

## EXperimentierfeld zur datengetriebenen Vernetzung und Digitalisierung in der Landwirtschaft (EXPRESS)

Ingolf Römer<sup>1</sup>, Martin Schieck<sup>1</sup>, Hannes Mollenhauer<sup>2</sup>, Rikard Graß<sup>2</sup>, Silvia Krug<sup>3</sup>,  
Juliane Welz<sup>4</sup> und Valentin Knitsch<sup>4</sup>

**Abstract:** Eine kaum zu überblickende Flut digitaler Technologien verspricht die Versöhnung von Ökonomie und Ökologie, ausgerichtet am Leitbild einer hocheffizienten Landwirtschaft, die gleichzeitig Umwelt und Biodiversität schützt. Auch in den Bereichen Pflanzenbau und Sonderkulturen bieten viele Hersteller von Agrartechnik entsprechende Technologien an. Die potenziellen Lösungsansätze umfassen Drohnen, Sensorik und Datenintegration. Gerade kleine und mittlere Betriebe stehen vor der Frage, welche Verfahren am besten zum eigenen Bedarf passen und ob sie ihre Versprechungen in der Praxis auch halten. Diesen und weiteren Fragen gehen wir mit dem Experimentierfeld EXPRESS nach.

**Keywords:** Digitalisierung, Landwirtschaft, Drohnen, Sensorik, Virtuelle Realität, Datenintegration, Wissenstransfer

### 1 Einleitung

Aktuell erheben Agrarunternehmen verschiedenste Daten, um Informationen über den Bodenzustand, die Entwicklung von Pflanzen, Schädlingsbefall oder die voraussichtlichen Erträge zu erhalten. Grundlage dafür sind oftmals manuelle Erhebungen (z. B. Bodenproben, Zählungen, Blattanalysen) und Laboruntersuchungen. In den letzten Jahren ist ein Trend in Richtung automatisierter Datenerhebung durch Landmaschinen zu beobachten und zahlreiche Anbieter offerieren entsprechende Dienste. Vorhandene Modelle und Algorithmen aus der Umweltforschung werden aber kaum für Analysen genutzt. Die Optimierung der Analysen durch Kombination von neuen KI- und Augmented- und Virtual-Reality (AR/VR)-Technologien, einem dezentralen Datenmanagement und der Vernetzung von Geräten und Anwendungssystemen innerhalb landwirtschaftlicher Betriebe sowie entlang der gesamten Wertschöpfungskette sind die zentrale Herausforderung. Es entstehen neue innovative Geschäftsmodelle entlang der landwirtschaftlichen Wertschöpfungskette, welche zielgenau in die Praxis eingepasst werden müssen. Um die Potenziale vernetzter digitaler Technologien als Wegbereiter für

---

<sup>1</sup> Universität Leipzig - Institut für Wirtschaftsinformatik, Grimmaische Straße 12, 04109 Leipzig — [roemer, schieck]@wifa.uni-leipzig.de

<sup>2</sup> Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH - UFZ — [hannes.mollenhauer, rikard.grass]@ufz.de

<sup>3</sup> IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH (IMMS GmbH), Ehrenbergstraße 27, 98693 Ilmenau, Germany — silvia.krug@imms.de

<sup>4</sup> Fraunhofer Zentrum für Internationales Management und Wissensökonomie IMW, Neumarkt 9-19, 04109 Leipzig — [juliane.welz, valentin.knitsch]@imw.fraunhofer.de

einen nachhaltigen und effizienten Pflanzenbau im Bereich der Sonderkulturen zu erproben, werden im Rahmen von EXPRESS in fünf thematischen Schwerpunkten verschiedene marktreife digitale Technologien im Praxiseinsatz getestet und weiterentwickelt. Die einzelnen Schwerpunkte werden in den folgenden Kapiteln kurz beschrieben.

## 2 Schwerpunkte und Lösungen

Allen fünf thematischen Schwerpunkten ist dabei ein einheitlicher systemischer Zusammenhang gemein. Daten müssen erfasst (Monitoring), zusammengeführt und ausgewertet (Datenintegration) werden sowie abschließend die abgeleiteten Informationen dem Landwirt bereitgestellt werden (Wissenstransfer). Diese Schritte (siehe Abb. 1) sind für die Erzeugung von digitalen Lösungen maßgeblich.

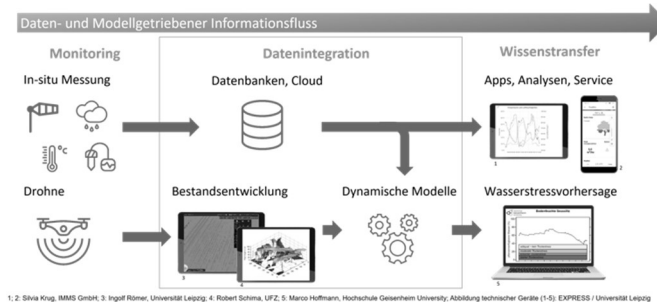


Abb. 1: Von der Sensorik zur Handlungsempfehlung

### 2.1 Automatische Überwachung von abiotischen Parametern

Pflanzenwachstum und -gesundheit werden durch verschiedene Umgebungsbedingungen beeinflusst. In diesem Schwerpunkt untersuchen wir, wie verschiedene abiotische Parameter möglichst automatisch überwacht werden können. Dabei geht es zum einen um die Erfassung von Wetterdaten lokal am Schlag und zum anderen um die kleinräumige Überwachung von Klima-, Pflanzen- und Bodenfaktoren auf repräsentativen Teilflächen. Ziel ist es, mit einem lokalen Messnetz die wesentlichen Parameter zu erfassen und in einer Cloud als Input für die Modellbildung (siehe Abschnitt 2.2) oder für weitere Analysen bereitzustellen. Neben Sensoren werden Optionen zur Datenübertragung untersucht. Letzteres beinhaltet die Anwendung von Daten-Loggern, lokalen Ad-hoc-Netzen sowie mobilen Datensammlern. Auch RFID-basierte Sensoren werden untersucht und Konzepte zu deren Einsatz in der Landwirtschaft erarbeitet. Bei ersten Tests zeigte sich, dass die meisten am Markt verfügbaren RFID-Sensoren nicht ohne weiteres eingesetzt werden können. Vor allem die geringe Lesereichweite hat sich hier neben einem passiven Mitloggen der Werte als Nachteil herausgestellt. Für ein System mit

Echtzeitübertragung (z. B. um auf Temperaturänderungen zu reagieren) sind diese Sensoren nicht geeignet. Klassische Ad-Hoc-Netze verfügen über eine bessere Reichweite, benötigen aber eine ausreichende Netzabdeckung. Dies kann insbesondere bei großen Flächen, auf denen nur wenige Messpunkte benötigt werden, nachteilig sein, da dann ggf. zusätzliche Knoten zur Weiterleitung der Daten benötigt werden. Deshalb ist geplant, auch Technologien mit großer Reichweite (LoRa, 5G) in die Erprobung aufzunehmen. Ziel ist eine modulare Sensornetzplattform, die sich an die gegebenen Bedingungen vor Ort anpassen lässt.

Der Vergleich unterschiedlicher Wetterstationen direkt am Schlag in der Global Change Experimental Facility (GCEF) in Bad Lauchstädt und ein Abgleich mit Stationen des Deutschen Wetterdienstes in unmittelbarer Nähe zum Messort sowie in 5-10 km Entfernung zeigte bereits deutlich, dass insbesondere Niederschlag lokal erfasst werden sollte.

## **2.2 Skalenübergreifendes Wasserstress-Monitoring**

In den letzten Jahren nehmen Ertrags- und Qualitätseinbußen aufgrund von Trockenheit im bundesdeutschen Pflanzenbau zu. Mit einer Zunahme dieser Tendenz durch den prognostizierten Klimawandel ist zu rechnen. Die Erkennung einer optimalen Wasserversorgung der Pflanzenbestände stellt eine große Herausforderung für landwirtschaftliche Betriebe dar. Allerdings mangelt es an Verfahren zur genauen, kontinuierlichen, ressourceneffizienten, in-situ Messung der Wasserstressintensität. Einen vielversprechenden Lösungsansatz zum Wasserstress-Monitoring verspricht die kontinuierliche in-situ Messung des Wasserpotenzials in Pflanze und Boden in Kombination mit Prognosemodellen zum Wasserfluss in der Pflanze [SDL08]. Sie ermöglichen pflanzenbasierte Verfahren zur Bewässerungsplanung [Fe17, Gu17]. Ein modellbasiertes Precision-Farming-System benötigt darüber hinaus ein integriertes Modellsystem, welches die verschiedenen beim Anbau von Sonderkulturen relevanten Prozesse miteinander verknüpft. Im Rahmen von EXPRESS wurde ein skalenübergreifendes System konzipiert, das ein adaptives Monitoring relevanter Wasserstressindikatoren erlaubt und verschiedene Daten zur kurz- und mittelfristigen Prognose der Bewässerung integriert. Dieser daten- und modellgetriebene Informationsfluss (siehe Abb. 1) wird auf verschiedenen landwirtschaftlichen Flächen im Obst-, Wein- und Ackerbau erprobt.

Für EXPRESS bieten die 50 Versuchspartzellen der GCEF in Bad Lauchstädt Gelegenheit, die Potenziale neuer Technologien unter verschiedenen Voraussetzungen zu erproben und ein neuartiges Wasserstress-Monitoring-System zu testen.

## **2.3 Foodtracing – Nachvollziehbarkeit in der Lebensmittelproduktion**

Neben den bereits vorgestellten agronomisch geprägten Lösungen werden von landwirtschaftlichen Erzeugern zunehmend Transparenz und Nachvollziehbarkeit in der

Lebensmittelproduktion verlangt. In diesem Kontext hat EXPRESS als Challengegeber des Leipzig-Wirkt-Hackathons zum Entstehen des Vorhabens lefoodie beigetragen. Während der Projektlaufzeit bietet Express interessierten Erzeugern einen Einblick, wie Transparenz mithilfe digitaler Methoden geschaffen werden kann. So werden in diesem Zusammenhang landwirtschaftliche Akteure und gastronomische Einrichtungen vernetzt und ein Meinungsaustausch angeregt. In den kommenden Jahren sollen weitere digitale Lösungen aufgezeigt und evaluiert werden, die einen transparenten Entstehungsprozess landwirtschaftlicher Erzeugnisse vom Feld bis auf den Teller für Konsumenten ermöglichen.

Darüber hinaus sind weitere agronomisch geprägte Anwendungsfälle, wie u.a. die Dokumentation von Pflanzenschutzmaßnahmen, geplant und sollen auf den Experimentierfeldern Weingut Schloss Proschwitz und Obstland Dürrweitzschen AG erprobt werden.

#### **2.4 Virtual und Augmented Reality im Spezialpflanzenbau**

Die Zunahme der Leistungsfähigkeit von Headsets für Virtual Reality und mobilen Datenbrillen für Augmented Reality sowie die gleichzeitig sinkenden Anschaffungskosten ermöglichen den Einsatz der Technologie auch in landwirtschaftlichen Betrieben. Im Rahmen von EXPRESS werden drei Lösungsansätze evaluiert, um Handlungsempfehlungen in Abhängigkeit der Struktur von Landwirtschaftsunternehmen sowie des Reifegrades der untersuchten Technologien abzuleiten. Die folgenden drei Lösungsansätze werden durch übergreifende Evaluationen zu Datenerzeugung, Datenübermittlung und Datennutzung sowie dem möglichen Einführungszeitraum im Betrieb gegenübergestellt. Außerdem wird betrachtet, ob jeweils betriebsintern Expertise aufgebaut werden muss oder externe Servicedienstleister zur Wertschöpfung integriert werden können. Der erste Anwendungsfall beleuchtet die Betriebssteuerung durch datengetriebene Entscheidungen und Fernzugriff: Ermöglicht der Einsatz von VR Zeitersparnis bei gleichbleibender Entscheidungsqualität? Unterstützt der Einsatz von AR eine schnellere und validere Entscheidungsfindung? Ein zweiter Anwendungsfall untersucht Schulungsszenarien für Arbeitsgänge über Bewegungsaufzeichnung und haptisches Feedback: Kann die Arbeitslast von Mitarbeitenden durch Trainingsszenarien gezielt gesteuert werden? Letztlich zielt der dritte Anwendungsfall auf die Unterstützung der Marketing- und Vertriebsaktivitäten: Mit welchem Aufwand gelingt die Aufnahme nutzbarer Szenarien? Über welche neuen, digitalen VR/AR-Vertriebskanäle erreichen aufgenommene Szenarien den Kunden?

Auf den Weinbergen des Weinguts Schloss Proschwitz wird dabei unter anderem der Einsatz von 360°-Kameras in Terrassen- und Steilhanglagen erprobt. Mit spezialisierten Managementsystemen ausgestattet, sind diese dazu in der Lage, einen virtuellen Gang durch den Schlag zu ermöglichen, den Zustand der Reben zu beurteilen und Entscheidungsgrundlagen für das Bestandsmanagement zu liefern.

## 2.5 Management heterogener Datenquellen

Die Nutzung von Satellitendaten ist in der Landwirtschaft bereits weit verbreitet. Ein Traktor mit GPS-Empfänger und Korrektursignal kann dank Lenkhilfen und Spurführung auf bis zu zwei Zentimeter genau gesteuert werden. Hierdurch lassen sich in Verbindung mit geeigneten Anbaugeräten Betriebsmittel präzise und ohne Überlappung auf oder in den Boden bringen. Dies gilt auch für die Durchführung von Pflanzenschutzmaßnahmen. Dadurch können Betriebsmittel eingespart, die Umwelt geschont und Kosten gesenkt werden. Entsprechende Technologien sind im Ackerbau Stand der Technik. Eine breite Nutzung in Raumkulturen ist jedoch noch nicht erkennbar. Im Rahmen von EXPRESS wird daher evaluiert, inwiefern die im Ackerbau etablierten Technologien Einzug in die Betriebe der Sonderkulturen finden können. Der Einsatz von Drohnen zur Datenerhebung und Ausführung von Pflanzenschutzaufgaben wird dabei sowohl regulatorisch vorbereitet als auch operativ begleitet. Die Möglichkeiten der Integration in die betriebspezifische IT-Systemlandschaft der Unternehmen und Nutzung von Mehrwertdiensten werden begleitend betrachtet (siehe Abb. 1).

In Zusammenarbeit mit der Obstland Dürreweitzschen AG wird der Einsatz teilautonomer Landmaschinen evaluiert, die für sich wiederholende Arbeitsgänge genutzt werden könnten. Ein weiterer Anwendungsfall ist die Schädlingsbekämpfung im Obstbau. Eine Lösung könnten moderne Kamerasysteme bieten, die den Schädlingsbefall schon früh erkennen und zielgerichtete Maßnahmen zum Schutz der betroffenen Pflanzen ermöglichen.

## 3 Wissenstransfer- und Kooperationsstrategie

Die Praxis zeigt, dass groß angelegte Forschungsprojekte mit vielfältig involvierten Akteuren insbesondere bei umweltpolitischen Fragestellungen ein angemessenes Fingerspitzengefühl hinsichtlich der Wahrnehmung und Integration konkurrierender Interessen erfordern [Re09]. Vor diesem Hintergrund werden die einzelnen Schwerpunkte in EXPRESS durch eine übergeordnete Wissenstransfer- und Kooperationsstrategie begleitet. Diese ist sowohl auf externe Partner und die interessierte Öffentlichkeit gerichtet als auch auf die Stärkung der (internen) Transferkapazität der Forschungspartner. Die Methoden des Kooperations- und Transferprozesses sind von Beginn an in EXPRESS eingebunden und als rekursiver Prozess der Wissenserzeugung konzipiert [Re08]. Das Wissenstransferkonzept verbindet eine interne Wissenstransferstrategie mit einer externen, verwertungsorientierten Kommunikationsstrategie. Diese beiden Elemente sind miteinander verwoben, nutzen und verzahnen die Erkenntnisse aus den fünf Schwerpunkten.

Im Rahmen der internen Wissenstransferstrategie wurde zunächst eine gemeinsame Vision und ein normatives Zukunftsbild für EXPRESS erarbeitet. Das normative Zielbild stellt eine wünschenswerte Zukunft aus der Perspektive der unterschiedlichen Stakeholder dar, welche in Form von Visionen qualitativ beschrieben wird und unbelastet ist von den

Problemen und Zwängen der Gegenwart. An dieses normative Zukunftsbild schließt sich ein partizipativer Backcasting-Prozess an, mit dem Ziel, die Robustheit ausgewählter Maßnahmen und Strategien in den fünf Schwerpunkten zu testen und die Folgen strategischer Entscheidungen hervorzuheben. Begleitende vertiefende sozioökonomische Studien vertiefen das Wissen um die Rahmenbedingungen in der Landwirtschaft und geben Hinweise auf weitere relevante Forschungsfelder. Am Ende der Projektlaufzeit ermöglicht ein retrospektiver Ergebnisworkshop, die erarbeitete Vision und das normative Zielbild basierend auf den Erkenntnissen aus den Technologieprojekten erneut zu spiegeln.

Informationen, Erkenntnisse und Ergebnisse, die sich aus den fünf Schwerpunkten ergeben, bilden den Grundstein für die externe, verwertungsorientierte Kommunikationsstrategie. Je nach Akteursgruppe (Stakeholder) werden unterschiedliche Kanäle und Formate für die Kommunikation genutzt. Neben einer Webseite und der regelmäßigen Aussendung eines Newsletters wird für die effektive Zielgruppenansprache Instagram als relevantes Kommunikationsmedium genutzt. Darüber hinaus unterstützen öffentlichkeitswirksame Aktivitäten, wie z. B. Dialogformate, offene Werkstätten und Messeauftritte, die Außenkommunikation. Ein mobiler Erlebnisraum ermöglicht landwirtschaftlichen Akteuren auf Tuchfühlung mit den digitalen Technologien vor Ort zu gehen.

**Acknowledgements** 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.

#### Literaturverzeichnis

- [Fe17] Fernández, J. E.: Plant-based methods for irrigation scheduling of woody crops. *Horticulturae* 3/2, S. 35, 2017.
- [Gu17] Gu, Z.; Qi, Z.; Ma, L.; Gui, D.; Xu, J.; Fang, Q.; Yuan, S.; Feng, G.: Development of an irrigation scheduling software based on model predicted crop water stress. *Computers and Electronics in Agriculture* 143/, S. 208–221, 2017.
- [Re08] Reed, M. S.: Stakeholder participation for environmental management: A literature review. *Biological Conservation* 141/10, S. 2417–2431, 2008.
- [Re09] Reed, M. S.; Graves, A.; Dandy, N.; Posthumus, H.; Hubacek, K.; Morris, J.; Prell, C.; Quinn, C. H.; Stringer, L. C.: Who's in and why? A typology of stakeholder analysis methods for natural resource management. *Journal of environmental management* 90/5, S. 1933–1949, 2009.
- [SDL08] Steppe, K.; De Pauw, D. J.; Lemeur, R.: A step towards new irrigation scheduling strategies using plant-based measurements and mathematical modelling. *Irrigation Science* 26/6, S. 505, 2008.