

## **Innovationen in der Pflanzenschutztechnik**

Daniel Herrmann, Eva-Marie Dillschneider, Jan-Uwe Niemann, Magnus Tomforde, Jens Karl Wegener

### **Kurzfassung**

Selektive Düsenschaltungen für den chemischen Pflanzenschutz und sensorgesteuerte Hacktechnik, auch in Kombination, ermöglichen, wie gesetzlich und gesellschaftlich gefordert, eine effektive Verringerung des Einsatzes chemischer Pflanzenschutzmittel. Als technische Plattform werden, neben Schleppern und Selbstfahrern, immer häufiger autonome Roboter entwickelt. Diese kombinieren häufig eine Präzisionsaussaat und späteres mechanisches Hacken mittels GPS oder Kameratechnik. Neben den bekannten Herstellern von mechanischen und chemischen Pflanzenschutzgeräten gibt es eine Reihe von Start-Ups und weiteren Institutionen, die an sensorgestützter Technologie und Automatisationsmöglichkeiten forschen.

### **Schlüsselwörter**

Chemischer Pflanzenschutz, mechanischer Pflanzenschutz, selektiver Pflanzenschutz, Automatisierung, Feldroboter

## **Innovations in crop protection technology**

Daniel Herrmann, Eva-Marie Dillschneider, Jan-Uwe Niemann, Magnus Tomforde, Jens Karl Wegener

### **Abstract**

Selective nozzle switching for chemical crop protection and sensor-controlled hoeing technology, also in combination, enable an effective reduction in the use of chemical crop protection agents, as required by law and society. In addition to tractors and self-propelled vehicles, autonomous robots are increasingly being developed as a technical platform. These often combine precision sowing and later mechanical hoeing by using GPS or camera technology. In addition to the well-known manufacturers of mechanical and chemical plant protection equipment, there are a number of start-ups and other institutes researching sensor-based technology and automation options.

### **Keywords**

Chemical crop protection, mechanical crop protection, selective crop protection, automation, field robots

## **Einleitung**

Die Pflanzenschutztechnik ist möglicherweise der Bereich mit dem größten Innovationspotential in der gesamten Landtechnik. Wo in anderen Bereichen hauptsächlich die Devise schneller, größer und weiter als Neuerung angepriesen wird, bildet der Einsatz von smarter Technik, künstlicher Intelligenz und kleinen, behaglichen Robotern im Pflanzenschutz einen Kontrast. Dabei sind die Möglichkeiten der intelligenten Technik beim Pflanzenschutz auch andere: ein Mähdrescher, der nur 10 % der Fläche beerntet wird keinen Absatz finden – spart ein Pflanzenschutzgerät jedoch 90 % des eingesetzten Pflanzenschutzmittels ein, sind die Auswirkungen auf Ökonomie und Ökologie sofort ersichtlich.

## **Geräte und Innovationen zur mechanischen Unkrautbekämpfung mit Anbaugeräten**

Die zunehmende gesellschaftliche Kritik am chemisch-synthetischen Pflanzenschutz – wie nicht zuletzt das Verbot des Totalherbizids Glyphosat ab 2024 zeigt – ist ein weiterer Innovationstreiber der Pflanzenschutztechnik. Auch stehen dem Anwender stetig weniger Wirkstoffe zur Verfügung, sei es durch Zulassungsentzug oder auch durch ausbleibende Wirkung bei zunehmenden Resistenzen. So wundert es nicht, dass es in den letzten Jahren im Bereich der Unkrautbekämpfung zu einer Renaissance der mechanischen Verfahren gekommen ist. Immer mehr Hersteller bieten Lösungen an und längst nicht nur ökologisch wirtschaftende Betriebe setzen Geräte zur mechanischen Unkrautregulierung auf Ihren Flächen ein.

Die Wirkprinzipien der mechanischen Unkrautregulierung sind dabei jedoch seit Jahrzenten unverändert. Die Unkräuter werden durch Abschneiden, Ausreißen oder Verschütten physikalisch beschädigt, sodass sie im Optimalfall absterben. Als Werkzeuge kommen dabei hauptsächlich schneidende Werkzeuge, wie Gänsefußschare, aber auch Schmalschare, Rollhacken oder Striegel zum Einsatz.

Die Innovation der mechanischen Pflanzenschutzgeräte findet sich dabei mehr in der Optimierung der Arbeitsgeräte und der Schaffung neuer Einsatzbereiche, bspw. durch die Digitalisierung. Zuerst sind die Geräte der mechanischen Unkrautregulierung auf heutige Schleppergrößen und die geforderte Schlagkraft optimiert; die Geräte sind breiter, stabiler und verschleißfester. So bietet die Firma Treffler ihren Präzisionsstriegel bis zu einer Arbeitsbreite von 29 Metern an, **Bild 1**. Hacktechnik ist bei den gängigen Herstellern bis 12 Meter Arbeitsbreite erhältlich. Der Einsatz von Kunststoffen, bspw. bei Fingerhacken, eröffnet weitere Anwendungsfelder. Insbesondere jedoch der Fortschritt bei derameratechnik und Bildverarbeitung sowie GPS-Technik sorgt zur Verbreitung der mechanischen Unkrautbekämpfung.

Die Fortschritte bei der Steuerungstechnik ermöglichen es im Wesentlichen, deutlich näher an die Kulturpflanzen heranzuarbeiten und als Ersatz für manuell gesteuerte Hacktechnik Personal einzusparen. So wird die Wirkungsrate der mechanischen Unkrautbekämpfung – im Vergleich zur manuellen Steuerung – deutlich erhöht und zuverlässiger, auch bei schlechter Sicht und über den kompletten Arbeitstag. Durch Pflanzenerkennung sind auch Hackwerkzeuge innerhalb der Reihe immer besser in der Lage, Unkräuter zu beseitigen. Einen

anderen Ansatz bieten GPS-gesteuerte Saatmuster, die es ermöglichen, quer zur Saatrichtung durch den Bestand zu fahren und so ebenfalls in der Reihe Unkraut zu regulieren.



**Bild 1:** Treffler Präzisionsstriegel mit 29 Metern Arbeitsbreite. [1]

**Figure 1:** Treffler Precision tine harrow with 29 meters working width. [1]

Bei der Kameratechnik ist zwischen Geräten, die lediglich die Kulturreihe optisch verfolgen und solchen, welche die Kulturpflanzen erkennen, zu unterscheiden. Letzteres ermöglicht beispielsweise die Firma Steketee mit dem IC-Weeder: ein Bordrechner erkennt die Kulturpflanze, steuert sichelförmige Hackmesser zwischen die Pflanzen und ermöglicht so eine exakte Unkrautbekämpfung in der Reihe, **Bild 2**.



**Bild 2:** Steketee IC-Weeder mit Pflanzenerkennung. [2]

**Figure 2:** Steketee IC-Weeder with crop-detection. [2]

Von zunehmender Bedeutung sind ebenfalls die Gerätekombinationen aus Hacke und Bandspritze. Diese Hacke-Bandspritzten nutzen gezielt die Vorteile der einzelnen Gerätegattungen, wie die einfache mechanische Unkrautbekämpfung zwischen den Reihen und der Herbizidapplikation in der Reihe, um eine schlagkräftige und wirksame Unkrautbehandlung mit deutlich reduziertem Herbizideinsatz zu ermöglichen, **Bild 3**.



**Bild 3:** Hacke-Bandspritze der Firmen Amazone und Schmotzer. [3]

**Figure 3:** Hoe-band spraying combination from Amazone and Schmotzer. [3]

### **Geräte und Innovationen zur mechanischen Unkrautbekämpfung mit Robotern**

Neben der Optimierung schleppergezogener Geräte zur mechanischen Unkrautbekämpfung ergänzen zunehmend autonome Feldroboter dieses Aufgabengebiet.

Das derzeit bekannteste Gerät zum autonomen mechanischen Pflanzenschutz ist der Farmdroid [4]. Insbesondere für den Rübenanbau bietet dieser Roboter einen ganzheitlichen Ansatz zur Aussaat und zur Unkrautbekämpfung. Bei der Aussaat werden die Positionen der Saatgutablage erfasst und diese Positionen bei der nachfolgenden mechanischen Unkrautbekämpfung ausgelassen. So ist auch eine Bearbeitung in der Reihe möglich und zusätzlicher Aufwand an manueller Hackarbeit wird deutlich reduziert. Die damit einhergehende Kostenersparnis führte nicht zuletzt zu einer starken Verbreitung des Farmdroids, von dem inzwischen mehr als 150 Stück auf europäischen Äckern zu finden sind, **Bild 4**.



**Bild 4:** Farmdroid bei der mechanischen Unkrautbekämpfung in Zuckerrüben. Die Position der Pflanzen wurde zuvor bei der Aussaat aufgezeichnet. [5]

**Figure 4:** Farmdroid at mechanical weeding in sugar beets. The position of the plants is recorded during seeding. [5]

Die Firma Naïo bietet verschiedene autonome Feldroboter an, die alle elektrisch betrieben sind. Das kleinste Modell „Oz“ (130 cm x 47 cm x 83 cm) ist mit einem Präzisionssägerät und mit verschiedenen Bodenbearbeitungswerkzeugen sowie Geräten zur mechanischen Unkrautbekämpfung erhältlich, **Bild 5**. Der Oz verfügt über vier einzeln ansteuerbare Räder und operiert GPS-gesteuert, auch ein Einsatz „im Schwarm“ ist möglich [6]. So können Transportaufgaben, bspw. bei der Gemüseernte, übernommen werden. Die maximale Geschwindigkeit beträgt 1,8 km/h.

Der Dino ist ein Roboter für Reihen- und Beetkulturen mit einer Arbeitsbreite von 160 bis zu 220 cm, **Bild 6**. Der Dino enthält zusätzlich umfangreiche Kamera- und Sensortechnik für die Pflanzenerkennung und Feineinstellung der Arbeitswerkzeuge [7]. Dies ermöglicht eine Arbeitsgeschwindigkeit beim Hacken von bis zu 4 km/h. Die umfangreiche Kamera- und Sensortechnik ermöglicht auch einen Einsatz zum Bonitieren und Phänotypisieren. Erprobt wird diese Einsatzmöglichkeit bspw. bei der bayerischen Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau [8]. Zudem ist der Dino als „PhenoBob®“ bei der Firma Strube DS GmbH zur Erkennung und phänologischen Datenerhebung in Zuckerrüben auf dem Feld im Einsatz [9]. Der BlueBob® ist ein weiterer autonomer Feldroboter der Firma Naïo, der aktuell ebenfalls bei der Firma Strube DS GmbH getestet wird. Der BlueBob® ermöglicht das Querhacken innerhalb der Reihe und bietet die Möglichkeit, verschiedene Arbeitsgeräte im Front- oder Mittelanbau zu adaptieren. Eine Serienfertigung des BlueBob® ist in Planung.



**Bild 5:** Feldroboter Oz mit Grubber. [6]

**Figure 5:** Fieldrobot Oz with cultivator. [6]



**Bild 6:** Fingerhacke am autonomen Feldroboter Dino. [7]

**Figure 6:** Finger hoe at autonomous fieldrobot Dino. [7]

Für den Weinbau bietet Naïo den Ted an [10]. Der tunnelförmige Aufbau erlaubt es, über den Reben zu fahren und macht das Gerät sehr standfest. Der Ted ist dabei kein Sprühgerät, sondern für die mechanische Unkrautbekämpfung optimiert. Dazu gibt es verschiedene Hackwerkzeuge.

Der ROBOTTI 150D der Firma Agointelli ist mit zwei Dieselmotoren á 75 PS der wohl stärkste autonome Feldroboter und mit einem kompakten Standardschlepper vergleichbar, **Bild 7**. Dabei wiegt der ROBOTTI 150D nur gut die Hälfte. Er ist als Geräteträger konstruiert und verfügt über eine konventionelle Dreipunktaufnahme im Mittelanbau, Zapfwelle und Hydraulikanschlüsse. So ist man bei der Wahl der Arbeitsgeräte nicht auf einen Hersteller angewiesen und kann die vorhandenen Anbaugeräte weiterverwenden. Die maximale Arbeitsge-

schwindigkeit beträgt 6 km/h. Der Mittelanbau verhindert jedoch eine ganzflächige Bearbeitung, da die Radspuren unbearbeitet bleiben.



**Bild 7:** Agointelli 150D mit Striegelanbau zur Unkrautbekämpfung. [11]

**Figure 7:** Agointelli 150D with harrow for weeding. [11]

Für die Nutzung im Ackerbau sind die Geräte aktuell eher noch klein dimensioniert und eine Nutzung ist auch standortabhängig zu beurteilen. Neben dem Getreideanbau sind aber mit den aktuell verfügbaren Geräten die meisten ackerbaulichen Kulturen, mit Einschränkungen, zu bewirtschaften. Ihre Stärken spielen die Roboter aktuell vor allem in Reihen-, Beet- und Raumkulturen mit hohem Deckungsbeitrag und bei hohen Arbeitserledigungskosten aus. Anzumerken bleibt, dass alle Angaben zu Akkulaufzeiten und Geschwindigkeiten auf leichte, krümelige Böden ohne Steigung bezogen sind.

### **Spot-Spraying mit herkömmlichen Pflanzenschutzgeräten**

Die Möglichkeiten der digitalen Bilderkennung eröffnen auch bei herkömmlichen Feldspritzgeräten neue Anwendungsgebiete. Bei der „green on brown“ Technik werden über optische Sensoren grüne Pflanzen auf unbewachsenem Boden erkannt. Die Teilbreiten oder die pulsweitengesteuerten Düsen werden so gezielt über der Zielpflanze geöffnet und auch nur dort Herbizid appliziert. So ergeben sich – je nach Unkrautbedeckungsgrad – Herbizideinsparungen von bis zu 90 % bei voller Wirkung. Angeboten wird diese Lösung unter anderem von der Firma Amazone mit dem Produkt UX AmaSpot [12], dem Trimble WeedSeeker [13] oder John Deere See & Spray [14; 15]. Diese Technik ermöglicht jedoch keinen Einsatz in der Kultur, da eine Unterscheidung des Unkrauts von der Kulturpflanze nicht möglich ist.

Der Einsatz künstlicher Intelligenz ermöglicht jedoch genau das und somit einen teilflächen-spezifischen Einsatz selektiver Herbizide im Bestand. Kameras und Sensoren liefern die Daten, mit der durch Softwareverarbeitung das Unkraut von der Kulturpflanze unterschieden und teilweise sogar jede Unkrautart einzeln identifiziert wird. Diese „green on green“ genannte Technik bietet das Produkt SmartSprayer von Amazone, Bosch und Xarvio [16; 17]. In

Reihenkulturen wird das Unkraut erkannt und der Herbizideinsatz gezielt nach dem Schadschwellenprinzip geregelt. Die Entwicklung der EXEL-Gruppe mit dem 3S Spot Sprayer Sensor [18] geht dabei einen Schritt weiter und ermöglicht es, neben der Detektion von Unkräutern auch den Nährstoffversorgungsgrad und Krankheitsbefall der Pflanzen zu erkennen, **Bild 8**.



**Bild 8:** Agrifac Camera sprüht „green on green“. [19]

**Figure 8:** Agrifac Camera spraying green on green. [19]

Einen gänzlich anderen Weg geht die Firma Ecorobotix mit dem Ara [20; 21], **Bild 9**. Das Pflanzenschutzgerät hat im Gegensatz zu klassischen Feldspritzgeräten einen Düsenabstand von nur 4 cm. In Kombination mit einer kameragestützten Einzelpflanzenerkennung werden die Unkräuter gezielt detektiert und mit Herbiziden behandelt. Die Technik ist als angebautes Arbeitsgerät mit 6 Metern Arbeitsbreite verfügbar. Darüber hinaus bietet die Firma Ecorobotix ihren autonomen Roboter AVO für den chemischen Pflanzenschutz an, der auf der gleichen Technik basiert [22].



**Bild 9:** Ecorobotix ARA Anbauspritze mit Pflanzenscanner und 4 cm Düsenabstand. [5]

**Figure 9:** Ecorobotix ARA sprayer with plant detection and 4 cm nozzle width. [5]

## **Geräte und Innovationen zur chemischen Unkrautbekämpfung mit Robotern**

Auch für den chemischen Pflanzenschutz existiert eine Vielzahl an autonomen und Robotiklösungen für die unterschiedlichsten Einsatzgebiete. Dabei gehen die Anwendungen über die Applikation in Flächenkulturen hinaus. So stehen Geräte für den Pflanzenschutz in den Steillagen des Weinbergs sowie luftgestützte Lösungen zur Verfügung. Der großflächige chemische Pflanzenschutz, bspw. in Getreide, ist ein sehr kostengünstiges und schlagkräftiges Verfahren, sodass der Einsatz autonomer Technik hierbei bisher nicht verbreitet ist. Nichtsdestotrotz gibt es verschiedene Prototypen, die auch in diesem Anwendungsfeld zu finden sind. So präsentierte John Deere eine autonome Selbstfahrerspritze auf Raupenlaufwerken, die durch ihren sehr geringen Bodendruck ein erweitertes Einsatzspektrum bietet.

Ein Vorteil chemischer Unkrautbekämpfung ist der geringe Energieaufwand, da nur eine Flüssigkeit versprüht wird. Somit ist der Energiebedarf deutlich geringer als bspw. bei der mechanischen Unkrautbekämpfung. Dies ist insbesondere für leichte und zumeist batteriebetriebene Feldroboter von Vorteil, da längere Laufzeiten möglich sind. Häufig werden diese Geräte zusätzlich mit Solarzellen kombiniert, um einen Teil ihrer benötigten Energie selbst zu erzeugen. Neben marktreifen Lösungen wie dem bereits genannten Ecorobotix AVO finden sich zahlreiche Projektstudien und Prototypen.

Einen weiteren Feldspritzroboter bietet die Firma Innok Robotics an [23]. Das Gerät basiert auf konventioneller Pflanzenschutztechnik und soll insbesondere den Anwenderschutz, bspw. im Gewächshauseinsatz, erhöhen.

Die Pflanzenschutzapplikation in den Steillagen des Weinbaus ist für den Anwender durch die starken Steigungen und Schräglagen aufwändig, arbeitsintensiv und gefährlich. Die autonome oder ferngesteuerte Technik bietet hier einen Lösungsansatz, um den Anwender zu entlasten und aus der Gefahrenzone zu entziehen. Für den bodengestützten Pflanzenschutz bietet die Firma Yanmar eine Roboterlösung, basierend auf einem Raupenfahrwerk [24]. Dieses sehr kompakte und wendige Sprühgerät mit der Bezeichnung „YV01“ arbeitet darüber hinaus als Tunnelsprühgerät und kann daher die Effektivität der eingesetzten Wirkstoffe bei gleichzeitiger Schonung des Naturhaushalts erhöhen, **Bild 10**.

Auch sind Hubschrauber eine Option für den Pflanzenschutz in Steillagen. Der Einsatz ist jedoch aufwändig und sehr kostenintensiv. Eine günstigere Alternative bieten Drohnen. Zur Bekämpfung des Maiszünslers ist der Drohneneinsatz bereits in der Praxis etabliert. Dabei werden jedoch keine Pflanzenschutzmittel appliziert, sondern die Larven der Schlupfwespe in den stehenden Maisbestand eingebracht. Die Firma DJI bietet mit ihrer Agras Serie zahlreiche Sprühdrohnen an [25], wovon vier bereits eine erfolgreiche JKI-Anerkennung durchlaufen haben [26], **Bild 11**. Durch Abstandssensoren und GPS-geplante Flugrouten ist hiermit bereits ein (teil)-autonomer Betrieb möglich. Der Anwender kontrolliert den Einsatz und übernimmt Aufgaben, wie das Nachfüllen der Pflanzenschutzmittel und das Tauschen der Akkus. Auf der Agritechnica 2019 zeigte John Deere den Prototyp einer Großdrohne, die eine Flächenleistung bis zu 6 ha/h erreicht, womit auch der Einsatz in Flächenkulturen praktikabel wird [27]. Ein wesentlicher Vorteil der Drohnentechnik ist dabei der deutlich erweiterte Einsatzzeitraum, unabhängig von Bodenfeuchte oder Bestandshöhe.



**Bild 10:** Yanmar YV01 autonomes Weinbautunnelsprühergerät. [24]

**Figure 10:** Yanmar YV01 autonomous wine yard tunnel sprayer. [24]



**Bild 11:** DJI Agras T30 Drohne zum Versprühen von Pflanzenschutzmitteln. [25]

**Figure 11:** DJI Agras T30 drone for spraying of pesticides. [25]

### **Zusammenfassung**

Die Digitalisierung und der Einsatz künstlicher Intelligenz findet auch im Pflanzenschutz zunehmend Verbreitung. Dabei werden herkömmliche Verfahren optimiert und sogar gänzlich neue Wege beschritten. Konventionelle Pflanzenschutztechnik profitiert insbesondere von der Verbesserung der Kamertechnik und Bildverarbeitung. So können mechanische Werkzeuge näher und zuverlässiger an der Kulturpflanze arbeiten und somit ihren Wirkungsgrad erhöhen. Die automatische Erkennung der Zielpflanze beim chemischen Pflanzenschutz erhöht die Effizienz der eingesetzten Wirkstoffe und verringert schädliche Auswirkungen auf das Ökosystem.

Auch autonome Technik findet zunehmend Verbreitung in der Landwirtschaft. Das potenzielle Einsatzgebiet ist gewaltig – und dementsprechend auch die Anzahl der Roboter, die von den bekannten Konzernen der Agrartechnik, Universitäten, Start-Ups und Firmen, die in bisher gänzlich anderen Bereichen aktiv waren, entwickelt wurden. Aktuell stehen dem Einsatz

autonomer Feldroboter insbesondere noch rechtliche Hürden entgegen. Dass die Technik prinzipiell funktioniert und wirtschaftlich eingesetzt werden könnte, zeigen nicht zuletzt die ersten Praxiserfahrungen mit dem Farmdroid. Und viele weitere werden folgen!

## Literatur

- [1] Treffler Maschinenbau GmbH & Co. KG: Treffler Präzisionsstriegel. URL: <https://www.treffler.net/agrartechnik/produkte/striegel/>, Zugriff am: 24.03.2022.
- [2] Machinefabrik Steketee BV: Steketee IC-Weeder. URL: <https://www.steketee.com/de/producten/ic-weeder-4/>, Zugriff am: 24.03.2022.
- [3] Amazonen-Werke H. Dreyer SE & Co. KG: Hacke-Bandspritze Amazone und Schmotzer. URL: [https://media.amazone.de/amazone/#1648135019082\\_3](https://media.amazone.de/amazone/#1648135019082_3), Zugriff am: 24.03.2022.
- [4] Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau: Alternative Beikrautregulierung im Obst-, Gemüse- und Weinbau. 2022, URL: [https://www.lwg.bayern.de/gartenbau/oekologischer\\_anbau/206313/index.php](https://www.lwg.bayern.de/gartenbau/oekologischer_anbau/206313/index.php), Zugriff am: 24.03.2022.
- [5] Tomforde, M.: Julius Kühn-Institut: Eigenes Bild.
- [6] Strube D&S GmbH: BlueBob - mechanisches Unkrautmanagement per Roboter. URL: <https://www.strube.net/blog/bluebob>, Zugriff am: 24.03.2022.
- [7] Naio Technologies: Oz - The farming assistant for time-consuming and arduous tasks. URL: <https://www.naio-technologies.com/en/oz/>, Zugriff am: 24.03.2022.
- [8] Naio Technologies: Dino - Weeding robot for large-scale vegetable crops. URL: <https://www.naio-technologies.com/en/dino/>, Zugriff am: 24.03.2022.
- [9] Naio Technologies: Ted - Discover the first robot dedicated to vineyards, an alternative to the use of herbicides that respects your soils and improves your working conditions. URL: <https://www.naio-technologies.com/en/ted/>, Zugriff am: 24.03.2022.
- [10] Farmdroid: Vorteile Farmdroid. URL: <https://farmdroid.dk/de/vorteile/>, Zugriff am: 24.03.2022.
- [11] Agointelli: Our Technology. URL: <https://www.agointelli.com/robotti/>, Zugriff am: 24.03.2022.
- [12] Amazonen-Werke H. Dreyer SE & Co. KG: Anhängfeldspritze UX AmaSpot. URL: <https://amazone.de/de-de/produkte-digitale-loesungen/landtechnik/pflanzenschutztechnik/anhaengefeldspritzen/anhaengefeldspritze-ux-amaspot-76572>, Zugriff am: 23.03.2022.
- [13] Trimble Inc.: WeedSeeker 2 - System zur punktgenauen Spritzung. URL: <https://agriculture.trimble.de/product/weedseeker-2-system-zur-punktgenauen-spritzung/>, Zugriff am: 23.03.2022.
- [14] Deere & Company: See & Spray™ Select. URL: <https://jdvirtualpavilion.com/see-and-spray-select/>, Zugriff am: 23.03.2022.

- [15] Deere & Company: John Deere launches See & Spray™ Select for 400 and 600 Series Sprayers. URL: <https://www.deere.com/en/news/all-news/2021mar02-john-deere-launches-see-and-spray-select/>, Zugriff am: 23.03.2022.
- [16] Amazonen-Werke H. Dreyer SE & Co. KG: Smart Sprayer-Gemeinschaftsprojekt. URL: <https://amazone.net/de/service-support/fuer-medien/presse-meldungen/presse-archiv-2019/smartsprayer-gemeinschaftsprojekt-23534>, Zugriff am: 23.03.2022.
- [17] Amazonen-Werke H. Dreyer SE & Co. KG: Smart Sprayer. URL: <https://amazone.de/de-de/produkte-digitale-loesungen/landtechnik/pflanzenschutztechnik/amazone-ux-5201-smartsprayer-965616>, Zugriff am: 23.03.2022.
- [18] Exxact Robotics: 3S Spot Spray Sensor - Exxact Robotics. URL: <https://exxact-robotics.com/en/produit/3s-spot-spray-sensor/>, Zugriff am: 23.03.2022.
- [19] Agrifac Machinery B.V.: Kameragestütztes Spritzen - Spritzt nur dort, wo Unkraut vorhanden ist. URL: <https://www.agrifac.com/de/nachhaltige-landwirtschaft/kameraunterstuetzes-spritzen/>, Zugriff am: 23.03.2022.
- [20] Exxact Robotics: 3S Spot Spray Sensor - Exxact Robotics. URL: <https://exxact-robotics.com/en/produit/3s-spot-spray-sensor/>, Zugriff am: 23.03.2022.
- [21] ecoRobotix SA: ARA: Die intelligenteste Feldspritze auf dem Markt. URL: <https://ecorobotix.com/de/ara/>, Zugriff am: 23.03.2022.
- [22] ecoRobotix SA: AVO: ROBOT DE DESHERBAGE AUTONOME. URL: [https://ecorobotix.com/wp-content/uploads/2021/11/ECOX\\_FlyerPres-AVO-FR\\_web.pdf](https://ecorobotix.com/wp-content/uploads/2021/11/ECOX_FlyerPres-AVO-FR_web.pdf), Zugriff am: 23.03.2022.
- [23] Innok Robotics: Spritzmittelroboter: <https://www.innok-robotics.de/produkte/heros/anwendungen/spritzroboter>, Zugriff am: 05.02.2022.
- [24] Yanmar HoldingsCO., LTD.: Spraying Robot YV01. URL: <https://www.yanmar.com/eu/campaign/2021/10/vineyard/>, Zugriff am: 23.3.2022.
- [25] DJI GmbH: Agras T30. URL: <https://www.dji.com/de/t30?site=brandsite&from=nav>, Zugriff am: 23.03.2022.
- [26] Julius Kühn-Institut: Liste geeigneter Spritzeinrichtungen für unbemannte Luftfahrzeuge (Drohnen) für die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln im Steillagen-Weinbau. URL: [https://www.julius-kuehn.de/media/Institute/AT/PDF\\_RichtlinienListenPruefberichte/Drohnen/Liste\\_Drohn en.pdf](https://www.julius-kuehn.de/media/Institute/AT/PDF_RichtlinienListenPruefberichte/Drohnen/Liste_Drohn en.pdf), Zugriff am: 23.03.2022.
- [27] Deere & Company: Großdrohne für den Pflanzenschutz (VoloDrone). URL: <https://www.deere.de/de/landtechnik/landwirtschaft-der-zukunft/>, Zugriff am: 23.03.2022.

### **Autorendaten**

Daniel Herrmann (M. Sc.), Jan-Uwe Niemann (M. Sc.) und Magnus Tomforde (M. Sc.) sind wissenschaftliche Mitarbeiter am Institut für Anwendungstechnik im Pflanzenschutz des Julius Kühn-Instituts am Standort Braunschweig.

Eva-Marie Dillschneider (M. Sc.) ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Anwendungstechnik im Pflanzenschutz des Julius Kühn-Instituts am Standort Braunschweig.

Prof. Dr. Jens Karl Wegener ist Leiter des Instituts für Anwendungstechnik im Pflanzenschutz des Julius Kühn-Instituts am Standort Braunschweig.

### **Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

#### **Wissenschaftliches Review / Scientific Review**

Erfolgreiches Review am 04.04.2022

#### **Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Herrmann, Daniel; Dillschneider, Eva-Marie; Niemann, Jan-Uwe; Tomforde, Magnus; Wegener, Jens Karl: Innovationen in der Pflanzenschutztechnik. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2021. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2022. S. 1-13

#### **Zitierfähige URL / Citable URL**

<https://doi.org/10.24355/dbbs.084-202202030954-0>

#### **Link zum Beitrag / Link to Article**

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

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

# **JAHRBUCH** AGRARTECHNIK

YEARBOOK AGRICULTURAL ENGINEERING

---

Herausgeber/Editor:  
Prof. Dr. Ludger Frerichs



# JAHRBUCH AGRARTECHNIK

YEARBOOK AGRICULTURAL ENGINEERING

## Jahrbuch Agrartechnik / Yearbook Agricultural Engineering 2021

Band 33 / Volume 33

### Vorwort

Die Gesellschaft wie auch die Agrartechnikbranche durchleben aktuell turbulente Zeiten. Viele Fachmessen sind in den letzten zwei Jahren pandemiebedingt ausgefallen oder konnten nur digital durchgeführt werden. Die AGRITECHNICA als Weltleitmesse der Agrartechnik wurde frühzeitig vom gewohnten November-Termin 2021 in den Februar 2022 verschoben, weshalb die Jahrbuchredaktion den Autoren ebenfalls eine spätere Frist für die Erstellung der Beiträge stellte. Die gewonnene Zeit konnten die Autoren, da die Messe letztlich doch abgesagt werden musste, für die noch aufwendigere Recherche nutzen. Sich dieser Aufgabe zu stellen, ist nicht selbstverständlich und daher möchte ich ein großes Dankeschön an alle Autoren richten, die sich trotz ihrer zahlreichen Aufgaben und Verpflichtungen dieser Herausforderung angenommen und hervorragende Beiträge für die vorliegende 33. Jahrbuchausgabe verfasst haben! Auch den Gutachtern, die durch ihr Engagement die Wahrung der Qualität der Beiträge sicherstellen, möchte ich ganz herzlich danken.

Nun endlich ist das *Jahrbuch Agrartechnik 2021* mit Entwicklungen und Trends aus den vielfältigen Themenbereichen der Agrartechnik fertiggestellt, den Gesamtband sowie alle Einzelbeiträge finden Sie wie gewohnt über die Homepage [www.jahrbuch-agrartechnik.de](http://www.jahrbuch-agrartechnik.de). Ich wünsche allen Leserinnen und Lesern eine gute Lektüre!

### Preface

Society as well as the agricultural technology sector are currently experiencing turbulent times. Many fairs have been cancelled in the last two years due to the pandemic or could only be held digitally. AGRITECHNICA, the world's leading fair for agricultural technology, was postponed at an early stage from its usual November date in 2021 to February 2022, which is why the Yearbook editors also gave the authors a later deadline for preparing their contributions. Since the fair had to be cancelled in the end, the authors were able to use the time they gained for even more extensive research. To face this task is not a matter of course and therefore I would like to say a big thank you to all authors who, despite their numerous tasks and obligations, have taken up this challenge and have written excellent contributions for this 33rd edition of the Yearbook! I would also like to thank the reviewers, whose commitment ensured the quality of the contributions.

Now finally, the *Agricultural Engineering Yearbook 2021* with developments and trends from the diverse subject areas of agricultural engineering has been completed. As usual, you can find the complete volume as well as all individual contributions on the website [www.jahrbuch-agrartechnik.de](http://www.jahrbuch-agrartechnik.de). I wish all readers a good read!



Prof. Dr. Ludger Frerichs

---

### Bibliografische Angaben / Bibliographic Information

#### Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation

Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2021. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2022.

Frerichs, Ludger (ed.): Yearbook Agricultural Engineering 2021. Braunschweig: Institute of Mobile Machines and Commercial Vehicles, 2022.

#### Zitierfähige URL / Citable URL

<https://doi.org/10.24355/dbbs.084-202202030931-0>

#### Link zum Beitrag / Link to Article

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de>