

Übersicht zur Feld-Robotik in der Landtechnik

Steffen Schwich, Ilja Stasewitsch, Marko Fricke, Jan Schattenberg

Kurzfassung

Nach der Einführung von Assistenz- und Automatisierungstechnik folgt nun der nächste Schritt hin zur hoch- und vollautomatisierten Landmaschine. Technologische Fortschritte in der Entwicklung von Sensoren, aber auch kompakte Antriebs- und Energiespeichersysteme öffnen immer mehr Einsatzbereiche für Feldroboter. Innovative und im Schwarm arbeitende Feldroboter werden in Zukunft vielseitige Aufgaben ökologischer und ökonomischer als herkömmliche Verfahren verrichten. Der Einsatz von Feldrobotern ermöglicht einen wichtigen Beitrag für das Precision Farming, so dass beispielsweise jede einzelne Pflanze im Bestand auf ihre Wachstumseigenschaften untersucht und versorgt werden kann. In diesem Beitrag werden verschiedene Feldroboter genauer vorgestellt und deren Funktionen erklärt.

Schlüsselwörter

Robotik, Feldroboter, Precision Farming, Roboterschwarm

An Overview of Field-Robotics in Agricultural Engineering

Ilja Stasewitsch, Steffen Schwich, Marko Fricke, Jan Schattenberg

Abstract

After the introduction of assistance and automation technology, the next step is now towards highly and fully automated agricultural machinery. Technological advances in the development of sensors, but also compact drive and energy storage systems are opening up more and more areas of application for field robots. In the near future, innovative field robots working in swarms will perform a wide range of tasks more ecologically and economically than traditional concepts. The use of field robots makes an important contribution to precision farming, so that for example every single plant in the crop can be examined and nurtured for its individual needs. In this article, various field robots are presented in more detail and their functions explained.

Keywords

Robotics, Field Robots, Precision Farming, Robot Swarm

Entwicklungsbereiche der Feldrobotik

Die heutige Robotik für die Feldarbeit kann in zwei Entwicklungsbereiche untergliedert werden. Zum einen wäre da die Integration von Automatisierungslösungen in bestehende Technik und zum anderen die Entwicklung von neuen kleineren Roboterkonzepten. Eine erste Bewertung der Entwicklungslinien autonomer Groß- und Kleintechnik auf ihre ökologischen Potenziale und ihre ökonomische Machbarkeit fand im Rahmen des Forschungsprojektes ALPS statt [1].

Beim Automatisieren der bestehenden Technik werden seit Jahrzehnten Traktoren und Erntemaschinen mehr und mehr mit Sensorik und Software ausgestattet, so dass diese mittlerweile auf Basis der Satellitennavigation hochautomatisiert Feldarbeiten übernehmen können. Auch die Automatisierung der Arbeitsprozesse besitzt bei den Erntemaschinen mit innovativen Expertensystemen bereits einen sehr hohen Entwicklungsgrad [2]. Andere Arbeitsprozesse wie die Bodenbearbeitung stehen im Vergleich dazu noch am Anfang. Aber auch hier sind einzelne Lösungen – wie die echtzeitfähige bodenparameterabhängige Anpassung der Arbeitstiefe oder die Einstellung der Rauigkeit bei der Saatbettbereitung – vorhanden. Es gibt jedoch noch kein System, das beispielsweise auf eine prozessschrittübergreifende Automatisierung der Bodenbearbeitung ausgerichtet ist.

Bei den Traktoren werden aktuell neben der Satellitennavigation vermehrt zusätzliche Sensoren eingesetzt, die – ähnlich wie im Automotiv-Sektor – zur Überwachung des direkten Umfeldes genutzt werden. Auf dieser Basis können Sicherheitsfunktionen wie z. B. eine Personen-erkennung in die Maschinen integriert werden. Auf Basis von kleineren Traktorplattformen (Leistung kleiner 75 kW) und Arbeitsbreiten von weniger als drei Metern haben zwei Forschungsteams in 2018 eine autonome Bewirtschaftung von Feldern durchgeführt. Den aktuellen Stand der Forschung und Entwicklung zeigen ihre Projekte:

- HandsFreeHectare [3] und
- Challenge Centeol [4].

Im HandsFreeHectare Projekt der Harper-Adams-Universität wurde ein Hektar Ackerfläche ohne Eingriff von Operatoren bestellt, gepflegt und geerntet. Dazu wurden ein Kleintraktor und ein Parzellendrescher mit der benötigten Sensorik und Aktorik versehen. Die Challenge Centeol hatte zum Ziel, 50 Hektar Mais autonom zu bestellen und zu pflegen. Für dieses Projekt wurden speziell drei Raupenfahrzeuge entwickelt, die als Trägerfahrzeuge für die Anbaugeräte dienen. Für die autonome Feldarbeit mit Standardanbaugeräten sind weitere Fahrzeugkonzepte vorhanden. [5 bis 10]

Der technologische Fortschritt ermöglicht jedoch den Einsatz kleinerer Arbeitsgeräte bzw. Agarroboter. Letztlich bietet der Einsatz von autonomer Kleintechnik einige systematische Vorteile [1]. Dazu gehören beispielsweise eine geringere Bodenverdichtung und eine einfache Anpassung an unterschiedliche Betriebsgrößen über die Anzahl der Roboter. Die umfangreiche Untersuchung von [11] zum aktuellem Stand der Forschung und Entwicklung von Robotern für den Pflanzenschutz, zur Felderkundung, zum Datensammeln und zur Ernte von wertvollen Früchten und Gemüsen kommt zu dem Ergebnis, dass die Robotik-Systeme aktuell noch nicht ausreichend wirtschaftlich arbeiten im Vergleich zu von Menschen bedienten Ma-

schinen. Eine interdisziplinäre Forschung, der Einsatz von Roboter-Schwärmen, kollaborativen Systemen und/oder die Automatisierung von bestehenden Systeme werden als mögliche Lösungen genannt. Mindestens drei dieser Ansätze sind im aktuellen Forschungsprojekt Feldschwarm[®] gebündelt.

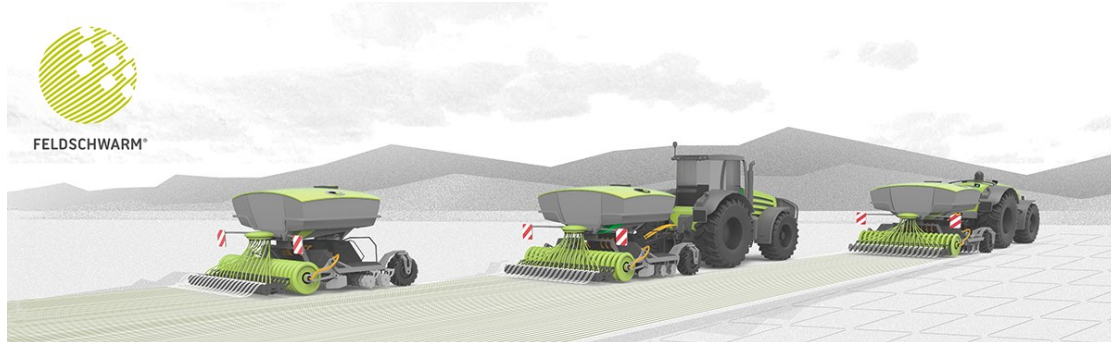


Bild 1: Feldschwarm[®] - autonome Feldmodule für ressourcenschonenden Landbau [12]

Figure 1: Feldschwarm[®] - autonomous field modules for a resource-conserving agriculture [12]

In Zusammenarbeit zwischen Landtechnik, Werkstoffwissenschaft, Elektrotechnik, Maschinen- und Fahrzeugbau sowie Energie-, Anlagen- und Automatisierungstechnik sollen autarke und semi-autarke aktive Prozesswerkzeuge entwickelt und deren kooperative Arbeit in einem Schwarm untersucht werden [12]. Eine Leistungssteigerung könnte durch den Schwarmbetrieb erfolgen. Weiterhin ist die Möglichkeit, die Phenotypisierung und das Pflanzenmanagement mit einer sehr hohen räumlichen und pflanzenspezifischen Auflösung durchzuführen und dadurch die Effizienz der Pflanzenproduktion zu steigern, eine aktuelle Herausforderung für die Forschung und Entwicklung [13].

Der Fokus liegt im Folgenden auf der Beschreibung ausgewählter Feldroboter, die ein sehr ortsdifferenziertes Arbeiten aufgrund Ihrer Bauform und -größe realisieren können. Als weiterführende Literatur zum aktuellen Stand der Robotik in der Landtechnik sei auf [1], [11] und [13] verwiesen. Hierin finden sich auch weitere umfangreiche Literaturhinweise.

Fendt Xaver

Die Firma AGCO GmbH hat auf der Agritechnica 2017 die Entwicklung aus dem mehrjährigen Forschungsprojekt MARS (Mobile Agricultural Robot Swarms) [4] bzw. das Robotersystem Xaver [5] präsentiert. Während dieses von der EU geförderten Projektes wurde die Konzeptidee von kleinen, im Schwarm arbeitenden Robotereinheiten untersucht und entwickelt. Das Robotersystem besteht dabei aus sechs bis zwölf Einheiten. Aktuell lässt sich mit diesem System die hochpräzise Aussaat von Mais durchführen, überwachen und dokumentieren. So werden für jedes Saatkorn der exakte Ablageort und Saatzeitpunkt gespeichert. Durch die Datenspeicherung in einer Cloud soll diese Information für den weiteren Prozess verwendet werden, wie z. B. für den Pflanzenschutz oder das Düngen. Diese Prozesse können somit aufgrund der georeferenzierten Aufzeichnung auch präzise an der Einzelpflanze durchgeführt werden. Über eine App für mobile Endgeräte erfolgt die Planung für das gewünschte Feld. So können

das Saatgutmuster und die Bestandsdichte festgelegt werden. Ein Algorithmus plant in der Cloud anschließend die Aufgaben für den Roboterschwarm und legt die optimalen Pfade der beteiligten Einheiten fest. Abhängig von den eingebenden Parametern und der Anzahl der Roboter lässt sich mit dem System eine Flächenleistung von etwa 1 ha/h erreichen. Die Roboter erhalten ihre Pfade aus der Cloud, wobei Ausfälle einzelner Roboter durch eine permanente Kommunikation und eine Neuberechnung der Pfade abgefangen werden können. Die Kommunikation und Datenübertragung erfolgt über das Mobilfunknetz. Durch Datenpufferung und redundante Kommunikation sollen Ausfälle bei der Netzabdeckung ausgeglichen werden. Die Steuerung der Roboter, d.h. die Bahnregelung, erfolgt auf jedem Roboter selbst. Das System ist in **Bild 2** zusammenfassend veranschaulicht.

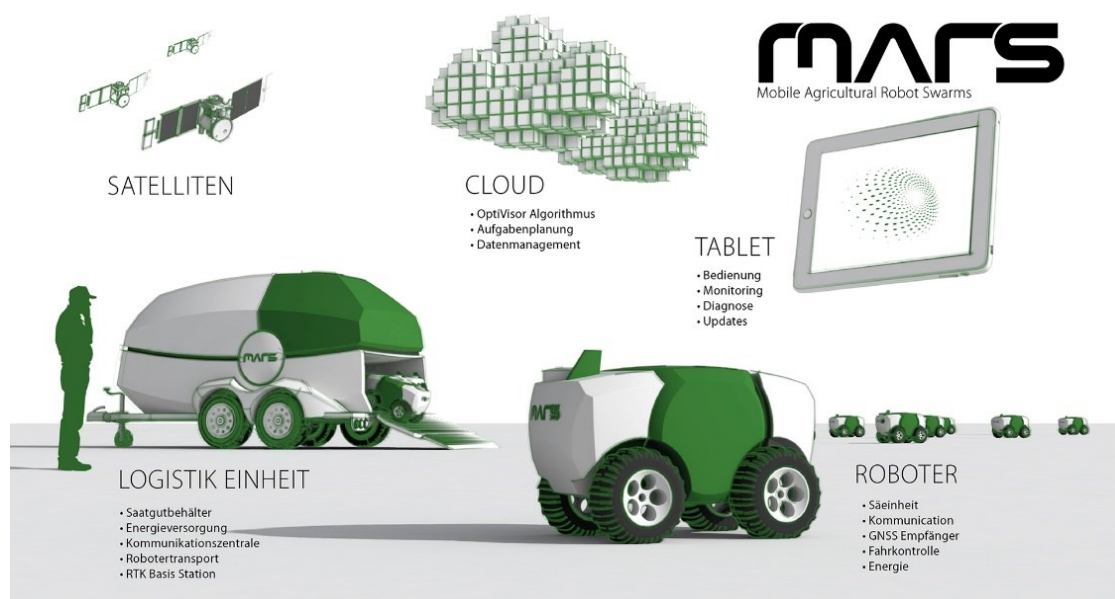


Bild 2: Überblick über das System des MARS-Projekts bzw. des Fendt Xaver [14]

Figure 2: Overview of the MARS project or Fendt Xaver [14]

Die Roboter Xaver (s. Bild 2) haben eine Länge von ca. 70 cm und ein Gesamtgewicht von 65 kg. Alle vier Räder sind mit jeweils einem Elektromotor angetrieben. Die Gesamtleistung für den Fahrtrieb beträgt 400 W. Durch die Differentiallenkung sind die Roboter besonders wendig und diese Lenkungsart vereinfacht die Bahnregelung. Damit alle Räder auch bei Bodenunebenheiten Kontakt zum Boden haben, sind die Achsen als Pendelachsen ausgeführt. Fendt verzichtet auf komplexe Sensorik und verbaut lediglich ein GNSS-Modul (RTK), welches die Lokalisierung übernimmt. Da keine optischen Sensoren verwendet werden ist auch ein Betrieb rund um die Uhr bzw. bei schlechten Sichtverhältnissen möglich. Durch den mechanisch einfachen Aufbau und den Verzicht auf komplexe Sensorik sind die Roboter besonders robust und die Wartung wird erleichtert. Die Software ist ebenfalls einfach aufgebaut und Updates können per „Firmware Over-the-Air“ installiert werden. Eine Fernwartung kann standortunabhängig über das Mobilfunknetz und die Mobilgeräte-App durchgeführt werden. Die mechanische Sä-Einrichtung wird über einen Elektromotor angetrieben. Diese scheibenförmige

Vorrichtung ist so aufgebaut, dass Zinken Löcher für das Saatgut im Boden vorbereiten und anschließend wieder verschließen. Der Saatguttank ist z. B. für 8 kg Maissaatgut ausgelegt. Für eine Sortenmischung auf dem Feld kann aber auch jeder Roboter mit anderen Saatkörnern befüllt werden. Gegenüber konventionellen gezogenen oder selbstfahrenden Sämaschinen hat das Xaver-System energetische Vorteile von bis zu 70 %. Durch das geringe Fahrzeuggewicht und die großzügige Bereifung ist außerdem die Bodenverdichtung mit ca. 200 g/cm² zu vernachlässigen. Da keine ölhaltigen Betriebsstoffe benötigt werden, kann keine Bodenkontamination durch Leckage entstehen. Die Arbeit erfolgt zudem lokal emissionsfrei. In Zukunft soll noch eine Aufladestation sowohl für die Akkuladung, als auch das Auffüllen von Saatgut zur Verfügung stehen. Preislich soll das System mit einer 8-reihigen Sämaschine konkurrieren können.



Bild 3: Fendt Xaver beim Feldeinsatz [15]

Figure 3: Fendt Xaver operating on a field [15]

Oz Weeding Robot

Die Firma Naïo Technologies hat den autonomen Feldroboter Oz Weeding Robot [16] entwickelt. Dieser ist vor allem für den Einsatz im Gemüsebau gedacht und dient ausschließlich zur mechanischen Unkrautbekämpfung. Der Roboter (s. **Bild 4**) hat ein Gewicht von 110 kg und eine Länge von 100 cm. Mit einer Fahrzeugbreite von nur 40 cm ist er in der Lage, zwischen den Pflanzreihen zu arbeiten. Vier Elektromotoren mit jeweils 110 W sorgen für den Antrieb. Durch die Differentiallenkung ist der Roboter besonders wendig. Eine Bodenfreiheit von 7 cm lässt auch das Überfahren von kleinen Pflanzen zu und bietet eine gute Geländegängigkeit. Als Energiespeicher werden Blei- oder Lithiumbatterien angeboten. Je nach Batteriekapazität kann der Roboter 3-10 Std. operieren. Die Batterien können jedoch in weniger als fünf Minuten gewechselt werden, so dass der Roboter unverzüglich die Aufgaben weiter durchführen kann. Die maximale Zuladung beträgt 90 kg und die maximale Anhängelast 300 kg. Eine Bodenbearbeitung ist bei dieser Beladung aber nicht mehr möglich. Folgende Werkzeuge stehen zur Verfügung:

- Pflug
- Striegelegge

- Unkrautbürste
- Federzinkenegge
- Standardegge und
- Anhänger.

Damit lässt sich das Unkraut zwischen den Reihen, aber auch direkt an der Pflanze bearbeiten. Mithilfe des Pfluges lassen sich zudem Wälle an den Pflanzenreihen aufschütten. Der Anhänger kann in der Ernte eine hilfreiche Unterstützung sein. Der Oz Weeding Robot kann in drei verschiedenen Modi verwendet werden:

- **Autonom:** Nach einer Anlernzeit ist der Roboter in der Lage, autonom zwischen den Pflanzenreihen zu arbeiten. Dabei müssen die einzelnen Pflanzen allerdings auf Dämmen von ca. 10 cm Höhe wachsen und zwischen den Pflanzenreihen ist ein Mindestabstand von 50 cm nötig. Für ein autonomes Wendemanöver muss am Vorgewende ein freier Streifen von 250 cm zur Verfügung stehen. Nach Beendigung der Arbeit oder bei Fehlern wird der Besitzer durch eine Textnachricht informiert.
- **Folge-Modus:** Der Folgemodus unterstützt menschliche Arbeitskräfte beim Transport von schweren Lasten z.B. während der Ernte. Dafür steht ein kleiner Anhänger zur Verfügung. Der Roboter folgt dabei dem Menschen, ohne dass eine manuelle Steuerung notwendig ist (s. Bild 4).
- **Manueller Modus:** Im manuellen Modus wird der Oz Weeding Robot per Fernsteuerung bedient werden. Die Reichweite beträgt hierfür 10 m.



Bild 4: Oz Weeding Robot - Links: Bei der Feldarbeit; Rechts: Im Follow-Me-Modus [16]

Figure 4: Oz Weeding Robot - Left: During field work; Right: In Follow Me mode [16]

Weitere Forschungsprojekte

Amazone BoniRob

Der BoniRob wurde in Zusammenarbeit von AMAZONE, der Bosch GmbH und der Hochschule Osnabrück entwickelt. Der Feldroboter dient als Trägerfahrzeug für verschiedene Applikationen, welche in der Fahrzeugmitte angebracht werden können. Folgende „Apps“ sind bereits entwickelt und getestet:

- Phenotyping – Über ein Lichtgitter, einen Triangulationssensor und eine Digitalkamera lässt sich die äußere Form von Pflanzen abbilden und z.B. der Wachstumszustand und weitere Pflanzeigenschaften ableiten.
- Penetrometer – Mithilfe eines mechanischen Aktuators und eines Feuchtigkeits-, sowie eines Temperatursensors lassen sich Bodeneigenschaften bis zu einer Tiefe von 80 cm messen. Die Daten der einzelnen Messpunkte werden inklusive der genauen GPS-Koordinaten gespeichert.
- Precision-Spraying – Hiermit lassen sich zielgenau Herbizide ausbringen. Eine Kamera detektiert die Pflanzen und in Zusammenspiel mit einer Bildverarbeitung werden die einzelnen Ventile der Düsenarme geschaltet. Eine Methode zur echtzeitfähigen Unterscheidung zwischen Nutzpflanzen und Unkraut wurde in [17] realisiert.
- Mechanischen Unkrautbekämpfung – Mittels optischer Sensoren erkannte Unkräuter werden mit einem Stempel in den Boden gedrückt. Bei diesem Prozess profitiert der Roboter von seinem hohen Eigengewicht [18].
- Bodenuntersuchung – Dem Boden werden automatisiert an verschiedenen Orten Proben entnommen und vor Ort in dem Applikationswerkzeug (s. **Bild 5**) mit Hilfe eines innovativen „lab on chip“-Sensors auf Basis von ISFET-Transistoren analysiert. Der Sensor kann die Mineralien Natrium, Kalium und Phosphor, sowie den pH-Wert und die elektrische Leitfähigkeit des Bodens bestimmen.



Bild 5: Feldroboter BoniRob mit Anwendungsmodul zur Bodenuntersuchung aus [21]

Figure 5: Field robot BoniRob with application module for soil analysis from [21]

Der Roboter hat ein Gewicht von ca. 1000 kg, bietet eine Bodenfreiheit von 40-80 cm sowie eine verstellbare Spurweite zwischen 75 cm und 200 cm. Die vier Räder verfügen jeweils über einen eigenen Antrieb und lassen sich zusätzlich einzeln lenken. Die Navigation erfolgt über

GPS- und/oder Laser-Sensoren, Kameras und je nach Einsatzzweck auch mithilfe von Drohnen. [19 bis 21]

Carré Anatis

Ein weiterer dem BoniRob ähnelnder Feldroboter ist der "Anatis" (s. **Bild 6**) der französischen Firma Carré. Auch hierbei handelt es sich um einen Roboter, der zwischen Pflanzenreihen fahren und dabei verschiedene Geräte zur Bodenbearbeitung tragen kann. Die vier elektrisch angetriebenen Räder sind einzeln und unabhängig lenkbar. Die Spurbreite lässt sich zwischen 145 cm und 200 cm stufenlos verstellen. Werkzeuge zum Hacken und zur Unkrautbekämpfung wurden entwickelt. Mittels unterschiedlichster Sensorik können Pflanzeigenschaften, wie z.B. die Dichte und das Wachstumsstadium, sowie weitere Umwelteigenschaften, wie z.B. Boden- und Luftfeuchtigkeit, überwacht und erfasst werden. Die Navigation erfolgt mithilfe von GPS-Sensoren und Kameras. [22; 23]



Bild 6: Carré Anatis in einem Gewächshaus [22]

Figure 6: Carré Anatis operating in a greenhouse [22]

Agrobot SW 6010

Agrobot [24] bietet einen Roboter (s. **Bild 7**) zur vollautomatisierten Erdbeerernte an. Über 24 flexibel angeordnete Erntearme werden die Früchte einzeln geerntet und in entsprechende Vorratsbehälter gefüllt. Dazu wird zunächst über einen Spektroskop-Sensor der Reifegrad der Frucht bestimmt und bei ausreichender Reife wird die Frucht am Stiel mittels eines Greifers abgetrennt. Ein gepolsterter Korb fängt die druckempfindlichen Früchte auf. Anschließend werden sie über Förderbänder in die Vorratsbehälter transportiert. Bei einer neueren Variante werden die Früchte direkt in einen Vorratsbehälter abgelegt. Die Navigation innerhalb der Pflanzenreihen erfolgt mittels LiDAR- und Ultraschallsensoren. Der dreirädrige Roboter hat eine Gesamtbreite von 6180 mm und eine Länge von 4750 mm. Durch flexibel einstellbare Spurbreiten und Anordnung der Erntearme lässt sich der Roboter einfach an unterschiedliche Reihenbreiten anpassen.



Bild 7: Agrobot Erdbeer-Erntemaschine [24]
Figure 7: Agrobot Strawberry Harvester [24]

Zusammenfassung

Wie die vorgestellten Projekte und Produkte zeigen, sind Feldroboter in der Lage vielfältige Aufgaben zu übernehmen. Überwiegend sind diese speziell auf bestimmte landwirtschaftliche Prozesse abgestimmt, wie z.B. das Pflücken von Früchten oder das Säen von Mais. Die Möglichkeit, Feldroboter auch im Schwarm zu nutzen, kann zu einer sehr hohen Schlagkraft führen, wie beispielsweise das Projekt MARS bzw. Fendt Xaver und das Projekt Feldschwarm[®] zeigen sollen. Precision Farming lässt sich mit Feldrobotern durch vorhandene oder zusätzliche Sensorik umsetzen bzw. wird damit erst ermöglicht. Zukünftig könnte die Fläche für jede einzelne Pflanze auf dem Feld von einem Roboter untersucht, vorbereitet, bestellt und entsprechend gepflegt werden. Leise und lokal emissionsfreie Elektroantriebe würden zudem die gesellschaftliche Akzeptanz fördern.

Literatur

- [1] Gaus, C.-C.; Minßen, T.-F. und Urso, L.-M.: Mit autonomen Landmaschinen zu neuen Pflanzenbausystemen. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Institut für mobile Maschinen TU Braunschweig, Julius Kühn-Institut. Abschlussbericht, 2017.
- [2] Brockmann, A.: Weiter automatisiert. In: traction März/April 2018, S. 44-48.
- [3] Harper Adams University: HandFreeHectare. URL – <http://www.handsfreehectare.com> - Zugriff am 07.01.2019.
- [4] N. N.: Challenge Centeol 2018. URL – https://twitter.com/C_Centeol - Zugriff am 07.01.2019.
- [5] Agrolntelli: Robotti a powerful tool to increase agricultural productivity. URL – <http://agrolntelli.com/robotti-diesel.html> - Zugriff am 21.01.2019.
- [6] Avrora: Agrobot Project - Automation of Agriculture. URL – <https://avrora-robotics.com/en/projects/agrobot/> - Zugriff am 21.01.2019.
- [7] Precision Makers: Greenbot. URL – <https://www.precisionmakers.com/de/greenbot-2/> - Zugriff am 21.01.2019.
- [8] Kubota: First Display of Autonomous Farm Machinery. URL – <https://www.mahindra.com/news-room/press-release/mahindra-showcases-its-first-ever-driverless-tractor-in-india> - Zugriff am 21.01.2019.
- [9] Mahindra: Mahindra Showcases its First Ever Driverless Tractor in India. URL – <https://www.kubota.com/news/2017/20170125.html> - Zugriff am 21.01.2019.
- [10] N. N.: Roboterschwärme erobern bald unsere Äcker. In: Profi 3/2018, S.82-86.
- [11] Shamshiri, R. R.; Weltzien, C.; Hameed, I. A.; Yule, I. J.; Grift, T. E.; Balasundram, S. K. et al.: Research and development in agricultural robotics: A perspective of digital farming. In: Int J Agric & Biol Eng, 2018; 11(4): S.1-14.
- [12] N. N: Feldschwarm® - autonome Feldmodule für ressourcenschonenden Landbau. URL – <http://www.feldschwarm.de> - Zugriff am 21.01.2019.
- [13] Duckett, T.; Pearson, S.; Blackmore, S. und Grieve, B.: Agricultural Robotics: The Future of Robotic Agriculture. UK-RAS White papers, 2018, URL – <http://uk-ras.org> - Zugriff am 21.01.2019.
- [14] AGCO GmbH: MARS: Robotiksystem zur Aussaat und exakten Dokumentation. URL – <https://www.fendt.com/de/fendt-mars.html> - Zugriff am 07.01.2019.
- [15] AGCO GmbH: Fendt schickt neuen Roboter "Xaver" aufs Feld. URL – <https://www.fendt.com/de/fendt-xaver.html> - Zugriff am 07.01.2019.
- [16] Naïo Technologies: Oz weeding robot. URL – <https://www.naio-technologies.com/en/agricultural-equipment/weeding-robot-oz> - Zugriff am 07.01.2019.
- [17] Milioto, A.; Lottes, P. und Stachniss, C.: Real-time Semantic Segmentation of Crop and Weed for Precision Agriculture Robots Leveraging Background Knowledge in CNNs. IEEE International Conference on Robotics and Automation, 2018, URL – <https://arxiv.org/pdf/1709.06764.pdf> - Zugriff am 10.01.2019.
- [18] N. N: BoniRob - mit Bolzen gegen Unkraut. In: top agrar 4/2018, S.62.

- [19] AMAZONEN-WERKE H. Dreyer GmbH & Co. KG: BoniRob – Forschung zur Feldrobotik. URL – <http://www.amazone.de/1857.asp> - Zugriff am 07.01.2019.
- [20] AMAZONEN-WERKE H. Dreyer GmbH & Co. KG: BoniRob-Feldroboter schafft Basis für die Landtechnik der Zukunft. URL – <http://www.amazone.de/1800.asp> - Zugriff am 07.01.2019.
- [21] Tsukor, V. et al.: Concept and first results of a field-robot-based on-the-go assessment of soil nutrients with ion-sensitive field effect transistors. In: 6th International Conference on Machine Control and Guidance, 2018. S. 102 - 109.
- [22] Carré: Anatis - Ideal für Gemüsekulturen. URL – <http://www.carre.fr/de/pflege-der-reihenkulturen/mechanischer-entluftungsroboter/61-anatis.html> - Zugriff am 07.01.2019.
- [23] Scherr, M.: Carre Hackroboter Anatis. URL – <https://www.landwirt.com/Carre-Hackroboter-Anatis,,15543,,Bericht.html> - Zugriff am 07.01.2019.
- [24] Soluciones Robóticas Agrícolas, S.L.: Agrobot - Robotic Harvesters. URL – <http://www.agrobot.com/> - Zugriff am 07.01.2019.

Autorendaten

M. Sc. Steffen Schwich und M. Sc. Ilja Stasewitsch sind wissenschaftliche Mitarbeiter am Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge (IMN) der Technischen Universität Braunschweig. B. Sc. Marko Fricke ist studentische Hilfskraft am IMN. Dipl.-Ing. Jan Schattenberg ist wissenschaftlicher Mitarbeiter und stellvertretender Institutsleiter des IMN.

<p>Bibliografische Angaben / Bibliographic Information</p> <p>Wissenschaftliches Review / Scientific Review Erfolgreiches Review am 05.02.2019</p> <p>Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation Schwich, Steffen; Stasewitsch, Ilja; Fricke, Marko; Schattenberg, Jan: Eine Übersicht zur Feld-Robotik in der Landtechnik. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2018. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2019. S. 1-11</p> <p>Zitierfähige URL / Citable URL https://doi.org/10.24355/dbbs.084-201901211129-1</p> <p>Link zum Beitrag / Link to Article https://www.jahrbuch-agrartechnik.de/artikelansicht/jahrbuch-2018/chapter/assistenzsyste.html</p>
--