

So ist es z. B. möglich, die Bewässerung automatisch anhand von Bodensensoren zu steuern. Landwirt*innen haben hier viele Ideen für den Einsatz von Sensorik. Eine präzise und optimierte Bewässerung spart beispielsweise Betriebskosten und verringert die Entnahmemengen dieser in manchen Jahren knappen Ressource.

Aus technischer Sicht ist es bereits heute möglich für die Beantwortung einer betrieblichen Frage die jeweils nur die notwendigen Sensoren einzubinden. Diese Sensoren sind flexibel einsetzbar, beliebig kombinierbar je Fragestellung und sollten so handhabbar sein, dass kein Extraaufwand durch die Handhabung der Technik an sich entsteht. Die Sensoren müssen allerdings gut in den Betrieb integriert werden. Das bedeutet nicht nur, dass sie sich in die IT-Infrastruktur einfügen. Es ist auch wichtig, dass die Sensoren keine Hindernisse für den Arbeitsablauf der Betriebe bedeuten oder durch die zunehmende Mechanisierung von Arbeitsschritten beschädigt werden. Hier spielen vor allem ein innovatives Design mit den Anforderungen im Obst- und Weinbau für autonome Maschinen, aber auch die Sensoren eine Rolle.

Zusätzlich sind **Diagnosefunktionen** in die Systeme integriert, die jederzeit Informationen zum Systemstatus bereitstellen und den Nutzer über Probleme, wie beschädigte Sensoren, informiert. Denkbar ist hier auch ein Dienstleister, der nach einer Fehlermeldung die Systeme wartet. Neben der Überwachung der Anlagen und Pflanzen ►





Abbildung 2: Mikroklima-, Bodenfeuchte- und dendrometrische (Knospenwachstum) Sensorik in einer Obstbau Versuchsanlage.

werden Sensorsysteme weitere Dienste bereitstellen, dazu gehört die Integration von Aktoren, um z. B. autonom die Bewässerung zu steuern oder die Spritze bei zu viel Wind am Schlag automatisch abzuschalten.

Dabei ist jedoch immer über Apps oder andere Benachrichtigungsoptionen eine Transparenz zum Menschen gewährleistet, der im Zweifel auch eingreifen kann. So entsteht ein Obst- und Weinbaubetrieb der Zukunft, der mehr Informationen über seine Anlagen zur Verfügung hat als bisher. Damit rücken die Datenanalyse und das Ableiten neuer Strategien für den Betrieb in den Fokus.

Die Technologie unterstützt hier mit Optionen zur grafischen Darstellung der Daten oder abgeleiteter Informationen, die flexibel miteinander kombiniert werden können. So bieten Sensoren, die z. B. Temperatur und Bodenfeuchte erfassen, die Grundlage für

unterschiedliche Analysen, wie z. B. die Frostwarnung im Frühjahr oder Stress durch Hitze im Sommer. Für beide Fragen wird jedoch nur **ein System** benötigt, nicht mehrere.

Damit dies funktioniert ist es wichtig, dass die Daten kombinierbar sind, also über APIs automatisiert für andere Dienste und Analysen zur Verfügung gestellt werden.

Größtes Hemmnis, diese Vision zu erreichen, sind bisher **herstellerspezifische Lösungen**. So existieren am Markt viele unterschiedliche Lösungen verschiedener Hersteller (z.B. Wetterstation und Bewässerungssteuerung) für unterschiedliche landwirtschaftliche Fragestellungen. Dem Wunsch nach einer flexiblen Gestaltung der Systeme für Landwirte kann aktuell nur durch mehrere, parallel installierte Systeme Rechnung getragen werden. Die Daten sind dann auch nicht automatisiert kombinierbar,

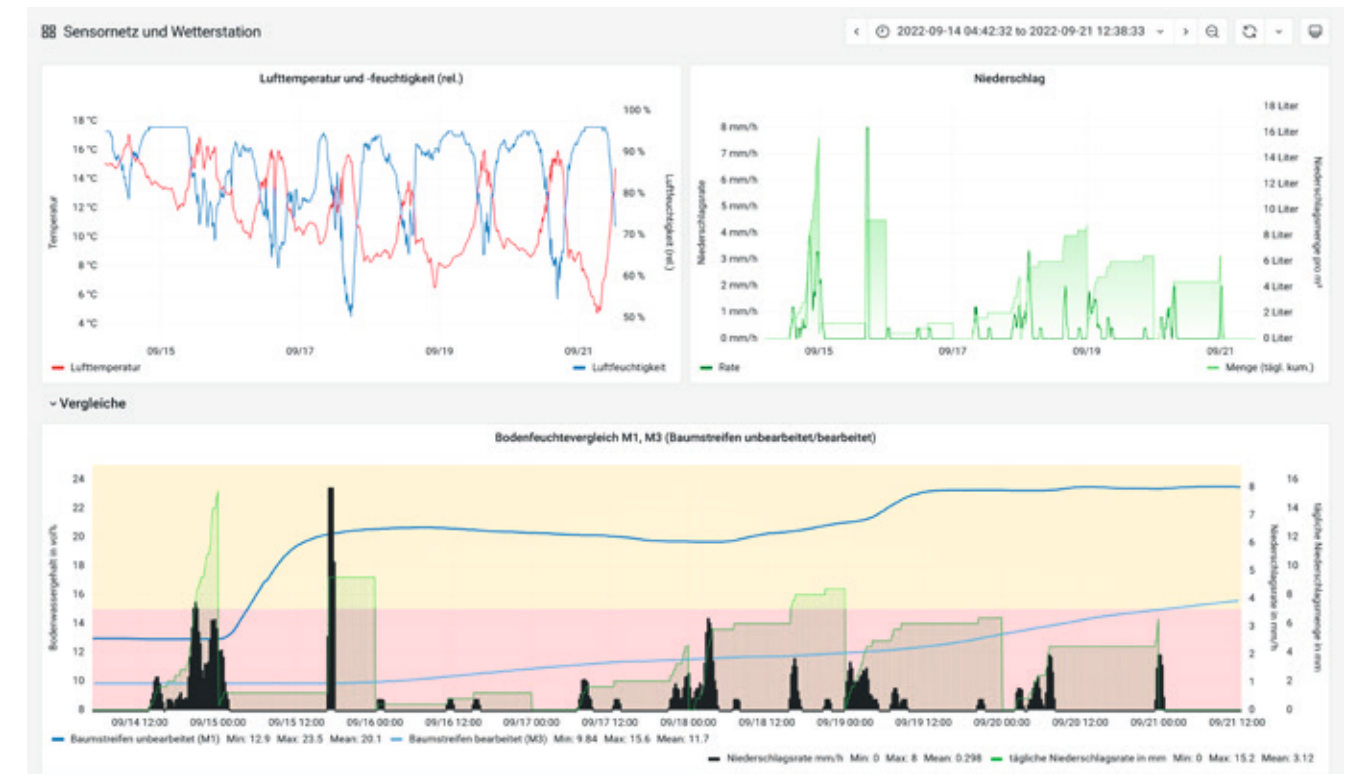


Abbildung 3: Dashboard zur Visualisierung von Messdaten. Hier: Mikroklima (örtliche Wetterstation), Bodenfeuchtevergleich zwischen bearbeiteten und unbearbeiteten Baumstreifen. Die hierfür notwendigen Sensorikkomponenten sind eine Eigenentwicklung des IMMS.

vielmehr müssen oft manuell Daten von einer Webseite heruntergeladen werden, falls dies überhaupt möglich ist.

Dies ist durch die Anbauenden selbst nicht zu leisten. Die Potenziale der Technik können deshalb im Moment nur punktuell ausgeschöpft werden. Zudem fehlt es flächendeckend an **IT-Dienstleistungsunternehmen für landwirtschaftliche Anwendungen**, die diese Integrationsarbeit übernehmen könnten. In den nächsten Jahren sollte die Entwicklung in Richtung **offener Systeme und Plattformen** gehen, einhergehend mit Serviceangeboten zur Dimensionierung eines Systems, einem abgestimmten Messdesign und einem Wartungskonzept. Daraus kann auch eine neue Berufsgruppe neben der klassischen Landtechnik entstehen, die sich um digitale Dienstleistungen kümmert und Landwirt*innen zur Seite steht. Zentraler Punkt für die Betriebe ist dabei die **Einfachheit des Systems**. Auch komplexe Systeme müssen so gestaltet sein, dass sie mit einfachen Mitteln, z. B. per App oder Sprachsteuerung, das volle Potenzial bereitstellen, ohne aufwändige Zusatzausbildung. Darüber hinaus wird es wichtig,

ein **digitales Versuchswesen** zu schaffen, wo neben neuen Sorten und Anbausystemen auch die digitalen Möglichkeiten erprobt werden. Ziel muss es auch hier sein, Technik herstellerunabhängig zu testen und Empfehlungen zu geben. ■

2.2 Datenmanagement via Blockchain-Technologie

Heutzutage bedeutet Landwirtschaft nicht mehr nur die Produktion von Rohstoffen und Nahrungsmitteln, sondern auch von großen Mengen an wichtigen Daten. Denn bei der Erzeugung von Waren entstehen Informationen, welche, vor allem im Bereich der Lebensmittelproduktion, dokumentiert und ausgewertet werden müssen. Dies beginnt beispielsweise bei der Einhaltung und der Nachweiserbringung der Lebensmittelsicherheit sowie Nachhaltigkeit über die Prozessüberwachung zur Vertragserfüllung bis hin zur Preisbildung des Endproduktes.

Immer wieder werden Informationen zum Themenbereich Lebensmittelbetrug, beispielsweise durch gestreckten Honig, gepanshtes Olivenöl oder falsch deklariertes Fleisch, aufgedeckt. Hierfür sind die häufigsten Ursachen lange, undurchsichtige Lieferketten, welche nur schwer zurückzuverfolgen sind. Um dies zu verstehen ist es notwendig, die Aktivitäten und Funktionsweisen einer Lieferkette zu untersuchen.

Eine landwirtschaftlich geprägte Lieferkette besteht aus erzeugenden, verarbeitenden Unternehmen und dem Handel. Sie sind kurz oder lang, regional oder global. Lieferketten bestehen nicht nur aus der Übergabe der Waren, sondern auch aus Transaktionsinformationen zwischen den Akteuren. Diese sind für die Einhaltung und Gewährleistung von Qualitätsstandards wichtig, aber auch für die Zertifizierung von Waren oder als Vertriebsinformation für Endkund*innen.

Eine innovative Technologie zur lückenlosen Dokumentation und schnellen Rückverfolgbarkeit von Lebensmitteln ist die Distributed-Ledger-Technologie, genauer gesagt Blockchain-Technologie. Denn die Lieferkettenakteure profitieren hierbei von bedingungslosem Vertrauen untereinander, nachvollziehbaren und transparenten Prozessabläufen sowie der fälschungssicheren Datenspeicherung und -bereitstellung. Wird dieses Vertrauen bis hin zum Endprodukt im Handel übertragen, kann damit automatisiert eine **Erhöhung des Warenwertes** einher gehen.

EXPRESS erforscht die Anwendung von Blockchain-Technologie bei und mit landwirtschaftlichen Betrieben in regionalen Lieferketten. Die folgende Grafik ermöglicht eine Einschätzung, ob Blockchain-Technologie die Lieferkette im regionalen Obst- und Weinanbau effizienter gestalten kann. ►



Abbildung 4: Entscheidungsbaum für den Einsatz von Blockchain-Technologie im Lieferkettenmanagement

Was ist Blockchain-Technologie?

Blockchain-Technologie bezeichnet eine dezentrale, fälschungssichere und transaktionale Datenbank. Die Daten werden als Transaktionen in Blöcken geschrieben und manipulationssicher mit dem vorherigen und nachfolgenden Block verkettet.

Blockchain-Technologie bietet eine einzigartige Kombination von unterschiedlichsten Technologien. Die Merkmale der Blockchain-Technologie:

- Das dezentrale Peer-2-Peer (P2P) Netzwerk garantiert eine hohe Ausfallsicherheit und benötigt keine vertrauenswürdigen Intermediäre.
- Der Konsensmechanismus dient der Entscheidungsfindung im gleichberechtigten P2P Netzwerk und schafft somit Vertrauen ohne zusätzlich notwendige Kontrollinstanz.
- Kryptografie dient der Verschlüsselung von Informationen und verhindert unberechtigte Zugriffe.
- Das Verkettungsprinzip der Blockchain sorgt für die lineare Speicherung mit Zeitstempeln und bewirkt damit Transparenz und eindeutige Herkunftsnachweise.
- Smart Contracts, so genannte intelligente Verträge, können automatisiert die Einhaltung digitaler Verträge überprüfen.

Blockchain-Technologie in Kombination mit Sensor-Technologie bietet in der Wertschöpfungskette vielseitige Möglichkeiten.

Die Eigenschaften dieser digitalen Technologien können in Kombination mehrwertbringend in Wertschöpfungsketten eingesetzt werden, um eine interorganisationale Zusammenarbeit mit regem Datenaustausch, vertrauenswürdig und automatisiert für alle Teilnehmenden zu ermöglichen.

- Blockchain-basierte Systeme schaffen Vertrauen durch Technologie. Denn durch die Generierung eines Blocks pro Transaktion und der irreversiblen Verkettung sowie der dezentralen Speicherung aller Transaktionen entsteht die digitale Nachverfolgbarkeit in Echtzeit vom Erzeugenden bis zum Konsumierenden über alle Verarbeitungsschritte hinweg.
- IoT-Sensoren können für die Prozessdokumentation aller Arbeitsschritte durch die Überwachung der Landwirtschaftsgeräte genutzt werden.
- Die Technologie gewährt eine transparente Nachverfolgung der zurückgelegten Wege über verschiedene Akteure hinweg – vollständig akteursunabhängig, da die Ware getrackt wird. Dies kann per App nachverfolgt werden.
- Der Warenbegleitschein kann nun in digitaler Form und mittels Sensor-Technologie eine lückenlose Zustandsdefinition (z. B. Standort, Lage, Temperatur und Zeitstempel) übergeben. Somit wird einem Verlust von Informationen, Vertragsbruch oder sogar Betrug in der Wertschöpfungskette vorgebeugt, denn die Warenhistorie ist eindeutig hinterlegt. Dies kann automatisiert mittels Smart Contracts abgebildet und überprüft werden. ►

Unsere Anwendungsfälle

Der Digitale Produktpass – ein nachvollziehbarer Herkunftsnachweis

Der Digitale Produktpass ist ein vertrauenswürdiger und sicherer Herkunftsnachweis für regionale Erzeugnisse unter Mitwirkung aller Bearbeitungsstufen einer Wertschöpfungskette. Es werden alle anfallenden Verarbeitungs-, Transport- und Herstellungsschritte in der Wertschöpfungskette vom Feld bis in den Einkaufskorb gleichwertig, lückenlos und nachvollziehbar dokumentiert. Dieser digitale Herkunftsnachweis per App nutzt die Mehrwerte der Blockchain-Technologie, welche für Transparenz, Dezentralität und Manipulationssicherheit steht. Die Produktpass-App konzentriert Informationen durch die automatisierte Erfassung der Pflanzenbearbeitungsschritte per IT-Systeme und Sensordaten für Konsumierende und schafft Vertrauen durch die transparente Nachvollziehbarkeit von Informationen. Die Abbildung auf dem Produkt erfolgt als QR-Code.

Mit dem Digitalen Produktpass können betriebliche Mehrwerte, wie beispielsweise eine regionale Erzeugung, ein ressourcenschonender und nachhaltiger Umgang mit der Umwelt oder kurze Transportwege und faire Arbeitsbedingungen, direkt am Produkt transparent bis zum Konsumierenden kommuniziert werden.

Digitale, fälschungssichere Dokumentation – sichere Daten, sichere Audits

Durch die lückenlose und sichere Dokumentation der Verarbeitungsschritte sowie aller Transportwege unter Mitwirkung aller Stufen und Akteure in einer Wertschöpfungskette kann die Einhaltung von Lebensmittelsicherheit und eine zuverlässige Qualität der Waren, auch bei Veränderungen oder spontanen Anpassungen in Lieferketten, stets zugesichert und nachgewiesen werden. Die zu überprüfenden Daten werden für zertifizierende und auditierende Prüfstellen automatisiert, schnell und bedarfsgerecht zur Verfügung gestellt.

Der Nachweis zur Einhaltung von Vorschriften sowie die Garantie, dass erbrachte Nachweise nicht manipuliert wurden, sind wertvolle Informationen für die nachgelagerten Verbraucher auf den Exportmärkten. Die Vorteile für die Verbraucher liegen in der Sicherheit der Informationsansprüche und für die Erzeuger in der Senkung der Kosten durch maschinelle Automatisierung von Inspektionen, Audits und anderen kostspieligen Verwaltungsprozessen bei der Bereitstellung von vertrauenswürdigen Informationen.

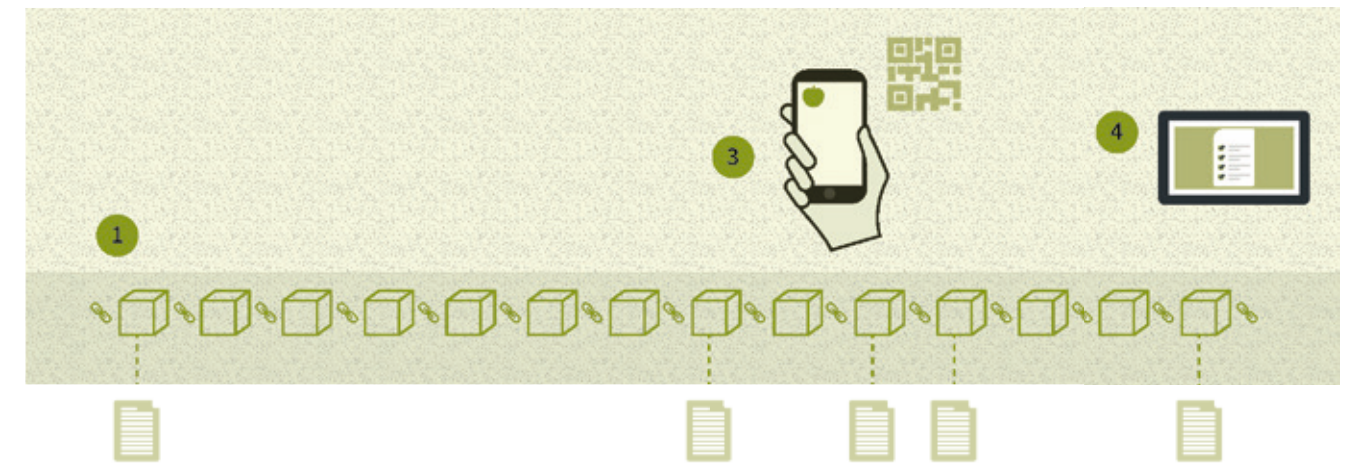


Abbildung 6: Schematische Darstellung des Einsatzes von Blockchain-Technologie in der Landwirtschaft

Potenziale und Herausforderung in der Landwirtschaft

Die Vorteile von Blockchain-Technologie als integratives Datenmanagement kommen nicht nur den Erzeugern und Verarbeitern, sondern auch den Verbrauchern zugute. Eine schnelle Rückverfolgbarkeit, die bedingungslose Informationstransparenz und die einfache Nutzung sprechen in einer regionalen Lieferkette für sich. Vorteile dieser Technologie kommen jedoch erst zum Tragen, wenn alle Parteien entlang der Lieferkette die neue Technologie übernehmen und anwenden.

Mittels Blockchain-Technologie kann der wahre Warenwert, welcher beim landwirtschaftlichen Betrieb entsteht, direkt dort nachgewiesen werden. Ein durchdachter Einsatz der Technologie verspricht faire, nachhaltigere und verantwortungsvollere Lieferketten.

Die Vorurteile gegenüber den ersten Blockchain-Generationen hinsichtlich Datensicherheit und Stromverbrauch sind längst überholt und in den

aktuellen technologischen Entwicklungen nicht der Rede wert. Diese Fehlinformationen scheinen sich langfristig zu halten, da Blockchain- Erfolgsgeschichten nur selten kommuniziert werden. Ein Grund hierfür könnte die Komplexität der Technologie selbst sowie das benötigte Expertenwissen zur Implementierung sein. Des Weiteren sind Dienstleistungsangebote speziell für kleine und mittelständische Betriebe auf dem Markt rar und gegenwärtig noch nicht fest am Markt etabliert. Damit geht einher, dass gegenwärtig keine generalisierten Aussagen über Implementierungskosten und ökonomische Mehrwerte möglich sind. Ein Blockchain-basierter digitaler Herkunftsnachweis konkurriert weiterhin mit anderen Qualitätsinformationen wie Siegel oder Zertifizierungen. Aufgrund dessen ist es möglich, dass die Relevanz zum Einsatz dieser Technologie noch nicht gesehen wird. Mit einem wachsenden Bedarf an (fälschungssicheren) Produktinformationen werden jedoch mittelfristig auch die Potenziale der Blockchain-Technologie weiter erkundet werden. ■



Abbildung 5: Die digitale Produktpass-App

2.3 Fahrassistenzsysteme und Robotik – Automatisierung im Obst- und Weinbau

Robotik und autonomes Fahren ermöglichen es, landwirtschaftliche Arbeiten schneller, effizienter und präziser auszuführen. Autonome Maschinen oder robotische Systeme sollen Antworten auf den Fach- und Saisonarbeitskräftemangel sowie steigende Lohnkosten bieten. Außerdem wird mit autonomen Systemen die Erwartung geäußert, Arbeitsvorgänge schneller und präziser auszuführen.

Im Bereich der Bodenbearbeitung können autonome Traktoren und andere Fahrzeuge den Boden heute schon bearbeiten und düngen, ohne dass ein menschlicher Fahrer erforderlich ist. Für anfallende Pflegearbeiten können autonom agierende Traktoren oder Trägerplattformen Reben und Obstbäume regelmäßig beschneiden und pflegen, um die Laubwand in Form zu halten und die Produktivität zu steuern. Mit dem Einsatz im Pflanzenschutz sollen autonome Roboter Pflanzen vor Schädlingen und Krankheiten schützen, indem sie gezielt und automatisiert Pflanzenschutzmittel auf bestimmte Bereiche eines Feldes aufbringen. Erste Autonome Erntemaschinen werden derzeit für den Markteintritt vorbereitet. Für die Überwachung können Kamerafahrzeuge und autonome Drohnen verwendet werden. Sie nehmen Bilder und Videos auf, die zur Überwachung von Pflanzenwachstum und Ernteerträgen verwendet werden können. Die Systeme sind gegenwärtig jedoch fehleranfällig und bedürfen einer Überwachung durch einen Maschinenführer.

Um das Potenzial besser einschätzen zu können, lohnt sich ein Blick auf die dahinterstehende, durchaus komplexe Technologie der unterschiedlichen Automatisierungsgrade. Grundlage für die Orientierung von Maschinen sind globale Navigationssatellitensysteme (GNSS) zur Positionsbestimmung. Die weiteste Verbreitung erlangte das US-amerikanische Global Positioning System (GPS). Auf dessen Grundlage werden präzise Fahrassistenzsysteme sowie vollautonome Systeme entwickelt. GNSS-basierte Systeme halten z. B. landwirtschaftliche Fahrzeuge und Maschinen automatisch und präzise auf bestimmten Fahrspuren. Als Voraussetzung müssen hierzu digitale Landkarten von Feldern erstellt werden, um diese für die Planung und Überwachung von landwirtschaftlichen Arbeiten verwenden zu können. Die Pfade, insbesondere die Fahrt zwischen den Gassen und Wendemanöver, müssen einmalig aufgezeichnet werden. Die Vorteile der GPS-basierten Spurführung, derartiger Lenksysteme eines Traktors oder des Direktzuges im Wein- und Obstbau liegen vor allem darin, dass die Mitarbeiter*innen ►



vom Steuern des Traktors entlastet werden und sich besser auf die Bewirtschaftungsmaßnahme konzentrieren können.

Dies ermöglicht wiederum auch die komplexe Kombination mehrerer Arbeitsgänge in einer Überfahrt im Direktzug. Durchgeführte Aktivitäten können lokalisiert und im Farmmanagementinformationssystem (FMIS) weitestgehend automatisch dokumentiert werden.

Herausforderungen bei der Anwendung von GPS-basierten Systemen in der Landwirtschaft sind z. B. die Abhängigkeit von der Verfügbarkeit von GPS-Signalen und die Notwendigkeit, die Systeme regelmäßig zu warten und zu kalibrieren. Im Direktzug und in Kombination mit Recyclingspritzen verbesserte der Einsatz der Spurführungssysteme die Wirtschaftlichkeit z.B. durch die Reduzierung von Beschädigungen respektive dem Ersatzteilbedarf.

LiDAR-basierte Spurführungs- und Steuerungssysteme haben in der Landwirtschaft eine wachsende Bedeutung. Sie ermöglichen eine präzise und automatische Steuerung. So ist es möglich, einen Traktor mit einem unabhängigen Assistenzsystem auszurüsten, das die Position der Anbaugeräte im Zwischenachs- und Heckbereich des Traktors steuert. Mit Hilfe des LiDAR werden z. B. die Bodenkontur wie auch die einzelnen Rebstöcke erfasst und ein dreidimensionales Profilbild erzeugt. Die Informationen überträgt das System an die Anbaugeräte im Zwischenachsbereich. Dies erlaubt es, insb. bei einer ökologischen Bodenbearbeitung und mechanischen Unkrautbekämpfung Zeit zu sparen sowie durch arbeitswirtschaftliche Gerätekombinationen die Produktivität zu erhöhen.

Für den höchsten Automatisierungsgrad, dem autonomen Fahren in der Landwirtschaft, werden in der Regel mehrere Arten von Sensoren (s. Kapitel 2.1) benötigt, um die Umgebung des Fahrzeugs zu erfassen. Kameras werden zur Erkennung von anderen Fahrzeugen, Hindernissen, Bodenbeschaffenheit und Ackerfrüchten genutzt. Zur Erkennung von Objekten in großer Entfernung und bei schlechten Sichtbedingungen kommt neben einem LiDAR auch ein Radar zum Einsatz. Schließlich dienen Ultraschall-Sensoren zur Erkennung von Hindernissen in unmittelbarer Nähe des Fahrzeugs.

Einige autonome Geräteträger verwenden auch andere Sensortypen wie GPS-Sensoren oder

Inertialsensoren, z. B. Beschleunigungssensoren für das Trägheitsnavigationssystem, um die Position des Fahrzeugs und seine Bewegungen zu verfolgen. Geräteträger wie der Innotrac Ceasar oder der elektrisch betriebene ELWOBOT nutzen diese Technologien. NAIO-TECHNOLOGIES liefert beispielsweise mit den beiden Robotern Ted und Jo hochautomatisierte Systeme für die Beikrautregulierung im Weinbau, die sich auch für die Anbaumethoden in Deutschland eignen und beachtliche Arbeitsergebnisse liefern. Hohe Anschaffungskosten stehen einem unmittelbaren Einsatz aber entgegen.

Das Kompetenznetzwerk „Digitalisierung in der Landwirtschaft“ unter der Leitung von Prof. Dr. Engel Arkenau hat eine Arbeitsgruppe gebildet, die den aktuellen Stand autonomer Technik in der deutschen Landwirtschaft beschreibt, Nutzen, Chancen und Risiken autonomer Systeme diskutiert, mögliche Hemmnisse identifiziert und Empfehlungen an politische Entscheidungsträger formuliert. Durch die Arbeit der AG sollen der potenzielle Nutzen und Risiken für die landwirtschaftliche Praxis herausgearbeitet werden. Die Ergebnisse dieser Arbeit sind in einem Positionspapier abrufbar (BMEL 2022).



Neben den bisher thematisierten Assistenzsystemen für das (teil-)autonome Fahren betrachten wir die Automatisierung des Ernteprozesses im Obstbau näher. Teilweise vorhandene Obst- und Pflückroboter verwenden in der Regel eine Kombination aus verschiedenen Technologien, um Früchte automatisch zu ernten. Die Roboter wenden Computer Vision-Technologien, wie die Bildverarbeitung und Mustererkennung an, um Lage, Reifezustand und die Qualität von Früchten zu erkennen. Machine-Learning Verfahren verbessern die Erkennung und Lokalisierung von Früchten und ermöglichen eine Anpassung der Arbeitsprozesse an lokale Umweltbedingungen. Sensorik wie Laserscanner, Kameras und Tastsensoren



Abbildung 7: Ein typischer Weinbauschlepper mit einer Recyclingspritze im Direktzug.

werden genutzt, um die Umgebung und Früchte zu erfassen. Es kommen mechanische Komponenten wie Greifsysteme zum Einsatz, um Früchte beschädigungsfrei zu ernten. Weltweit werden parallel sehr verschiedene technische Ansätze entwickelt. Unabhängige Tests und validierte Leistungsparameter liegen allerdings für Obsterntemaschinen noch nicht vor, was Investitionsentscheidungen maßgeblich erschwert, insbesondere bei hohen Kosten für die Anschaffung und Wartung der Roboter sowie bei drohenden Schwierigkeiten bei der Anpassung an verschiedene Obstsorten, Anbaumethoden und an wechselnde Umweltbedingungen.

Zusammenfassend stehen der Markt und die Betriebe noch vor Herausforderungen bei der Anwendung von Robotik und (teil-)autonomen Fahrzeugen in der Landwirtschaft, wie z. B. die Anforderungen an die Zuverlässigkeit und Sicherheit der Systeme sowie die Kosten der Technologie. Hingegen sind GPS-basierte Aufrüstkits für nahezu jede landwirtschaftliche Anwendung, z. B. der Spurführung, zu adäquaten Kosten erhältlich. Die heute für die Entwicklung und den Einsatz von hochautomatisierten Landmaschinen

und Traktoren bestehenden Vorschriften und Normen sind generell anwendbar. Deren Konkretisierung ist in Arbeit, um Hersteller und Landwirten die nötige Handlungssicherheit zu geben und die Einführung dieser Technologie zu beschleunigen.

Es wird erwartet, dass die Landwirtschaft in Zukunft immer stärker von Robotik und autonomen Fahrzeugen profitieren wird, um die landwirtschaftliche Produktivität zu steigern und die landwirtschaftlichen Arbeiten zu erleichtern, letztlich aber auch, um dem Fachkräftemangel gerecht zu werden. Hochautomatisierte Systeme werden prioritär im Ackerbau zum Einsatz kommen. Aber auch im Wein- und Obstbau gibt es zahlreiche Forschungs- und Entwicklungsvorhaben sowie schon jetzt einzelne marktreife Lösungen. Ein Beispiel für ein in der Entwicklung weit fortgeschrittenes Erntesystem ist jenes von Tevel Aerobotics Technologies. Mittels fliegenden Ernterobotern für Äpfel, Birnen, Aprikosen und Pflaumen rückt eine vollautomatisierte Ernte von Tafelobst in greifbare Nähe. Gleichwohl müssen sich solche und andere Systeme erst umfassend für die Praxis beweisen. ■

Abbildung 8: Robotische oder autonome Systeme werden derzeit umfassend entwickelt und erprobt



2.4 4-dimensionale Pflanzenbeobachtung mit Kameras

Kameras sind nicht-invasive Beobachtungsinstrumente und kommen in der Präzisionslandwirtschaft – und somit auch im Wein- und Obstbau – gegenwärtig schon in einigen Anwendungsbereichen zum Einsatz, z. B. in Drohnen oder zur Unterstützung von Fahrassistenzsystemen. Sie vereinfachen dabei heute schon den Arbeitsalltag erheblich. Neue Auswertungsmöglichkeiten und -ansätze sowie leistungsfähigere Systeme können weitere Herausforderungen adressieren. Robuste Kamera-Setups können etwa auch als permanente bildgebende Festinstallation an verschiedenen Beobachtungsstandorten entlang von Anbauflächen verlässlich zum Einsatz kommen. Technologisch eröffnet sich hiermit für die Landwirte die Möglichkeit zu einer automatischen digitalen Überwachung der morphologischen Entwicklung verschiedener Nutzpflanzen in Echtzeit, ohne dabei selbst im Feld anwesend zu sein. Computergesteuerte Analysen kontinuierlich aufgenommener RGB-Bilder ermöglichen in diesem Kontext eine zeitlich und räumlich hochauflösende Beobachtung der Geometrie einer angebauten Pflanze in drei Dimensionen und damit z. B. die Bestimmung ihrer Wachstumsdynamik. Dies bietet für Beratungen und Dienstleistungsunternehmen Potenzial für umgehende Handlungsanordnungen an den Landwirt hinsichtlich der Reaktion von Pflanzen unterschiedlicher Standorte auf klimatische Stressoren (Extremtemperaturen, Wind) oder (ausbleibende) Niederschlagsereignisse. Der Anwendungsbereich liegt zwischen kleinräumigen Beobachtungen, wie z. B. einzelner Fruchtkörper, Reben oder Obstbäume, und flächigen Beobachtungen, also von Plantagen, Gemüse- oder Getreideflächen.

Bei dem grundsätzlichen technologischen Ansatz handelt es sich um die räumliche Rekonstruktion (3D) eines gemeinsamen Sichtbereichs aus 2-dimensionalen Fotografien mit Hilfe von mathematischen Methoden aus der Photogrammetrie. Mittels der Festinstallation der Kameras ist zusätzlich ein zeitlich hochaufgelöstes Monitoring möglich (4. Dimension). Hierfür sind mehrere, aber mindestens zwei Aufnahmen eines beliebigen Beobachtungsobjekts aus unterschiedlichen Perspektiven mit Kameras notwendig. Bei der Konzeption eines geeigneten Setups ist darauf zu achten, dass sich die Sichtbereiche beteiligter Kameras jeweils zu einem hohen Prozentsatz überschneiden, da erst durch genügend Überlappung eine stereoskopische Analyse der Bildpaare, ähnlich der Tiefenwahrnehmung des menschlichen Auges, erfolgen kann. Bei der 3D Rekonstruktion müssen hierbei genügend Bildstrahlen vorhanden sein, die sich an homologen Sichtpunkten schneiden, so dass die rekonstruierte Punktwolke möglichst dicht und damit detailreich wiedergegeben werden kann. ►

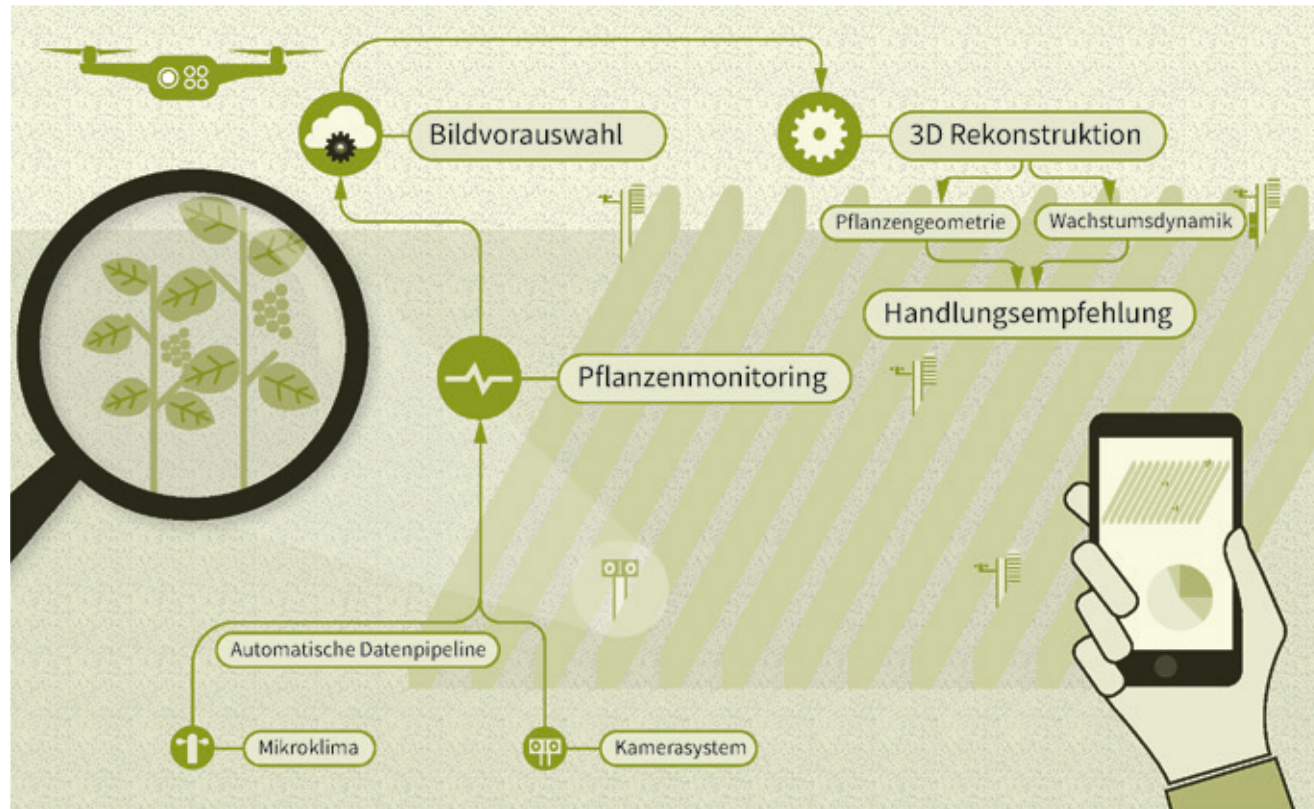


Abbildung 9: Schematische Darstellung eines Setups für die Vierdimensionale Pflanzenbeobachtung

Je nach Fragestellung und gewünschter Auflösung sind verschiedene Trägerplattformen für Mehrfachaufnahmen mit Kameras im Feld vorstellbar. Wird zum Beispiel eine großflächige Analyse angestrebt, können Drohnen (s. Kapitel 2.7) für die schnelle Erfassung der gesamten Anbaufläche aus unterschiedlichen Höhen und Winkeln genutzt werden. Kleinräumige Bereiche hingegen können z. B. mit Smartphone-Kameras hochaufgelöst erfasst werden. Um Wachstumsdynamiken in hoher zeitlicher Auflösung zu beobachten, sind Permanentinstallationen an festen Standorten sinnvoll. Ein solches Setup bietet dem Betrieb die Möglichkeit zur kontinuierlichen Pflanzenüberwachung ohne persönliche Anwesenheit im Feld.

Der gesamte Workflow besteht aus modulartigen und damit beliebig erweiterbaren Methoden. Beginnend mit der Bildaufnahme ist der Datenfluss vollkommen automatisiert und liefert nach einer Qualitätskontrolle und Vorauswahl der Aufnahmen dem landwirtschaftlichen Betrieb z. B. 3D-Ansichten der beobachteten Pflanzen oder für bestimmbare Zeiträume abgeleitete Wachstumskurven vom Feld direkt auf das Endgerät. Die Lage sowie

dreidimensionale Form des beobachteten Objekts wird in einem lokalen Koordinatensystem über Bildmessung indirekt gewonnen. Hieraus lassen sich standardisiert verschiedene agronomische Merkmale ohne zusätzlichen Aufwand im Feld ableiten, bspw. die radiometrische Porosität der Laubwand, BBCH-Stadien oder Wachstumskurven. So kann das System die Praxis unterstützen, rechtzeitig und gezielt Maßnahmen durchzuführen.

Anwendungen für die dreidimensionale, automatisierte Pflanzenbeobachtungen sind heute in vielen Fällen experimentelle Forschungssettings. Aus technologischer Sicht sind alle relevanten Komponenten (bildgebenden Sensorik, Prozessortechnik, Software) verfügbar. Die automatische Prozessierung und Auswertung der erhobenen Daten ist momentan noch nicht vollständig ausgereift, um kontinuierlich verlässliche Ergebnisse zu liefern. Die Integration hin zu fertigen und leicht anwendbaren Lösungen ist in den nächsten Jahren – je nach Anwendungsfall – zu erwarten. ■

2.5 Entscheidungssysteme für das Wassermanagement im Weinberg und smarte Bewässerung

Entscheidungsunterstützungssysteme – das sagt der Name – sollen prinzipiell die Betriebsentscheidungen von Praktiker*innen unterstützen. Sehr viele Entscheidungen für die Bewirtschaftung von Anlagen werden heute, Berichten von unseren Praxispartnern folgend, über den Erfahrungsschatz geführt. In der Vision stellen Entscheidungsunterstützungssysteme aufbereitete und interpretierbare Daten für die Kulturführung bereit. Der klassische Fall eines solchen Systems ist das lokale Niederschlagsradar, dass sich fest in den Arbeitsabläufen für die Anlagenführung etabliert hat.

Die vergleichsweise wechselhaften und jahrgangsabhängigen Wetterbedingungen und die natürlichen und wirtschaftlichen Unterschiede in den deutschen Weinbauregionen sind in besonderem Maße herausfordernd. Dies müssen Winzer:innen in ihren individuellen, an die lokalen Bedingungen angepasste Anbaustrategien zusätzlich berücksichtigen. Besonders auf den ökologisch wertvollen aber ökonomisch herausfordernden Steillagen müssen zusätzlich gesellschaftliche Interessen abgewogen werden. Eine weitere Herausforderung kommt in jüngerer Zeit hinzu. Im Zuge des Klimawandels kommt es zu Veränderungen, welche eine kontinuierliche Neubewertung der Anbaupraxis erfordern und zum Teil langfristige Anpassungen in der Weinbaupraxis zur Folge haben. Die trockenen Jahre 2018-2020 und 2022 haben gezeigt, dass das Wassermanagement durch geänderte Niederschlagsverteilung und häufigere Extremereignisse eine wichtigen Herausforderungen ist. Hieraus entsteht der Bedarf für ein zeitgemäßes Wassermanagement. Die Weinrebe gilt auf der einen Seite zwar als sehr trockenstresstolerant, zum anderen ist die Qualität stark abhängig von der Wasserverfügbarkeit. Mikroklima, Hanggeometrie, Bodeneigenschaften, Management, Rebsorte und Rebalter beeinflussen hier zum Teil auf sehr kurze Distanzen die pflanzenverfügbare Wassermenge, den Wasserbedarf und den daraus resultierenden Trockenstress.

Simulationsmodelle sind ein Schlüsselement der Entscheidungsunterstützung. Sie ermöglichen es, das gesamte System mit seinen verschiedenen natürlichen und wirtschaftlichen Einflussfaktoren im Hinblick auf sich häufig widersprechende Ziele zu bewerten und zu optimieren. Dadurch können Handlungsoptionen objektiver, umfassender und schneller hinsichtlich ihrer Effekte auf unterschiedlichen zeitlichen ►

Skalen sowie hinsichtlich ihres Aufwands und Nutzens abgewogen werden. Langfristige Analysen werden z. B. bei der Rebsortenwahl und der Planung des Bewässerungs- bzw. Wassermanagements benötigt, mittelfristige Analysen beim Begrünungsmanagement der gewählten Bodenbedeckung oder dem Mulchen sowie bei Entscheidungen zur Bewirtschaftbarkeit oder der Bodenbearbeitung (Erosionsgefahr in der Steillage). Für die Entscheidung zur Bewässerungshöhe oder dem Begrünungsmanagement werden Vorhersagen, idealerweise über mindestens 10 Tage, benötigt. Informationen über die räumliche Variabilität fließen in unterschiedlichem Maße in allen zeitlichen Skalen ein. Fertige Lösungen sind ebenfalls am Markt verfügbar – das Feld ist hier jedoch dynamisch und für Praxisbetriebe ist die Bewertung herausfordernd, da die Vorhersagegenauigkeit und die räumliche Repräsentativität dieser Simulationen stark variiert. Die im Hintergrund rechnenden Modelle unterscheiden sich signifikant in ihren Modellierungsansätzen und Messdesigns, was eine objektive Bewertung der Leistungsfähigkeit dieser Angebote sehr schwer macht. Die wesentliche Frage in diesem Bereich dreht sich darum, wie präzise ein Mess- und Vorhersagesystem sein muss, um eine alltagspraktische Entscheidungsunterstützung bei annehmbaren Kosten und Aufwand bieten zu können. Auf Basis der genannten Herausforderungen ist es aber naheliegend, dass unterschiedliche lokale und kontinuierliche Messungen zum Einsatz kommen sollten.

Bereits heute sind Modelle und Messdesigns verfügbar, mit denen eine umfangreiche betriebspezifische Datengrundlage geschaffen werden kann. Mittels eines betriebsangepassten individuellen Messdesigns werden zielgerichtet standortgenaue Mikroklimadaten erhoben. Zur standortgenauen Parametrisierung des Modells kommt eine so genannte Validierungssensorik zum Einsatz. Dieses Verfahren stellt sicher, dass mit minimalem Sensoraufwand alle relevanten Daten erhoben werden (vgl. modulare Sensorknoten, Kapitel 2.1). Zusätzliche Datenquellen wie Satelliten-, Radar- sowie Wetterdaten ergänzen das Messdesign. Wiederholte Drohnenbefliegungen erfassen im Gegensatz zu Punktmessungen von Wetterstationen die räumliche Heterogenität der Wachstumsbedingungen und der Rebvitalität. Nach einer Datenintegration wird anschließend mittels Modellierung ein räumlich und zeitlich hochaufgelöster Datensatz bereitgestellt. Im Modell werden der Strahlungshaushalt und der

Wasserhaushalt von Boden, Rebe und Begrünung in Abhängigkeit von der Pflanzenentwicklung für jeden Tag berechnet und quantitative Informationen zum Bodenwassergehalt, zur Evapotranspiration und zum Trockenstress als Entscheidungsunterstützung geliefert. Der Vergleich von Modellausgabewerten und Referenzmessungen ermöglicht eine Modelloptimierung für die jeweiligen lokalen Standortbedingungen. Durch Verwendung von Klimaszenarien oder verschiedenen Handlungsoptionen als Modelleingabewerte können modellbasiert Auswirkungen heutigen Handels in der Zukunft quantifiziert werden (z. B. Bewässerungshöhe, Bestockungsplanung, Rebsorte, Pflanzabstände).

Die Herausforderungen für die Weiterentwicklung eines solchen Systems liegen derzeit vor allem noch in:

- der Datenverfügbarkeit (Drohnen, Satellitendaten) und deren automatisierten Zusammenführung aus verschiedenen Quellen (vgl. Kapitel 2.1),
- einer guten Kombination zwischen Automatisierung, Kontrolle, Komplexität und Vielschichtigkeit der Anforderungen (Arbeitszeiten, gesetzliche Regelungen, Zielkonflikte),
- einer übersichtlichen und praxisnahen Darstellung der Modellgenauigkeit und
- der Akzeptanz und Integration in die Betriebsabläufe.

In naher Zukunft können Handlungsoptionen jederzeit und zeitnah virtuell „durchgespielt“ werden und so z. B. Szenarien folgender Art gerechnet werden: Für welche Flächen lohnt die Investition in ein Bewässerungssystem oder sind andere Wasserhaushaltsmaßnahmen sinnvoller und ausreichend (Mulchen, Begrünung, Sortenwahl)? Wie viel soll heute bewässert werden? Kann ausreichend Bewässerungswasser aus eigener oder öffentlicher Wasserversorgung bezogen werden?

Aus der schlag- und betriebsindividuellen Anforderungsanalyse ergibt sich ein klareres Bild der Zielgrößen, welche ein Entscheidungsunterstützungssystem liefern soll. Im idealen zukünftigen Weinberg haben sich Technologien durchgesetzt, welche eine Anpassung an diese Zielgrößen folgendermaßen ermöglichen:

- Ein individuell optimierter Technologiemarkt sorgt für eine effiziente, verlässliche und gleichzeitig preiswerte Überwachung des Wasserhaushaltes

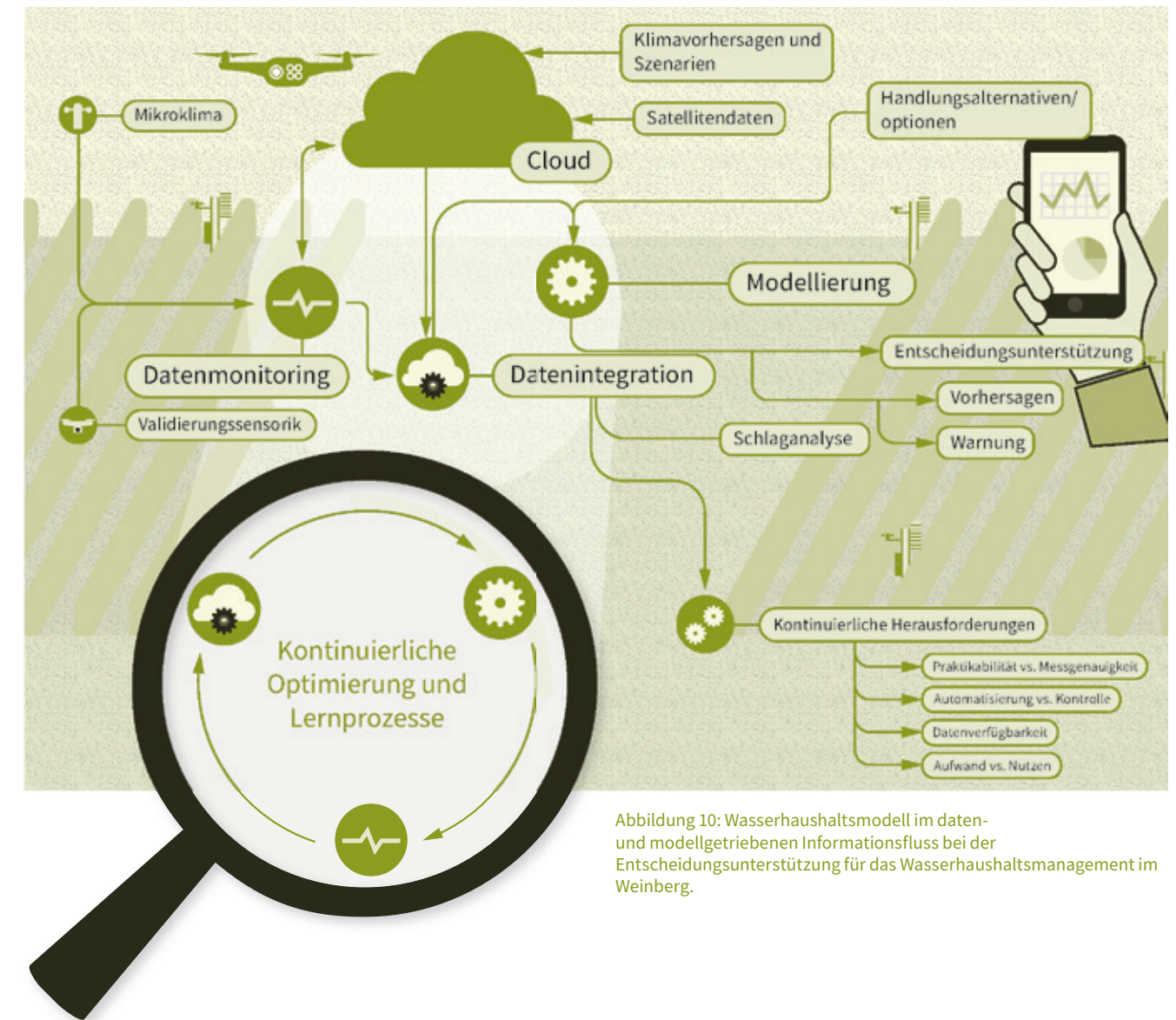


Abbildung 10: Wasserhaushaltsmodell im daten- und modellgetriebenen Informationsfluss bei der Entscheidungsunterstützung für das Wasserhaushaltsmanagement im Weinberg.

und der Gesundheit der Reben.

- Aus modularen bodengebundenen Sensorknoten liegen flexible und bedarfsgerechte Daten vor (vgl. Kapitel 2.1).
- Regelmäßige Drohnenbefliegungen liefern ein räumlich hoch aufgelöstes Abbild der Unterschiede der Wachstumsbedingungen und der Rebvitalität (vgl. Kapitel 2.7).
- Simulationsmodelle haben sich etabliert, um die komplexen Wechselwirkungen der verschiedenen Wachstumsfaktoren, verfügbaren Ressourcen und der Managementmaßnahmen, der Entwicklung der Rebe sowie den Ertrag und Ertragsqualitäten analysieren zu können. Dabei findet eine teilflächenspezifische Anpassung der Modellparameter basierend auf Sensormessungen,

Drohnen- und durch offizielle Stellen zur Verfügung gestellte Informationen (z. B. Bodendaten) statt. Die Simulationsmodelle nutzen zusätzlich Klimaszenarien, um Effekte des Klimawandels zu beurteilen, und lassen sich automatisch auf den Standort anpassen.

■ Dadurch können Handlungsoptionen auf Grund von historischen, aktuellen und prognostizierten, zeitlich hochaufgelösten teilflächenspezifischen Informationen abgewogen werden. Auch Anforderungen aus politischen Entscheidungen sowie beteiligter Stakeholder können so leichter und nachhaltig integriert werden. Die Integration der Modellergebnisse in ein FMIS ermöglichen den Abgleich mit Betriebsressourcen und die Dokumentation der Maßnahmen (vgl. Kapitel 2.8). ►

- Ein daten- und modellgetriebener Informationsfluss im Betrieb und in der Datenauswertung verknüpft unterschiedliche Datenquellen mit dem Simulationsmodell und ermöglicht eine anforderungsgerechte Auslegung des Monitoringsystems und für eine Bereitstellung bedarfsgerechter, interpretierter und quantifizierter Daten, wobei standardisierte aber sich ständig weiterentwickelte Methoden der Datenintegration die Integration verschiedener bestehender und neuer Datenquellen ermöglichen.

Abbildung 10 zeigt, wie der oben beschriebene Systemansatz in ein Messdesign und die Entscheidungsunterstützung eines Weinbaubetriebes integriert werden kann.

Im Ausblick können in naher Zukunft Handlungsoptionen jederzeit und zeitnah virtuell „durchgespielt“ werden und so z. B. Szenarien folgender Art diskutiert werden: Für welche Flächen lohnt die Investition in ein Bewässerungssystem oder sind andere Wasserhaushaltsmaßnahmen sinnvoller und ausreichend (Mulchen, Begrünung, Sortenwahl)? Wie viel soll heute bewässert werden? Kann ausreichend Bewässerungswasser aus eigener oder öffentlicher Wasserversorgung bezogen werden? ■



2.6 Potentiale von Augmented- und Virtual Reality Technologien im Obst- und Weinanbau

„Augmented Reality wird im großen Stil kommen und wenn sie das tut, werden wir uns fragen, wie wir jemals ohne sie gelebt haben.“ Das sind die Worte von Tim Cook, dem Geschäftsführer von Apple. Doch was genau verbirgt sich hinter den Begriffen „Augmented Reality“ (kurz: AR) und „Virtual Reality“ (kurz: VR) und wie können sie verwendet werden, um den Sonderkulturenanbau – speziell den Obst- und Weinanbau – in Zukunft ökonomischer, ökologischer und sozialer zu gestalten?

AR und VR sind für die Landwirtschaft derzeit klassische Push-Technologien – es ist aus heutiger Sicht unklar, inwiefern oder wann sie die Arbeit in den Betrieben erleichtern werden. Eine spezifische Lösung für ein konkretes und bekanntes landwirtschaftliches Problem liefern AR und VR nicht, allerdings gibt es eine Reihe von vielversprechenden Use-Cases, in denen mittels dieser Technologien Arbeitsabläufe wegweisend verändert werden können, weshalb Praxisakteur*innen die Entwicklungen in diesem Feld aufmerksam verfolgen.

Als AR bezeichnet man Technologien, die computergenerierte Inhalte in Form von Hologrammen in der realen Welt platzieren und darstellen. Das können z. B. virtuelle Aufsteller mit Produktinformationen oder simple Menüs für das Aufgeben von Bestellungen sein. Um die Hologramme sichtbar zu machen, muss die Stelle, an der sie platziert wurden, mit einem Mobilgerät oder einer spezialisierten AR-Brille gefilmt werden. Eine Anwendung legt die virtuellen Inhalte dann über die Aufnahmen. Die Hologramme müssen jedoch nicht immer mit festen Koordinaten versehen werden, sondern können sich auch relativ zum Betrachtenden ausrichten. Ein Beispiel hierfür wäre die Anzeige der Uhrzeit in einer Ecke des Sichtfeldes beim Tragen einer AR-Brille. Durch das Berühren des Touchbildschirms bei der Verwendung eines Mobilgerätes beziehungsweise der Hologramme selbst, falls eine AR-Brille verwendet wird, ist eine Interaktion mit den dargestellten Inhalten möglich. Einige Geräte unterstützen ebenfalls eine Handgesten- und / oder eine Sprachsteuerung.

Der Kernaspekt der VR ist der Aufbau virtueller Welten. Theoretisch gibt es keine Einschränkungen, wie diese aussehen müssen beziehungsweise was in ihnen dargestellt wird. Im Rahmen der Verwendung von VR-Technologien im landwirtschaftlichen Kontext handelt es sich jedoch meist um digitale Abbilder von bewirtschafteten Feldern und Schlägen. Um sich in die virtuellen Welten begeben zu können, wird meist eine VR-Brille ►

mit speziellen Controllern benötigt, mit deren Hilfe man sich fortbewegt und mit Objekten interagiert.

Ein großes Potenzial von AR- und VR-Technologien für den Wein- und Obstanbau liegt in ihrer unterstützenden Wirkung im Arbeitsalltag. Indem sie einen schnellen und gezielten Zugriff auf relevante Daten und Informationen erlauben, können sie bei der Entscheidungsfindung und Aufteilung von Aufgaben assistieren. Zum Teil entstehen durch ihren Einsatz aber auch komplett neue Arbeitsmethoden. Hinzu kommt, dass Einarbeitungszeiten aufgrund der intuitiven Bedienung relativ kurz sind. Abschließend gilt es noch zu erwähnen, dass AR- und VR-Lösungsansätze ihr volles Potenzial erst in Verbindung mit anderen digitalen Technologien wie zum Beispiel FMIS (Kapitel 2.8) oder Sensornetzen (s. Kapitel 2.1) entfalten. Wie der Einsatz von AR und VR im Wein- und Obstanbau im Detail aussehen kann, soll im Folgenden anhand von Nutzungsszenarien dargestellt werden.

Szenario 1:

Unterstützung für Expert*innen

Eine Außenbetriebsleitung läuft durch ihren Weinberg, um den Zustand der Reben zu überprüfen und zu entscheiden, ob beziehungsweise welche Maßnahmen getroffen werden müssen. Mithilfe einer AR-Brille lässt er sich die Daten von im Schlag verteilten Sensoren anzeigen, ähnlich wie von beschrieben. Welche Bestandseinheit er gerade begutachtet und welche Werte dementsprechend dargestellt werden müssen, wird anhand einer Positionsbestimmung via GPS automatisch ermittelt.

Für die Art der Darstellung der Daten gibt es eine Vielzahl von Optionen. Mithilfe simpler zweidimensionaler Tabellen oder Diagramme verschafft sich der Winzer schnell eine Übersicht über die aufgezeichneten Werte und deren zeitliche Entwicklung. Falls Prognosesysteme genutzt werden, kann an dieser Stelle zusätzlich noch dargestellt werden, wie die Werte sich wahrscheinlich in der Zukunft verhalten werden. Komplexere Darstellungen, wie z. B. dreidimensionale Diagramme, welche die Relationen zwischen zwei Parametern abbilden, sind ebenfalls möglich. Neben Sensordaten kann der Winzer sich auch weitere relevante Informationen, z. B.

Wetterdaten, anzeigen lassen. Durch die Verknüpfung mit einem FMIS lässt sich außerdem auf die Historie der bereits durchgeführten Maßnahmen zugreifen. Über ein User-Interface kann der Winzer zwischen den unterschiedlichen Datenquellen wechseln und die Visualisierungen anpassen. Eine Kartenansicht des gesamten Weinberges ermöglicht es ihm außerdem auf die Daten anderer Bestandseinheiten zuzugreifen und sie mit den Werten des aktuellen Standortes zu vergleichen.

Aktuell greifen Winzer*innen auf Sensordaten oder ihr FMIS häufig von einem Computer aus zu. Die Verwendung von AR-Brillen befähigt sie also dazu, sich direkt im Schlag Zugang zu den Daten zu verschaffen, die für das Treffen einer Entscheidung benötigt werden. Dadurch steigt die Qualität der Entscheidung, was z. B. eine gezieltere Verwendung von Ressourcen bedeuten kann. Die obig beschriebenen Darstellungsformen können auch auf einem Mobilgerät angezeigt werden. AR-Brillen bieten jedoch den Vorteil, dass bei ihrer Verwendung meist beide Hände frei bleiben und sie sich teils sogar per Sprache steuern lassen.

Szenario 2:

Unterstützung für Feldarbeiter*innen

Die Betriebsleitung und Expert*innen sind häufig für mehrere Felder zuständig. Sie können jedoch nicht alle Schläge täglich besuchen, da diese mitunter weit entfernt voneinander liegen. Ein wichtiger Teil der Arbeit wird deshalb von Feldarbeiter*innen bewältigt. Wie diese von AR-Technologien profitieren können, wird in diesem Szenario kurz erklärt:

Eine Feldarbeiterin beginnt morgens ihre Arbeit auf einem Obstschlag. Über ihre AR-Brille ruft sie die anstehenden Tagesaufgaben ab, die für sie im verknüpften FMIS hinterlegt wurden. Außerdem wird ihr angezeigt, welche Kolleg*innen den gleichen Aufgaben zugeteilt wurden, damit sie sich mit ihnen absprechen kann. Über ein holografisches Interface hält sie ihren Fortschritt fest und fügt gegebenenfalls Kommentare mit zusätzlichen Informationen hinzu.

Im Obstbau sind viele Maßnahmen abhängig von den Entwicklungsstadien der Blüten beziehungsweise Früchte und deshalb sehr zeitsensibel. Die Klassifizierung

der Entwicklungsstadien ist jedoch nicht trivial und wird häufig von Expert*innen der Betriebsleitung durchgeführt. Deshalb steht der Feldarbeiterin eine KI unterstützend zur Seite. Das Bild der Kamera ihrer AR-Brille kann auf Wunsch der Arbeiterin hin von der KI ausgewertet werden. Diese identifiziert automatisch die Blüten und Früchte sowie deren Entwicklungsstadien, ähnlich wie in der Veröffentlichung von. Der Feldarbeiterin werden daraufhin Handlungsempfehlungen angezeigt und sie kann die Betriebsleitung über den aktuellen Stand informieren. Auf die gleiche Art und Weise ist es auch möglich, potentielle Schädlinge oder Krankheiten zu erkennen, wie die Arbeiten von zeigen. Die KI gibt dann aus, um welche Insekten es sich auf den Bildern der Kamera der AR-Brille handelt. Außerdem kann sie gleich die Teile der Pflanze markieren, die Anzeichen auf Krankheiten aufzeigen.

In den meisten Anwendungsfällen genügt auch hier ein Mobilgerät für die Verwendung von AR-Methoden in Kombination mit einer KI, da dafür lediglich eine Kamera und ein Internetzugang benötigt werden. Eine AR-Brille wird in Zukunft jedoch den Vorteil mit sich bringen, dass die KI während der normalen Arbeit automatisch im Hintergrund die Aufnahmen der Kamera überwachen kann, wodurch nicht mehr aktiv nach Schädlingen und Krankheiten gesucht werden muss. Aktuell ist die Technologie dafür jedoch noch nicht ausgereift genug.

Szenario 3:

Remote Collaboration

Die Feldarbeiterin findet, wie im vorherigen Szenario beschrieben, einen Schädling. Dieser wird als große Gefahr für den Bestand identifiziert, weshalb es wichtig ist, dass die Betriebsleitung schnellstmöglich über das Ausmaß des Befalls informiert wird. Weiterhin treten gelegentlich Probleme mit der im Schlag eingesetzten Technik, wie z. B. den Landmaschinen, auf, die von der Feldarbeiterin nicht selbstständig gelöst werden können. Expert*innen und Betriebsleitung können wie obig erwähnt jedoch nicht immer vor Ort sein, um sich der Probleme anzunehmen. Wie beschreiben, liefern die Funktionen moderner AR-Brillen zur Remote Collaboration hierfür eine Lösung:

Die Feldarbeiterin kontaktiert die Betriebsleitung mit ihrer AR-Brille via Videoanruf. Die Betriebsleitung kann

durch die integrierten Mikrofone und Lautsprecher nicht nur mit der Feldarbeiterin reden, sondern sieht auch das von der Umgebungskamera der Brille aufgenommene Bild. Dadurch lässt sich das Problem genauer einschätzen. Die Betriebsleitung gibt daraufhin nicht nur Handlungsempfehlungen, sondern zeichnet zusätzlich noch Symbole und Hinweise in den empfangenen Bildstream ein. Diese werden der Feldarbeiterin live auf ihrer AR-Brille angezeigt, sodass sie sofort darauf reagieren kann.

Die Remote Collaboration Funktion verbessert also die Kommunikation, wodurch sich kleine Problem unmittelbar lösen lassen. Der Vorteil für schwerwiegendere Probleme ist, dass ihr Ausmaß besser eingeschätzt werden kann als durch ein einfaches Telefonat oder eine Nachricht, wodurch die Qualität der zu treffenden Entscheidungen steigt.

Szenario 4:

Digitaler Zwilling

Wie die bisherigen Szenarien gezeigt haben, eignen sich AR-Technologien vor allem für den Einsatz im Feld. An dieser Stelle soll nun das Potenzial von VR-Ansätzen genauer gezeigt werden:

Mithilfe von Umgebungssensoren und 360° Kameras erstellt ein Winzer ein virtuelles Abbild seiner Weinberge, welches man in der Fachsprache als „digitalen Zwilling“ bezeichnet. Es entsteht eine virtuelle, dreidimensionale Welt, in der man sich mithilfe eines Computers bewegen kann. Eine besonders starke Immersion entsteht, wenn man dabei eine VR-Brille verwendet. Der Maßstab der Welt kann nach Belieben skaliert werden, um zwischen realitätsgetreuen Darstellungen und Übersichtsansichten zu wechseln. Für unseren Winzer ergeben sich hier mehrere praktische Anwendungsfälle:

Er kann die virtuelle Welt für das Remote Monitoring seiner Weinhänge benutzen, vor allem, wenn in den Schlägen Sensoren verteilt sind, deren Messdaten in ihr visualisiert werden. Genauso können sich auch mehrere Instanzen der Betriebsleitung für die Planung zukünftiger Projekte und Investitionen gleichzeitig in der virtuellen Welt treffen, wie von Xi et al. (2018) beschrieben. Für die Entscheidungsfindung sind viele komplexe Daten notwendig, die sich direkt aus einem angebundenen ►



Abbildung 11: In etwa so stellt man sich die künftige Anwendung von AR-Technologien vor. Das Grundprinzip einer Verschmelzung von realer und digitaler Welt wird über heute verfügbare AR-Brillen bereits gut umgesetzt.

FMIS integrieren lassen. Alle Sitzungsteilnehmer*innen können entsprechend ihrer Fachgebiete selbst entscheiden, welche Daten ihnen in der virtuellen Welt angezeigt werden. Diese Flexibilität in Kombination mit dem räumlichen Gefühl, welches durch die virtuelle Welt vermittelt wird, ist eine große Hilfe bei der Entscheidungsfindung.

VR-Ansätze lassen sich außerdem auch für Marketingzwecke nutzen. Im Winter werden aufgrund der niedrigen Temperaturen und fehlenden Früchte meist keine Weinbergführungen angeboten. In der virtuellen Welt können Interessenten entspannt durch die Schläge geführt werden, ohne dabei den Weinberg betreten zu müssen.

Szenario 5:

Sonstiges

Es gibt noch weitere Möglichkeiten für die Verwendung von AR- und VR-Technologien im Wein- und Obstanbau, die der Vollständigkeit halber kurz erwähnt werden sollen:

Traktorist*innen können von AR-Techniken unterstützt werden, indem ihnen z. B. die zu fahrende Spur oder bereits bearbeitete Bereiche auf einer AR-Brille angezeigt werden. Ein anderer Anwendungsfall ist die Darstellung von Indikatoren, welche auf die Positionen autonomer

Fahrzeuge hinweisen, was, wie beschreiben, die Arbeitssicherheit erhöht.

Ein weiterer Anwendungsfall findet sich im Schulungskontext. In VR-Umgebungen können Auszubildende den Umgang mit Maschinen oder das Bearbeiten von Pflanzen in vorgefertigten Szenarien lernen. Dafür muss nur einmal ein Schulungsprogramm entwickelt werden, mit dem anschließend Generationen von Lernende selbstständig trainieren können. Eine Schwierigkeit besteht jedoch in der Frage, welches Wissen vermittelt werden soll. Aus unseren persönlichen Erfahrungen haben wir gelernt, dass viele Winzer*innen unterschiedliche Ansichten haben, wie eine Pflanze richtig zu pflegen ist, weshalb das Schulungsprogramm für jeden Betrieb individuell angepasst werden müsste.

Die Potenziale der vorgestellten Technologien werden noch lange nicht ausgeschöpft. Viele der vorgestellten Lösungen sind experimentell und wurden bisher nur im kleinen Maßstab getestet.

Ein wichtiger Grund dafür ist der mangelnde Digitalisierungsgrad landwirtschaftlicher Unternehmen. Erst wenn ein Sensornetz vorhanden, eine WLAN-Abdeckung im gesamten Feld garantiert und ein FMIS in Verwendung ist, lohnt sich der Einsatz von AR- und VR-Technologien. Eine weitere Hürde stellt der Entwicklungsstand der Technologie selbst dar. Viele AR-Brillen sind z. B. noch nicht für den Außeneinsatz konzipiert, weshalb ihnen essenzielle Funktionalitäten, wie eine Positionsbestimmung via GNSS fehlen. Aus diesen Gründen gibt es bisher noch kaum Unternehmen, die umfangreiche Lösungspakete anbieten.

Mittelfristig ist hier eine Veränderung zu erwarten, da ein großes Interesse seitens der Landwirtschaft besteht und der AR- und VR-Markt kontinuierlich wächst. Mithilfe funktionsreicherer Hardware und weiterer Forschung werden sich schon in naher Zukunft AR- und VR-Technologien nutzbringend im Sonderkulturenanbau integrieren lassen. ■

2.7 Drohnen im Weinbau

Drohnen sind für die Landwirtschaft im Allgemeinen und den Sonderkulturenanbau im Speziellen in interessant, weil sie potenziell unterschiedliche aktuelle Herausforderungen adressieren. Sie vermeiden zusätzliche Überfahrten, es können manuelle und personalintensive Arbeiten automatisiert werden und sie bieten neue Möglichkeiten der optischen, flächigen Schlaganalyse. Es können auch ökologische Potenziale entfaltet werden, da mithilfe von Drohnen der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln reduziert sowie die Bewässerung in den Anlagen optimiert werden kann. Mit den eingesparten Aufwandsmengen (max. Aufwandsmenge 75 l/ha) von Pflanzenschutzmitteln und Wasser werden auch ökonomische Effekte adressiert. Insbesondere durch die effiziente Bewirtschaftung von Terrassenlagen wird ein Erhalt von Kulturlandschaften ermöglicht, wie sie auch an den sächsischen Elbhängen vorzufinden sind. Doch auch über die sächsischen Grenzen hinaus erhöht sich durch die Substituierung des Pflanzenschutzes mittels Hubschrauber die gesellschaftliche Akzeptanz für den Sprühdrohneinsatz. Um die verschiedenen Wirkungsgrade der Nachhaltigkeit besser zu verstehen, wird der Fokus zunächst auf die technologischen Ausprägungen der Drohnentechnologie gelegt werden. Anschließend werden Anwendungsfälle für den Einsatz von Drohnen in der Landwirtschaft vorgestellt.

Technologisch können Drohnen grundlegend zwischen den beiden Arten „Fixed-Wing“-Drohnen und „Kopter“-Drohnen unterschieden werden. Während sich Fixed-Wing-Drohnen durch höhere Geschwindigkeiten und damit eine hohe Flächenleistung auszeichnen, sind Kopter-Drohnen agiler in der Routenplanung und daher insbesondere für den Einsatz im Weinbau prädestiniert. Doch nicht nur in der Bauart lassen sich Unterschiede festmachen. Auch die Abmessungen von Landwirtschaftsdrohnen sind sehr unterschiedlich ausgeprägt. So variieren die Spannweiten aktuell zugelassener Landwirtschaftsdrohnen für den Weinbau zwischen 25 cm (DJI Mavic 2 Dual Enterprise) bis zu 285 cm (DJI Agras T30). Die unterschiedlichen Dimensionen zeigt Abbildung 12.

Während die großen Kopter in der Ausbringung von Wasser, Pflanzenschutzmitteln und Düngergranulat ihre Berechtigung finden, eignen sich kleine bis mittelgroße Kopter als Mapping-Drohnen. Unter Mapping werden hier datengenerierende Payloads wie beispielsweise RGB-Kameras verstanden. Diese Payloads werden entweder bereits fest montiert (ready-to-fly) an der Drohne angeboten oder können über Adapter an ►

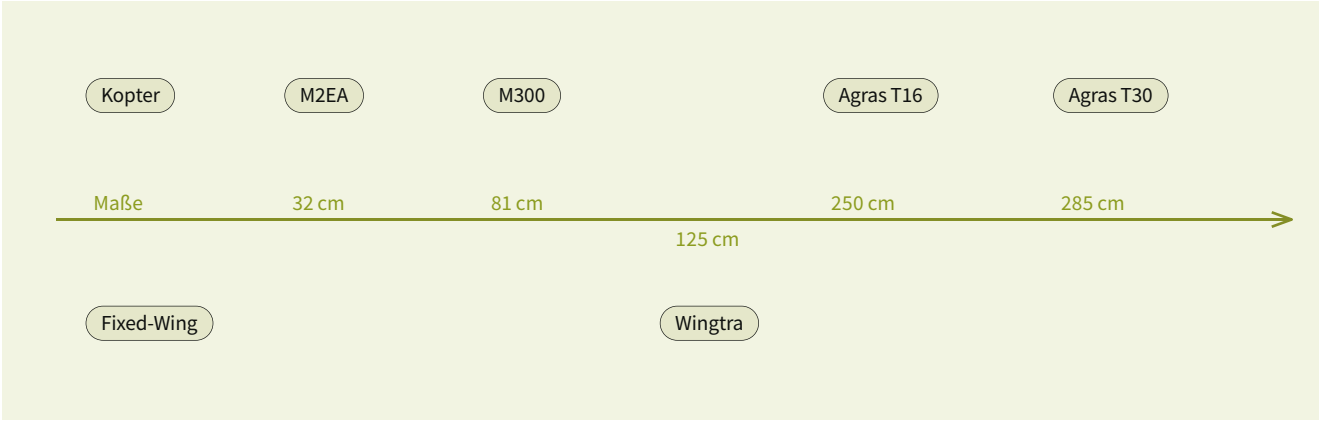


Abbildung 12: Maßstabsgetreue Darstellung M2EA / M300 / Wingtra / T16 / T30

der Drohne angeschlossen werden. Die Optionen der anzubringenden Payloads lassen sich nach Art der zu erhebenden Daten unterscheiden. Während sich integrierte ready-to-fly-Systeme bisher durch spezifische Sensorkopplungen (RGB/Thermal oder RGB/Multispektral) auszeichnen, ermöglichen integrierte Kamerasensoren in einem Payloadsystem (RGB/Thermal/Multispektral) alle erforderlichen Daten in einem Überflug zu erheben. Zu den wichtigsten Arten von Payloads, die die erforderlichen Informationen für diese Anwendungen liefern, gehören Sensoren für sichtbares Licht (RGB-Kameras), Thermalkameras, Multispektralkameras, hyperspektrale Sensoren und LiDAR-Sensoren.

Anwendungsfälle und Payloads

Um ein umfassenderes Verständnis des Zwecks der verfügbaren Payloadsysteme von Mapping-Drohnen zu ermöglichen, wird in diesem Abschnitt ein kurzer Überblick über die Funktionen der Technologie in der Landwirtschaft gegeben.

RGB-Sensoren

RGB-Sensoren (Rot, Grün, Blau) sind die am häufigsten von UAV (Unmanned Aerial Vehicle) für Anwendungen in der Präzisionslandwirtschaft verwendeten Sensoren. Diese Sensoren liefern dem Benutzer ein Bild, indem sie

die Reflexion im roten, grünen und blauen sichtbaren Lichtspektrum (VIS, 400-780 nm) je nach Farbe des Objekts messen. Im Vergleich zu anderen Sensoren ist dieser Sensor besonders kostengünstig, leicht und eignet sich hervorragend für die Erstellung von Orthomosaikkarten aus Luftbildern. Ein weiterer großer Vorteil von RGB-Sensoren ist ihre Wetterbeständigkeit, die es ihnen ermöglicht, bei wechselnden Wetterbedingungen effizient und effektiv zu arbeiten. RGB-Sensoren werden zur Erstellung von digitalen Oberflächenmodellen (DSM) genutzt.

Multispektrale Sensoren

RGB-Sensoren (Rot, Grün, Blau) sind die am häufigsten von UAV (Unmanned Aerial Vehicle) für Anwendungen in der Präzisionslandwirtschaft verwendeten Sensoren. Diese Sensoren liefern dem Benutzer ein Bild, indem sie die Reflexion im roten, grünen und blauen sichtbaren Lichtspektrum (VIS, 400-780 nm) je nach Farbe des Objekts messen. Im Vergleich zu anderen Sensoren ist dieser Sensor besonders kostengünstig, leicht und eignet sich hervorragend für die Erstellung von Orthomosaikkarten aus Luftbildern. Ein weiterer großer Vorteil von RGB-Sensoren ist ihre Wetterbeständigkeit, die es ihnen ermöglicht, bei wechselnden Wetterbedingungen effizient und effektiv zu arbeiten. RGB-Sensoren werden zur Erstellung von digitalen Oberflächenmodellen (DSM) genutzt.

Use case	Anwendungsbeschreibung	Sensortypen	Indizes
Kartierung	2D-Karten, auf denen der Landwirt genau sehen kann, wo die Grenzen seines Anbaugebiets verlaufen. Erstellung von 3D-Karten von landwirtschaftlichen Feldern, die eine nützliche Visualisierung der Topografie des gescannten Gebiets bieten (DSM = mit Objekten auf der Oberfläche / DTM = ohne Objekte auf der Oberfläche). Keine direkte Indexunterstützung, sondern erfordert eine Verarbeitung für die Digitalisierung von landwirtschaftlichen Feldern.	LiDAR, Multispektral	/
Bepflanzung	Optimierung von Pflanzarbeiten durch die Analyse von Luftbildern, die von Drohnen geliefert werden. Indizes zur Messung der Blattabdeckung können unterstützend wirken.	Multispektral, RGB	RGB: VARI; Multispektral: LCI, NDVI, SAVI
Bewässerungsmanagement	Das Bewässerungsmanagement kann durch einen von multispektralen Sensordaten gelieferten Index unterstützt werden. Darüber hinaus kann mit Hilfe der Wärmebildtechnik festgestellt werden, ob in der beobachteten Vegetation Wasser vorhanden ist.	Multispektral, Thermal	Multispektral: NDWI
Erkennung von Schädlingen und Krankheiten	Die direkte Erkennung von Krankheiten ist mit Luftbildern nicht möglich. Die Erkennung von Schädlingen kann möglich sein, wenn die Flughöhe niedrig ist und die Blätter nicht stören. Ansonsten kann die Erkennung von Veränderungen der photosynthetischen Aktivität und des Chlorophyllgehalts, die durch Indizes unterstützt wird, auf das Vorhandensein von Schädlingen und Krankheiten hinweisen.	Multispektral, RGB	RGB: TGI, VARI; Multispektral: GNDVI, LCI, NDRE, NDVI, SAVI
Beikrautererkennung	Die Erkennung von Beikräutern in frühen Stadien der Pflanzenproduktion ist möglich, indem Anomalien in der Bepflanzung (z. B. Reihen) mit Hilfe von Indizes zur Messung der Blattbedeckung analysiert werden. Darüber hinaus kann die Erkennung verschiedener Pflanzentypen durch Bildverarbeitung hilfreich sein.	Multispektral, RGB	RGB: VARI; Multispektral: LCI, NDVI, SAVI
Sprühen / Streuen	UAVs folgen der Topographie (DSM/DTM), während sie einen mit Pestiziden gefüllten Tank tragen, der nur dort ausgebracht wird, wo es notwendig ist. Die Sprühaktivität ist eine Folgeaufgabe der Erkennung von Schädlingen, Krankheiten oder Beikräutern, daher nur indirekte Indexunterstützung.	LiDAR, Multispektral	/
Nützlingsausbringung	Während im Maisanbau der Einsatz von Drohnen zur Maiszünslerbekämpfung zunehmend verbreitet ist, entwickeln sich auch erste Systeme zur Nützlingsausbringung im Obstbau.	RGB	/
Künstliche Bestäubung	Drohnen unterstützen die künstliche Bestäubung, indem sie mit Gel beschichtete Tierhaare tragen, die den Pollen beim Überfliegen der Pflanzen transportieren.	LiDAR, Multispektral	/
Ertragsvorhersage und Wachstumsüberwachung	An Drohnen montierte Sensoren können die Vorhersage der Ernteerträge und die Überwachung des Pflanzenwachstums im Laufe der Zeit durch Berechnung gängiger Indizes unterstützen.	LiDAR, Multispektral	RGB: TGI, VARI; Multispektral: GNDVI, LCI, NDRE, NDVI, SAV

Hyperspektrale Sensoren

Im Vergleich zu multispektralen Sensoren (NIR 780-2.500 nm) messen hyperspektrale Sensoren den Reflexionsgrad über einen viel breiteren Wellenlängenbereich als multispektrale Sensoren und ermöglichen so ein detaillierteres Bild der Umgebung bis ins mittlere Infrarot (MIR 2.500-25.000 nm). Durch den Einsatz von Hyperspektralkameras können weitere Aussagen über mögliche Schadbilder bezüglich Krankheiten oder Mangelsituationen getroffen werden.

Thermalsensoren

Wärmebildkameras unterscheiden sich in ihrer Funktionsweise nur geringfügig von herkömmlichen Digitalkameras. Anstatt die Temperatur direkt zu messen, erkennt und registriert das Gerät die Intensität der Infrarotstrahlung. Infrarotstrahlung ist eine Form der elektromagnetischen Strahlung, die für das menschliche Auge nicht sichtbar ist, aber sie kann von speziellen Sensoren in einer Kamera erkannt werden, ähnlich wie Kamerasensoren, die sichtbare Farben erkennen. Wärmesensoren erfassen die Temperatur von Objekten, indem sie deren Strahlungsenergie in einem Wellenlängenbereich von 7.000 bis 12.000 nm messen. Normalerweise senden alle Objekte mit einer Temperatur über dem absoluten Nullpunkt (-273 °C) Infrarotstrahlung mit bestimmten Wellenlängen aus, die proportional zu ihrer Temperatur sind.

LiDAR-Sensoren

LiDAR-Sensoren (Light Detection and Ranging) sind eine Art der Fernerkundungstechnologie, bei der Laser eingesetzt werden, um die Entfernung zwischen dem Sensor und seinem Zielobjekt zu messen. Dies geschieht durch horizontale und vertikale Ablenkung des ausgesandten Laserstrahls. Während ein rotierender Spiegel die horizontale Ablenkung ermöglicht, wird die vertikale Ablenkung durch den Einsatz mehrerer Scanner oder durch Kippen des Geräts erreicht. Als Ergebnis erzeugt der Sensor eine 3D-Punktwolke, d. h. eine Sammlung von Pixeln, die die Oberfläche eines Objekts oder der Erde darstellen, von welcher der Laser reflektiert wird. Durch den Einsatz von LiDAR- und RGB-Sensoren können digitale Geländemodelle (DTM) oder digitale Oberflächenmodelle (DSM) erstellt werden. DTM bilden die Bodenhöhe ohne Berücksichtigung der Vegetationshöhe ab, während DSM die Erdoberfläche

einschließlich aller Objekte darstellen. Eine Übersicht der Anwendungsfälle zeigt die Tabelle.

Gegenüber den kleineren Mapping-Drohnen werden heute schon große Kopter für die präzise Ausbringung von Wasser oder Pflanzenschutzmittel getestet. Durch die Identifizierung von Bereichen, die mehr Bewässerung benötigen wird, können Zeit und Ressourceneinsatz verbessert und gleichzeitig die Qualität der Ernte gesichert werden. In der Präzisionslandwirtschaft werden die Felder für ein effizientes Ressourcenmanagement in Managementzonen unterteilt. Für ein weitergehendes Verständnis der zugrundeliegenden Modelle informieren Sie sich gern in Kapitel 2.5. Neben dem Bewässerungsmanagement kommt der Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln im Weinbau in Steil- und Terrassenlagen eine übergeordnete Bedeutung zu. Während Drohnen der Topografie des Bodens folgen und ihre Höhe automatisch angepasst über der Rebzeile halten, können Pflanzenschutzmittel mit variabler Applikationsmenge ausgebracht werden. Damit wird ein ökonomisch wie ökologisch effizienter Pflanzenschutz eingesetzt ermöglicht. Das Vorgehen und die durchzuführenden Aktivitäten im Zuge einer Applikation von Pflanzenschutzmitteln aus der Luft sind in Abbildung 13 dargestellt. Für die erfolgreiche Durchführung einer Pflanzenschutzmaßnahme (PSM) sind weiterhin mindestens zwei Personen notwendig (Pilot und Copilot).

Der für den Einsatz von Drohnen nötige Kompetenzaufbau kann im Betrieb erfolgen und stellt insbesondere für größere Wein- und Obstbaubetriebe eine lohnende Option dar. Dabei können zwei Qualifizierungen durchlaufen werden. Für kleinere Drohnenklassen ist ein A1/A3-Kompetenznachweis notwendig, während für den Einsatz in größeren Drohnenklassen eine A2-Fernpilotenlizenz notwendig ist. Um den Einsatz von Drohnen im Pflanzenschutz durchführen zu können, muss der Pilot weiterhin über den Sachkundenachweis Pflanzenschutz verfügen. Doch auch kleine oder Nebenerwerbsbetriebe können vom Drohneneinsatz profitieren, da sich zunehmend Dienstleistungsanbieter im bundesdeutschen Gebiet für die aufgezeigten Anwendungsfälle etablieren und als Lohnunternehmer beauftragt werden können. Welche rechtlichen Rahmenbedingungen existieren für den Einsatz im landwirtschaftlichen Betrieb?

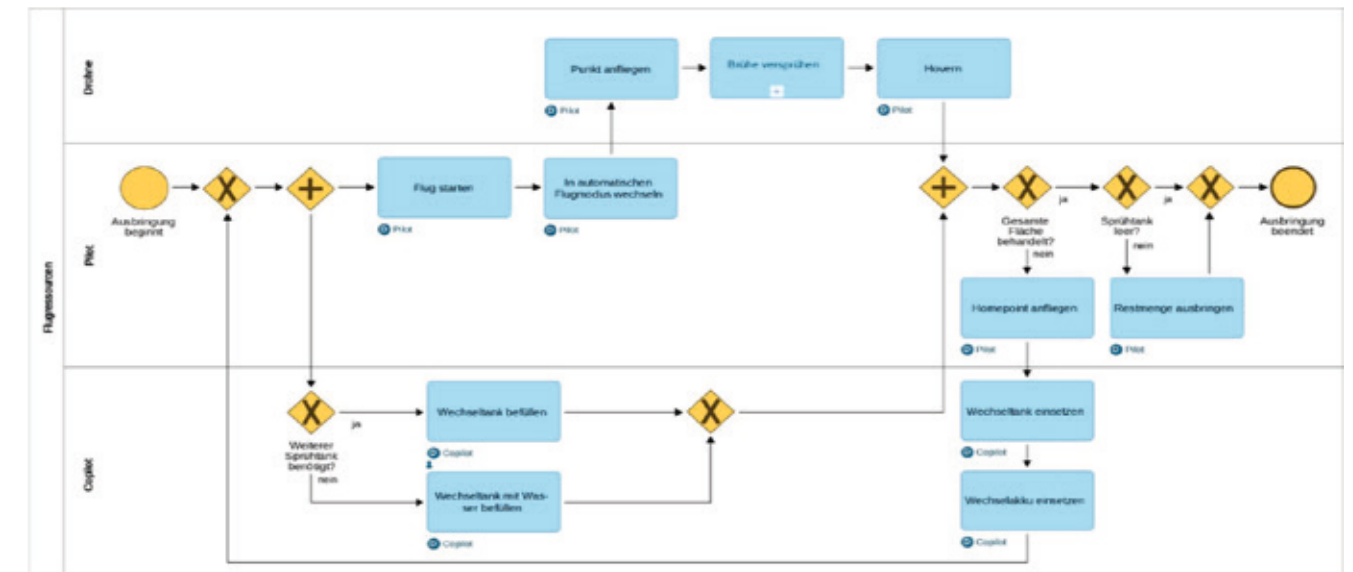


Abbildung 13: Ablauf für die Durchführung von Pflanzenschutzmaßnahmen mit Sprühdrohnen.

Aufgrund der großen Potenziale für die Landwirtschaft und „durchweg positiven Erfahrungen“ wurde für den Einsatz von Drohnen auf landwirtschaftlichem Grund das erste sogenannte Standardszenario freigegeben. Damit wurde ein vereinfachtes Genehmigungsverfahren für Landwirtschaftsdrohnen ermöglicht.



Infolge jüngster rechtlicher Rahmenseetzungen, die den Einsatz von Sprühdrohnen vereinfacht, steht die Etablierung wirtschaftliche Dienstleister im Fokus der landwirtschaftlichen Praxis. Dabei kommen je nach Anwendungsfall unterschiedliche Modelle in Betracht. So kann sich die Anschaffung einer eigenen Drohne für Betriebe oder Weinbaugemeinschaften mit entsprechend großen Weinbauflächen lohnen. Alternativ müssen sich in der Zukunft Dienstleistungsunternehmen etablieren. Neben dem reinen Sprühen von Pflanzenschutz werden sich jedoch auch weitere Dienstleistungen wie beispielsweise die gezielte Düngung oder Bewässerung, das Ausbringen von Nützlingen oder die automatisierte Blütenkartierungen für die Betriebe im Wein- und Obstbau etablieren. ■

2.8 Effizientes Betriebsmanagement durch Farm-Management-Informationssysteme

Effiziente und präzise Managemententscheidungen zu treffen und mit der modernen Technologie Schritt zu halten sind die Voraussetzungen für ein erfolgreiches Unternehmen in jedem Bereich, auch in der Landwirtschaft. Das derzeitige wirtschaftliche Umfeld ist für den Agrarsektor schwierig und erfordert eine effiziente Verwaltung der produktiven Ressourcen, damit die Betriebe weiterarbeiten und Gewinne erwirtschaften können. Der zunehmende Einsatz von digitalen Technologien hat die Handhabung, Verarbeitung und Beschaffung von Informationen erleichtert, aber die Analyse der gesammelten Daten ist eine anspruchsvolle Aufgabe. Eines der Werkzeuge, die für den Agrarsektor zur Verfügung stehen, sind Farm-Management-Informationssysteme – oder kurz: FMIS. Sie speichern und verarbeiten betriebsbezogene Daten und unterstützen einfache und routinemäßige Entscheidungen, so dass sich der administrative Verwaltungsaufwand für die Landwirte drastisch verringert.

FMIS dienen ursprünglich der Aufzeichnung von Daten und entwickelten sich allmählich weiter, um die Entscheidungsfindung zu unterstützen und verschiedene Funktionen zu bieten. Moderne FMIS bieten, abgesehen von den Kernfunktionen, eine Fülle von Optionen, wie z. B. umfangreiche Anbauempfehlungen und Prognosen, die Verwaltung von Geräten und Betriebsmitteln, die Organisation der Mitarbeiter*innen, der Gehaltsabrechnung sowie das Kundenbeziehungsmanagement. Sie unterstützen das Produktionsmanagement und zielen darauf ab, die Produktionskosten zu senken, indem sie die Betriebsplanung organisieren und die Ertragsdaten sowie Gewinne und Verluste dokumentieren und in Dashboards visualisieren. Aktuelle FMIS gewährleisten auch die Einhaltung der landwirtschaftlichen Standards sowie Produktsicherheit und -qualität. Die Rentabilität des eigenen Betriebs zu steigern ist daher eine der wichtigsten Aufgaben von FMIS.

Insbesondere durch prognostizierte Anbauempfehlungen unterstützen FMIS die Präzisionslandwirtschaft, die es Landwirt*innen ermöglicht, ihre Felder gezielt zu bewirtschaften. Moderne FMIS bauen beispielsweise auf der GIS-basierten Feldkartierung der Präzisionslandwirtschaft auf und reichern die dort gespeicherten Informationen mit zusätzlichen Schichten von räumlich variablen Daten an, die durch IoT von vernetzten Geräten generiert werden. Ein Beispiel für die Integration von IoT zeigt Kapitel 2.1. Weiterhin vermittelt Kapitel 2.4 einen Eindruck zur Erfassung und Verarbeitung von Daten aus den bewirtschafteten Flächen. Basierend auf den erhobenen Daten sind FMIS damit die zentrale Plattform für die Erfassung, Verarbeitung, ►

Analyse und Darstellung von Daten in Zusammenhang mit landwirtschaftlichen Betrieben. Die ohnehin hohe und weiterhin zunehmende Komplexität von FMIS erfordert eine einfache und intuitive Bedienbarkeit. Daher sind für moderne FMIS neben dem Zugriff über Webbrowser auch Apps für mobile Geräte verfügbar. Zusätzliche Potenziale der Komfortsteigerung und Steigerung der Bedienbarkeit liegen in der Nutzung von Augmented- und Virtual-Reality-Headsets, wie in Kapitel 2.6 beschrieben. Neben den bisher implementierten Funktionen können durch drohnenbasierte 3D-Modelle sowie die Modellierung des Trockenstresses der Pflanzen entscheidungsunterstützende Elemente Einzug finden. Die Entscheidungsunterstützung zur Bewässerung lässt sich dabei durch Integration von Wasserhaushaltsmodellen realisieren. Die Funktionsweise und Prozessierung dieser Modelle ist in Kapitel 2.5 dargestellt. Nutzbar werden die im FMIS prozessierten und aufbereiteten Daten nicht nur zur Entscheidungsunterstützung der Betriebsleitung, sondern auch in der Bereitstellung von Routenführung für autonome Landmaschinen (Kapitel 2.3) sowie zur Erstellung von Applikationskarten zur Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln mittels Drohnen (Kapitel 2.7). Für Vermarktung und Zertifizierungen lassen sich Potenziale aus der Integration in einen digitalen Produktpass ableiten. Dafür werden die im FMIS vorhandenen Informationen, wie in Kapitel 2.2 beschrieben, zu den produzierten Gütern wertsteigernd aufbereitet.

Wo liegen die Daten? On-Premise oder in der Cloud?

Vor der Einführung von FMIS sehen sich Wein- und Obstbaubetriebe der Entscheidung des Hostings des Systems gegenüber. Als Alternativen kommen dabei On-Premise-Lösungen oder Software-as-a-Service Lösungen (SaaS) in Betracht. Während On-Premise-Lösungen den Aufbau und Betrieb einer eigenen IT-Infrastruktur im Betrieb erfordern, haben Betriebe bei der Nutzung von SaaS-Lösungen keine Notwendigkeit zur Administration von IT-Systemen. Auch mit Hinblick auf die Datensicherheit sind keine Vorteile für im eigenen Betrieb geführte On-Premise-Lösungen festzustellen. Die Wahrscheinlichkeit eines Systemausfalls oder Datenverlustes ist für professionell administrierte SaaS-Lösungen als geringer einzuschätzen, gegenüber der selbst betriebenen Infrastruktur. Insbesondere

in kleinen und mittelständigen Betrieben werden branchenübergreifend On-Premise-Lösungen durch SaaS-Lösungen ersetzt. Dieser Trend führt auch im Bereich der FMIS dazu, dass für den Wein- und Obstbau nur wenige On-Premise-Systeme existieren und Vorteile in der Nutzung von SaaS-Lösungen überwiegen. Insbesondere sind es auch diese SaaS-Lösungen, die über Applikationen auf mobilen Endgeräten verfügen und somit eine Datenerfassung im Feld ermöglichen. Ein Vendor-Lock-In, also die Abhängigkeit des Betriebs an einen Systemanbieter, unterscheidet sich im Übrigen zwischen On-Premise und SaaS-Lösungen nicht.

Funktionsumfang und Preismodelle

Für die Einführung und Eignung von FMIS im eigenen Betrieb sollte der benötigte Funktionsumfang des FMIS abgewogen werden. Eine Übersicht der Kernfunktionalitäten liefert Abbildung 14.

Abhängig von den benötigten Funktionen ist die Wahl eines geeigneten Preismodells für das einzuführende FMIS. Häufige anzutreffende Preismodelle für SaaS-basierte FMIS sind insbesondere Abonnement- und Freemium-Modelle. Während bei einem Abonnement-Modell eine wiederkehrende Gebühr für den Zugang zur Software oder zum System gezahlt werden muss, bietet das Freemium-Modell eine kostenlose Basisversion des Systems, die Kund*innen dazu anregt, zusätzliche Funktionsbausteine oder Upgrades zu erwerben. Dabei kann der Betrieb entsprechend seinen Bedarfen die benötigten Funktionen buchen und zahlt lediglich den Funktionsumfang, der benötigt wird. Grundsätzlich stellen die Anbieter von SaaS-Systemen in beiden Fällen fortlaufende Unterstützung, Updates und Service bereit und Kund*innen können die Software nutzen, solange sie die Abonnementgebühr oder Upgrades weiterhin zahlen.

Erfolgsfaktoren der Einführung von FMIS

Faktoren für die erfolgreiche Einführung von FMIS im Betrieb lassen sich entlang von zwei Dimensionen

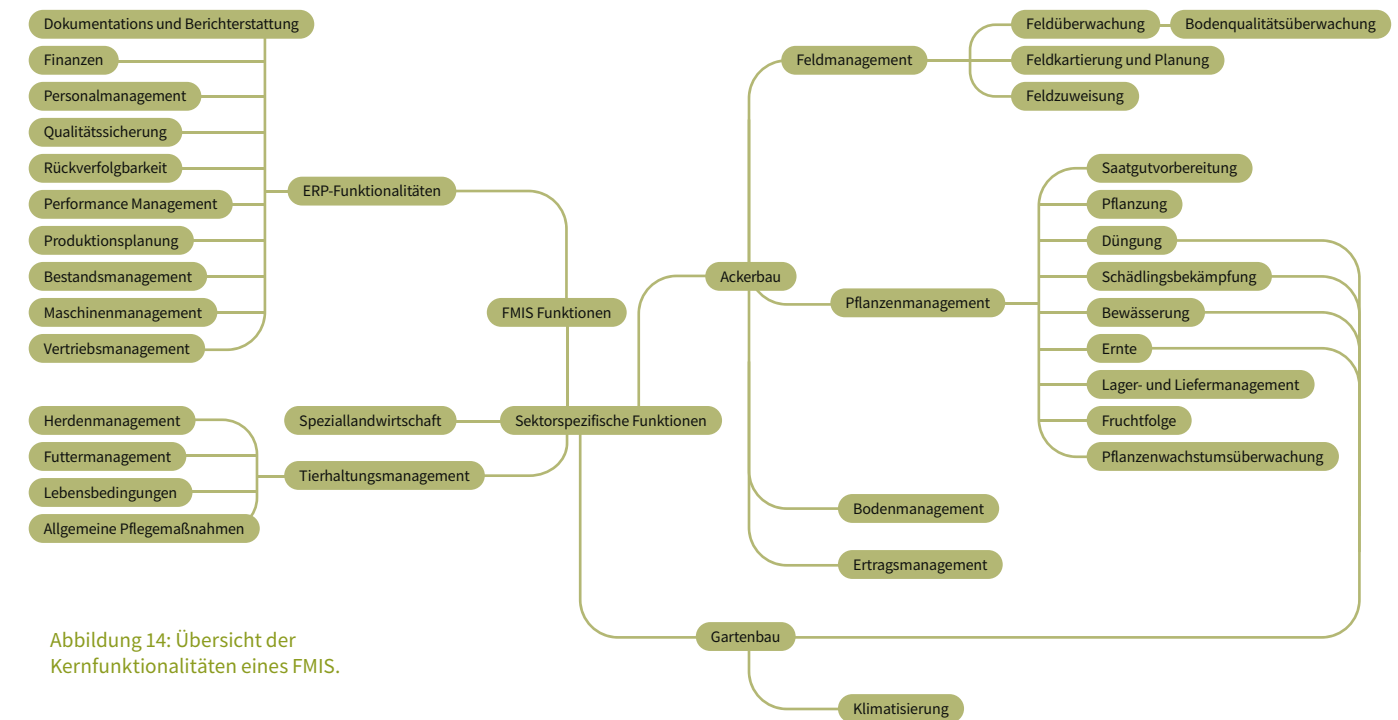


Abbildung 14: Übersicht der Kernfunktionalitäten eines FMIS.

feststellen. Während die erste Dimension im FMIS selbst liegt (systemseitige Dimension), ist die zweite Dimension im Nutzer / Betrieb selbst zu finden (nutzerseitige Dimension). Einerseits existieren im Wein- und Obstbau in besonderem Maße systemseitige Hürden wie fehlende Interoperabilität und Datenstandards, hohe Komplexität sowie mangelnde Benutzerfreundlichkeit für die Einführung von FMIS. Andererseits kommen auch nutzerseitige Hürden wie Betriebsgröße, das Alter und die Ausbildung der Nutzer sowie der (fehlende) wahrgenommene Nutzen durch die Mitarbeitenden zur Geltung. Diese nutzerseitigen Hürden können jedoch durch die Betriebe selbst abgebaut zu werden. So liegt insbesondere die Hervorhebung des Nutzens der Systemverwendung sowie in umfangreichen Schulungsmaßnahmen für die Betriebe eine große Chance zur Akzeptanzschaffung im Betrieb. Moderne FMIS haben diesen wesentlichen Baustein der erfolgreichen Einführung erkannt und unterstützen die Betriebe in diesen Bemühungen durch umfangreiche Schulungsmaßnahmen in Form von Webinaren und Q&A-Sessions.

Wenngleich kleine und mittelständige Betriebe im Wein- und Obstbau von dem zunehmenden Angebot an FMIS profitieren können, existiert schlussendlich nicht das eine ideale Farm-Management-Informationssystem. Vielmehr ergibt sich ein „perfect fit“ aus dem FMIS zum Betrieb. Um

diesen „perfect fit“ zu finden, sollten sich Betriebe vor der Einführung eines FMIS Klarheit über den benötigten Funktionsumfang schaffen. Die zu integrierenden Funktionen sollten abgewogen werden. Bereits mit Beginn der Einführung sollte der Kompetenzaufbau aller Mitarbeitenden begonnen werden. Viele FMIS bieten dafür Schulungen und Webinare an. Sind alle Mitarbeitenden mit der Nutzung des Systems vertraut und die Vorteile der betriebsweiten Nutzung aufgezeigt, stehen die Chancen einer erfolgreichen Einführung und Nutzung gut. Der Betrieb wird seine Effizienz steigern und zu einer höheren Produktivität finden.

Aktuell ist die Einführung eines zentralen FMIS im Praxisbetrieb die primäre Herausforderung in den Wein- und Obstbaubetrieben. In Zukunft ist tendenziell eine Steigerung des Zusammenspiels der Funktionalitäten mit weiteren, an das FMIS angebundene IT-Systeme zu erwarten. Dies eröffnet neue Chancen. Neben der reinen Steigerung der Arbeitseffizienz und Erleichterung der Dokumentation, werden auch Entscheidungsunterstützungssysteme, beispielsweise für die Anbauplanung, optimierte Düngung und Berücksichtigung von Biodiversitätsmaßnahmen entwickelt. Besonders in der systemübergreifenden Bereitstellung und Nutzung von Informationen lassen sich dabei für den Einzelbetrieb große Potenziale in der Optimierung der Profitabilität des Betriebs erwarten. ■

2.9 Das Arbeiten im ideal digitalisierten Betrieb

Der ideal digitalisierte Betrieb ist ohne fachkundiges Personal nicht denkbar. In einem solchen Betrieb haben sich die Aufgabenfelder stark verändert. Aber wie verändert sich tatsächlich das Arbeitsfeld für Betriebsleitung und Mitarbeitende? Dieser Abschnitt schlägt hier ebenfalls ein Idealbild für den digitalisiert arbeitenden Menschen vor. Denn ohne den kompetenten und interessierten Menschen ist eine Digitalisierung der Landwirtschaft schlichtweg nicht vorstellbar. Ein Idealbild verkörpert den Kontrast zu den gegebenen Rahmenbedingungen und spiegelt nicht die Realität wider. Vielmehr ist es ein wichtiger Bestandteil, um sich diese Zukunft vorzustellen, über sie nachzudenken, zu diskutieren und schließlich: sie auszugestalten.

In den Gesprächen mit den Landwirtinnen und Landwirten wird immer wieder deutlich, dass sich viele Betriebe Erleichterungen und Vorteile durch neue technologische Lösungen erhoffen. Gleichzeitig bestehen Vorbehalte, weil der Mensch aus unterschiedlichen Gründen mit Fragen der Digitalisierung überfordert ist. Aus den im Rahmen von EXPRESS geführten Interviews, aber auch vielen weiteren Gesprächen mit Winzern und Obstbauern wissen wir um **fünf große Herausforderungen**, wenn in den Betrieben über die Anschaffung neuer Technologien nachgedacht wird (vgl. vertiefend Sonderkulturen im Mittelpunkt Ausgabe 1 und 2):

- Es besteht ein **Fachkräftemangel**. Aus Sicht der Betriebe ist es sehr schwer, ausgebildete Obstbaufachkräfte zu finden. Noch schwieriger zu finden sind solche mit Digitalisierungskompetenzen. Dabei finden sich lediglich in den größten Betrieben die Möglichkeiten, dezidiert Fachingenieur*innen oder sogar -informatiker*innen anzustellen. Vielen Betrieben sind auf intuitive, robuste und nutzerfreundliche Technologie mit geringer Bedienkomplexität angewiesen.
- Es besteht ein **Saisonarbeitskräftemangel**. Steigende Lohnkosten im Kontext des europäischen und internationalen Wettbewerbs mindern die Marge. So entsteht ein großer Wunsch nach robotischen bzw. automatisierten Lösungen, die Hilfsarbeiten übernehmen. Bis dato wurden hier die Hoffnungen für Betriebe in den Raumkulturen nicht erfüllt.
- Für die strategische Ausrichtung und Weiterentwicklung des Betriebes **fehlt es den Betriebsleitungen an Zeit**. Die Vielfalt an Digitalisierungsmöglichkeiten gekoppelt ►



mit der Unübersichtlichkeit der Marktverfügbarkeit kostet aus Sicht der Betriebe häufig zu viele Ressourcen und Nerven – bei offenem Ausgang, ob eine effiziente digitale Lösung gefunden werden kann.

- **Es mangelt an individuellen Beratungs- und Orientierungsangeboten.** Die Betriebe sind sehr heterogen. Ein kleines Weingut mit 2ha Anbaufläche hat andere Bedarfe und Möglichkeiten als ein Obstbaubetrieb mit 1500ha. Untereinander gibt es außerdem verschiedene Prioritäten, die sich durch die lokalen Anbaubedingungen (bspw. Wasserverfügbarkeit), Anbauform (bio, integriert, usw.) oder auch das generelle Interesse an Digitalisierungsthemen unterscheiden. In der Vergangenheit gegebenen allgemeine Beratungsempfehlungen werden häufig als wenig zielführend und zu generisch beschrieben.
- Investitionen sind mit **großen finanziellen Risiken** verbunden. In Gesprächen wurde deutlich, dass die Amortisationsrechnung in den Betrieben häufig mit größeren Unbekannten verbunden ist. In Zeiten angespannter Marktsituationen müssen technologische Lösungen aus Sicht der Betriebe entweder günstig oder der mittel- und langfristige Mehrwert überwiegend nachgewiesen sein.

Das folgende **Idealbild** adressiert zeigt Auswege aus diesen Herausforderungen auf, denn sie sind teilweise Treiber als auch Blockierer einer mensch-orientierten Digitalisierung. Gleichzeitig zeigt es die Potenziale auf, die in einem ideal digitalisierten Betrieb vorhanden sind.

Im Lichte des Saisonarbeitskräftemangels ist eine stärkere Automatisierung vieler heute mit dem Schlepper oder per Hand durchgeführte Bewirtschaftungsmaßnahmen aus heutiger Sicht unumgänglich. **Die Fachkräfte verfügen deshalb im idealen Betrieb über die Kompetenzen, Arbeitsabläufe zu automatisieren, für die jeweiligen Anlagen zu Kalibrieren und alle ineinandergreifenden Prozessabläufe zu planen.** Störungen der technischen Systeme können sie in vielen Fällen selbstständig beheben. In diesem Idealbild müssen immer weniger Fachkräfte immer breitere Aufgabenfelder übernehmen. Viele Entscheidungen, insbesondere in der Kulturführung, sind nach wie vor in kürzester Zeit zu treffen. Die Fachkräfte sind daher auf möglichst hochwertige und aktuelle Informationen über den Zustand ihrer Pflanzen angewiesen. Die hierfür am Markt verfügbaren Informationsquellen, digitale Services und Technologien für den Betrieb sind den

Betriebsleitungen bekannt – gängige Zeitschriften für die Praxis vermitteln Technikwissen und biologisches Wissen aus einem Guss. Praktiker*innen wissen beispielsweise auch, wie sie externe Dienstleistungen für explorative Spezialmessungen einbinden können. Sie kennen aber auch grundsätzlich die Vor- und Nachteile der am Markt verfügbaren Services und Technologien und sind mit Unterstützung einer unabhängigen Technologieberatung in der Lage, die richtige Kombination an Technik zu finden. Fachkräfte **nutzen viel Zeit** für das Verstehen der Pflanzengesundheit und des gesamten Ökosystems der Anlage. Sie experimentieren mit verschiedenen Möglichkeiten, bspw. noch stärker die Handarbeit in der Bonitur zu reduzieren und entwickeln so konstant ihre Ideen zur Optimierung der Betriebsabläufe weiter. Gartenbauberufe sind heute attraktiv und modern. In den Ausbildungsberufen lernen die Nachwuchsfachkräfte, in der Schnittstelle von technologisch überwachten Vegetationsperioden zu denken und zu experimentieren.

Assistiert durch verschiedene robotische Mitarbeiter und Mess- bzw. Prognosesysteme, verfügen die Fachkräfte in einem Betrieb über das Wissen, Informationen aus diesen verschiedenen Quellen zu interpretieren. Dabei können Sie abschätzen, wie belastbar ihre vorhandenen Messungen tatsächlich für die jeweilig zu treffende Entscheidung sind (Data Literacy). Sie sind mit solchen Entscheidungen selten allein. Neue Kommunikationstechnologien ermöglichen neue Arten des betriebsübergreifenden Austausches mit Kolleginnen und Kollegen oder auch Spezialberatungen (Remote Collaboration). In kurzer Zeit stellt die Anbauleitung schnell für eine konkrete Herausforderungen Bewirtschaftungs- und Witterungsdaten, Prognosen sowie Foto- und Videomaterial vor Ort zusammen und diskutiert diese mit Kolleg*innen. Insgesamt ist deswegen die Arbeit in den Betrieben **attraktiv für jüngere Generationen.** Moderne Maschinen und vielfältige technische Ansätze sowie das hohe Maß an Kommunikation und Austausch über fachliche Fragen machen die Sonderkulturen zum attraktiven und sinnstiftenden Berufsfeld für kommende Generationen. Der Weg in diese Zukunft ist herausfordernd gewesen. In Zeiten des Fachkräftemangels mussten Studierende in ihrem Wunsch nach sinnstiftender grüner Arbeit auf moderne Studienangebote warten. Obstbauprofessuren, drittmittelfinanzierter Forschung, Dienstleistungssektor und die landwirtschaftliche Industrie haben gemeinsam mit den produzierenden Betrieben selbst dank bundesseitiger Anschubfinanzierungen schließlich ein **Innovationsnetzwerk** geschaffen, dass den Grundstein für eine solche Entwicklung legte. ■

Diskussion

Die einzelnen Beiträge zeigen das vielfältige technologische Potenzial der verschiedenen Lösungen. Gleichwohl steht und fällt die Etablierung und Nutzung dieser Systeme mit den Anwender*innen (vgl. Kapitel 2.9) und der Verfügbarkeit von Service-, Beratungs- und sonstigen Unterstützungsleistungen.

Mit der integrierten Verfügbarkeit aller in diesem ideal digitalisierten Betrieb vorgestellten Lösungen ist aus vielfältigen Gründen eher nicht kurzfristig zu rechnen. Das Marktpotenzial digitaler Lösungen für Sonderkulturen ist zumindest in Deutschland im Vergleich zu Flächenkulturen überschaubar. Entwicklungen für die Sonderkulturen erfordern die Berücksichtigung von Erfahrungen und Wissen über die Anbau- bzw. Kulturführung, das wiederum fragmentiert oder teilweise auch nicht verfügbar ist. Umso mehr kommt es auf die Betriebe und die unmittelbar regional aktiven Akteure an, die Potenziale verschiedener Lösungen treffsicher bewerten und abschätzen zu können. Die Unterstützung und Etablierung von Leuchtturmbetrieben oder Kompetenzzentren bietet hier eine von vielen Möglichkeiten die digitale Transformation im Sonderkulturenanbau voranzubringen.

Schließlich bedarf es einer ehrlichen Diskussion und Abwägung, inwiefern digitale Lösungen in der Endabwägung zwischen Aufwand, Investment und Risiko tatsächlich einen kurz- mittel- oder langfristigen Nutzen bringen. Insbesondere Landwirt*innen kleinerer und mittlerer Betriebe können nur dann die Risiken und Möglichkeiten einer Lösung bewerten, wenn unabhängige Informationen, Tests oder bestenfalls unabhängige Vor-Ort Beratungen vorhanden sind.

Für viele vorgestellte Themenbereiche sind weiterhin momentan unsichere Marktbedingungen zu konstatieren, bspw. für das autonome Fahren. Außerdem sind mitunter noch keine Lösungen am Markt verfügbar. Für diese Bereiche gilt es, Investitionen in die Lösungsentwicklungen aufrecht zu erhalten, seien sie aus öffentlicher oder privater Hand. Gute Erfahrungen wurden in den letzten Jahren mit Projektförderungen gesammelt, die eine unmittelbare Kooperation von Praxis und Entwicklung ermöglichen. Gleichwohl sind auch hier Verbesserungen möglich, etwa in der Förderfähigkeit von Personalkosten in Landwirtschaftsbetrieben.

Der Blick in den digitalisierten Betrieb zeigt aber auch, wie viel Bewegung in dieser Thematik ist. Für einige hier vorgestellte Herausforderungen sind bereits Lösungen vorhanden oder in einem fortgeschrittenen Entwicklungsstadium. Dies stimmt hoffnungsvoll für die Zukunft einer nutzerzentrierten und bedarfsgetriebenen Digitalisierung des Wein- und Obstbaus. ■

- 1 Leitlinien und Standards für einfach bedienbare und offene Sensorsysteme werden die Entwicklung von bedarfsorientierten Analysemöglichkeiten für die Sonderkulturen beschleunigen.
- 2 Mit einem wachsenden Bedarf an (fälschungssicheren) Produktinformationen werden kurz- und mittelfristig Blockchain-basierte, digitale Produktinformations- und Nachverfolgbarkeitslösungen stärker nachgefragt.
- 3 Sofern die Fach- und Saisonkräfteverfügbarkeit unverändert bleibt oder abnimmt, werden Betriebe nur unter mitunter risikoreicher Investition in Assistenzsysteme und robotische Systeme ihre Produktionskapazitäten aufrechterhalten können.
- 4 Vierdimensionale, stationäre Kamerasysteme werden in den kommenden Jahren an Relevanz für Entscheidungsunterstützungssysteme im Pflanzenbau gewinnen.
- 5 Leistungsfähigere und unterschiedlich konfigurierte Entscheidungsunterstützungssysteme für das Wassermanagement werden in den kommenden Jahren verstärkt alltäglich genutzt werden.
- 6 Sofern in den kommenden Jahren landwirtschaftstaugliche AR- bzw. VR-Hardware marktvorgbar wird, werden sich insbesondere für die remote collaboration von Expert*innen vielversprechende Nutzungsszenarien ergeben.

- 7 Autonome Drohnen werden in wenigen Jahren standardmäßig für einige kritische Analyse- und Bewirtschaftungsmaßnahmen im Weinbau eingesetzt werden. Gleichwohl steht die Verbreitung dieser Geräte und Lösungen in Abhängigkeit zur Entwicklung eines Dienstleistungsmarktes für Drohnenservices bzw. mutigen Winzer*innen, die auf ihren Schlägen praxistaugliche Nutzungsszenarien ausprobieren und ausdifferenzieren.
- 8 Werden Landwirt*innen in der Einführung oder Erneuerung eines zentralen FMIS durch unabhängige Stellen stärker unterstützt, ist für die nahe Zukunft eine Steigerung des Zusammenspiels der Funktionalitäten mit weiteren, an das FMIS angebundene IT-Systeme möglich.
- 9 Ohne die Bereitstellung von unabhängigen und auf die Sonderkulturen spezialisierten Beratungs- und Betreuungsangeboten, werden viele Potenziale der Digitalisierung in den Betrieben mittelfristig nicht ausgeschöpft werden können.
- 10 Die betriebswirtschaftlichen und ökologischen Chancen werden insbesondere über ein zeitgemäßes bundes- bzw. EU-weites Versuchswesen herausgearbeitet, das in Synergie zwischen Anbaupraktiken, Anbausystemen und neuen technologischen Optionen gemeinsam mit der Landwirtschaft die Praxistauglichkeit und Verlässlichkeit digitaler Lösungen auf die Probe stellt.

Fazit und Ausblick

Diese Ausgabe der Reihe Sonderkulturen im Mittelpunkt gibt den Überblick über die wesentlichen Aktionsfelder für die Digitalisierung der Sonderkulturen. Die einzelnen Abschnitte im zweiten Kapitel haben hierfür aufgezeigt, was theoretisch und praktisch in der heutigen Zeit bereits möglich ist oder in naher Zukunft möglich sein kann. Gleichwohl bleiben alle beschriebenen Zusammenhänge lediglich Momentaufnahmen für die Digitalisierung der Sonderkulturen. Je nachdem, wie sie die klimawandelbedingten Anbaubedingungen sowie der Markt für Wein, Äpfel und Co. in den kommenden Jahren entwickelt, werden digitale Lösungen eine stärkere Nachfrage erfahren. Drohnen werden etwa für den Weinbau dringend erwartet, um aktuelle Herausforderungen rund um den Pflanzenschutz in Steillagen lösen zu können. Wasser wird aller Voraussicht nach in naher Zukunft knapper. Extremwetterereignisse treten öfter auf. Neue Schadarten finden sich in den Anlagen, für die weniger Pflanzenschutzmittel eingesetzt werden sollen. Prognose- und Präventionssysteme bieten hier sinnvolle Optionen, gleich wohl sind auch hier noch viele Herausforderungen zu lösen. Darüber hinaus materialisieren sich beständig neue technologische Felder wie robotische und assistierende Systeme in Anlagenführung und Ernte. Vollernter sind bspw. im Weinbau seit einigen Jahren etabliert. Für FMIS gibt es bereits viele angebotene, aber sehr heterogen funktionale Systeme. Schließlich darf bei all diesen Entwicklungen der Mensch im Betrieb nicht vergessen werden. Wenn sich Kompetenzprofile für den Sonderkulturenanbau verändern, so müssen dies auch die Schulen und Universitäten für Aus- und Weiterbildungsangebote tun, um den landwirtschaftlichen Sektor zukunftsfit zu machen. Digitalisierung ist in all diesen Fällen nie Selbstzweck. Sie kann in vielen Fällen die Antwort auf wachsende Betriebszwänge, höhere Anforderungen an eine nachhaltigere und klimaschonende Produktion sowie auch die Steigerung der Attraktivität landwirtschaftlicher Berufe sein. All diese Themen werden bestenfalls in naher Zukunft so gut wie möglich verknüpft, seien es Diskussionen rund um eine ökologischere und überarbeitete integrierte Produktion oder aktuelle Überlegungen zum sog. „Carbon Farming“, also einem Zertifizierungs- und Anreizsystem für klimaschonende Bewirtschaftung oder Umnutzung

landwirtschaftlicher Flächen. Schließlich ist eines der wichtigsten Themen jenes zur Sicherung des Ertrages für eine regionale Verfügbarkeit von frischen und gesunden Lebensmitteln.

Digitalisierung ist kein Ergebnis, sondern ein Prozess, den es genau zu beobachten und zu gestalten gilt. Die hier dargestellten Themen werden sich in ihren Frage- und Problemstellungen weiterentwickeln. Neue Themen werden hinzukommen, andere werden eine hinreichende Lösung erfahren. Möglicherweise bedarf es auch in heutigen Zeiten einer fortgeschrittenen Technisierung der Landwirtschaft einer Begleitung für den Rück- und Umbau veralteter oder nicht länger effizient nutzbarer Systeme. Der hier dargelegte Rundumblick bietet dabei einen hilfreichen Einstiegspunkt in die tiefergehende Diskussion. Veränderungsprozesse sind nicht möglich ohne die Begeisterung und Einbindung von Landwirt*innen. Also braucht es auch weiterhin Möglichkeiten für die Zusammenarbeit von Forschung, Entwicklung und Praxis. Gleichwohl dürfen Landwirt*innen in dieser Zusammenarbeit nicht überfordert oder überbeansprucht werden. Es braucht auch für sie sinnvolle Kooperationszusammenhänge und verlässliche Ansprechpartner in Verwaltung, Förderung, sowie Forschung und Entwicklung. Wird an den hier aufgezeigten Themen gearbeitet, bestehen gute Möglichkeiten, dass der hier beschriebene ideal digitalisierte Betrieb der Zukunft schon bald Realität ist. ■



In der Infothek unserer Webseite finden Sie eine laufend aktualisierte Liste an Print- und Onlinemedien, welche das Thema Digitalisierung und Technik im Sonderkulturenanbau aufgreifen.

www.digitalisierung-landwirtschaft.de/infothek/



Hier finden Sie unsere weiteren Kanäle von EXPRESS.

www.digitalisierung-landwirtschaft.de/links-druckerzeugnisse/

Glossar – Abkürzungen und Definitionen

Aktor – Teil eines Sensorsystemes, der aktiv Aktionen am überwachten System vornehmen kann, z. B. das öffnen und schließen von Ventilen

API – Application Programming Interface. Eine API (dt. Anwendungsschnittstelle) ist eine definierte Schnittstelle, die es externen Anwendungen erlaubt, Dienste einer Anwendung zu nutzen und diese so zu verknüpfen.

Autonome Trägerplattformen – Autonome Trägerplattformen sind selbstfahrende oder selbstfliegende (Luft-)Fahrzeuge, die weitestgehend ohne menschliche Steuerung operieren und eine Vielzahl von verschiedenen Geräten bzw. Systemen, sog. Nutzlasten tragen können.

BBCH-Stadien – Die BBCH-Skala gibt Auskunft über die morphologischen Entwicklungsstadien einer Pflanze.

Computer Vision – Computer Vision, also die rechnergestützte Bildverarbeitung, beschreibt die Fähigkeit von Computern, Bilder und Videos zu interpretieren, zu analysieren und zu verstehen, indem automatisch Objekte, Muster und Merkmale identifiziert werden.

FMIS – Farm Management Information Systems sind holistische Softwarelösungen, die viele oder alle Arbeitsbereiche eines Betriebes digital unterstützten bzw. abbilden.

GIS – Geoinformationssystem. Anwendungen, die auf eine Darstellung und Nutzung geographischer Daten ausgelegt sind.

GNSS – Global Navigation Satellite System – Sammelbegriff für verschiedene Satellitennavigationssysteme, wie bspw. GPS

GPS – Global Positioning System. Das bis dato weit verbreitetste GNSS mit US-amerikanischer Herkunft. Die meisten landwirtschaftlichen Anwendungen nutzen GPS, aber auch Integration anderer Systeme wie dem europäischen Galileo ist heute üblich.

Homologe Sichtpunkte – Punkte, die von mehreren Kameras aufgenommen werden und in 3D-Auswerteverfahren der gleichen Koordinate zugeordnet werden können.

Immersion – Immersion beschreibt im Kontext von VR und AR das Gefühl eines vollständigen Eintauchens in eine virtuelle Umgebung.

Intertsialsensoren – Inertsialsensoren messen die Beschleunigung und Winkelgeschwindigkeit eines Objekts. So können Position und Ausrichtung eines Objektes im Raum bestimmt werden.

IoT – Das Internet of Things, zu Deutsch Internet der Dinge, dient der drahtlosen Kommunikation und verbindet physische Objekte über verschiedene Sensorik und/oder Tracking- Technologien mit anderen Diensten.

LiDAR – Light Detection and Ranging. LiDAR ist eine Sensortechnologie, die es ermöglicht, Entfernungen und die Umgebung mithilfe von Lasersignalen zu erfassen.

Parametrisierung – Parametrisierung ist die Anpassung eines Systems, eines technischen Geräts oder einer Software durch die Festlegung eines oder mehrerer Werte für jede veränderliche Größe (Parameter).

Validierungssensorik – Sensorik, über welche Referenzdaten gemessen werden, die es ermöglichen, mit Modellen oder anderen Messlösungen erstellte Informationen zu validieren. Informationen über die Umgebung zu erfassen.

Stressoren – sind Einflussfaktoren aus der Umwelt, welche Pflanzen in Stress versetzen.

LITERATURVERZEICHNIS

Aguiar, André Silva; Magalhães, Sandro Augusto; dos Santos, Filipe Neves; Castro, Luis; Pinho, Tatiana; Valente, João, Martins, Rui; Boaventura-Cunha, José (2021): Grape Bunch Detection at Different Growth Stages Using Deep Learning Quantized Models. In: Agronomy 11 (9), 1890. DOI: 10.3390/agronomy11091890.

BMEL (2022): Positionspapier der Arbeitsgruppe Adaptive autonome Agrarsysteme. Kompetenznetzwerk Digitalisierung in der Landwirtschaft. Hg. v. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft BMEL. URL:

Brehme, Carmen (2022): Milliarden Schäden durch gefälschte Lebensmittel wie Honig und Olivenöl. MDR, 28. August 2022). URL: <https://www.mdr.de/nachrichten/deutschland/panorama/ernaehrung-lebensmittel-betrug-100.html>.

Bundesministerium für Digitales und Verkehr (2022): Nationales Standardszenario zum bodennahen Einsatz von unbemannten Fluggeräten auf landwirtschaftlichem Grund (DE.STS.FARM). Nachrichten für Luftfahrer. Nfl 2022-1-2649.

Cupial, Michal (2011): Augmented Reality in Agriculture. In: Proceedings of the 5th International Scientific Symposium: Farm Machinery and Process Management in Sustainable Agriculture, Lublin, Poland, S. 23-24.

Hofmann, Marco; Schultz, Hans R. (2015): Modeling the water balance of sloped vineyards under various climate change scenarios. BIO Web of Conferences, 5, 01026. DOI: 10.1051/bioconf/20150501026.

Huuskonen, Janna; Oksanen, Timo (2019): Augmented Reality for Supervising Multirobot System in Agricultural Field Operation. In: IFAC-PapersOnLine 52 (30), S. 367-372. DOI: 10.1016/j.ifacol.2019.12.568.

Knitsch, Valentin; Welz, Juliane (2021): Digitale Affinität und Einsatz von digitalen Technologien im Wein- und Obstbau in Mitteldeutschland. Hg. v. Fraunhofer-Zentrum für Internationales Management und Wissensökonomie IMW (Express – Sonderkulturen im Mittelpunkt, 1).

Knitsch, Valentin; Welz, Juliane; Rockstroh, Janice (2022): Wissensflüsse und Informationsbedarfe für die digitale Transformation im Obst- und Weinbau. Hg. v. Fraunhofer-

Zentrum für Internationales Management und Wissensökonomie IMW (Express – Sonderkulturen im Mittelpunkt, 2).

Müller, Edgar (2019): Der Winzer: Band 1. Weinbau (4. Aufl.). Ulmer, Stuttgart.
Nigam, Apurv; Kabra, Priyanka; Doke, Pankaj (2011): Augmented Reality in agriculture. In: Proceedings of the 2011 IEEE 7th International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications (WIMOB 2011). IEEE Computer Society, USA, pp. 445-448. DOI: 10.1109/WIMOB.2011.6085361.

Sitompul, Taufik Akbar; Wallmyr, Markus (2019): Using Augmented Reality to Improve Productivity and Safety for Heavy Machinery Operators: State of the Art. In: Proceedings of the 17th International Conference on Virtual-Reality Continuum and its Applications in Industry (VRCAI 2019). Association for Computing Machinery, New York, USA, 8, pp. 1-9. DOI: 10.1145/3359997.3365689.

Statista (2023): AR & VR – Worldwide. In: Advertising & Media Markets Insights. URL: <https://www.statista.com/outlook/amo/ar-vr/worldwide>.

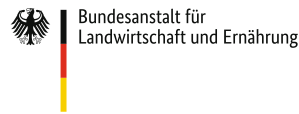
Xi, Mingze; Adcock, Matt; McCulloch, John (2018): Future Agriculture Farm Management using Augmented Reality. In: IEEE Workshop on Augmented and Virtual Realities for Good (VAR4Good), Reutlingen, Germany, 2018, pp. 1-3, DOI: 10.1109/VAR4GOOD.2018.8576887.

Gefördert durch



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Projektträger



Hintergrund

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 28DE102A-D18.

Die Bundesregierung will die Digitalisierung der Landwirtschaft mit vorantreiben. Seit 2019 unterstützt sie 14 sogenannte digitale Experimentierfelder: Hier wird direkt vor Ort im Austausch mit Landwirten und Landwirtinnen untersucht, wie digitale Techniken zum Schutz der Umwelt, der Steigerung des Tierwohls und der Biodiversität sowie zur Arbeitserleichterung eingesetzt werden können.

Das Experimentierfeld EXPRESS wird von einem Forschungsverbund durchgeführt, der durch das Institut für Wirtschaftsinformatik an der Universität Leipzig koordiniert wird und an dem das Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH-UFZ, das Fraunhofer-Zentrum für Internationales Management und Wissensökonomie IMW und das IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH beteiligt sind.



UNIVERSITÄT
LEIPZIG



Kontakt

Abteilung Wissens- und Technologietransfer
Fraunhofer-Zentrum
für Internationales Management
und Wissensökonomie IMW

Dr. Juliane Welz
Telefon: +49 341 231039-162
E-Mail: juliane.welz@imw.fraunhofer.de

Jördis Arnecke
Telefon: +49 341 231039-151
E-Mail: joerdis.arnecke@imw.fraunhofer.de

Redigatur

Dr. Juliane Welz
Valentin Knitsch
Dirk Böttner-Langolf

Grafik, Satz und Layout
Studio Fabius Kossack

Herausgeber

Fraunhofer-Zentrum für
Internationales Management
und Wissensökonomie IMW

Martin-Luther-Ring 13
04109 Leipzig

Telefon: +49 341 231039-0
E-Mail: info@imw.fraunhofer.de
Website: www.imw.fraunhofer.de



www.digitalisierung-landwirtschaft.de

Danksagung

Wir bedanken uns bei allen Projektpartner*innen von EXPRESS für die Bereitstellung Ihrer Ressourcen und die produktive Zusammenarbeit. Darüber hinaus danken wir dem gesamten Projektteam für die zahlreichen Diskussionen und den thematischen Fokus.

