

Ökonomische Parameter in Precision Agriculture – strukturelle Anforderungen und Wirkungen in Deutschland

Maximilian Waltmann, Nicola Gindele und Reiner Doluschitz¹

Abstract: In den letzten 20 Jahren hat sich die Agrarwissenschaft im Rahmen der Technikfolgenabschätzung u.a. auch vornehmlich mit Techniken in den Bereichen der teilflächenspezifischen Bewirtschaftung, Parallelfahrssystemen und automatischen Melksystemen befasst und deren ökonomisches Einsparpotenzial und Einfluss auf die Landwirtschaft in Deutschland analysiert. Im vorliegenden Beitrag wird der Einfluss von Drohnen, autonomer Robotik, intelligenten Systemen und Sensoren in der Tierhaltung näher betrachtet. Mittels neun Experteninterviews wurde evaluiert, welche ökonomischen Potenziale durch den Einsatz dieser Techniken geschaffen werden und welche Einflüsse sie auf die Landwirtschaft haben. Zentrale Ergebnisse dieser Interviews sind, dass die Landwirtschaft durch den Einsatz dieser Systeme eine bedeutende Veränderung erfahren wird und sich technische Konzepte, wie sie heute verwendet werden, stark verändern oder gar völlig verschwinden werden. Ein spezifisches ökonomisches Einsparpotenzial konnte keiner der Experten nennen, jedoch gehen sie davon aus, dass alle Verfahrenstechniken sowohl enormes ökonomisches als auch ökologisches und soziales Potenzial mit sich bringen. Strukturelle Veränderungen finden vor allem in den Bereichen der Flurgestaltung, Arbeitskräftestruktur und durch die Auslagerung von speziellen Funktionen statt. Ziel des Einsatzes von Precision Agriculture muss es sein, dass Prozesse entlang der Wertschöpfungskette transparenter aufgezeichnet werden und die individuelle Bewirtschaftung von Pflanzen und Tieren weiter steigt. Zudem muss das Problem der Interoperabilität der Systeme gelöst werden und Farmmanagementsysteme sind zu entwickeln, welche die Analyse und Darstellung der Informationen für den Landwirt erleichtern.

Keywords: Precision Agriculture, Precision Farming, Precision Livestock Farming, ökonomische Einsparpotenziale, strukturelle Veränderungen, Drohnen, autonome Robotiksysteme, Sensoren in der Tierhaltung

1 Einleitung

Landwirtschaft ist ein Wirtschaftssektor, welcher in den letzten Jahren einen starken Wandel erfahren hat. Nicht nur die Sichtweise innerhalb der Gesellschaft, sondern auch die Art und Weise, wie Landwirtschaft betrieben wird, hat sich in den letzten Jahren stark verändert. Dies führt dazu, dass sich landwirtschaftliche Produktionsweisen, verstärkt noch durch den Megatrend Digitalisierung, grundlegend verändert haben. Die sogenannte Landwirtschaft 4.0 ist ein Komplex, welcher sich sehr dynamisch entwickelt

¹ Universität Hohenheim, Institut für Landwirtschaftliche Betriebslehre, Fachgebiet Unternehmensführung und Agrarinformatik, Scherzstr. 44, 70599 Stuttgart, maximilian.waltmann@uni-hohenheim.de; nicola.gindele@uni-hohenheim.de; reiner.doluschitz@uni-hohenheim.de

und starken Einfluss auf das ökonomische Potenzial in der Landwirtschaft hat. Die Vergleichbarkeit von Wirtschaftlichkeitsanalysen im Bereich Precision Agriculture ist in vielen Fällen nur sehr schwer möglich, da die Methoden, mit denen die Wirtschaftlichkeitsanalysen durchgeführt werden, oft nicht genau definiert sind und stark voneinander abweichen [RDM07]. Hinzu kommt, dass landwirtschaftliche Betriebe sehr heterogen strukturiert sind und es daher schwer ist, allgemeingültige Aussagen zu konkreten Handlungsempfehlungen in Bezug auf ökonomische Parameter von Precision Agriculture zu treffen [RDM07], [Sc11].

Die Zielsetzung des vorliegenden Beitrags liegt auf der Analyse ökonomischer Parameter im Bereich des Precision Crop Farming und Precision Livestock Farming, mit speziellem Fokus auf die Technologiesparten Drohnen, autonome Robotiksysteme und Sensorik in der Tierhaltung. Außerdem wird der Frage nachgegangen, welche Auswirkungen die weitere Entwicklung von Precision Agriculture auf die landwirtschaftliche Struktur in Deutschland haben wird. Darüber hinaus wird am Beispiel des Einsatzes einer Drohne betrachtet, welche strukturellen Gegebenheiten vorliegen müssen, um Precision-Agriculture-Methoden wirtschaftlich nutzen zu können.

2 Strukturelle Entwicklung der Landwirtschaft in Deutschland

Die Agrarstruktur in Deutschland hat in den vergangenen Jahrzehnten einen enormen Wandel erfahren. So ist die Anzahl der landwirtschaftlichen Betriebe in den letzten 46 Jahren auf ein Viertel zurückgegangen und die durchschnittliche Flächenausstattung pro Betrieb stieg auf etwa das 5,5-fache. Den größten Wandel hat die Landwirtschaft im Zeitraum von 1999/2000 bis 2016 erfahren. In diesem Zeitraum hat sich die Größe der Betriebe um durchschnittliche fast 60 % erhöht [BM18]. In Deutschland werden 48 % der Betriebe im Haupterwerb und 52 % im Nebenerwerb bewirtschaftet. Ein Trend, welcher sich aus den Erkenntnissen der letzten Jahre ableiten lässt, ist dahingehend zu erkennen, dass die Anzahl der Haupterwerbsbetriebe in den letzten sechs Jahren zurückgegangen ist und die Zahl der Nebenerwerbsbetriebe um 2 % gestiegen ist [DB17]. Die Betriebsgrößenstruktur hat sich im Zeitverlauf der letzten Jahre ebenfalls stark verändert. In den Jahren 2007 bis 2017 ist die Anzahl der Betriebe unter 100 Hektar zurückgegangen und die Anzahl der Betriebe über 100 Hektar ist angestiegen [St18]. Der Strukturwandel und die Entwicklungen in der Landwirtschaft sind Prozesse, die über viele Jahre entstanden sind und zum Teil ihren Ursprung in der technischen Entwicklung finden. Diese Entwicklung führte dazu, dass die Landwirtschaft zu einem kapitalintensiveren Sektor der Wirtschaft wurde, da zusätzliche technische Applikationen am Markt zur Verfügung standen, die hohe Investitionssummen erforderlich machten. Betriebsleiter, die dieser Entwicklung aus wirtschaftlichen Gründen nicht folgen konnten, oder keine Hofnachfolger fanden, mussten ihre Betriebe aufgeben. Dies hatte und hat auch weiterhin die Folge, dass die Anzahl der Betriebe weiter zurückgeht [BM18].

3 Methodik

Die in diesem Beitrag enthaltenen Ergebnisse wurden mittels drei verschiedener Methoden erarbeitet. Im ersten Schritt wurde eine Literaturrecherche durchgeführt, in der die ökonomischen Parameter von Precision-Agriculture-Anwendungen der letzten Jahrzehnte analysiert wurden. Auf Basis dieser Erkenntnisse wurde ermittelt, welche Applikationen im Bereich von Precision Agriculture in den letzten Jahren auf ökonomische Vorteilhaftigkeiten untersucht wurden. Zu den Themenbereichen, die bisher wenig bis kaum untersucht wurden, wurden neun Experteninterviews durchgeführt. Es wurden jeweils drei Experten zu den Themen Drohnen, autonome Robotiksysteme und Sensortechnik in der Tierhaltung mit einem Verhältnis von zwei Drittel an Wissenschaft und ein Drittel an Wirtschaft befragt. Im Anschluss wurden die zentralen Aussagen analysiert und Gewinnvergleichsrechnungen durchgeführt, um näherungsweise die ökonomische Vorteilhaftigkeit einzelner Techniken auf Betriebsgrößen abzubilden.

4 Strukturelle Anforderungen der Digitalisierung und Wirkungen in Deutschland

In der Literatur aus dem Zeitraum 1996 bis 2018 wurden im Bereich Precision Farming vor allem die Verfahrenstechniken der teilflächenspezifischen Bewirtschaftung und Parallelfahrssysteme und im Bereich des Precision Livestock Farming die des automatischen Melksystems (AMS) wissenschaftlich auf ihre ökonomische Vorteilhaftigkeit untersucht. Die Literaturrecherche aus dem genannten Zeitraum hat im Ergebnis gezeigt, dass im Bereich Sensorik im Pflanzenbau Einsparungen von 5-50 % im Bereich bei den Applikationsmengen von Düngemitteln und Pflanzenschutzmitteln sowie ein Mehrertrag von 1-6 % möglich sind. Im Bereich des Precision Farming lassen sich somit grundsätzlich große Einsparpotenziale feststellen, welche jedoch durch die hohen Anschaffungspreise deutlichen Größendegressionseffekten unterliegen. Im Bereich des Precision Livestock Farming sind AMS wirtschaftlich stark vom Umfang des Milchkuhbestandes abhängig, verfügen jedoch über ein enormes arbeitszeitliches Einsparpotenzial (11-70 % Arbeitszeitersparnis). Da in der ausgewerteten Literatur nur sehr wenig oder zum Teil sogar gar keine ökonomischen Einsparpotenziale im Bereich Drohnen, autonome Robotiksysteme und Sensoren in der Tierhaltung zu finden sind, wurde im Rahmen von Experteninterviews näher auf diese Thematik eingegangen.

Nach Einschätzung der Experten ist es aktuell noch nicht möglich, dass für den Einsatz von Drohnen, autonome Robotiksysteme und Sensortechnik in der Tierhaltung belastbare Aussagen über mögliche Einsparpotenziale getroffen werden können. Generell haben nach einstimmiger Aussage der Experten alle untersuchten Techniken ein großes Potenzial an Einsparungen im Bereich der Betriebsmittel, Arbeitszeit und der generellen Kostenstruktur. Zudem ergeben sich neben ökonomischen Einsparungen, die durch die Techniken erzielt werden könnten, vor allem die Vorteile, dass der Landwirt bezüglich der Bindung an die Produktionsprozesse entlastet wird und er durch den Vergleich zwi-

schen seinem Handeln und den Handlungsempfehlungen der Systeme eine Bestätigung seines eigenen Handelns erfahren kann. Die Anforderungen, die sich durch den vermehrten Einsatz von Precision-Agriculture-Applikationen beim Landwirt ergeben, sind sehr vielfältig. Zum einen wird sich nach Ansicht der Experten die Ausbildung in landwirtschaftlichen Berufen stark verändern. Es muss nach Einschätzung der Experten in der Ausbildung mehr auf den Bereich der Informations- und Kommunikationstechnik eingegangen werden, wodurch die Komplexität der Ausbildung weiter ansteigen wird. Landwirte müssen nach Aussage der Fachleute zudem eine hohe Affinität für neue technologische Systeme aufweisen. Die Rolle des Landwirts wird sich stark verändern, sodass der Landwirt zum Technologiemanager und Strategen wird. Zudem wird der Landwirt seinen Betrieb vermehrt aus dem Büro leiten, was in Folge dessen bedeutet, dass sich die Zeiten im Stall oder auf dem Feld reduzieren. Ebenfalls werden sich die inhaltlichen Arbeitsanforderungen in landwirtschaftlichen Betrieben in Zukunft dahingehend verändern, dass mehr Personal mit IT-Kenntnissen notwendig wird. Nicht nur der Landwirt direkt ist von diesem Wandel betroffen. Ebenfalls sprechen eine Reihe der Experten davon, dass bestehende Maschinenkonzepte in Zukunft völlig anders genutzt werden oder sogar verschwinden. Ziel muss sein, dass durch Precision-Agriculture-Methoden einerseits suboptimal wirtschaftende Landwirte auf ein Mindestniveau gehoben werden und gut wirtschaftende Landwirte die Möglichkeit bekommen, sich weiter zu verbessern.

Die durch den Einsatz von Precision-Agriculture-Techniken ausgelösten strukturellen Wirkungen auf die Landwirtschaft zeigen sich vor allem in den Bereichen der Flurgestaltung, der Arbeitskräftestruktur und der Auslagerung von speziellen Funktionen. Die Entwicklung in den Bereichen der Anzahl und Größenstruktur der Betriebe ist nach übereinstimmender Einschätzung der Experten völlig losgelöst von der Digitalisierung in der Landwirtschaft. Jedoch ist es nach Aussage der Experten möglich, dass durch den Einsatz von Drohnen und autonomen Robotiksystemen die Flurgestaltung dahingehend verändert wird, dass auf einer Fläche nicht mehr nur noch eine Kultur zu finden ist, sondern dass mehrere Kulturarten standortangepasst angebaut werden können. So könnte es in Zukunft zu einer kleinräumigeren, facettenreicheren, diversifizierteren, an den Standort angepassteren, individuelleren Landwirtschaft durch den Einsatz von Precision-Agriculture-Applikationen kommen. Ebenso wird sich durch den steigenden Technologieinsatz die Arbeitskräftestruktur verändern. Es werden in Zukunft mehr Mitarbeiter auf landwirtschaftlichen Betrieben beschäftigt, welche interdisziplinär ausgebildet sein müssen und vor allem ein verstärktes Verständnis für IT-Prozesse besitzen sollten.

Die Auslagerung von Funktionen an spezialisierte Unternehmen wird nach Einschätzung aller Experten in den nächsten Jahren stark zunehmen. Dies hat vor allem den Grund, dass der Landwirt nicht in der Lage ist, die Vielzahl von Daten eigenständig auszuwerten und daraus Handlungsempfehlungen für sich abzuleiten. Vor allem Datenmanagementunternehmen werden nach Angabe der Experten von diesem Outsourcing profitieren. Nach Einschätzung der Experten ist das Entwicklungspotenzial von Precision Agriculture in allen untersuchten Bereichen sehr groß.

5 Gewinnvergleichsrechnung und Ausblick

Der in Zukunft zunehmende Einsatz von Drohnen, autonomen Robotiksystemen und Sensoren in der Tierhaltung wird die Landwirtschaft weiter nachhaltig verändern. Welche Effekte hier entstehen können, wird am Beispiel des Einsatzes von Drohnen erläutert. Durch das Erstellen von Düngeapplikationskarten mittels Drohnen und den Einsatz von teilflächenspezifischer Düngung lassen sich Einsparungen generieren. Eine spezifische Aussage über mögliche Einsparpotenziale ist jedoch nicht möglich, da diese von einer Vielzahl von Faktoren abhängig sind. Um dennoch näherungsweise eine Einschätzung zu möglichen Einsparpotenzialen geben zu können, wurden hierzu unterschiedliche Szenarien berechnet. Unter der Annahme, dass, wie in Tab. 1 beispielhaft dargestellt, durch den Einsatz von Drohnen Betriebsmittel eingespart werden, kommt man zu dem Ergebnis, dass sich Drohnen ab einer Betriebsfläche von 53 Hektar (Szenario 4) wirtschaftlich rechnen könnten. Die notwendigen Betriebsgrößen weisen jedoch je nach zugrundeliegendem Szenario große Spannen auf.

	Referenzsituation	Szenario 1: 5% Betriebsmittel- einsparung	Szenario 2: 10% Betriebsmittel- einsparung	Szenario 3: 15% Betriebsmittel- einsparung	Szenario 4: 20% Betriebsmittel- einsparung
Bezeichnung des Geräts	DJI Matrice 200 - Mica Sence Komplettpaket	DJI Matrice 200 - Mica Sence Komplettpaket	DJI Matrice 200 - Mica Sence Komplettpaket	DJI Matrice 200 - Mica Sence Komplettpaket	DJI Matrice 200 - Mica Sence Komplettpaket
Investitionskosten der Technik exkl. Mwst. in Euro	11.750,00 €	11.750,00 €	11.750,00 €	11.750,00 €	11.750,00 €
Restwert (20% vom AW)	2.350,00 €	2.350,00 €	2.350,00 €	2.350,00 €	2.350,00 €
Reparaturkosten (1% des Anschaffungswertes)	117,50 €	117,50 €	117,50 €	117,50 €	117,50 €
Zinskosten 3%	211,50 €	211,50 €	211,50 €	211,50 €	211,50 €
Abschreibungsdauer der Technik in Jahren	10	10	10	10	10
Abschreibung in Euro/Jahr	940,00 €	940,00 €	940,00 €	940,00 €	940,00 €
laufende Kosten in Euro/Jahr	1.269,00 €	1.269,00 €	1.269,00 €	1.269,00 €	1.269,00 €
Angebaute Frucht	Weizen	Weizen	Weizen	Weizen	Weizen
Bezeichnung Dünger/PSM	Kalkammon-Salpeter 27% N	Kalkammon-Salpeter 27% N	Kalkammon-Salpeter 27% N	Kalkammon-Salpeter 27% N	Kalkammon-Salpeter 27% N
Aufwandmenge pro ha in dt/Jahr	gleich 175 kg N/ha	6,5	6,5	6,5	6,5
Faktorpreis Dünger/PSM exkl. Mwst. in Euro/dt	22,00 €	22,00 €	22,00 €	22,00 €	22,00 €
Düngeaufwand in Euro/ha	143,00 €	136,19 €	130,00 €	124,35 €	119,17 €
Minderfaktor aufwand in Euro/ha Jahr		6,81 €	13,00 €	18,65 €	23,83 €
Minderfaktor aufwand in Euro/Jahr bei verschiedenen Betriebsgrößen in ha					
Szenario 1: 50		340,48 €	650,00 €	932,61 €	1.191,67 €
Szenario 2: 100		680,95 €	1.300,00 €	1.865,22 €	2.383,33 €
Szenario 3: 1000		6.809,52 €	13.000,00 €	18.652,17 €	23.833,33 €
Mindestbetriebsgröße in ha		186 ha	98 ha	68 ha	53 ha
Jährlicher Gewinn/Verlust in Euro/Jahr bei verschiedenen Betriebsgrößen in ha					
Szenario 1: 50		- 928,52 €	- 619,00 €	- 336,39 €	- 77,33 €
Szenario 2: 100		- 588,05 €	31,00 €	596,22 €	1.114,33 €
Szenario 3: 1000		5.540,52 €	11.731,00 €	17.383,17 €	22.564,33 €

Tab. 1: Gewinnvergleichsrechnung Drohne

Dies hängt damit zusammen, dass die notwendige Mindestbetriebsgröße von einer großen Anzahl an verschiedenen Faktoren abhängig ist. Vor allem die Art des Düngemittels sowie die jeweilige Aufwandmenge haben einen bedeutenden Einfluss auf die wirtschaftliche Mindestbetriebsfläche. Weitere berechnete Szenarien zeigen, dass mit einer Veränderung der anzubauenden Frucht wie zum Beispiel Winterweizen, Mais und Grün-

land und der damit einhergehenden Reduktion der Aufwandmenge die notwendige Mindestbetriebsgröße bei einer 20 %-Einsparung an Stickstoff auf 75 Hektar ansteigt. Fügt man der grundlegenden Annahme der Einsparung an Betriebsmitteln hinzu, dass die Anschaffungskosten in den nächsten Jahren signifikant sinken, wie es einige Experten vermuten, und sich der Anschaffungspreis um 50 % verringert, so liegt bei 20 % Einsparung an Stickstoff die wirtschaftliche Einsatzschwelle bei 27 Hektar. Vergleicht man die Mindest-einsatzflächen von Drohnen, wie sie in der obigen Tabelle dargestellt sind, mit den Ergebnissen eines YARA N-Sensor ALS, welcher unter gleichen Bedingungen berechnet ist, zeigt sich im Ergebnis, dass die Drohne im Vergleich knapp ein Viertel der Fläche benötigt, um sich bei einer Einsparung von 20 % an Stickstoff wirtschaftlich zu rechnen. Neben den enormen Investitionskosteneinsparungen ist es durch die Nutzung einer Drohne zudem möglich, dass Arbeitszeit eingespart wird. Durch Arbeitszeiteinsparungen, welche jedoch noch nicht exakt quantifizierbar sind, allerdings ein enormes Potenzial aufweisen, kann die wirtschaftliche Betriebsfläche weiter verringert werden.

Der größte ökonomische Vorteil ist erzielbar, wenn die Interoperabilität der Systeme sowie rechtliche Barrieren gelöst werden und die verwendeten Systeme miteinander verknüpft verwendet werden können. Zudem ist es notwendig, dass Farmmanagementsysteme entwickelt werden, welche als intelligentes System die Koordination und Überwachung der anderen Systeme übernehmen, und Drohnen sowie Roboter und Automaten als Operatoren eingesetzt werden. Durch diese Technologien wird es in Zukunft möglich sein, noch pflanzen- und tierindividuellere Maßnahmen durchzuführen. Zudem ist es durch den Einsatz möglich, dass Prozesse entlang der Wertschöpfungskette transparenter dargestellt werden können.

Literaturverzeichnis

- [BM18] BMEL, Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft: Landwirtschaft verstehen – Fakten und Hintergründe. BMEL Referat 121, Berlin, 2018.
- [DB17] Deutscher Bauernverband: Situationsbericht 2017/2018. Deutscher Bauernverband und Agrarmarkt-Informationen-GmbH, Berlin, 2017.
- [RDM07] Rösch, C., Dusseldorp, M. und Meyer, R.: Precision Agriculture – Landwirtschaft mit Satelliten und Sensoren. Deutscher Fachverlag GmbH, Frankfurt am Main, 2007.
- [Sc11] Schneider, M.: Ökonomische Potenziale von Precision Farming unter Risikoaspekten. Shaker Verlag, Aachen, 2011.
- [St18] Statistisches Bundesamt: Anzahl der Betriebe in der Landwirtschaft in Deutschland nach genutzter Fläche in den Jahren 2007 bis 2017 (in 1.000). Statista, Hamburg. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/176789/umfrage/landwirtschaftliche-betriebe-nach-genutzter-flaeche/>, Stand 24.09.2018.