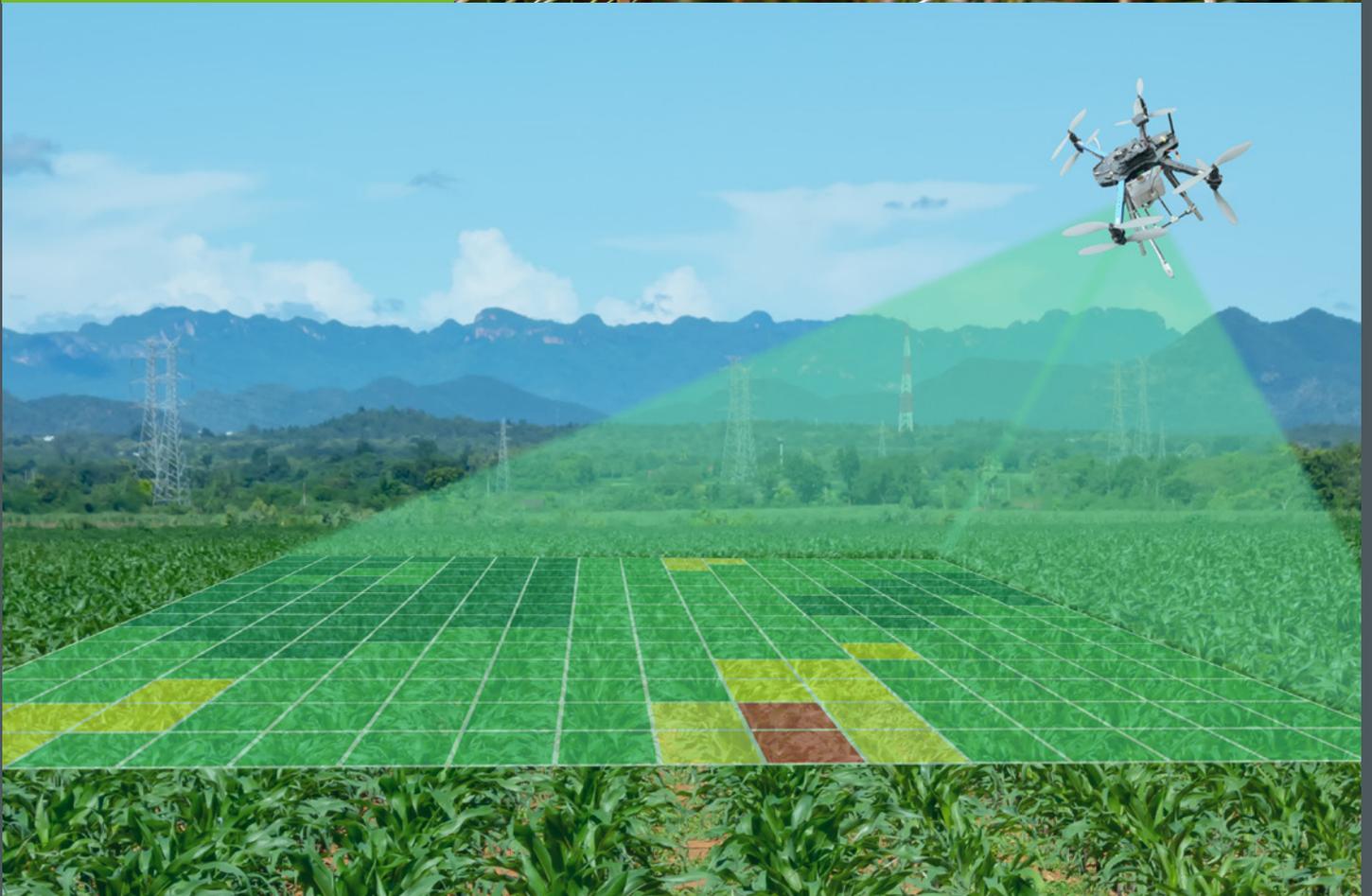


Thünen à la carte

Digitale Technologien im Pflanzenbau

Marwin Hampe,
Ferdinand Spieth,
Simon Walther,
Thomas de Witte,
Philipp Hölscher,
Christina Umstätter
Februar 2023



Digitale Technologien im Pflanzenbau

Marwin Hampe¹, Ferdinand Spieth¹, Simon Walther^{2,3}, Thomas de Witte², Philipp Hölscher¹, Christina Umstätter¹

¹Thünen-Institut für Agrartechnologie, ²Thünen-Institut für Betriebswirtschaft, ³Hochschule Weihenstephan-Triesdorf

Auf dem Weg zu einer nachhaltigeren Pflanzenproduktion bieten digitale Technologien große Potenziale. Um jene nutzen zu können, ist es jedoch wichtig, frühzeitig die Rahmenbedingungen so zu setzen, dass sich die Innovationen zügig verbreiten, negative Folgen begrenzt und die positiven Folgen aus der Anwendung digitaler Technologien verstärkt werden. Vor diesem Hintergrund wurden im Projekt »DigiLand« Kosten-Nutzen-Analysen für marktgängige sowie kurz vor der Markteinführung befindliche digitale Systeme durchgeführt. Nachfolgend werden die Kernergebnisse dargestellt. Aus ihnen ergeben sich politische Handlungsempfehlungen sowie künftige Forschungsbedarfe.

DREI DIGITALE ANWENDUNGSFÄLLE IM PFLANZENBAU UNTER DER LUPE

Die Kosten-Nutzen-Analysen wurden exemplarisch für drei im Pflanzenbau bedeutende Anwendungsfälle durchgeführt: Unkrautmanagement, Düngemanagement sowie Krankheits- und Schädlingsmanagement. Dabei wurden, wie in Abbildung 1 schematisch dargestellt, jeweils unterschiedliche Umsetzungsoptionen berücksichtigt.

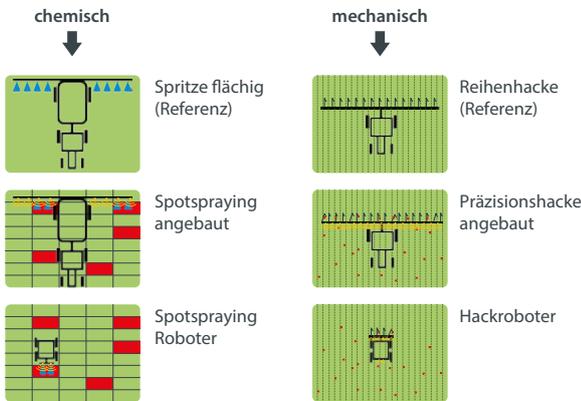
Für die Kosten-Nutzen-Analysen wurden unterschiedliche Quellen wie Literaturrecherchen, Datenbanken und Expertengespräche genutzt. Expertengespräche wurden mit Projektkonsortien der Big Data Ausschreibung, aber auch mit Unternehmensvertretern geführt. Die auf dieser Basis erstellten Kosten-Nutzen-Analysen wurden in mehreren Workshops nochmals Expert*innen aus Industrie und Wissenschaft vorgestellt, um die Ergebnisse zu validieren. Das grundsätzliche Vorgehen ist in Abbildung 4 dargestellt. Nachfolgend werden wichtige Ergebnisse und Handlungsbedarfe auf Basis der Kosten-Nutzen-Analysen beschrieben.

Im Bereich des präzisen Düngemanagements hat sich gezeigt, dass die Stickstoff-Bedarfsermittlung mittels Multispektralkameras an Drohnen und Satelliten vor allem für sehr heterogene Standorte eine Option ist. Hierbei sind die Unterschiede hinreichend differen-

zierbar. Satellitenbilder bieten einen günstigen und risikoarmen Einstieg in die teilflächenspezifische Bewirtschaftung, auch für kleinere Betriebe. Im Gegensatz dazu hat der Einsatz von Drohnen einen höheren Investitions- sowie Arbeitszeitbedarf für das Überfliegen und Auswerten. Ein Nachteil der Drohnen- und Satellitensysteme ist der Zeitverzug zwischen Drohnenflug beziehungsweise Satelliten-Bildverfügbarkeit und Düngerapplikation. Auf homogeneren und ertragreicheren Standorten sowie Betrieben mit großer Flächenausstattung bieten oftmals die am Traktor montierten Multispektralkamerasysteme das bessere Kosten-Nutzen-Verhältnis. Sie lassen sich einfacher in den Betriebsablauf integrieren und sind wetterunabhängig. Forschungsbedarf besteht darin, die drei Systeme an mehreren Standorten in mehrjährigen Feldversuchen zu validieren.

Im Bereich der Grundnährstoffanalyse gibt es neue Ansätze, die üblichen nasschemischen Verfahren durch Kombinationen optischer (Multispektral) und geoelektrischer Sensoren zu ergänzen oder gar zu ersetzen. Die aktuell marktverfügbaren Systeme sind allerdings hinsichtlich ihrer Messgenauigkeit und der zulässigen Messbereiche noch unzureichend. Von den Expert*innen wurde stark bezweifelt, ob diese Verfahren die nasschemischen Verfahren künftig mit ausreichender Genauigkeit ersetzen können. Ansätze, die mit mobilen Feldlaboren nasschemische Analysen automatisiert auf dem Feld ermöglichen, erscheinen dagegen vielversprechend (Hinck et al., 2017).

Präzises Unkrautmanagement



Präzises Pflanzenkrankheits- und Schädlingsmanagement



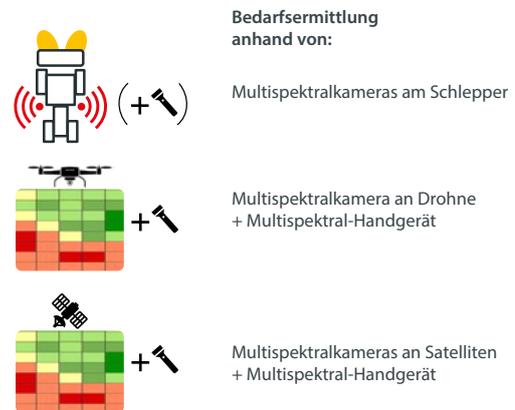
Präzisionshacken, die auch innerhalb der Reihen zwischen den einzelnen Kulturpflanzen arbeiten können, sind vor allem im ökologischen Landbau und bei Sonderkulturen rentabel, da sie hier in erheblichem Umfang Lohnkosten einsparen können. Im konventionellen Landbau sind die Gesamtkosten rein mechanischer Verfahren bisher jedoch noch erheblich höher als die chemischer Pflanzenschutzverfahren, im Zuckerrübenanbau beispielsweise fast viermal so hoch. Hinsichtlich der Weiterentwicklung von Präzisionshacken sollten künftig auch mögliche Nachteile für die Ackerfauna (z. B. Bodenbrüter) näher untersucht und Ansätze zu deren Minimierung entwickelt werden.

Spotspraying-Ansätze bieten das Potenzial, bei der Anwendung blattaktiver Herbizide in der Größenordnung von etwa 50-70 %, teils sogar bis zu 90 % der Aufwandmenge einzusparen. Dennoch rechnen sie sich bisher lediglich bei Kulturen mit hohen Unkrautmanagementkosten, wie z. B. Zuckerrüben oder bestimmten Sonderkulturen. Das Einsparpotenzial solcher Systeme nimmt mit einer höheren räumlichen Auflösung zu. Diesem Umstand tragen Entwicklungen Rechnung, die mit einem Düsenabstand von unter 10 cm teils unter Hauben nahe am Bestand arbeiten.

← **Abbildung 1:** Analytierte Umsetzungsoptionen im Anwendungsfall des präzisen Unkrautmanagements

↓ **Abbildung 2:** Analytierte Umsetzungsoptionen im Anwendungsfall des präzisen Düngemangements

Präzises Düngemangement



← **Abbildung 3:** Analytierte Umsetzungsoptionen im Anwendungsfall des präzisen Pflanzenkrankheits- und Schädlingsmanagements

Mit Hilfe von Prognosemodellen sollen die Wahrscheinlichkeiten von Schaderregerbefällen abgeschätzt werden. Bei einer geringen Wahrscheinlichkeit könnten komplette Behandlungsmaßnahmen ausgelassen werden, wodurch sich entsprechende Einsparpotenziale bei Pflanzenschutzmitteln ergeben. Allerdings liegt die Treffsicherheit dieser Vorhersagen aktuell in der Größenordnung von etwa 85 %. Es gibt deshalb vielfach den Ansatz, kleinräumiger erfasste Wetter- und Klimadaten hinzuzuziehen, um die Treffgenauigkeit von Prognosemodellen zumindest in begrenztem Umfang zu erhöhen. Einer deutlichen Verbesserung der Treffsicherheit stehen jedoch statistische Limitierungen für Vorhersagen bei seltenen Ereignissen gegenüber (Post et al., 2021).

VIER ZENTRALE HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN FÜR DIE POLITIK 1. NEUTRALE PRÜFSTELLE DIGITALER ANWENDUNGEN

Für landwirtschaftliche Systeme existieren nur wenige unabhängige und transparente Prüfinstitutionen, die beispielsweise den agronomischen Nutzen und die Zuverlässigkeit für die landwirtschaftliche Praxis bescheinigen. Beispielsweise publiziert das »DLG-Testzentrum Technik und Betriebsmittel« der Deutschen Landwirtschafts-

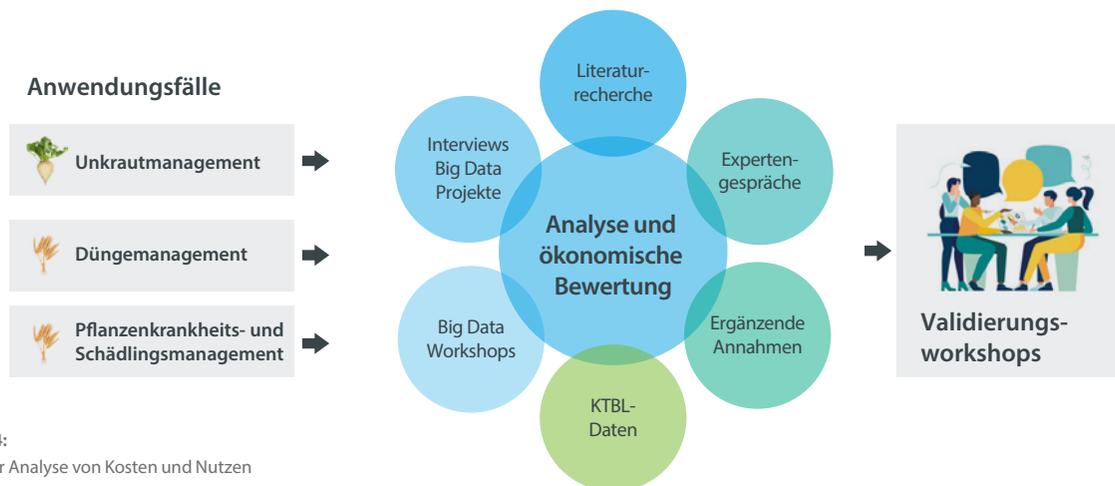


Abbildung 4:
Vorgehen zur Analyse von Kosten und Nutzen
digitaler Anwendungsfälle im Pflanzenbau

Gesellschaft e. V. bereits seit Jahrzehnten wissenschaftlich fundierte Prüfberichte unter anderem über sensorbasierte Systeme in der Landwirtschaft. Die Prüfung der Systeme wird jedoch von den Firmen in Auftrag gegeben. Prüfberichte getesteter Systeme, welche die Zertifizierungsanforderungen nicht erfüllt haben, werden nicht veröffentlicht (DLG, 2018). Eine neutrale Prüfstelle könnte beispielsweise helfen, die Funktionsprinzipien neuer Technologien und deren Zuverlässigkeit zu überprüfen, sodass hierdurch die Akzeptanz bei landwirtschaftlichen Betrieben verbessert wird.

2. RECHTSRAHMEN FÜR DEN BETRIEB AUTONOMER TECHNOLOGIEN AUF DEM FELD

Um eine autonome Technologie angemessen auszulegen und alle spezifischen Sicherheitsanforderungen zu berücksichtigen, muss der Hersteller die für das Produkt geltenden Gefährdungen erkennen und eine Risikobeurteilung durchführen. Während die Roboter in der Nutztierhaltung jenen Systemen in der Industrie ähneln und auch durch die DIN EN ISO 3691-4:2020 abgebildet werden können, ist dies bei Robotersystemen in der Pflanzenproduktion nur sehr bedingt der Fall. Anders als in der Tierhaltung oder der Industrie ist der Boden nicht befestigt, eben und eingefriedet. Hinzu kommt, dass die Anforderungen an die Sicherheitssysteme zum autonomen Stoppen um ein Vielfaches komplexer sind, da Personen, Tiere und Gegenstände in Pflanzenbeständen sicher erkannt und selbstständig umfahren werden müssen. Darüber hinaus besteht die Gefahr, dass autonome Roboter die Ackerfläche verlassen könnten. Ansätze, wie beispielsweise eine ferngesteuerte Überwachung von Systemen, könnten dort Abhilfe schaffen. Darüber hinaus wäre es möglich, Mindestanforderungen vorzugeben, deren Einhaltung die Vorsorgepflicht der Unternehmen und landwirtschaftlichen Betriebe gewährleistet und damit einen rechtssicheren Betrieb entsprechender Technik künftig ermöglicht. Ziel sollte es sein, einen Rahmen zu schaffen, der innovative Lösungen auch zulässt.

3. BILDDATENBANK VON FÖRDERPROJEKTEN

Der Einsatz von Kamerasystemen hat sich auch in der Landwirtschaft zu einem festen Bestandteil des Precision Farming ent-

wickelt. Hochauflösende Kameras mit verschiedenen Stabilisierungssystemen und teils sehr hohen Bildraten generieren große Mengen an Bilddaten, beispielsweise von Insekten und Pflanzen, die nur automatisiert in der Menge genutzt werden können. Ein kleiner Teil davon wird sehr zeitaufwendig manuell ausgewertet (annotiert), um Bildanalysesoftware, die auf künstlicher Intelligenz basieren, zu trainieren. Dies geschah im Laufe der letzten Jahre auch im Rahmen mehrerer von der öffentlichen Hand geförderter Projekte (BME, KI, 2021). Es wäre deshalb sinnvoll, dass daraus entstandene annotierte Bildmaterial auch für nachfolgende Projekte, Forschungsinstitutionen und Start-ups zur Verfügung zu stellen, um beim Training neuer Systeme auf diese Vorarbeit aufbauen zu können.

4. SCHULUNGSANGEBOTE FÜR LANDWIRT*INNEN BEI DIGITALEN ANWENDUNGEN

Die stetige Weiterentwicklung und Komplexität digitaler Anwendungen führen zu einem hohen Bedarf an Schulungen für landwirtschaftliches Personal. Nur über eine gut zugängliche Wissensvermittlung kann möglichst viel Potenzial aus den Systemen geschöpft werden. Hier stehen nicht nur die Hersteller, sondern z. B. auch Meisterschulen, Universitäten sowie die Landwirtschaftskammern und Landesämter für Landwirtschaft in der Pflicht. Vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung geförderte Experimentierfelder (BMEL, EF, 2021) sowie Modell- und Demonstrationsvorhaben (BLE, MuD, 2011) sind ein guter Schritt, um den Wissenstransfer anzukurbeln. Der Grundstein für die Wissensvermittlung sollte jedoch bereits bei jungen Menschen gelegt werden, die sich für die Landwirtschaftsbranche entscheiden. Bei den verschiedenen Ausbildungssystemen sollten Lerninhalte hinsichtlich digitaler Systeme obligatorischer Bestandteil sowohl in der Theorie als auch in der Praxis sein. Darüber hinaus ist es wichtig, Praktiker*innen Zugang zu Schulungen und Fortbildungsangeboten zu ermöglichen, um Hürden bei der Implementierung digitaler Technologien in der Landwirtschaft abzubauen und die Effizienz deren Einsatzes zusteigern.



WEITERER FORSCHUNGSBEDARF

Vor dem Hintergrund der Diskussion um den Verlust der Biodiversität wurde, vor allem für die präzise Unkraut- und Schädlingsbekämpfung mit Hilfe digitaler Tools, Forschungsbedarf identifiziert. Wenn es beispielsweise durch Bilderkennung möglich wird, kleinräumig eine artspezifische Bekämpfungsentscheidung vorzunehmen, ergeben sich neue Anforderungen an das Schadschwellenprinzip. Dieses sollte weiterentwickelt werden, um Entscheidungen anhand von Schadwirkung, aber auch z. B. der Biodiversitätsleistung vorzunehmen. Ein weiteres Prinzip für solche Entscheidungen könnte auch das Nützlings-Schädlings-Verhältnis sein. Es ist wichtig, dort neue Wege zu gehen, um die Biodiversität unserer Kulturlandschaften zu erhalten.

Eine weitere wichtige Entwicklung, die selten thematisiert wird, ist die Veränderung der Geschäftsmodelle bei den digitalen Systemen. Gerade bei den Assistenzsystemen in der Landwirtschaft findet man oftmals das Modell eines eher geringen Stückpreises, verbunden mit einem jährlichen Servicepaket. Dieser Entwicklung sollte sowohl bei der staatlichen Förderung als auch bei der Finanzierung von Forschungsprojekten und Forschungsinstitutionen Rechnung getragen werden. Solche Geschäftsmodelle könnten durch den eher niedrigen Stückpreis auch Einstiegsbarrieren abbauen. Deshalb sollte dieses Thema ebenfalls hinsichtlich der Wirkungen auf die Landwirtschaft und mögliche notwendige Anpassungen bei der Förderstruktur untersucht werden.

WEITERFÜHRENDE LITERATUR

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), Modell- und Demonstrationsvorhaben (MuD), 2021. Modell- und Demonstrationsvorhaben, https://www.ble.de/DE/Projektfoerderung/Foerderung-Auftraege/Modellvorhaben/modellvorhaben_node.html (abgerufen am 21.06.2022)

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), Experimentierfelder (EF), 2021. Digitale Experimentierfelder – ein Beitrag zur Digitalisierung in der Landwirtschaft: <https://www.bmel.de/DE/themen/digitalisierung/digitale-experimentierfelder.html> (abgerufen am 21.06.2022)

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), Künstliche Intelligenz (KI), 2021. BMEL fördert Projekte zum Einsatz von Künstlicher Intelligenz in der Landwirtschaft und den ländlichen Räumen: <https://www.bmel.de/DE/themen/digitalisierung/kuenstliche-intelligenz.html> (abgerufen am 21.06.2022)

DIN Deutsches Institut für Normung e. V., DIN EN ISO 2020 3691-4:2020, 2020. Flurförderzeuge – Sicherheitstechnische Anforderungen und Verifizierung – Teil 4: Fahrerlose Flurförderzeuge und ihre Systeme (ISO 3691-4:2020), Deutsche Fassung EN ISO 3691-4:2020, Berlin

DLG TestService GmbH (DLG), 2018. Prüf- und Zertifizierungsordnung der DLG TestService GmbH – Groß-Umstadt für DLG-Prüfzeichentests: https://www.dlg.org/fileadmin/downloads/landwirtschaft/tests/agb-recht/Pruef-Zertifizierungsordnung-DLG-Anerkannt_de.pdf (abgerufen am 21.06.2022)

Hinck, S., Möller, A., Najdenko, E., Lorenz, F., Mosler, T., Tesch, H., Nietfeld, W., Scholz, C., Tsukor, V., Ruckelshausen, A., Mentrup, D. 2017. soil2data: Konzept für ein mobiles Feldlabor zur Nährstoffanalytik. In: Jahrestagung der DBG 2017: Horizonte des Bodens, 02.-07.09., Göttingen.

Post, C., Rietz, C., Büscher, W. and Müller, U. 2021. The Importance of Low Daily Risk for the Prediction of Treatment Events of Individual Dairy Cows with Sensor Systems. *Sensors* 21, 1389. <https://doi.org/10.3390/s21041389>

Zitationsvorschlag – *Suggested citation*:
**Hampe M, Spieth F, Walther S, de
Witte T, Hölscher P, Umstätter C (2023)**
Digitale Technologien im Pflanzenbau:
Johann Heinrich von Thünen-Institut,
6 p, Thünen à la carte 12,
DOI:10.3220/CA1674551190000



THÜNEN

Thünen à la carte 12

Februar 2023

Herausgeber/Redaktionsanschrift

Thünen-Institut
Bundesallee 50
38116 Braunschweig
Germany

thuenenalacarte@thuenen.de
www.thuenen.de

ISSN 2363-8052
DOI:10.3220/CA1674551190000

Fotos: Thünen-Institut/ Beate Büttner, Monopoly919, montri - stock.adobe.com,
Thünen-Institut für Agrartechnologie