

Bodenbearbeitungstechnik

Thomas Herlitzius, Martin Hengst, Tim Bögel, Sören Geißler, Stefan Schwede

Kurzfassung

In der öffentlichen und politischen Diskussion bleibt die Landwirtschaft präsent. Im Rahmen der Farm to Fork- und der Biodiversitätsstrategie der Europäischen Union sollen der Pflanzenschutzmitteleinsatz reduziert, der Düngereinsatz effizienter sowie die Freisetzung von im Boden gebundenem CO₂ vermieden werden [1]. Eine zentrale Rolle kommt dabei der Bodenbearbeitung zu. Erosionsminderung, mechanische Unkrautregulierung sowie ein zielgerichtetes Zwischenfruchtmanagement stellen die Entwicklungsziele für die Bodenbearbeitungstechnik dar. Neben der exakten, ultraflachen Bearbeitung sind neue Maschinenkonzepte durch Kombination von Verfahren und der Elektrifizierung von Traktionselementen Trends. Hochautomatisierte und teilautonome Maschinen und Maschinensysteme für den Ackerbau geraten zunehmend ins Blickfeld. Derzeit liegt der Schwerpunkt dabei auf der mechanischen Unkrautregulierung, wobei sich das Anwendungsspektrum kontinuierlich auf weitere Bereiche ausdehnt.

Schlüsselwörter

Bodenbearbeitung, Bodenbearbeitungstechnik, mechanische Unkrautregulierung, Kombinierte Bodenbearbeitung, Feldroboter

Tillage

Thomas Herlitzius, Martin Hengst, Tim Bögel, Sören Geißler, Stefan Schwede

Abstract

Agriculture remains present in the public and political discussion. Within the framework of the farm to fork and biodiversity strategies of the European Union, the use of pesticides should be reduced, the use of fertilizers should be more efficient and the release of CO₂ bound in the soil should be avoided [1]. A central role is played by tillage. Erosion reduction, mechanical weed control and intercrop management are development goals for tillage technology. In addition to exact, ultra-flat tillage, new machine concepts based on the combination of processes and the electrification of traction elements represent trends. Highly automated and partly autonomous machines and machine systems for agricultural applications are increasingly gaining attention. Currently, the focus is on mechanical weed control, although the range of applications is continuously expanding to other areas.

Keywords

Tillage, tillage technology, mechanical weed control, combined tillage, field robotics

Allgemeine Entwicklung

Die Ausgangssituation für die Landwirte stellt sich durch die herausfordernden wirtschaftlichen und politischen Rahmenbedingungen, kombiniert mit niedrigen Schweinepreisen und deutlich gestiegenen Betriebsmittelpreisen schwierig dar. Zudem sind die Landwirte aufgrund des Politikwechsels in Berlin besorgt. Trotz dieser Situation planen laut des Konjunkturbarometers Agrar 20 % der Landwirte, bis Erntebeginn neue Maschinen und Geräte anzuschaffen. [2]

Durch die genannte Investitionsbereitschaft erreichte die Landtechnikindustrie im Jahr 2021 ein Rekordergebnis. Mit einer Umsatzsteigerung von 16 % erreichten die in Deutschland produzierenden Landtechnikhersteller mit 10,5 Mrd. € einen neuen Umsatzrekord. Im aktuellen Jahr wird auch durch Nachholeffekte der Corona-Pandemie mit einer weiteren Umsatzsteigerung gerechnet [3]. Durch den weiterhin prognostizierten Mehraufwand in der Bodenbearbeitung durch mechanische Unkrautregulierung ist auch in diesem Bereich mit einem Zuwachs zu rechnen.

Mit dem Ziel einer nachhaltigen Intensivierung der Landwirtschaft rücken alternative Pflanzenbausysteme und Verfahrenskombinationen zunehmend in den Fokus von Untersuchungen. Ein Beispiel dafür ist das Spot-Farming [4] oder Patchanbau [5; 6]. Hier werden die teilflächenspezifischen Eigenschaften der Anbaufläche in den Mittelpunkt der Pflanzenbaustrategie gestellt. Für den dadurch entstehenden kleinstrukturierten Ackerbau sind neue Maschinensysteme und -konzepte notwendig. Ein Lösungsansatz ist dabei der Einsatz von autonomen Feldrobotern mit Arbeitsbreiten kleiner oder gleich 3 m.

Grundbodenbearbeitung

Das Leibnitz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V. greift im Forschungsprojekt „Krumensenke“ die Idee der partiellen Krumenvertiefung auf [7]. Die partielle Krumenvertiefung wurde bereits in der DDR in den 1960er und 1980er Jahren untersucht. Schwerpunkt war damals die Ertragssteigerung auf verdichtungsempfindlichen, humusarmen Sandböden, indem Verdichtungen streifenweise aufgebrochen und mit humushaltigem Oberboden verfüllt werden. Mit dem Verfahren wurde auf den Versuchsflächen ein durchschnittlicher Mehrertrag von $3 \text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$ Getreide erzielt [8]. Im aktuell noch laufenden Projekt wird an die Untersuchungen angeknüpft mit dem zusätzlichen Fokus, humushaltigen Oberboden in einem gewissen Grad in tiefere Bodenschichten einzulagern und den im Humus gespeicherten Kohlenstoff und Stickstoff über lange Zeit zu binden. Umgekehrt reichert sich der an der Oberfläche befindliche Unterboden mit Humus an und steigert so den Gesamtvorrat im Boden. Nach 5 Jahren kann der Vorgang in diagonaler Richtung wiederholt werden. Für das Projekt wurde von der Firma Lemken ein Versuchsmuster mit speziellen Pflugkörpern entwickelt, bei dem sich tief arbeitende Pflugkörper mit Standard-Pflugkörpern abwechseln und auf diese Weise die Bodenkrume streifenweise vertiefen, siehe **Bild 1** [9]. Das Aufbrechen der Pflugsohle durch tiefer arbeitende Werkzeuge, wie dem Zweischichtpflug von Gassner, wird bereits auf dem Markt angeboten. Durch das Mischen der Bodenschichten unterscheidet sich das Konzept von bereits bekannten Geräten. Das Potenzial einer bleibenden Erhöhung des Humusgehalts wird unterschiedlich diskutiert und es gibt bisher wenig belastbare Zahlen dazu.



Bild 1: Lemken Carbon Farming Pflug [9]

Figure 1: Lemken carbon farming plough [9]

Dass der Pflug seine Bedeutung in der Landwirtschaft behält, zeigen auch die Markteinführungen von neuen Pflug-Modellen. Die bis zu 9-scharigen Aufsatteldrehpflüge Servo T 6000 der Firma Pöttinger [10] und Tyrok 400 der Firma Amazone [11] sind der 400 - 500 PS Traktorklasse zuzuordnen und setzen den Trend zu leistungsstarken Maschinen fort.

Das Aufbrechen und Lockern von Verdichtungszone n im Boden stellt eine der Kernaufgaben der Grundbodenbearbeitung dar. Neben natürlichen Verdichtungsprozessen beeinflussen hohe Kontaktflächendrücke, durch das Befahren mit schweren Maschinen, die Lagerungsdichte des Bodens. Zur Agritechnica 2022 wurden gleich drei Systeme zur Vorhersage des Bodenverdichtungsrisikos mit der Silbermedaille prämiert [12]. Darunter waren das System TerraService der Firma Rauch (zusammen mit AgriCircle AG), das Terranimo System von Claas und das Compaction Prevention System (CPS) von Agtech. Die Systeme können teilflächenspezifisch das Risiko einer Verdichtung durch schwere Maschinen unter beispielsweise ungünstigen Witterungsbedingungen vorhersagen. Damit wird ein Hilfsmittel angeboten um abzuschätzen, zu welchem Zeitpunkt das Risiko von Schadverdichtungen hoch ist und keine Bodenbearbeitung oder Befahrung durchgeführt werden sollte.

Konservierende Boden- und Stoppelbearbeitung

Geräte mit Zinkenwerkzeugen

Bodenbearbeitungsgeräte werden von den Herstellern kontinuierlich auf den neuesten Stand gebracht. So zum Beispiel bringt Lemken den überarbeiteten Grubber Karat 10 auf den Markt [13]. Die angebotenen Werkzeuge reichen von der Grundboden- bis hin zur flachen Bodenbearbeitung. Die Firma Amazone stellt den für die flache Bodenbearbeitung neuen Flachgrubber Cobra vor [14]. Bemerkenswert sind die Verteilung der 220 mm breiten Gänsefußschare auf 6 Balken, um die Verstopfungsgefahr zu minimieren, und ein Strichabstand von nur 133 mm, um einen ganzflächigen Schnitt sicherzustellen. Der Trend der ultraflachen Bodenbearbeitung mit

Arbeitstiefen von wenigen Zentimetern wurde bereits in den letzten Ausgaben beschrieben und setzt sich weiter fort. So auch bei der Firma Knoche, die für die mechanische Beikrautregulierung den Knoche Ökogrubber in ihr Produktprogramm aufgenommen hat [15].

Geräte mit Scheibenwerkzeugen

Kurzscheibeneggen haben sich am Markt durch die große Flächenleistung bei geringem Zugkraftbedarf etabliert. Nahezu alle Hersteller bieten entsprechende Geräte mit Arbeitsbreiten bis zu 12 m an. Kettenscheibeneggen wurden bislang vorrangig durch die australische Firma Kelly angeboten und in Sachsen produziert. Neuerdings findet sich im Produktprogramm der Firma Fliegl [16] eine eigene Kettenscheibenegge und die Firma Dalbo hat ebenfalls eine Variante vorgestellt [17]. Charakteristisch ist die spezielle Verbindung von einzelnen Scheibenelementen zu Ketten. Die Ketten bilden zusammen eine Rautenform und werden über einen teleskopierbaren Rahmen gespannt, siehe **Bild 2**. Über das Eigengewicht der Ketten und zusätzlich montierbare Gewichte kann die Arbeitstiefe und Zerkleinerungswirkung eingestellt werden. Die Geräte werden als kostengünstig, leichtzügig und schlagkräftig beworben.



Bild 2: Fliegl Kettenscheibenegge KSE 680 [18]

Figure 2: Fliegl disc chain harrow KSE 680 [18]

Das Einsatzgebiet der Kettenscheibenegge ist die flache Bodenbearbeitung, wie zum Beispiel die Stoppelbearbeitung oder das Zerkleinern und Einarbeiten von Zwischenfrüchten. Hier wurden Kettenscheibeneggen als sehr verstopfungsunempfindlich bewertet. Ebenso können in Kombination mit aufgebauten Sägeräten Zwischenfrüchte ausgebracht werden. Das Arbeitsergebnis in Form eines gleichmäßig tiefen Bearbeitungshorizontes wird nicht angeführt.

Amazone stellte für die Kompaktscheibenegge die neue X-Cutter Disc vor. Die wellenförmigen Scheiben können bei flacher Bodenbearbeitung die komplette Arbeitsbreite abdecken [19].

Wellenförmige Scheiben von anderen Herstellern wurden bereits im Jahrbuch 2019 beschrieben [20].

Striegel

Striegel werden zur ganzflächigen Unkrautregulierung vor oder nach Auflauf der Hauptkultur, sowie auch zunehmend zur ersten Stoppelbearbeitung nach Raps und Getreide zur Auflaufbeschleunigung eingesetzt. Dabei kommen Zinken- und Rollstriegel zum Einsatz. Es werden von verschiedenen Herstellern hydraulisch klappbare, angebaute Maschinen mit Arbeitsbreiten bis zu 18 m angeboten. Aufgesattelte Maschinen sind mit bis zu 27 m Arbeitsbreite erhältlich. Die Firma Einböck stellte die neue Baureihe Aerostar Fusion vor [21], die Firma Carré die Baureihe Pressius [22].

Verfahrenskombinationen

Zunehmende Trockenphasen und häufigere Starkregenereignisse verändern das Anforderungsprofil an Ackerbausysteme. Erosionsschutz und die Bindung von CO₂ im Boden sowie die Förderung der Infiltrations-Speicher und Dränfähigkeit der Böden gewinnen an Bedeutung. Der Anbau von Zwischenfrüchten sorgt für die Unterdrückung von Unkraut, Aufbau von organischer Substanz im Boden und eine Verminderung der Erosionsgefahr.

Von der Firma Mühling GmbH & Co. KG wurde das Gerät Coverseeder vorgestellt und von der Agritechnica-Neuheitenjury mit einer Silbermedaille ausgezeichnet. Der Coverseeder kombiniert die Zerkleinerung von Ernteresten und die gezielte Ausbringung und Bedeckung von Zwischenfrucht-Saatgut in einem Arbeitsgang [23]. Der Boden und das ausgebrachte Saatgut zur Etablierung einer Zwischenfrucht oder Begrünung werden durch das Verfahren mit zerkleinertem Pflanzenmaterial bedeckt. Da keine Einarbeitung des organischen Materials in den Boden erfolgt, wird nach Herstellerangaben dem hohen Nährstoffbedarf der Strohrotte entgegengewirkt. Die Verrottung erfolgt entsprechend langsamer, sodass die Mulchschicht den Boden bis zum Bestandsschluss vor Erosion und Austrocknung schützt [24; 25]. Das Gerät (**Bild 3**) besteht aus einem Mulchgerät mit Mulchrotor (2) und variabler Schneidschiene (3), vorlaufender Striegeleinheit (1), nachlaufender Prismenwalze (5) und einer Säschiene (4) im Rotorbereich des Mulchers.



Bild 3: Der Müthing Coverseeder im Feldeinsatz (links) und als Schnittmodell (rechts) [26]
Figure 3: The Müthing Coverseeder during field operation (left) and as a cutaway model (right) [26]

Elektrische Traktion für Bodenbearbeitungsgeräte

Ergebnis eines Forschungsprojektes der Fa. Vogelsang GmbH & Co. KG und der ZF Friedrichshafen AG in Kooperation mit der TU München sowie der TU Dresden war die Entwicklung einer neuen Generation von Werkzeugen zur Gülle- und Gärrestearbeitung (**Bild 4**). Der Fokus lag dabei auf der Entlastung des Zugfahrzeuges von schwerer Zugarbeit bei gleichzeitiger Ablage der Flüssignährstoffe in Tiefen > 15 cm.



Bild 4: Traktor-Tankwagen-Applikationsgerät während der Feldversuche (Quelle: TU Dresden)
Figure 4: Tractor-tanker application device during field tests (source: TU Dresden)

Durch die Nutzung der Vertikalkräfte der Zinkenwerkzeuge sowie des Geräteeigengewichtes konnte mittels elektrisch angetriebener Stützorgane zusätzliche Traktion durch das Gerät selber erzeugt werden. Durch den elektrischen Antriebsstrang war eine entsprechende Regelbarkeit möglich. In der Kopplung Applikationsgerät-Tankwagen waren Sensoren verbaut, welche die Kräfte zwischen Gerät und Anhänger kontinuierlich messen. Basierend auf diesen Informationen wurde die Triebkraft des Applikationsgerätes in Echtzeit geregelt und ggf. beschränkt, um kritische Fahrzustände des Gespanns zu verhindern. Der Wirtschaftsdünger wurde mittels streifenweiser Bodenbearbeitung injiziert (**Bild 5**). Die gesamte Arbeitsbreite des

vorgestellten Funktionsmusters betrug 6 m, es wurden Arbeitsgeschwindigkeiten bis 10 km/h erreicht. Basierend auf den Feldversuchen konnte ermittelt werden, dass die Zugmaschine dauerhaft um 30 % ihrer aufzubringenden Zugkraft im Vergleich zum reinen passiv-gezogenen Betrieb entlastet werden konnte. Je nach Einsatzbedingungen waren auch über 50 % möglich. Dabei steigt die Gesamtleistung des Gespanns Traktor-Tankwagen-Applikationsgerät nicht über die notwendige installierte Motorleistung im Vergleich zum konventionell passiv gezogenen Gerät. Daher ist entweder ein Einsatz von leichteren, leistungsstarken Zugmaschinen bei gleicher Arbeitsbreite oder gleichbleibenden Zugmaschinen mit größerer Arbeitsbreite bzw. schwereren Einsatzbedingungen möglich.



Bild 5: Streifenförmiges Applikationsgerät mit elektrisches Traktionserzeugung mittels vorgelagerter Stützorgane (Quelle: TU Dresden)

Figure 5: strip-shaped applicator with electrical traction generation by upstream support elements (source: TU Dresden)

Das vorgestellte System ergänzt beispielsweise die vorgestellte Lösung von der Agritechnica 2019 der Firmen John Deere und Joskin. Bei diesem System wurden bei einem Güllefass zwei Achsen elektrisch angetrieben, um das Gewicht des Fasses für die Zugkraftübertragung zu nutzen. Laut John Deere bietet dieses Lösung eine höhere Traktion, weniger Schlupf und eine bessere Spurführung [27]. Die notwendige elektrische Leistung kommt in diesem Fall vom Traktorgetriebe „John Deere eDrive“, während sie bei dem vorgestellten System von Vogel-sang und ZF per Anbau-Generator der Firma Kronos an der Frontzapfwelle bereitgestellt wird.



Bild 6: Elektrische Traktion am Güllefass von John Deere und Joskin [27]

Figure 6: Electric traction at John Deere and Joskin slurry tanker [27]

Hochautomatisierte Systeme in der Bodenbearbeitung – Technik und Forschung

Die Weiterentwicklung und die Verbreitung von Digitalisierungs- und Automatisierungslösungen in der landwirtschaftlichen Feldbearbeitung, speziell im Bereich der Bodenbearbeitung, Pflanzenpflege und Aussaat, ist weiterhin ungebrochen. Gerade im Hinblick auf die Arbeitserleichterung und die Verbesserung der Arbeitsqualität sowie die Entlastungen beim Datenmanagement (Dokumentationserleichterungen und Rückverfolgung von Arbeitsabläufen) versprechen sich potentielle Nutzer einen Mehrwert. Dem gegenüber stehen Hemmnisse in Form von großen Anfangsinvestitionen, Kompatibilitätsproblemen mit unterschiedlichen vorhandenen Systemen sowie den laufenden Kosten [28]. Diese müssen im Besonderen durch Normen und Gesetze, aber vor allem auch durch Priorisierung der Interoperabilität durch die Hersteller von Maschinen und Managementsystemen abgebaut werden.

Einen guten Überblick zum Markt und dem Stand der Entwicklung gab die „World FIRA 2021“ in Toulouse [29]. Es präsentierten sich zahlreiche Robotikkonzepte und Automatisierungslösungen für diesen Bereich. Der Fokus liegt nach wie vor besonders auf der mechanischen Pflanzenpflege und Aussaat. Dabei war zu beobachten, dass der Trend von den kompakten und spezialisierten Robotern hin zu Trägerplattformen mit größeren Arbeitsbereichen und teils standardisierten Schnittstellen geht. Wurden in zurückliegenden Jahren häufig Konzepte wie der Naïo „Oz“ [30], der Fendt „Xaver“ [31] oder der „FD20“ von Farmdroid [32] präsentiert, hält mit Systemen vergleichbar dem Autoagri „IC20“, dem Naïo „Orio“ und dem „Robotti LR“ von Ag-robotelli ein herstellerübergreifender Kompatibilitätsgedanke Einzug [29].

Der „Orio“ von Naïo (**Bild 7**) ist ein 100 % elektrisch angetriebener Feldroboter, der im Zwischenachsenanbau die Schnittstelle zur Werkzeugaufnahme aufweist. Er verfügt über einen Zentralrohrrahmen in U-Bauweise und gewährleistet so einen Freiraum von ca. 1600 mm. Es können Geräte sowohl mit einem Standarddreipunktanbau als auch proprietären Schnittstellen gekoppelt werden. Das Hauptanwendungsgebiet ist die mechanische Pflanzenpflege in Form von Hacken. Dazu wird der „Orio“ über RTK GNSS navigiert und kann die eingebauten Hackwerkzeuge zusätzlich in der Reihe verschieben. Die Arbeitsbreite kann für diesen Anwendungsfall bis zu 3 m betragen. Die Flächenleistung wird mit ca. 12 ha/24 h angegeben, wobei die maximale Geschwindigkeit bei ca. 6 km/h liegen kann. Der Roboter verfügt über austauschbare Akkus und ist somit nicht an Ladezyklen oder das Vorhandensein von Tageslicht

gebunden [33; 34]. Der vollständige Nutzen setzt allerdings ein entsprechendes Logistikkonzept voraus.



Bild 7: Naïo Orio im Feldeinsatz [35]

Figure 7: Naïo Orio in field operation [35]

Das Maschinenkonzept selbst wurde erstmals im Rahmen eines gemeinsamen Projektes von Naïo mit der Firma Strube D&S GmbH und dem Fraunhofer Institut IIS gezeigt. Dabei wird ein Verfahren entwickelt und im Feld untersucht, mit dem Beikraut in und zwischen den Nutzpflanzenreihen entfernt werden soll. Dazu sollen die Zuckerrübenpflanzen mit Hilfe spezieller Sensorik und KI-Algorithmen von Beikraut unterschieden werden [36].

Mit Standardschnittstellen zur Gerätekopplung erreichen auch die Maschinen von Agrobotelli, aus Dänemark, der „Robotti LR“ und der „Robotti 150D“ (**Bild 8**) eine hohe Kompatibilität zur bestehenden Maschinen-Geräte-Welt. Beide Maschinen sind identisch aufgebaut. Der Dreipunktanbau befindet sich an der quer zur Hauptfahrtrichtung orientierten Haupttraverse. Zu beiden Seiten sind die Einrichtungen zur Energiebereitstellung und Energiespeicherung untergebracht. Der „150D“ verfügt dabei über zwei Dieselmotoren mit je 75 kW. Ein Motor dient zur Realisierung des Fahrantriebes, der zweite versorgt den Standard-PTO. Im Gegensatz dazu ist beim „LR“ lediglich ein Motor mit einer Leistung von 72 kW installiert. Eine Möglichkeit zum Betreiben eines Standard-PTO besteht nicht. Jedoch verfügt er über einen großen Dieseltank, der es der Einheit ermöglichen soll, bis 60 h ohne Nachtanken zu arbeiten. Aufgrund des Aufbaus und der installierten Leistung ist der Robotti vorwiegend für leichte Feldarbeit geeignet. Es können Geräte mit zu 3 m Arbeitsbreite eingesetzt werden. Agrobotelli besitzt bereits ein großes Händlernetz in Mittel- und Osteuropa. So sind die „Robotti's“ bereits in Deutschland, Österreich, Polen und Ungarn verfügbar [37].



Bild 8: Autonomes Robotersystem „Robotti 150D“ von Agointelli [37]
Figure 8: Autonomous robot systems “Robotti 150D“ by Agointelli [37]

Eine Maschine, die in Ihrem Aufbau stark an einen Traktor erinnert, ist die Konzeptstudie „Combined Powers“ von Krone und Lemken. Das dieselektrische Antriebskonzept verfügt über eine installierte Leistung von ca. 170 kW und ist sowohl für die Grünfütterverarbeitung als auch Bodenbearbeitung/Aussaat optimiert. Dabei stehen zum einen Mähen, Schwaden und Wenden, zum anderen Grubbern, Pflügen und Säen im Mittelpunkt. Die dafür notwendigen Arbeitsschritte und Prozesse sollen selbstständig und ohne Präsenz des Bedieners geregelt werden. Die erforderlichen Informationen erhält die Maschine über installierte Umfeld- und Prozesssensoren. Zum Erreichen eines bestmöglichen Arbeitsergebnisses steuern die Anbaugeräte das Zugfahrzeug und bilden so eine Einheit. Dazu müssen Anbaugeräte und Zugfahrzeug miteinander kommunizieren und Informationen und Befehle austauschen, bspw. auf Basis des ISOBUS/TIM-Standards [38; 39].

Ebenfalls auf den TIM-Standard zur Geräteautomatisierung setzt das BMBF-geförderte Projekt Feldschwarm® (Laufzeit 08.2017 - 09.2021). Dabei wurde ein Maschinenkonzept bestehend aus zwei hochautomatisierten Einheiten entwickelt (**Bild 10**). Die selbstfahrende Einheit (FSE II, Bild 10 links) agiert selbstständig und ohne Eingriff eines Bedieners auf dem Feld. Die zweite traktorgebundene Einheit (FSE I, Bild 10 rechts) verfügt weder über einen eigenen Antrieb noch über eine eigene Energieversorgung. Beides wird von dem Zugfahrzeug bereitgestellt. Die Routen und der Arbeitsprozess selbst werden vorgeplant und an das Arbeitsgerät (die FSE I) übergeben. Diese führt alle prozessspezifischen Arbeitsschritte selbstständig aus. Die Lenkbefehle für das Zugfahrzeug werden von der FSE I bereitgestellt. Dazu kommuniziert

das Gerät über den ISOBUS/TIM-Standard mit dem Zugfahrzeug und übermittelt die notwendigen Informationen. Nach wie vor befindet sich ein Bediener in dem Zugfahrzeug, der bspw. für die Kontrolle des Fahrtweges der FSE I und die Überwachung des gesamten Maschinenschwarms zuständig ist [40; 41].



Bild 9: Konzeptstudie „Combined Powers“ von Krone und Lemken [39]
Figure 9: Concept study “Combined Powers“ by Krone und Lemken [39]



Bild 10: Feldschwarm® FSE I (rechts) und FSE II (links) im Feldeinsatz [FhG IVI | TU Dresden]
Figure 10: Feldschwarm® FSE I (right) and FSE II (left) in field operation [FhG IVI | TU Dresden]

Zusammenfassung

Die Bodenbearbeitung stellt nach wie vor den landwirtschaftlichen Arbeitsprozess mit dem höchsten Zugkraftbedarf dar. Umso wichtiger ist es, mit intelligenten Antriebs- und Gerätelösungen einen Beitrag zu dessen Reduktion zu leisten und die tatsächliche Arbeitstiefe der Maschinen und Werkzeuge auf das minimal erforderliche Maß zu reduzieren [42]. Einen Ansatz dazu können auch Automatisierungslösungen bieten, die kleinteilig und sensorgestützt die Felder teilflächenspezifisch und bedarfsgerecht bearbeiten. Darüber hinaus kommt der Bodenbearbeitung auch eine immer größer werdende gesellschafts- und umweltpolitische Bedeutung zu. So kann durch entsprechende Verfahren und Werkzeuge direkt Einfluss auf den Beikrautbesatz und das Schädlingsaufkommen sowie die Emission und Reduktion von Treibhausgasen genommen werden. Für die Zukunft gilt es, diese Methoden und Technik weiterzuentwickeln und in die landwirtschaftliche Praxis zu integrieren [43].

Literatur

- [1] N. N: Farm to Fork strategy. URL: https://ec.europa.eu/food/horizontal-topics/farm-fork-strategy_en, Zugriff am: 30.03.2022.
- [2] N. N: Konjunkturbarometer Agrar – Sorgen wegen des Berliner Politikwechsels. Eilbote 2022 H. 05, S. 7.
- [3] N. N: VDMA: Landtechnikindustrie erzielt weiteres Rekordergebnis. URL: <https://www.vdma.org/viewer/-/v2article/render/45728883>, Zugriff am: 28.03.2022.
- [4] Wegener, J. K.; Urso, L.-M.; Hörsten, D. von; Hegewald, H.; Minßen, T.-F.; Schattenberg, J.; Gaus, C.-C.; Witte, T. de; Nieberg, H.; Isermeyer, F.; Frerichs, L.; Backhaus, G. F.: Spot farming – an alternative for future plant production (2019).
- [5] Bellingrath-Kimura, S. D.: Pflanzenvielfalt und Innovationen – Neue Anbausysteme der Zukunft. URL: <https://www.wissenschaftsjahr.de/2020-21/aktuelles-aus-der-biooekonomie/koepfe-des-wandels/pflanzenvielfalt-und-innovationen-neue-anbausysteme-der-zukunft>, Zugriff am: 09.04.2022.
- [6] Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung: Auftakt für Forschungsprojekt DAKIS: Die Zukunft der Landwirtschaft ist digital. URL: www.zalf.de/de/aktuelles/Seiten/Pressemitteilungen/2019-04-11_PM_DAKIS_FINAL.aspx, Zugriff am: 09.04.2022.
- [7] Sommer, M.; Augustin, J.: PARTIELLE KRUMENVERTIEFUNG FÜR KLIMASCHUTZ, BODENFRUCHTBARKEIT UND ERTRAG. Jahresbericht 2019 - Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V., S. 21.
- [8] Baur, A.; Herzog, R.; Weinkauf, H.: Krumenbasispflüge B 205A - umgerüstete Aufsattelbeetpflüge B 200/B 201 zur partiellen Krumenvertiefung auf sandigen Böden. agrartechnik 38 (1988) H. 12.
- [9] N.N.: Lemken Carbon Farming. 2022, URL: <https://lemken.com/de/lemken-aktuell/news/detail/detail/gemeinsames-forschungsprojekt-zu-carbon-farming/>, Zugriff am: 18.02.2022.

- [10] PÖTTINGER Landtechnik GmbH: SERVO T 6000: neuer PÖTTINGER Pflug PÖTTINGER Österreich News. URL: https://www.poettinger.at/de_at/newsroom/artikel/13081/servo-t-6000-neuer-poettinger-pflug, Zugriff am: 31.03.2022.
- [11] KG, AMAZONEN-WERKE H. DREYER SE & Co: Aufsattel-Volldrehpflug Tyrok 400. 2021, URL: <https://amazone.net/de/agritechnica/unsere-agritechnica-neuheiten-2022/neuheiten-details/aufsattel-volldrehpflug-tyrok-400-975120>, Zugriff am: 31.03.2022.
- [12] N.N.: INNOVATION AWARD AGRITECHNICA 2022. URL: <https://www.agritechnica.com/de/ausgezeichnete-innovationen-und-konzepte/innovation-award/medaillen-gold-und-silber-2022>, Zugriff am: 18.03.2022.
- [13] N. N: Der neue Karat 10. URL: <https://lemken.com/de/lemken-aktuell/news/detail/detail/der-neue-karat-10/>, Zugriff am: 30.03.2022.
- [14] N. N: Anhängelflachgrubber Cobra-2TX. URL: <https://amazone.de/de-de/agritechnica/unsere-agritechnica-neuheiten-2022/anhaengeflachgrubber-cobra-2tx-997794>, Zugriff am: 31.03.2022.
- [15] KNOCHE Maschinenbau: Grubber - Ökogrubber. URL: <https://knoche-maschinenbau.de/produkte/grubber/grubber-oekogrubber/>, Zugriff am: 31.03.2022.
- [16] Schmailzl, E.: Eine Kette, die verbindet. 2021, URL: <https://www.agrarheute.com/traction/tests-technik/kette-verbindet-583031>, Zugriff am: 18.02.2022.
- [17] Holzhammer, A.: DALBO Powerchain 800: Kettenscheibenegge zur flachen Bodenbearbeitung. 2022, URL: <https://www.topagrar.com/technik/news/dalbo-powerchain-800-kettenscheibenegge-zur-flachen-bodenbearbeitung-12847205.html>, Zugriff am: 18.02.2022.
- [18] N.N.: Fliegl Agro-Center KSE680« disc chain harrow Your agricultural Onlineshop in XXL. URL: <https://agro-center.de/en/kse680-disc-chain-harrow-ksefilm000005.html>, Zugriff am: 24.03.2022.
- [19] KG, AMAZONEN-WERKE H. DREYER SE & Co: X-Cutter-Disc für die sehr flache Bodenbearbeitung. 2021, URL: <https://amazone.de/de-de/agritechnica/unsere-agritechnica-neuheiten-2022/x-cutter-disc-fuer-die-sehr-flache-bodenbearbeitung-997866>, Zugriff am: 18.02.2022.
- [20] Herlitzius, T.; Grosa, A.; Hengst, M.; Przybyla, M.: Bodenbearbeitungstechnik (2019), S. 15.
- [21] N.N.: AEROSTAR-FUSION. URL: <https://www.einboeck.at/newsroom/innovationen-2022>, Zugriff am: 28.03.2022.
- [22] N. N: Carré Pressius Präzisionsstriegel. URL: <https://www.pool-agri.com/carre/product/carre-pressius-praezisionsstriegel-neu/?lang=de/>, Zugriff am: 30.03.2022.
- [23] Brüse, C.: Agritechnica: 16 Silbermedaillen für Innovationen. PROFI.
- [24] Deter A.: Agritechnica-Silber: Müthing Coverseeder sät Zwischenfrüchte ohne Bodenbearbeitung. URL: <https://www.topagrar.com/technik/news/agritechnica-silber-muehthing-coverseeder-saet-zwischenfruechte-ohne-bodenbearbeitung-12766659.html>, Zugriff am: 30.03.2022.
-

- [25] N. N.: CoverSeeder. Eilbote 2021 H. 50, S. 22.
- [26] N. N.: Produktinformation Müthing Coverseeder. Müthing GmbH 6 Co. KG (Hrsg.), 2022.
- [27] N. N.: John Deere Pressemitteilung. URL: <https://www.deere.de/de/unser-unternehmen/news-und-medien/pressemeldungen/2022/maerz/john-deere-8R-410-jetzt-auch-mit-eAutoPowr-verfuegbar.html>, Zugriff am: 23.03.2022.
- [28] Gabriel, A.: Akzeptanz von digitalen Technologien in der Gesellschaft und in der landwirtschaftlichen Praxis. DOI: 10.3220/REP1634803385000. In: Dirksmeyer, W.; Menrad, K. (Hrsg.): Aktuelle Forschung in der Gartenbauökonomie : Digitalisierung und Automatisierung - Welche Chancen und Herausforderungen ergeben sich für den Gartenbau? Tagungsband zum 3. Symposium für Ökonomie im Gartenbau am 15. November 2019 in Freising / Weihenstephan, Thünen Rep, Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut 2021, S. 190.
- [29] N.N.: Konferenz: World FIRA 2021 (07. - 09.12.2021). Toulouse.
- [30] N.N.: Autonomous Oz weeding robot. URL: <https://www.naio-technologies.com/en/oz/>, Zugriff am: 28.03.2022.
- [31] N.N.: Fendt Xaver Fendt FutureFarm - Fendt. URL: <https://www.fendt.com/de/xaver>, Zugriff am: 28.03.2022.
- [32] N.N.: Produkt. URL: <https://farmdroid.dk/de/produkt-2/>, Zugriff am: 28.03.2022.
- [33] Future Farming: VIDEO: These 6 ROBOTS were presented at FIRA 2021 Part 1. 2021, URL: <https://www.youtube.com/watch?v=2-0Cthfl8jl>, Zugriff am: 28.03.2022.
- [34] N.N.: Naïo Orio agricultural robot demo at World Ag Expo. 2022, URL: <https://mobilerobotguide.com/2022/02/15/naio-orio-agricultural-robot-launches-at-world-ag-expo/>, Zugriff am: 28.03.2022.
- [35] N.N.: Fira 2021: Neues aus der Agrarroboter-Szene. 2022, URL: <https://www.profi.de/technisch/elektronik/fira-2021-neues-aus-der-agrarroboter-szene-28847.html>, Zugriff am: 28.03.2022.
- [36] N.N.: Unkrautbekämpfung mit KI statt Chemie. URL: <https://www.iis.fraunhofer.de/de/profil/jb/2021/unkrautbekaempfung-mit-ki-statt-chemie.html>, Zugriff am: 2022-03-28.
- [37] N.N.: Agointelli - Precision farming & agricultural robot - We automate farming. URL: <https://www.agointelli.com/>, Zugriff am: 28.03.2022.
- [38] N.N.: COMBINED POWERS. URL: <https://combined-powers.com/>, Zugriff am: 29.03.2022.
- [39] Katrin Fischer, a.: Lemken und Krone: Gemeinsam in die Zukunft - Combined Powers. 2022, URL: <https://www.agrarheute.com/technik/lemken-krone-gemeinsam-zukunft-591367>, Zugriff am: 29.03.2022.
- [40] N.N.: Autonome Landmaschinen im Feldschwarm. 2021, URL: <https://www.profi.de/aktuell/aktuelle-meldungen/autonome-landmaschinen-im-feldschwarm-12710364.html>, Zugriff am: 29.03.2022.

- [41] N.N.: Feldschwarm® – autonome Feldmodule für den ressourcenschonenden Landbau. URL: <http://www.feldschwarm.de/>.
- [42] Wilhelm, B.; Pforte, F.; Hensel, O.; Drücker, H.; Hartung, E.: Intensität teilflächenspezifisch anpassen. Neue Landwirtschaft 2010 (2010) H. 6, S. 5.
- [43] Bossio, D. A.; Cook-Patton, S. C.; Ellis, P. W.; Fargione, J.; Sanderman, J.; Smith, P.; Wood, S.; Zomer, R. J.; Unger, M. von; Emmer, I. M.; Griscom, B. W.: The role of soil carbon in natural climate solutions. Nature Sustainability 3 (2020) H. 5, S. 391-398.

Autorendaten

Prof. Dr.-Ing. habil. Thomas Herlitzius ist Inhaber der Professur für Agrarsystemtechnik und Direktor des Instituts für Naturstofftechnik in der Fakultät Maschinenwesen der Technischen Universität Dresden. Dipl.-Ing. Martin Hengst, Dipl.-Ing. Sören Geißler, Dipl.-Ing. Stefan Schwede und Dr.-Ing. Tim Bögel sind wissenschaftliche Mitarbeiter der Professur für Agrarsystemtechnik, Institut für Naturstofftechnik, Fakultät Maschinenwesen der Technischen Universität Dresden.

Bibliografische Angaben / Bibliographic Information

Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation

Herlitzius, Thomas; Hengst, Martin; Geißler, Sören; Schwede, Stefan; Bögel, Tim: Bodenbearbeitungstechnik. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2021. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2022. S. 1-15

Zitierfähige URL / Citable URL

<https://doi.org/10.24355/dbbs.084-202202030950-0>

Link zum Beitrag / Link to Article

<https://www.jahrbuch-agrartechnik.de/artikelansicht/jahrbuch-2021/chapter/bodenbearbeitung.html>

Dieser Beitrag wird unter einer CC-BY-NC-ND 4.0 Lizenz veröffentlicht.