

Bodenbearbeitung

Stefan Schwede, Martin Hengst, Sören Geißler, Thomas Herlitzius

Kurzfassung

Wetterextreme mit längeren Trockenphasen und häufigeren Starkregenereignissen verändern das Anforderungsprofil an Ackerbausysteme. Flaches, Verdunstung reduzierendes Arbeiten, aber auch situative, standortabhängige und sensorgestützte Bodenbearbeitung liegen weiterhin im Trend. Neben Geräteanpassungen der Hersteller an höhere verfügbare Antriebsleistungen, sind weiterhin auch findige Lösungen zur präzisen Konturführung bei flacher Bodenbearbeitung Bestandteil der aktuellen Entwicklung. Zudem wird weiterhin an Verfahren zur Ertrags-sicherung bei langen Trockenperioden geforscht. Im Bereich der hochautomatisierten und teil-autonomen Maschinensysteme für die Bodenbearbeitung wird derzeit Prozessüberwachungs-sensorik entwickelt und an einer Definition von Bewertungskriterien für das Arbeitsergebnis gearbeitet.

Schlüsselwörter

Bodenbearbeitung, Bodenbearbeitungstechnik, mechanische Unkrautregulierung, flache Bodenbearbeitung, Sensorik, Feldroboter

Tillage

Thomas Herlitzius, Martin Hengst, Sören Geißler, Stefan Schwede

Abstract

Extreme weather conditions with longer dry periods and more frequent heavy rainfall events are changing the requirements for farming strategies. Shallow, evaporation reducing tillage but also situation-specific, location-based and sensor-supported tillage are still trending. Manufacturers adapt their equipment to the higher drive power available. Innovative solutions for accurate contour guidance in shallow tillage are still part of current developments. Another area of research is the development of methods to secure crop yields in long drought periods. In the field of highly automated and semi-autonomous machine systems for soil cultivation, development work is focusing on process control sensors and the definition of evaluation criteria for the quality of the process results.

Keywords

Tillage, tillage technology, mechanical weed control, shallow tillage, sensor technology, field robots

Allgemeine Entwicklung

Die wirtschaftliche Situation für die Landwirte stellt sich im Vergleich zum Anfang des Jahres 2024 leicht verbessert dar. Die Gründe sind in gestiegenen tierischen Erzeugerpreisen, guten Ernteergebnissen in 2024 sowie gutem Betriebsmanagement zu finden. Der Blick in die Zukunft fällt allerdings verhaltener aus. [1 - 3]. Als Hauptgründe für die negative Beurteilung der zukünftigen wirtschaftlichen Lage werden hauptsächlich die Unsicherheit in Bezug auf die Agrarpolitik, Bürokratie und hohe Betriebsmittelpreise genannt. Laut des Agrarbarometers von Dezember 2024 planen 30% der Landwirte im Jahr 2025 in neue Maschinen und Geräte zu investieren [4; 5].

Nachdem im Jahr 2023 durch die in Deutschland produzierenden Landtechnikhersteller noch ein Rekordumsatz von über 15 Mrd. € erreicht wurde [6], trübte sich die Stimmung in 2024 deutlich ein. Die Kosten für landwirtschaftliche Betriebsmittel haben sich zwar wieder leicht verringert, jedoch macht das anhaltend hohe Zinsniveau der Branche zu schaffen. Viele Hersteller vermeldeten bereits deutlich Umsatzeinbrüche. Es wird vom VDMA für das Gesamtjahr 2024 mit einem Umsatzrückgang von ca. 20 Prozent gerechnet. Die Erwartungen für 2025 fallen noch zurückhaltender aus [7]. Die Hersteller von Bodenbearbeitungstechnik reihen sich in die Rekordergebnisse des Jahres 2023 ein. Für 2024 sind hier noch keine repräsentativen Betriebsergebnisse bekannt.

Im Bereich der Bodenbearbeitung lassen statistische Erhebungen darauf schließen, dass der Anteil konservierend arbeitender Betriebe zunimmt. In 2022/23 wurden auf 49 % des Ackerlandes ausschließlich konservierende Verfahren angewendet (2015/16 40%), während nur noch 40 % des Ackerlandes konventionell gepflügt wurden (vorherige Erhebung 53 %). Die Direktsaat ohne Bodenbearbeitung (No-Till) bleibt eine Randerscheinung. (1 % der Ackerfläche, keine Veränderung zur letzten Erhebung) [8; 9].

Mit der Zunahme der konservierenden Bodenbearbeitung geht der Trend der letzten Jahre hin zu flacher (5-10 cm) bis hin zu ultraflacher Bodenbearbeitung (2-3 cm) einher. Zu den DLG-Feldtagen 2024 wurde die breite Produktpalette der Industrie in diesem Bereich vorgeführt. Das Interesse an entsprechender Technik scheint weiterhin sehr hoch und ist mit zunehmender Bedeutung der Bodenbearbeitung für Erntestromanagement und mechanische Beikrautregulierung ein wachsender Markt [10 - 12].

Grundbodenbearbeitung

Die Fa. Lemken erweitert die Reihe an aufgesattelten Drehpflügen um den Diamant 18. Mit 6 - 8 Scharen und einer Freigabe bis 650 PS sollen Großtraktoren bedient werden. Die Anpassung an höhere Zugleistungen spiegelt den Trend in der Branche wider. Besonders ist das am Rahmenende angebrachte Stützrad mit Lenkfunktion. Vorteile sind nach Herstellerangaben der niedrigere Schwerpunkt mit Vergleich zu mittig angeordneten Rädern, ein besseres Einzugsverhalten, ruhigeres Fahrverhalten und durch die Lenkfunktion soll das Gerät eine gute Manövrierfähigkeit am Vorgewende haben [13].

Dennoch besteht weiterhin Nachfrage nach Pflügen im mittleren Segment. Beispielsweise hat die Fa. Amazone den angebauten Volldrehpflug Teres 200 mit 4 - 5 Scharen und einer Freigabe bis 200 PS, vorgestellt (**Bild 1**, links) [14].

Durch höhere Arbeitsgeschwindigkeiten am Pflugkörper verlagert sich der Bereich mit dem größten Verschleiß nach hinten. Optional ist zum Teres Pflug der SpeedBlade Pflugkörper erhältlich. Durch ein vergrößertes Streichblech-Vorderteil findet der meiste Verschleiß trotz der Verlagerung bei höheren Geschwindigkeiten auf diesem Bauteil statt. Damit wird auf Arbeitsgeschwindigkeiten bis 10 km/h reagiert, siehe Bild 1 rechts [15].



Bild 1: Amazone Teres 200 Volldrehpflug (links) [14]; SpeedBlade Pflugkörper (rechts) [15].

Figure 1: Amazone Teres 200 reversible plough (left) [14]; SpeedBlade plough body (right) [15].

Stoppelbearbeitung

Im vergangenen Jahrbuch wurde bereits das Anbaugerät ActiCut von der Fa. 4Disc mit rotierenden Scheibenwerkzeugen zur flachen mechanischen Bodenbearbeitung vorgestellt [16]. Jetzt erweitert die Fa. 4Disc ihr Portfolio um den Federzinkengrubber Reptor mit 6 Balken und Arbeitsbreiten zwischen 4 - 7 m, siehe **Bild 2**. Über insgesamt 6 Tasträder können die Grubbersegmente präzise an die Feldkontur angepasst werden. Um den Werkzeugeinzug sicherzustellen, kann über einen hydraulischen Hebel Kraft von den Unterlenkern auf das Gerät übertragen werden [17].

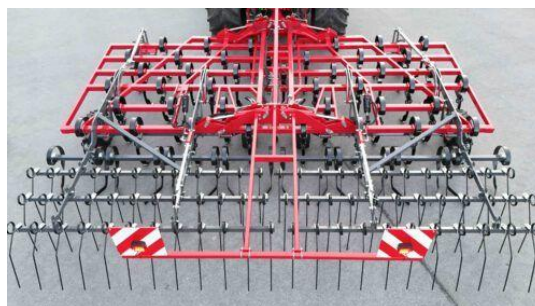


Bild 2: Zinkengrubber Reptor der Fa.4Disc GmbH [17].

Figure 2: Tine cultivator Reptor from 4Disc GmbH [17].

Grundlagenforschung

Bereits seit einigen Jahren wird untersucht, wie humusreicher Oberboden in tiefere Bodenschichten eingelagert werden kann, um sandige Böden resilienter und ertragssicherer gegenüber zum Beispiel langen Trockenperioden zu machen. Das Verfahren der partiellen Krumenvertiefung wurde bereits in den 1980er Jahren im Feld erprobt [18]. Im aktuellen Projekt "Carbon Tillage" wurde ein Pflug mit entsprechend modifizierten Pflugkörpern entwickelt, siehe Bild 3. Der streifenweise tiefere Arbeitshorizont hat einen höheren Zugkraftbedarf, was sich in einen um durchschnittlich 10 l/ha höheren Dieselverbrauch im Vergleich zum konventionellen Pflügen niederschlägt. Die zusätzliche CO₂ Emission beim Pflügen soll bei weniger als 1 % der Kohlenstoffmenge liegen, die zusätzlich durch das Verfahren im Boden eingelagert werden kann. Es konnte zudem nachgewiesen werden, dass der in den 1980er Jahren eingelagerte Kohlenstoff noch zu 50 - 100 % vorhanden ist. Andererseits ermöglichen die humusreichen Schächte unter anderem, dass Pflanzen tiefer wurzeln können um beispielsweise an feuchteren Boden zu gelangen. Aus den damaligen Erfahrungen geht hervor, dass die partielle Krummenvertiefung zu einer Ertragssteigerung von durchschnittlich 6% bei Getreide und 8% bei Kartoffeln und Zuckerrüben führt [19].

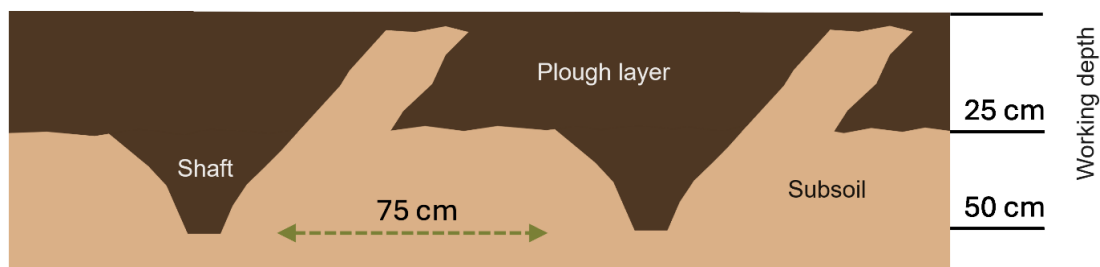
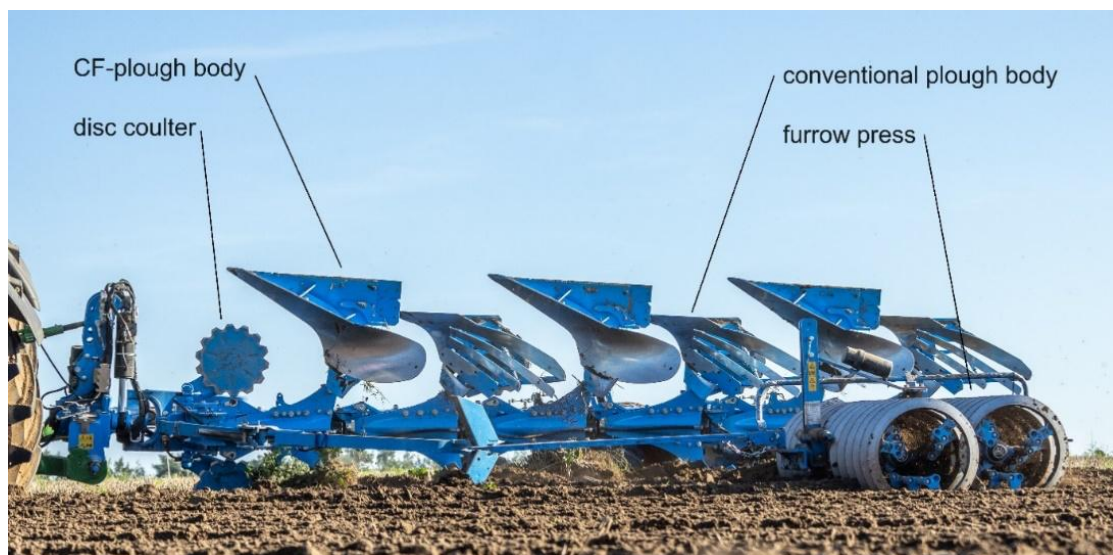


Bild 3: 6 schariger "Carbon Farming Pflug" (oben) und Schamtische Darstellung des Querschnittsprofils nach der Bearbeitung (unten) [19].

Figure 3: 6-body "Carbon-Farming plough" (top) and schematic illustration of the soil profile after tillage (bottom) [19].

Hochautomatisierte Systeme in der Bodenbearbeitung

Der Einsatz und die Verbreitung von automatisierten und autonomen Geräten und Maschinen in der landwirtschaftlichen Feldbearbeitung setzt sich weiterhin fort. Gemäß der Untersuchung "Smart Agriculture Market Size And Forecast" [20] wird prognostiziert, dass dieser Sektor von 17,74 Milliarden US-Dollar im Jahr 2024 auf 38,86 Milliarden US-Dollar bis 2031 anwachsen wird. Sowohl [21] als auch [22] sind der Überzeugung, dass die Integration von Robotik und digitalen Lösungen in die Agrarwirtschaft immer weiter voranschreitet. Die Landwirte erhoffen sich dabei vor allem durch den Einsatz von Lösungen unterstützt durch künstliche Intelligenz (KI) eine deutliche Arbeitserleichterung. Dem gegenüber steht die Tatsache, dass mangelnde Interoperabilität und fehlende Digitalkompetenz die größten Hindernisse für eine erfolgreiche Digitalisierung darstellen [23]. Die Standardisierungsanstrengung der Industrie können dem schnellen Fortschritt digitaler Technologien nicht mehr folgen und die Offenheit der Schnittstellen vieler Produkte als Alternative zu fehlenden oder veralteten Standards ist eher die Ausnahme.

Viele robotische Anwendungen werden zum aktuellen Stand vorwiegend im Bereich der mechanischen und optimierten chemischen Beikrautbekämpfung, sowie Wein-/ Obstbau und in Sonderkulturen eingesetzt. Dies zeigen vor allem Veranstaltungen wie die Fira 2024 in Toulouse [24; 25], die DLG-Feldtage [12] sowie weitere praxisorientierte Veranstaltungen mit automatisierten und autonomen Lösungen zur landwirtschaftlichen Feldbearbeitung [26; 27]. Aufgrund der hohen Anforderungen an die Zugkraft und die Konkurrenz zu Maschinen-Geräte-Kombinationen mit hohen Arbeitsbreiten [28] kommen im Bereich der Bodenbearbeitung nur vereinzelte Lösungen zum Einsatz. In den vergangenen Jahren wurde auch hierfür eine Reihe geeigneter Konzepte vorgestellt. Dabei rücken vor allem zwei Maschinensysteme in Fokus. Zum einen der AgBot 5.115T2 von AgXeed, der bereits im Jahr 2020 vorgestellt wurde und mittlerweile als Kleinserie produziert wird. Diese Maschine verfügt über Standardschnittstellen zur Gerätekopplung (bspw. Dreipunktanbau in Fron und Heck, PTO) und kann sehr universell eingesetzt werden. Einsatzbereiche sind vorwiegend die Stoppelbearbeitung und Saatbettbereitung, aber auch für Aussaat und Mulchen kann die Maschine nach Herstellerangaben eingesetzt werden [29]. Zum anderen das 2022 vorgestellte Gemeinschaftsprojekt "Combined Powers" von Lemken und Krone mit der VTE. Verfügte die erste Version dieser Maschine lediglich über einen Anbauraum mit Standarddreipunkt und PTO, sind aktuellen Maschinen vergleichbar klassischer Standardtraktoren mit zwei Anbauräumen ausgestattet. Damit erweitert sich auch das Einsatzspektrum der Maschinen. Kamen bislang vorwiegend Grubber und Frontmäherwerke zum Einsatz, können jetzt bspw. für die Aussaat Walzen und Behälter mitgeführt werden und zum Einsatz kommen, bzw. durch klassische Frontgewicht eine individuelle Ballastierung realisiert werden [30 - 32].



Bild 4: AgBot 5.115T2 von AgXeed (links) [8]; VTE von Lemken und Krone (rechts) [30].
Figure 4: AgBot 5.115T2 by AgXeed (left) [8]; VTE by Lemken and Krone (right) [30].

Limitierender Faktor für einen breiteren Einsatz dieser Maschinen sind neben den gesetzlichen Randbedingungen [33] oft die fehlende Sensorik für den Arbeitsprozess und den Zustand der Prozesswerkzeuge sowie das Arbeitsergebnis selbst. Dabei besteht die Herausforderung darin, die jeweiligen Informationen unter allen Umgebungsbedingungen sensorisch zu erfassen, diese zu digitalisieren und letztlich durch geeignete maschinentaugliche Algorithmen zu verarbeiten. Das Ergebnis kann dann sowohl zur Regelung des Arbeitsprozesses oder des Zugfahrzeuges genutzt als auch dem Fahrer bzw. einen nicht vor Ort befindlichen Maschinenbediener/ -überwacher als Hinweis angezeigt werden. Mit der Erfassung und Verarbeitung der notwendigen Informationen haben sich bereits viele Arbeiten beschäftigt [34 - 38] ohne dass diese Systeme Einzug in die Landtechnik gefunden haben. Dabei stellen oft die Bewertungskriterien ein entscheidendes Problem der automatisierten Beurteilung dar. Ein simulativer Lösungsansatz wird in [39] beschreiben. Dabei wird auf Basis von geeigneten Werkzeugen und Abstraktionen eine definierte Versuchsumgebung geschaffen. Durch eine schrittweise Iteration an realen Strukturen und Bedingungen werden Parameter definiert, die Aussage über die Oberflächenbeschaffenheit geben. In einem letzten Schritt werden die Erkenntnisse durch einen realen Versuchsaufbau und anschließenden Feldtests mit dem Ergebnis validiert, dass gefunden Parameter eine gute und umfassende Aussage über die Rauheit der Oberfläche liefern [39].

Zusammenfassung / Summary

Derzeit setzen sich die Trends der letzten Jahre in der Bodenbearbeitung fort. Durch den zunehmenden Anteil an konservierender Bodenbearbeitung sowie die Verbreitung der ultraflachen Bodenbearbeitung als Teil des Ernterestmanagements ist das Interesse an der entsprechenden Gerätetechnik groß. Neben Geräteanpassungen der Hersteller an höhere verfügbare Antriebsleistungen, sind weiterhin auch findige Lösungen zur präzisen Konturführung bei flacher Bodenbearbeitung Bestandteil der aktuellen Entwicklung. Zudem wird weiterhin an Verfahren zur Ertragssicherung bei langen Trockenperioden geforscht. Im Bereich der hochautomatisierten und teilautonomen Maschinensysteme für die Bodenbearbeitung wird derzeit an Prozessüberwachungssensorik und der Definition von Bewertungskriterien für das Arbeitsergebnis gearbeitet.

Literatur

- [1] N.N.: DBV-Situationsbericht: Landwirtschaft mit deutlichen Gewinneinbrüchen. URL: <https://www.bauernverband.de/topartikel/dbv-situationsbericht-landwirtschaft-mit-deutlichen-gewinneinbruechen>, Zugriff am: 19.02.2025.
- [2] N.N.: Situationsbericht 24/25. URL: <https://www.situationsbericht.de/>, Zugriff am: 19.02.2025.
- [3] BMEL: Ackerbau - Erntebericht 2024. URL: <https://www.bmel.de/DE/themen/landwirtschaft/pflanzenbau/ackerbau/ernte-2024.html>, Zugriff am: 19.02.2025.
- [4] Eilbote Online: Konjunkturbarometer Agrar: Stimmung im Sinkflug. URL: <https://www.eilbote-online.com/artikel/konjunkturbarometer-agrar-stimmung-im-sinkflug-43278>, Zugriff am: 19.02.2025.
- [5] N.N.: Rentenbank-Agrarbarometer - Rentenbank. URL: <https://www.rentenbank.de/research/rentenbank-agrarbarometer/>, Zugriff am: 19.02.2025.
- [6] Eilbote Online: VDMA Landtechnik: Trübe Aussichten für 2024. URL: <https://www.eilbote-online.com/artikel/vdma-landtechnik-truebe-aussichten-fuer-2024-43451>, Zugriff am: 24.01.2025.
- [7] Eilbote Online: Konjunkturbarometer Agribusiness: Branche in schwerem Fahrwasser. URL: <https://www.eilbote-online.com/artikel/konjunkturbarometer-agribusiness-branche-in-schwerem-fahrwasser-44787>, Zugriff am: 19.02.2025.
- [8] Statistisches Bundesamt: Pflugeinsatz verliert in der Landwirtschaft an Bedeutung. URL: https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2024/05/PD24_212_41.html, Zugriff am: 19.02.2025.
- [9] Eilbote Online: Destatis-Zahlen: Pflügen im Rückwärtsgang. URL: <https://www.eilbote-online.com/artikel/destatis-zahlen-pfluegen-im-rueckwaertsgang-43769>, Zugriff am: 19.02.2025.
- [10] Eilbote Online: Nachschau DLG Feldtage: Flacher und flexibler. URL: <https://www.eilbote-online.com/artikel/nachschau-dlg-feldtage-flacher-und-flexibler-43962>, Zugriff am: 19.02.2025.
- [11] Eilbote Online: Bodenbearbeitung: Nacherntemanagement: Stoppeln bearbeiten. URL: <https://www.eilbote-online.com/artikel/bodenbearbeitung-nacherntemanagement-stoppeln-bearbeiten-44432>, Zugriff am: 19.02.2025.
- [12] Rutt, K.; Ehnts-Gerdes, A.; Künzel, T.: DLG-Feldtage. Rückschau und der Blick nach vorn. 2024, URL: <https://www.dlg-mitteilungen.de/artikel/dlg-feldtage-rueckschau-und-der-blick-nach-vorn>, Zugriff am: 2025-02-21.
- [13] N.-N.: Neuer Diamant 18 | LEMKEN. URL: <https://lemken.com/de-de/lemken-aktuelles/landtechnik-news/detail/diamant-18-neu-aufsatteldrehpflug>, Zugriff am: 19.02.2025.
- [14] N.-N.: Neuer AMAZONE Anbau-Volldrehpflug Teres 200. URL: <https://amazone.de/de-de/service-support/fuer-medien/pressemitteilungen/aktuell/neuer-amazone-anbau-volldrehpflug-teres-200--1609712>, Zugriff am: 19.02.2025.

- [15] N.-N.: SpeedBlade Maximales Tempo – Minimaler Verschleiß. URL: <https://amazone.de/de-de/produkte-digitale-loesungen/landtechnik/bodenbearbeitung/pfluege/speedblade-maximales-tempo-minimaler-verschleiss-980124>, Zugriff am: 20.02.2025.
- [16] Herlitzius, T.; Hengst, M.; Geißler, S.; Schwede, S.: Bodenbearbeitungstechnik (2024).
- [17] N.-N.: REPTOR – 4DISC. URL: <https://www.4disc.de/ackerbau/reptor/>, Zugriff am: 20.02.2025.
- [18] Baur, A.; Herzog, R.; Weinkauff, H.: Krumenbasispflüge B 205A - umgerüstete Aufsattelbeetpflüge B 200/B 201 zur partiellen Krumenvertiefung auf sandigen Böden. *agrartechnik* 38 (1988) H. 12.
- [19] Fröming, F.; Gerriets, M.: CF-Plough – An innovative solution for climate protection, soil fertility and yield security. DOI: 10.51202/9783181024447-255. In: LAND.TECHNIK 2024 – 81. Internationale Tagung Landtechnik : 6. bis 7. November 2024, Osnabrück, VDI-Berichte, Bd. 2444, Düsseldorf: VDI Verlag GmbH 2024, S. 255-262.
- [20] N.N.: Smart Agriculture Market Size & Forecast. URL: <https://www.verifiedmarketresearch.com/product/smart-agriculture-market/>, Zugriff am: 2025-02-20.
- [21] N.N.: Digitalisierung in der Landwirtschaft - Wie Roboter Feld und Stall verändern. Whitepaper, Bayern Innovativ GmbH (Hrsg.), Nürnberg, URL: <https://www.bayern-innovativ.de/emagazin/detail/de/seite/whitepaper-digitalisierung-in-der-landwirtschaft/>, Zugriff am: 2025-02-17.
- [22] N.N.: Digitaler Bauernhof: Landwirte erwarten Verdreifachung des Einsatzes von künstlicher Intelligenz. URL: <https://www.continental.com/de/presse/pressemitteilungen/20240318-agriculture-transition/>, Zugriff am: 2025-02-20.
- [23] N.N.: Digitalisierung der Landwirtschaft | Bitkom Research. URL: <https://www.bitkom-research.de/node/975>, Zugriff am: 24.02.2025.
- [24] Schubnel, M.; Salzmann, W.; Engeler, R.: Robotik in Bewegung. *Landtechnik Schweiz* 86 (2024) März 2024, S. 55-57.
- [25] N.N.: FIRA 2024. URL: <https://world-fira.com/gallery/>, Zugriff am: 2025-02-21.
- [26] N.N.: patchCROP-Feldrobotiktag 2024: Digitalisierung in der Landwirtschaft zum Greifen nah. 2025, URL: <https://www.zalf.de/de/aktuelles/Seiten/Pressemitteilungen/patchCROP-Feldrobotiktag-2024.aspx>, Zugriff am: 2025-02-21.
- [27] N.N.: 2. Köllitscher Feldrobotiktag. 2024, URL: <https://www.landwirtschaft.sachsen.de/2-koellitscher-feldrobotiktag-65919.html>, Zugriff am: 2025-02-21.
- [28] Bischoff, J.; Grosa, A.; Grube, J.; Meinel, T.: Praxishandbuch Bodenbearbeitung und Aussaat: Grundlagen, Technik, Verfahren, Bewertung. 1. Auflage, ERLING Verlag 2018, ISBN: 978-3-86263-132-2.
- [29] Bühnemann, P.: Feldrobotik aus Sicht der Händler. Köllitsch 2024, URL: <https://www.landwirtschaft.sachsen.de/2-koellitscher-feldrobotiktag-65919.html>, Zugriff am: 2025-02-21.

- [30] N.N.: Erweiterung des Einsatzspektrums der autonomen Zugeinheit LEMKEN. URL: <https://lemken.com/de-de/lemken-aktuelles/landtechnik-news/detail/erweiterung-einsatz-spektrum-autonome-zugeinheit>, Zugriff am: 2025-02-21.
- [31] N.N.: COMBINED POWERS - The next level in automated agriculture. URL: <https://combined-powers.com/>, Zugriff am: 2025-02-21.
- [32] Heier, L.; Schroer-Merker, E.: Combined Powers - Autonomes Arbeiten in der Landwirtschaft. Köllitsch 2024, URL: <https://www.landwirtschaft.sachsen.de/2-koellitscher-feldrobotiktag-65919.html>, Zugriff am: 2025-02-21.
- [33] Hipp, J.; Hummel, N.: Rechtliche Grundlagen. Köllitsch 2024, URL: <https://www.landwirtschaft.sachsen.de/2-koellitscher-feldrobotiktag-65919.html>, Zugriff am: 2025-02-21.
- [34] Kuipers, H.: A reliefmeter for soil cultivation studies. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 5 (1957) H. 4, S. 255-262.
- [35] Hansen, B.; Schjønning, P.; Sibbesen, E.: Roughness indices for estimation of depression storage capacity of tilled soil surfaces. *Soil and Tillage Research* 52 (1999) H. 1, S. 103-111.
- [36] Riegler-Nurscher, P.; Huber, J.; Moitzi, G.; Wagenristl, H.; Hofinger, M.; Prankl, H.: A system for online control of a rotary harrow using soil roughness detection based on stereo vision. In: *LAND.TECHNIK AgEng 2017 The Forum for Agricultural Engineering Innovations*, VDI-Berichte, Hannover: VDI Verlag 2017, ISBN: 978-3-18-092300-0, S. 561-567.
- [37] Martinez-Agirre, A.; Álvarez-Mozos, J.; Milenković, M.; Pfeifer, N.; Giménez, R.; Valle, J. M.; Rodríguez, Á.: Evaluation of Terrestrial Laser Scanner and Structure from Motion photogrammetry techniques for quantifying soil surface roughness parameters over agricultural soils. *Earth Surface Processes and Landforms* 45 (2020) H. 3, S. 605-621.
- [38] Bögel, T.; Herlitzius, T.: Multipurpose soil tillage with smart machinery - Electric driven, sensor-controlled soil tillage. DOI: 10.51202/9783181023747-69. In: *LAND.TECHNIK 2020 The Forum for Agricultural Engineering Innovations*, VDI-Berichte, Düsseldorf: VDI Verlag 2020, S. 69-72.
- [39] Graf, M.; Geimer, M.: Tillage Quality Measurement: Surface Roughness Analysis using Height Profiles. DOI: 10.51202/9783181024447-195. In: *LAND.TECHNIK AgEng 2024*, VDI-Berichte, Osnabrück: VDI Verlag 2024, S. 195-204.

Autorendaten

Dipl.-Ing. Martin Hengst, Dipl.-Ing. Sören Geißler und Dipl.-Ing. Stefan Schwede sind wissenschaftliche Mitarbeiter der Professur für Agrarsystemtechnik am Institut für Naturstofftechnik der Fakultät Maschinenwesen der Technischen Universität Dresden.

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.

Bibliografische Angaben / Bibliographic Information

Wissenschaftliches Review / Scientific Review

Erfolgreiches Review am 27.02.2025

Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation

Schwede, Stefan; Hengst, Martin; Geißler, Sören; Herlitzius, Thomas: Bodenbearbeitung. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2024. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2025. S. 1-10

Zitierfähige URL / Citable URL

<https://doi.org/10.24355/dbbs.084-202502071040-0>

Link zum Beitrag / Link to Article

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

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