



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

DIGITALE 
PERSPEKTIVEN

Positionspapier der Arbeitsgruppe „Adaptive autonome Agrarsysteme“

Kompetenznetzwerk *Digitalisierung in der Landwirtschaft*

Inhaltsverzeichnis

<i>Einleitung</i>	3
<i>Begriffliche Abgrenzung</i>	4
<i>Thematische Ausrichtung der AG</i>	5
<i>Definition von Anwendungsfällen</i>	6
<i>Rahmenbedingungen und Voraussetzungen für autonome Agrarsysteme</i>	11
<i>Zusammenfassung und Handlungsempfehlungen</i>	13
<i>Nachwort</i>	14

Einleitung

In der Landwirtschaft wird aktuell kontrovers über den Einsatz autonomer Agrarsysteme diskutiert. In den nächsten Jahren wird eine deutlich gesteigerte Verbreitung automatisierter und autonomer Landtechnik in der Praxis erwartet. Deshalb gilt es die vielfältigen offenen Fragen hinsichtlich Nutzwert, Robustheit, Energieeffizienz, Einsatzfeldern, Sicherheit, Verantwortlichkeiten, Rechtssicherheit und vielen mehr zu analysieren. Hierzu hat sich aus dem Kompetenznetzwerk „Digitalisierung in der Landwirtschaft“ eine Arbeitsgruppe (AG) 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 (potentielle) Nutzen und Risiken für die landwirtschaftliche Praxis herausgearbeitet werden. Die Ergebnisse dieser Arbeit werden in diesem Positionspapier dargestellt.

Von automatisch lenkenden, sich selbst einstellenden Landmaschinen auf dem Acker, z.B. bei der Bodenbearbeitung oder der Getreideernte, bis zu vollautomatischen Melkrobotern in der Milchviehhaltung hat die Anwendung von (teil-)autonomen Prozessen in der Landwirtschaft mit fortschreitender technischer Entwicklung bereits heute großen Einfluss auf die Nahrungsmittelproduktion. Dennoch stoßen Landwirte und Landwirtinnen sowie die Unternehmen in der vor- und nachgelagerten Wirtschaft auf unterschiedliche Hindernisse bei der Umsetzung.

Um die Nutzbarkeit der Technik zu steigern, sind ganzheitliche Lösungen sowie eine praxistaugliche Systemintegration wichtig. Vollständig autonome Systeme sind - im freien Feld - kurz- bis mittelfristig nicht realisierbar und möglicherweise auch nicht erstrebenswert. Wenn im Text folglich von autonomen Maschinen oder Systemen gesprochen wird, handelt es sich um hoch automatisierte und (teil-)autonome Systeme mit unterschiedlichem Autonomiegrad.

Neben zahlreichen Vorteilen wie Arbeitserleichterung, nachhaltigeres Wirtschaften durch digitale Erfassung und Auswertung von Nährstoffkreisläufen gibt es auch Nachteile wie hohe Investitionskosten, Ausfallwahrscheinlichkeiten durch wechselnde Umweltfaktoren, rechtliche Unsicherheiten oder nicht auf autonome Agrarmaschinen ausgelegte Betriebsstrukturen, die beleuchtet werden müssen. Ein verstärkter Einsatz autonomer Systeme ist vor allem dann sinnvoll, wenn durch die Automatisierung die Arbeit der Landwirte und der Landwirtinnen vereinfacht und die Nachhaltigkeit der landwirtschaftlichen Produktion gesteigert wird. Bei der Betrachtung autonomer Agrarsysteme muss die Bewertung des Nutzens differenziert nach Anwendungsbereichen erfolgen, wobei auch Arbeits- und Sozialaspekte berücksichtigt werden. Landwirte und Landwirtinnen werden dadurch in

keiner Weise ersetzbar, sondern in ihrer Arbeit unterstützt, in dem z.B. der Melkroboter die Einteilung der Arbeitszeit flexibilisiert, automatische Lenksysteme ergonomischere Sitzpositionen bei der Fahrzeugüberwachung zulassen oder die Erfassung des Ernährungszustandes der Pflanzen eine punktgenaue, bedarfsgerechte Düngung ermöglicht. Übergeordnetes Ziel des Technikeinsatzes ist die Förderung der Ausgewogenheit im Nachhaltigkeitsdreieck (Gesellschaft, Umwelt, Wirtschaft).

Begriffliche Abgrenzung

Zur besseren Verständlichkeit wurde in der AG eine Abgrenzung der verschiedenen Begrifflichkeiten, „autonomes Fahren“, „autonomes Arbeiten“ und „adaptive Systeme“ vorgenommen und die allgemein anerkannte Definition der sechs Automatisierungsgrade (Stufen 0 - 5) übernommen (Quelle: SAE Standard J3016, verändert nach <https://www.birmingham.ac.uk/news/thebirminghambrief/items/2016/11/driving-the-revolution.aspx> <<https://www.birmingham.ac.uk/news/thebirminghambrief/items/2016/11/driving-the-revolution.aspx>>).

Darüber hinaus gibt es Ansätze z.B. durch Anpassung der Norm ISO 18497-1 eigene Autonomiegrade für die Landtechnik zu definieren, da die Autonomiegrade des Straßenverkehrs zwar Analog angewendet werden, aber nicht 1:1 passfähig sind. Diese Arbeiten sind noch nicht abgeschlossen und eine Änderung der Norm ISO 18497-1 noch nicht verabschiedet.

Der Begriff „autonomes Fahren“ vereinnahmt verschiedenste (teil-)autonome Anwendungen aus unserem alltäglichen Sprachgebrauch. Eine Übertragungsmöglichkeit der Erfahrungen des autonomen Fahrens aus dem Automobilbereich auf die Landwirtschaft ist aus Sicht der AG nur eingeschränkt möglich. Insbesondere da nur ein geringer Teil der Arbeitsstunden einer Landmaschine dem Straßenverkehr zuzuordnen ist. Das Fahren im Feld stellt lediglich eine Teilaufgabe beim hochautomatisierten Arbeiten in der Landwirtschaft dar. Gleichwohl wird die Kommunikation zwischen Landmaschinen und anderen Kraftfahrzeugen auf öffentlichen Straßen, vor allem zur Vermeidung von Unfällen, als wichtig erachtet.

Der Fokus der AG liegt daher auf dem autonomen „Arbeiten“ – in einem ganzheitlich zu betrachtenden landwirtschaftlichen Arbeitsprozess. Die Fähigkeit zur selbstständigen „Adaption“ der Systeme an die veränderlichen Einsatzbedingungen ist Voraussetzung zur graduellen Einführung und Nutzbarmachung automatisierter Systeme die unter landwirtschaftlichen Bedingungen autonom agieren können. Nur schrittweise kann dabei der Automatisierungsgrad gesteigert werden, vom Grad 0 (alles wird von dem Anwender und von der Anwenderin bedient) über die Grade 1-4 (welche dem Anwender immer komplexere Aufgaben abnehmen) bis hin zu Grad 5 (volle Automatisierung - alle Situationen können von dem System identifiziert und selbsttätig gelöst werden). Über die verschiedenen Automatisierungsgrade wird der Weg hin zur vollständigen Automatisierung und umfassenden Autonomie betrachtet. Die AG wählte den Titel „Adaptive autonome Agrarsysteme“, um den Fokus insbesondere auf die sukzessive Integration (teil-)automatisierter (Sub-)Systeme als zunehmend autonome Akteure in landwirtschaftliche Arbeitsprozesse zu setzen.

Thematische Ausrichtung der AG

Aufgrund der enormen Breite an landwirtschaftlich relevanten Prozessen, welche sich mit autonomen Agrarsystemen befassen, wurde die thematische Ausrichtung der AG auf entscheidende Aufgaben und auf den dringendsten Handlungsbedarf gelenkt. Die AG soll nicht nur einem fachlichen Austausch dienen, sondern auch die Rolle eines Impulsgebers für die Politik, Wirtschaft und Gesellschaft erfüllen. Eine ökologische, ökonomische und soziale Bewertung der Verfahren ist dabei wichtig. Pflanzenbau inklusive Sonderkulturen und Tierhaltung werden berücksichtigt. Aspekte des Umweltschutzes, des Tierwohls und soziale Aspekte fließen in die Betrachtung ein.

Als wichtige Faktoren der thematischen Ausrichtung wurden festgehalten:

- Charakteristika kleiner Betriebe (z. B. Investitionskapazität) müssen im Themenfeld des Einsatzes von autonomen Agrarsystemen beachtet werden, denn auch die kleinen und mittleren Betriebe sollen profitieren. Die Folgen für die Agrarstruktur müssen berücksichtigt werden und verschiedene Produktionssysteme in unterschiedlichen Regionen werden miteinbezogen, um die vielfältigen Strukturen der Landwirtschaft in Deutschland abzubilden.
- Die ökonomische Bewertung der adaptiven autonomen Agrarsysteme ist wichtig, da autonome Systeme für Landwirte und Landwirtinnen bei einer Kosten-Nutzen-Abwägung Vorteile bringen müssen. Die Internalisierung externer Effekte jeder Arbeitsmaßnahme und jeden Maschineneinsatzes muss Berücksichtigung finden. So entsteht Potential für positive Beiträge sowohl für den Einzelbetrieb als auch für die Agrarlandschaft, die Umwelt und das Tierwohl.
- Die ökologische Bewertung der adaptiven autonomen Agrarsysteme ist wichtig. Bezüglich der Nachhaltigkeit sind zahlreiche Herausforderungen vorhanden, bei denen die Landwirtschaft im gesellschaftlichen Fokus steht. Umwelt- und Klimaaspekte z. B. bei Düngung und Pflanzenschutz müssen adressiert werden, dabei aber gleichzeitig das wirtschaftliche Interesse des Landwirts bzw. Landwirtin beachtet werden. Erst indem autonome Maschinen ohne menschliches Zutun den Mehraufwand z.B. bei der mechanischen Unkrautregulierung übernehmen oder die notwendige Präzision bereitstellen, um den richtigen Dünger exakt in Zeit, Ort und Menge zu applizieren, ergeben sich neue Möglichkeiten der umweltorientierten Bewirtschaftung von Agrarökosystemen.
- Bei der Betrachtung der rechtlichen Herausforderungen muss nicht nur die Frage der Haftung beleuchtet werden, sondern auch die funktionale Sicherheit als eigenständiger Aspekt. Eine Maschine auf dem Acker arbeitet in einem offenen Raum. Dies stellt eine besondere Herausforderung dar.
- Der Einsatz von Drohnen unterliegt speziellen rechtlichen Rahmenbedingungen und wurde daher in der Arbeitsgruppe nicht spezifisch betrachtet.

Als Leitfrage für die Zielstellung der AG wurde festgehalten:

- **Wo bietet der Einsatz autonomer Agrarsysteme den größten Nutzen und was sind Chancen und Risiken? Welche Hindernisse müssen ggf. überwunden werden, um die Automatisierung in der landwirtschaftlichen Praxis verstärkt zu realisieren?**

Diese Fragestellungen werden auch aktiv auf den vom BMEL geförderten „Digitalen Experimentierfeldern“ erörtert, um den Landwirten und Landwirtinnen den Nutzen und die Risiken vorhandener Technologien im praktischen Einsatz zu demonstrieren.

Definition von Anwendungsfällen

Aus dieser thematischen Ausrichtung wurden Anwendungsfälle definiert, um den Status quo, die zukünftige Entwicklung und die möglichen Hindernisse konkreter benennen zu können. Die einzelnen Anwendungsfälle sind als Beispiele für den Einsatz adaptiver autonomer Agrarsysteme zu verstehen und beziehen sich auf Feld- und Stallroboter, der Einsatz von Drohnen steht nicht im Fokus. Des Weiteren wurden Rahmenbedingungen näher betrachtet, welche die Voraussetzung für den Einsatz dieser Agrarsysteme bilden.

Folgende Themenbereiche für Anwendungsfälle wurden in der AG definiert:

1. **Adaptive autonome Agrarsysteme im Pflanzenbau:**
 - beim chemischen und mechanischen Pflanzenschutz
 - bei der Bodenbearbeitung und Aussaat
 - bei der Düngung

2. **Adaptive autonome Agrarsysteme in der Tierhaltung:**
 - bei der Fütterung (z.B. autonome Futtermischwagen, welche Raufutter und Silagen selbstständig aufnehmen, mischen und transportieren sowie tierindividuell verteilen)
 - beim Monitoring/Tracking/Melken von Tieren

3. **Adaptive autonome Agrarsysteme bereichsübergreifend:**
 - bei der Ferndiagnose/remote services
 - bei der Kooperation zwischen Maschinen (z. B. Feldlogistik)

Zur weiteren Betrachtung der Anwendungsfälle wurden unter Berücksichtigung der Komplexität der agrarwirtschaftlichen Systeme für die oben aufgeführten Beispiele folgende Leitfragen definiert:

1. Welche Vorteile und Nachteile ergeben sich durch den Einsatz der autonomen Systeme in der Landwirtschaft für die Umwelt, das Tierwohl, die Biodiversität, die menschliche Arbeit und aus ökonomischer Sicht?
2. Was funktioniert schon in der Praxis?
3. Was funktioniert noch nicht und wo liegen die Hemmnisse?
4. Welchen Handlungsbedarf gibt es und welche Lösungen sind denkbar?

In der Tabelle sind die Ergebnisse der diskutierten Fragen zusammengefasst:

Anwendungsfälle Pflanzenbau Robotiksysteme:	Potentiale	Hemmnisse	Automatisierungsgrad*	Praxisreife**	Handlungsoptionen
beim mechanischen Pflanzenschutz mit kleinen Robotern	+ Schutz natürlicher Ressourcen + geringerer Bodendruck + ersetzt anstrengende/teure Handhacke, Unabhängigkeit von Fachkräftemangel + kein PSM Einsatz	Kleine Roboter: - geringe Flächenleistung des Einzelroboters - Energieversorgung - Bereitstellung PSM - Transport zur landw. Fläche - Kosten - fehlendes Wissen (Theorie) - fehlende Erfahrung/Wissen (Praxis) - Haftung - Datenhoheit - Gefühl des „gläsernen Landwirts“	2	B	<ul style="list-style-type: none"> • Forschungsförderung und • Praxistransfer • Transparenz bei Haftungsfragen • Investitionsförderung
beim chem. und mechan. Pflanzenschutz mit kleinen Robotern	+ ermöglicht Bewirtschaftung von (kleineren) Flächen mit Strukturelementen + ermöglicht individuelle Pflanzenbehandlung („precision farming“) + ermöglicht Reduktion PSM + ermöglicht exakte Einhaltung definierter Kriterien für PSM-Ausbringung				
beim chem. und mechan. Pflanzenschutz mit auch großen Maschinen mit sensorbasierter Einzeldüsensteuerung	+ Effizienzsteigerung (Umsetzung von „precision farming“) + ermöglicht Reduktion PSM + Einhaltung definierter Kriterien für PSM-Ausbringung + Dokumentation: Nachweis über gesetzeskonforme Ausbringung				

bei der Bodenbearbeitung	+ kleinräumige, optimierte Bodenbearbeitung + bessere Steuerung der Bearbeitungsintensität		3	A-B	
bei der Aussaat	+ georeferenzierte Aussaat möglich + geringer Bodendruck (bei kleinen, intelligenten Systemen)	- geringe Flächenleistung (bei kleinen Systemen)	3	C	
bei der Düngung	+ Dokumentation: Nachweis über gesetzeskonforme Ausbringung + Applikation: bedarfsgerechte /einzelpflanzenspezifische Düngung in Ort, Zeit, Menge + präzise Ablage im Boden	- Datenhoheit - Gefühl des „gläsernen Landwirts“	3	C	
Traktorsysteme mit Reihenführung, Lenkautomat, automatischer Teilbreitenabschaltung in Pflanzenschutz/Düngung	+ standortspezifische Bewirtschaftung + zielgenaue Ausbringung + Effizienzsteigerung, + Einsparung von Treibstoff, PSM, Dünger + Arbeitserleichterung	- Kosten - Sensordaten/ Applikationskarten müssen im Vorfeld vorhanden sein - Aufwand Datenmanagement	2	C	
Überwachte Steuerung Feldlogistik / Kooperation von Maschinen bei der Ernte von Ackerkulturen	+ Effizienzsteigerung, + Einsparung von Treibstoff	- einzelne Geräte müssen aufeinander abgestimmt werden	2	A	
Autonome Kooperation von Maschinen / Feldrobotern bei Feldarbeiten	+ selbsttätiges Durchführen von Arbeiten	- Arbeitsleistung - Wirtschaftlichkeit	4	A	<ul style="list-style-type: none"> • Pläne für funktionale Sicherheit müssen erarbeitet werden • Rechtssicherheit zur Haftung muss vorhanden sein

Online-Wartung bei Feldarbeiten	+ direkter Zugriff auf Maschine ohne Anfahrt (Zeitersparnis) + Prädiktive Wartung, Ausfallzeiten verkürzen	- ungenaue Fehlermeldungen	2/3	A	Kompatibilität unter Herstellern fördern
Assistenzsysteme / Roboter bei Ernte Obst/Gemüse	+ Erleichterung körperlich belastender Arbeit + Sicherstellung der Ernte unabhängig von Erntehelfern	- Kosten/ Flächenleistung - Qualität des Ernteergebnisses - Verfahrenstechnische Anpassungen notwendig	Verschiedene Ansätze von 2-4	A/B	Förderung von innovativen Ansätzen

Anwendungsfälle Tierhaltung:	Vorteile	Nachteile/Hemmnisse	Autonomie level*	Praxis reife**	Handlungsoptionen
Autonomer Stall:	+ Überwachung von Tiergesundheit, Produktionszahlen	- Kosten: Lohnt sich erst ab einer bestimmten Herdengröße	4	C	• Wissenstransfermodelle, die explizit KMUs erreichen
Autonome Futtermischwagen (Aufnahme, Mischung, Transport, tierindividuelle Fütterung)	+ Entlastung des Landwirtes und der Landwirtin (Zeit) + tierindividuelle/bedarfsgerechte Fütterung + weniger Abfall, da bedarfsgerecht mehrmals am Tag Futterrationen gegeben werden + Ressourcenschonung und Effizienzsteigerung	- Stallaufbau muss auf autonome Systeme abgestimmt sein - Kosten	4	C	
Melkroboter	+ Tierwohl (Kuh kann Zeitpunkt des Melkens selbst wählen) + Monitoring von Milchinhaltsstoffen sowie Entzündungsfaktoren	- direkter Kontakt zu allen Tieren nicht mehr vorhanden: Entfremdung - Einfluss auf die Milchqualität vorhanden	4	C	• Lernprozess Mensch-Maschine-Interaktion „Expert-in-the-loop“ • gewonnene Zeit im Stall/auf dem Feld z.B. zum Training/Fine tuning der Systeme einsetzen
Tierindividuelles Monitoring & Tracking durch Sensoren	+ lässt Rückschlüsse auf Tiergesundheit zu + Arbeitserleichterung + Tiere leichter auffindbar + erleichtertes Herdenmanagement	- technisch durch Störfaktoren (Eisenbauteile im Stall) z. T. schwer umsetzbar	1	C	

Den meisten automatisierten Systemen ist der Ersatz körperlicher Arbeit gemein. Deshalb wird es in der Regel nicht gesondert aufgeführt.

*Zusätzlich wird in Automatisierungsgrade eingeteilt (0: Keine Automatisierung / 1: Assistierte Fahren/Arbeiten / 2: Teilautomatisiertes Fahren/Arbeiten / 3: Bedingtes automatisiertes Fahren/Arbeiten / 4: Hochautomatisiertes Fahren/Arbeiten / 5: Vollautomatisiertes Fahren/Arbeiten). Primär geht es um Produkte/Systeme, die ohne Bedienung auskommen, aber Überwachung erfordern. Ausschließlich die Arbeiten auf landwirtschaftlichen Flächen werden kategorisiert, der Straßentransport sowie Monitoring und Abtransport von Erntegütern als besondere Herausforderung werden am Rande behandelt.

**Bei der Beurteilung der Praxisreife wird unterschieden in
A: reines Forschungsstadium, B: Produkte, die auf dem Weg in die Praxis sind, C: Produkte, die in der Praxis bereits mit einer gewissen Anzahl vertreten sind.

Rahmenbedingungen und Voraussetzungen für autonome Agrarsysteme

Notwendige Rahmenbedingungen für autonome Agrarsysteme

Die Automatisierung einer landwirtschaftlichen Aufgabe geht grundsätzlich mit dem Risiko einher, dass die Aufgabe nicht wie gewünscht erledigt werden könnte und dadurch Schäden entstehen könnten. Dies können Sachschäden, Umweltschäden oder sogar Personenschäden sein. Bei autonomen Agrarsystemen mit höherem Automatisierungsgrad kann es zu Rechtsunsicherheit kommen, weil klassische Absicherungskonzepte nicht mehr anwendbar sind. Automatisierung basiert zunehmend auf Vernetzung und der Nutzung von KI-Methoden. Klassische Absicherungskonzepte stoßen dabei an ihre Grenzen, weil Sie nicht anwendbar wären oder Verfügbarkeit und Performanz zu stark einschränken würden.

Rechtliche Fragen

§ 1c StVG sieht vor, dass eine vollständige Evaluierung auch der neu geschaffenen Regelung des § 1a StVG für Kraftfahrzeuge mit hoch- oder vollautomatisierter Fahrfunktion ab dem Jahr 2020 erfolgt. Zu beachten ist in diesem Zusammenhang, dass das StVG für autonome Agrarsysteme nur insoweit relevant ist, als diese im öffentlichen Straßenverkehr, also insb. auf öffentlich zugänglichen Straßen bewegt werden. Der Einsatz auf dem Feld – und damit außerhalb des öffentlichen Straßenverkehrs – wird von § 1 c StVG nicht erfasst.

Die Frage einer Haftung für Schäden beim Einsatz autonomer Fahrzeuge ist bislang noch nicht abschließend geklärt. So ist strittig, ob Fahrzeughersteller oder -nutzer haften. In jedem Fall treffen den Nutzer autonomer Agrarsysteme Verkehrssicherungspflichten, deren Umfang vom jeweilig verursachten Gefährdungsgrad abhängt. Eine Verletzung dieser Verkehrssicherungspflichten führt zu einer Haftung des Nutzers. Dabei handelt es sich um ein allgemeines Haftungsprinzip, derjenige, der eine Gefahrenquelle eröffnet, haftet für ein ausreichendes Maß an Sicherungsvorkehrungen, so dass es hier keiner Privilegierung bedarf. Daneben besteht prinzipiell ein Risiko, dass versucht wird, Haftungsfestlegungen vertraglich beim Fahrzeugkauf zu Lasten der künftigen Fahrzeugnutzer auszugestalten. Ob ein solches Verhalten, das schon jetzt zivilrechtlich angreifbar erscheint, zur Vermeidung einer einseitigen Risikoverteilung gesetzgeberischen Handlungsbedarf auslöst, bleibt abzuwarten.

In der deutschen Gesetzgebung (§ 1a STVG) ist vorgesehen, dass Kraftfahrzeuge unter bestimmten Bedingungen auch vollautomatisierte Fahrfunktionen enthalten können. Für Landmaschinen gibt es aus den o.g. Gründen keine entsprechende Spezialregelung. Sie fallen in den Geltungsbereich der EU-Landmaschinenrichtlinie.

Für den künftigen Einsatz automatisierter Fahrzeuge in der Landwirtschaft wird ebenso wie im Straßenverkehr eine Klärung der Haftungslage entscheidend sein. Es ist davon auszugehen, dass der von BMVI angekündigte Gesetzentwurf für Straßenfahrzeuge sich mit dem Thema auseinandersetzen wird. Eine Regelung für Landmaschinen kann sich eventuell daran orientieren.

Voraussetzungen bzgl. Dateninfrastruktur, Datenaustausch und Datenhoheit

Da autonome Agrarsysteme auf Daten bzw. einen Datenaustausch angewiesen sind, ist eine ausreichende Dateninfrastruktur eine Grundvoraussetzung. Die Art der benötigten Infrastruktur hängt vom jeweiligen Anwendungsfall ab. Für die Navigation sind z. B. Satellitendaten notwendig, während für die Kommunikation zwischen Mensch und Maschinen oder zwischen Maschinen entweder eine Kommunikation über ein lokales Netz ohne Internetverbindung oder ein Mobilfunknetz mit Internetverbindung notwendig ist. Grundsätzlich ist ein leistungsfähiges Mobilfunknetz für viele autonome Anwendungen auf landwirtschaftlichen Flächen eine wesentliche Voraussetzung und für die meisten zumindest hilfreich. Die hier noch bestehenden Defizite sollten deshalb in den kommenden Jahren beseitigt werden, was seitens der Bundesregierung auch beschlossen wurde. Um einen Datentransfer auch zwischen unterschiedlichen Systemen und Herstellern zu ermöglichen ist es außerdem notwendig, dass eine bessere Standardisierung erfolgt und Datenschnittstellen transparent dokumentiert sind. Ein essentieller Aspekt ist die Betrachtung der Resilienz: Die Aufrechterhaltung der Minimalfunktion von autonomen Agrarsystemen bei einem Datenverlust/-Ausfall von Diensten im Krisenfall muss gewährleistet sein.

Für den Landwirt und die Landwirtin ist es unabdingbar, dass sie die Hoheit über ihre Daten behalten. Da Fragen zur Datenhoheit im Rahmen einer anderen Arbeitsgruppe diskutiert werden, wird hier nicht näher darauf eingegangen.

Zusammenfassung und Handlungsempfehlungen

Der landwirtschaftliche Beruf hat über die letzten Jahre stark an Komplexität zugenommen. Die Tätigkeiten gehen weit über die Produktion von guten, sicheren Lebensmitteln hinaus. Der Landwirt und die Landwirtin werden sich in einer digital transformierten Landwirtschaft zum Manager ihrer betrieblichen Abläufe entwickeln und in größerem Umfang auf qualifizierte Dienstleistungen in Planung, Auswertung und Technikeinsatz zurückgreifen, die zum großen Teil über Farm Management Systeme integriert werden könnten. In kollaborativen Automatisierungsstrategien mit „Shared Autonomy“ erweitert sich das Aufgabenfeld der Automatisierung von mobilen Arbeitsmaschinen deutlich in Richtung der Entwicklung, Implementierung und Evaluierung von Assistenzstrategien, die den Erwerb und die Pflege komplexer Problemlösungskompetenzen der Bediener fördern. Die Berücksichtigung von externen Kosten, die nicht über Marktpreise abgegolten werden (z.B. Nachhaltigkeitsaspekte, Umweltschutz oder gesellschaftliche Aspekte) spielt bei der Lebensmittelproduktion eine zunehmende Rolle. Bei den sozialen Aspekten gewinnen vor allem die zeitliche und körperliche Arbeitsbelastung an Bedeutung. Mit digitalen Werkzeugen und steigendem Automatisierungsgrad können die Landwirte und Landwirtinnen den neuen Herausforderungen besser begegnen. Sehr zeitintensive oder körperlich anstrengende Arbeiten können von autonomen Agrarsystemen übernommen bzw. erleichtert werden. Diese neuen Techniken können jedoch die Expertise und die Erfahrung eines Landwirts nicht ersetzen. Übergeordnete Aufgaben, wie das Gesamtmanagement und endgültige Entscheidungen liegen in der Hand der Landwirte und Landwirtinnen. Dieser Status quo muss durch geeignete Mensch-Maschine-Interaktion und Wissensrepräsentation gestützt werden.

Um die Vorteile der adaptiven autonomen Agrarsysteme auszubauen und die Nachteile zu minimieren werden von der Arbeitsgruppe folgende Handlungsempfehlungen ausgesprochen:

1. Steigerung der Praxiserfahrung, um Nutzen/Chancen/Risiken autonomer Agrarsysteme aufzuzeigen und anhand qualitativer und quantitativer Kriterien eindeutig zu bewerten.
2. Einrichtung von Test –und Beratungsmöglichkeiten für autonome Agrarsysteme zur Steigerung des Wissenstransfers von und in die Praxis.
3. Entwicklung/Angebot von Hilfestellungen für betriebsspezifische Entscheidung für/gegen Automatisierung, um die Bedeutung ökologischer, ökonomischer und sozialer Aspekte quantifizieren zu können.
4. Insbesondere kleine und mittelständische landwirtschaftliche Betriebe sollten mit effektiven Wissenstransfermodellen und durch gezielte Aufklärung über vorhandene Möglichkeiten mehr Investitionssicherheit bekommen.

5. Abbau und Klärung von rechtlichen Unsicherheiten für Landtechnikhersteller, landwirtschaftliche Dienstleister sowie für Landwirte und Landwirtinnen. **Forschung zur Erarbeitung von neuen Absicherungskonzepten** und deren Manifestierung in Regularien und/oder Normen.
6. Rahmenbedingungen zum Inverkehrbringen von (autonomen) landwirtschaftlichen Maschinen schaffen, die u.a. Schnittstellen zum Datenaustausch und offene Übertragungsprotokolle fördern und u.a. Minimal-Datensätze und -Metadaten beschreiben.
7. Förderung von marktreifen Produkten, um Verbreitung in Landwirtschaft zu steigern.
8. Gezielte interdisziplinäre, praxisorientierte Forschungsförderung im Bereich der Wissensrepräsentation in der praktischen Landwirtschaft (das Lernen von, durch und mit Maschinen und Menschen im Team).
9. Förderung von Pilotprojekten für den praktischen Einsatz von autonomen Agrarsystemen.
10. Forschungsförderung in den genannten Handlungsfeldern sowie Aus- und Weiterbildung (zum Aufbau von Kompetenzen zu den neuen Technologien und Erweiterung des domänenspezifischen Wissens durch deren Einsatz).

Nachwort

Das Kompetenznetzwerk „Digitalisierung in der Landwirtschaft“ wurde auf Wunsch von Bundesministerin Klöckner zur Stärkung der Digitalisierung in der Landwirtschaft in Deutschland im Jahr 2019 gegründet. Das Kompetenznetzwerk besteht aus den Sprechern der 14 Digitalen Experimentierfelder in der Landwirtschaft sowie weiteren wichtigen Stakeholdern aus Verwaltung, Wissenschaft, Wirtschaft, Verbänden und Forschungseinrichtungen des Bundes. Eine wesentliche Aufgabe ist der Transfer von Wissen in die praktische Landwirtschaft, zu den vor- und nachgelagerten Bereichen, zu der allgemeinen Öffentlichkeit und in die Politik. Aus den Mitgliedern des Kompetenznetzwerkes zusammen mit externen Experten wurde im Frühjahr 2020 die AG „Adaptive autonome Agrarsysteme“ gegründet.

Folgende Personen haben in der Arbeitsgruppe mitgearbeitet:

Dr. Steffen Beerbaum; Prof. Dr.-Ing. Frank Beneke; Dr.-Ing. Hermann Buitkamp; Dr. Norman Franchi; Josef Franko; Dr. Anneke Frerichs; Prof. Dr. Hans W. Griepentrog; Prof. Dr. Thomas Herlitzius; Patrick Heß; Dr. Heiko Kaufmann; Prof. Dr. Matthias Klingner; Dr. Victoria Lenz-Wiedemann; Dr. Eberhard Nacke; Prof. Dr. Yves Reckleben; Dr. David Reiser; Prof. Dr. Arno Ruckelshausen; Dr. Magnus Schmitt; Jürgen Stephan; Prof. Dr. Ing. Cornelia Weltzien; Prof. Dr.-Ing. Andreas Wenzel; Prof. Dr. Burkhard Wrenger

Wir danken Herrn Prof. Dr. Jens Wegener für seine Anregungen.

Dieses Positionspapier ist eine Zusammenfassung aus den Treffen der Arbeitsgruppe und spiegelt nicht in jedem Punkt die Position jedes einzelnen Teilnehmers wider.