



© DMK

**LERNZIELE UND KOMPETENZEN:****Fächer:** Natur und Technik, Physik, Biologie, Erdkunde

Die Schülerinnen und Schüler

- » sammeln (Video-)Beispiele für den Einsatz von Multikoptern in der Landwirtschaft;
- » beschreiben (groben) Aufbau und Funktionen eines solchen Geräts;
- » erstellen ein Schaubild zur Anwendung im biologischen Pflanzenschutz am Beispiel des Maiszünslers.

# Landwirtschaft per Multikopter

## Mit Technik und Nützlingen gegen den Maiszünsler

**Drohnen bzw. Multikopter sind bei Technikfans richtig angesagt. Immer häufiger sind die flinken, oft mit Kameras ausgestatteten Fluggeräte am Himmel zu sehen. Was kaum jemand weiß: Auch Landwirte nutzen Multikopter, v. a. für den biologischen Pflanzenschutz – und weitere spannende Einsatzmöglichkeiten zeichnen sich ab!**

**SACHINFORMATION:****Was sind Multikopter?**

Multikopter ist der Überbegriff für die auch als Drohnen bezeichneten unbemannten Fluggeräte, die von vier oder mehr Rotoren angetrieben werden. Nach der Anzahl der Rotoren heißen die gängigsten Modelle Quadrocopter, Hexakopter und Octokopter mit vier, sechs bzw. acht Antriebseinheiten. Der „Pilot“ steuert den Kopter per Funk vom Boden aus. Alternativ fliegt das Gerät GPS-gestützt per Autopilot eine vorprogrammierte Flugbahn. Der Pilot muss dann nur selten eingreifen.

Multikopter basieren meist auf einem Rahmen mit Auslegerarmen für die Motoren und Rotoren. Der Rahmen hält auch den Akku, die Flugsteuerung mit GPS und ein Landegestell, weiterhin bspw. eine Kamera oder andere Vorrichtungen (s. unten). Für einen stabilen Flug werden Lage und Beschleunigung des Kopters im dreidimensionalen Raum in Echtzeit erfasst und ausgeglichen. Ein weiteres Bauteil stabilisiert z. B. die Kamera: Dieses sogenannte

Gimbal ist eine Aufhängung, die mittels Sensoren und extrem schnellen E-Motoren die Bewegungen des Kopters ausgleicht und so ruhige Aufnahmen ermöglicht.

Die von Multikoptern ausgehende Faszination hat viele Gründe. Die freie Bewegung im dreidimensionalen Raum macht dank GPS-gestützter Steuerung einfach Spaß. Ein Clou ist sicher auch

die Möglichkeit, über eine Kamera im Freien die Welt aus einer neuen Perspektive zu entdecken – mit gewissen Einschränkungen (vgl. Kasten).

**Viel mehr als Spaß und Freizeit**

Als spannendes neues Hobby haben Multikopter schon zahlreiche Freunde gewonnen, bei Polizei und Feuerwehr dienen sie zunehmend als wichtige Helfer. Eher unbemerkt halten die Multikopter auch in der Landwirtschaft Einzug: Sie erleichtern die (Fern-)Erkundung von Pflanzenbeständen, da sie mittels Luftbildern Hinweise, z. B. zu Nährstoffmangel, unterschiedlicher Abreife oder zur Verunkrautung, geben

**WAS DER GESETZGEBER ZU MULTIKOPTERN SAGT:**

- » Erlaubte Flughöhe in Deutschland max. 100 Meter, Betrieb nur in Sichtweite.
- » Generelles Verbot im Umkreis von 1,5 km um den Zaun der 16 internationalen Verkehrsflughäfen in Deutschland sowie über Menschenmengen, militärischen Objekten, Kraftwerken und Krankenhäusern.
- » Ausbildung oder Lizenz für unbemannte Fluggeräte bis 5 kg Gesamtgewicht notwendig; Erfahrung im Modellflug ist aber sinnvoll.
- » Haftpflichtversicherung auch bei rein privater Nutzung vorgeschrieben. Ein Betrieb ist i. d. R. nicht durch die übliche private Haftpflicht abgedeckt!
- » Aufstiegsgenehmigung für gewerblichen Einsatz erforderlich.
- » Kennzeichnung mit Chip o. Ä. zur Identifizierung von Multikoptern ab einem gewissem Gewicht in Planung.

**Weitere Informationen unter [www.drohnen.de](http://www.drohnen.de).**

können. Beim Aufspüren von Rehkitzten in Wiesen, die zur Heu- oder Silagebereitung gemäht werden sollen, haben sich die Kopter ebenfalls schon bewährt. Als neuer Einsatzbereich entwickelt sich seit wenigen Jahren die Nutzung im biologischen Pflanzenschutz rasant.

### Biologisch gegen Krankheiten und Schädlinge

Der Sammelbegriff „biologischer Pflanzenschutz“ umfasst eine Vielzahl von Maßnahmen. Diese nutzen bzw. verwenden lebende Organismen sowie biologische Wirkstoffe und Prinzipien, um das Vorkommen und die Auswirkungen von Schadorganismen so zu vermindern, dass der wirtschaftliche Schaden weitgehend reduziert wird. Zum Einsatz kommen etwa Viren (z.B. Granulovirus gegen den Apfelwickler), Bakterien (z.B. gegen Stechmücken) und Pilze (z.B. gegen Nematoden) ebenso wie Insekten (z.B. Schlupfwespe Trichogramma gegen den Maiszünsler), Milben (z.B. Raubmilben gegen Spinnmilben) und Nematoden (z.B. gegen Dickmaulrüssler und Ameisen). Auch Naturstoffe (z.B. Neem gegen die Mehligte Apfellaus) oder Pheromone (z.B. Sexuallockstoffe in Lauchmotten-Fallen) werden genutzt. Die Ausbringung erfolgt ganz unterschiedlich, u.a. mit Multikoptern.

Einer der wirtschaftlich bedeutendsten Schädlinge in Deutschland ist der Maiszünsler (*Ostrinia nubilalis*). Das Verbreitungsgebiet des unscheinbaren, gelblich-braunen Falters umfasst inzwischen alle Maisanbauregionen im Bundesgebiet. Der Klimawandel und die enorme Anpassungsfähigkeit des Maiszünslers haben zu seiner rapiden Verbreitung beigetragen. Mit der Schlupfwespe Trichogramma gibt es einen wirksamen Gegenspieler (Antagonisten), besonders seit der effizienten Ausbringung per Multikopter.

### Wirksam und umweltfreundlich

Die Schlupfwespe Trichogramma wirkt stark und gezielt (selektiv) gegen den Maiszünsler. Mit 75 bis 85 Prozent sind die Bekämpfungsergebnisse denen im chemischen Pflanzenschutz ähnlich. 2013 wurde der Maiszünsler in Deutschland auf über 40.000 Hektar chemisch und auf etwa 35.000 Hektar biologisch mit den seit vielen Jahren bewährten Schlupfwespen bekämpft. Zu Beginn des Zünslerfluges – je nach Region und Witterung zwischen Mitte Juni und Mitte Juli – werden verschiedene Entwicklungsstadien der Schlupfwespe mit kleinen Kärtchen oder Kugeln aus Maisstärke im Feld ausge-

### DER MAISZÜNSLER – EIN WICHTIGER MAISSCHÄDLING:

- » Die Larven überwintern an der Stängelbasis, verpuppen sich im Frühjahr und legen ca. drei Wochen später in ihrem nur 18 bis 24 Tage dauernden Leben als Falter Eier ab, meist an der Blattunterseite des Mais. Die Eiablage erfolgt ab Mitte Juni in Gelegen mit bis zu 500 Eiern. Die Larven schlüpfen daraus nach wenigen Tagen. Sie fressen an Blättern und Blütenpollen und bohren sich durch Teile des Stängels, der in der Folge umknickt.
- » Zünsler-bedingte Schäden können den Ertrag stark verringern. Zusätzlich wird das Erntegut mit Mykotoxinen wie Deoxinivalenol belastet. Diese Pilzgifte werden von Fusarium-Arten gebildet, die die Fraßstellen der Maiszünsler besiedeln. Belasteter Mais kann nicht mehr zur Ernährung von Mensch oder Tier genutzt werden.



bracht. Sie enthalten Eier, aus denen die Trichogrammen nach ein bis zwei Tagen schlüpfen. Diese paaren sich und legen ihre Eier in die Gelege des Maiszünslers, die daraufhin absterben. Dieses Verfahren ist umweltfreundlich, ungefährlich für Bienen und andere Nützlinge und ohne Umweltauflagen nutzbar.

Nachteilig war zunächst der mit 20 Minuten pro Hektar hohe Zeitbedarf für die Ausbringung der Trichogramma-Kärtchen oder -Kugeln von Hand. Damit stieß dieses Verfahren in größeren Betrieben – und bei der in starken Befallslagen nötigen zweimaligen Anwendung – an arbeitswirtschaftliche Grenzen. Deshalb wurden dazu zum Teil umgebaute Stelzenschlepper genutzt, deren Einsatz Maispflanzen ggf. umknicken kann.

### Die sanfte Lösung: Biologischer Pflanzenschutz per Multikopter

Im Jahr 2013 wurden auf 30 Hektar eines Testbetriebs südlich von Freiburg erstmals Trichogramma-Kugeln mit einem Multikopter ausgebracht. Seit dieser erfolgreichen Premiere wächst die so behandelte Fläche sehr schnell an: bereits auf mehr als 4.000 Hektar allein im Südwesten Deutschlands im Jahr 2015. Mit schneller und kostengünstiger Ausbringung (nur 3 bis 4 Minuten und 12 Euro pro Hektar und Anwendung) hat sich das Verfahren zügig etabliert. Multikopter bündeln die Vorteile des umweltschonenden Nützlingseinsatzes mit der schnellen, Boden und Pflan-

Kugel aus Stärke mit Eiern von Schlupfwespen



zen schonenden Ausbringung aus der Luft. Die nächsten Jahre werden zeigen, welche Verfahren des biologischen Pflanzenschutzes und der Landwirtschaft sich sonst noch mit Multikoptern optimieren lassen.

### METHODISCH-DIDAKTISCHE ANREGUNGEN

Haben Sie schon mal einen Multikopter fliegen gesehen? Kennen Sie jemanden, der solche Drohnen privat oder beruflich nutzt? Vielleicht können Sie Ihrer Klasse live Multikopter vorführen (lassen), im Elektronikhandel sind kleine Modelle für Einsteiger ab 30 Euro erhältlich. Zudem gibt es mittlerweile zahlreiche Videos von Flügen im Internet. **Arbeitsblatt 1** leitet die SchülerInnen bei der Onlinerecherche an und zeigt den Aufbau eines Beispiel-Multikopters. Erläutern Sie der Klasse die Bauteile und die Technik dahinter. Die **Sammelkarte** (s. S. 15/16) gibt Tipps und Ideen für eine Flugstunde.

**Arbeitsblatt 2** beleuchtet die biologische Seite des Themas, insbes. das Beispiel Maiszünsler und Schlupfwespe. Passend dazu liefert Seite 25 die **Statistik** zur Ausbreitung des Schädling in Deutschland.

### LINK- UND MATERIALTIPPS

- » Anknüpfende Materialien finden Sie in Heft 5 (Mit GPS über den Acker), 9 (Die Maispflanze) und 21 (Leben im Maisfeld) unter [www.ima-lehrermagazin.de](http://www.ima-lehrermagazin.de)
- » Zahlreiche anschauliche Filme unter [www.youtube.com](http://www.youtube.com) → Suche „Multikopter“, z.B. Filme vom Maiskomitee, Agravis und Bayr. Rundfunk
- » Überblick über Verfahren unter [http://de.wikipedia.org/wiki/Biologischer\\_Pflanzenschutz](http://de.wikipedia.org/wiki/Biologischer_Pflanzenschutz)
- » Statusbericht Biologischer Pflanzenschutz 2015 vom Julius Kühn-Institut unter <http://bit.ly/2ay8sRy>



# Multikopter – echt praktisch

Multikopter bzw. Drohnen sind bei Technikfans zurzeit richtig angesagt. Immer häufiger sind die flinken Fluggeräte am Himmel zu sehen. Was kaum jemand weiß: Sie sind nicht nur Spielzeug wie Modellhubschrauber, sondern werden zunehmend auch als Arbeitsgerät eingesetzt, z. B. in der Landwirtschaft für den biologischen Pflanzenschutz.

- ① **Suche bei youtube.de nach Videos, die zeigen, wo Drohnen mittlerweile überall zum Einsatz kommen. Nenne mindestens drei Beispiele für Einsatzgebiete.**

Lösungsbeispiele: Feuerwehr Drohnen mit Gassensoren, Polizei mit Kamera, Gebäudesicherheit mit Kameracheck, z. B. am Kölner Dom, Landwirtschaft mit Kamera für Sichtung von Feldern nach Rehkitten oder mit Magazin für Ausbringung von Nützlingen

- ② **Schaue dir auch die YouTube-Kanäle des Bayerischen Rundfunks und des Deutschen Maiskomitees an. Fasse zusammen, warum Multikopter den biologischen Pflanzenschutz und Wildtierschutz so sehr vereinfachen.**

Lösungsbeispiele: s. Sachinfo

- ③ **In den Videos sind dir sicher mehrere Namen und Formen von Multikoptern aufgefallen. Liste sie auf und erläutere kurz die Unterschiede. Lies dazu auch den Wikipedia-Eintrag zu Multikoptern.**

Lösungsbeispiele: Multikopter als Überbegriff, Quadro-/Hexa-/Octokopter mit vier, sechs bzw. acht Antriebseinheiten/Rotoren; Anordnung der Rotoren z. B. in „H“- oder „+“- Konfiguration

- ④ **Beschrifte die Bauteile dieses Hexakopters, der zur Schädlingsbekämpfung in der Landwirtschaft eingesetzt wird.**



## Zusatzaufgabe

**Überlege und erläutere, welche Bereiche der Physik, Mathematik und Informatik genutzt werden, damit Multikopter fliegen, filmen und etwas transportieren bzw. verteilen können.**

Lösungsbeispiele: Optik/Linsen bei Kamera und Sensoren, GPS-Signale senden u. empfangen, Funk für Steuerung, Prozessor, Vektorrechnung für 3D-Bewegung, Mechanik, Elektrotechnik, ...



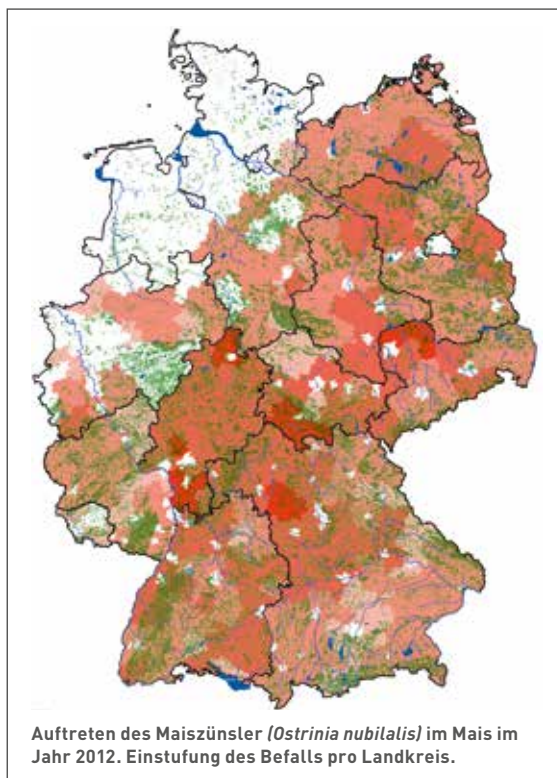
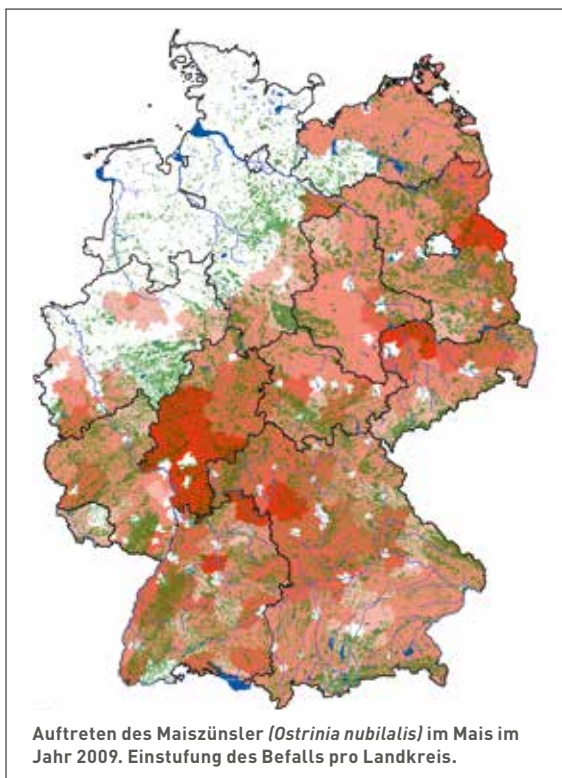
# Mit Technik und Biologie gegen den Maiszünsler

Der Sammelbegriff „biologischer Pflanzenschutz“ umfasst eine Vielzahl von Maßnahmen. Diese nutzen bzw. verwenden lebende Organismen sowie biologische Wirkstoffe und Prinzipien, um das Vorkommen und die Auswirkungen von Schadorganismen zu vermindern. Zum Einsatz kommen etwa Viren, Bakterien und Pilze ebenso wie Insekten, Milben und Fadenwürmer. Auch natürliche (Lock-)Stoffe werden genutzt, z. B. in sog. Pheromonfallen. Die Ausbringung erfolgt ganz unterschiedlich. Wie das genau funktionieren kann, zeigt das Beispiel des Schädling Maiszünsler und dessen Bekämpfung mit Schlupfwespen.

- ① **Schaue dir aufmerksam die Filme zu Multikoptern im Kanal des Maiskomitees bei [www.youtube.de](http://www.youtube.de) an und mache dir Notizen.**
- ② **Erstelle mit diesen Fotos und wenigen Stichworten eine Übersicht zum Lebenszyklus des Zünslers mit und ohne Bekämpfung durch Schlupfwespen. Bringe dazu die Fotos in eine sinnvolle Abfolge. Vermerke auch, was für den Erfolg der Bekämpfung wichtig ist.** Lösungsvorschlag als Download



# Auftreten des Maiszünslers im Mais (2009 und 2012, Einstufung pro Landkreis)



© Bernd Freier et al./Julius Kühn-Institut (JKI)

□ kein Auftreten, ■ Nachweis im Gebiet (<1% Anteil befallener Pflanzen), ■ schwacher Befall (Anteil bis 10% befallener Pflanzen), ■ mittlerer Befall (Anteil bis 50% befallener Pflanzen), ■ starker Befall (>50% Anteil befallener Pflanzen)

**Der Maiszünsler breitet sich in der Fläche weiter aus. Bis zum Jahr 2013 kam er schon in ca. 90 Prozent aller Landkreise vor. Der durchschnittliche Befall je Landkreis ist meist schwach bis mittel. Der Anteil von Landkreisen mit im Durchschnitt stark befallenen Feldern schwankte von Jahr zu Jahr und ließ von 2009 bis 2013 keine Zunahme erkennen. Landkreise mit relativ viel Maisanbau haben – entgegen bisheriger Annahmen – keinen stärkeren Befall gezeigt.**

Jeder Befall führt zu Schäden an den Pflanzen. Sind auf einem Feld pro 100 Pflanzen 5 bis 10 Eigelege des Maiszünslers zu finden, kommt es zu messbaren Ertragsverlusten (Schadschwelle). Der Zünsler ist dann auf jeden Fall zu bekämpfen. Bundesweit werden die Schäden auf 11 bis 12 Mio. Euro geschätzt. Um die Anwendung von Insektiziden so gering wie möglich zu halten, raten die Experten des Bundesforschungsinstituts für Kulturpflanzen, die Möglichkeiten der vorbeugenden, mechanischen und biologischen Bekämpfung voll auszuschöpfen.



## IDEEN FÜR DEN EINSATZ IM UNTERRICHT

**Fächer:** Biologie, Geografie

### Aufgaben zur Statistik:

- » Erläutere die Befallsstärke in den fünf Klassen und die Schadschwelle.
- » Benenne die Regionen, in denen der Maiszünsler noch nicht nachgewiesen wurde. Eine Deutschlandkarte hilft dir.
- » Nenne auch die Regionen, die stark betroffen sind.
- » Beschreibe, in welche Richtung sich der Schädling langsam ausbreitet.

### Weiterführende Aufgaben zum Hintergrundwissen:

- » Wiederhole kurz: Wie wird der Maiszünsler biologisch bekämpft?
- » Recherchiere, wie die chemische Bekämpfung mit Insektiziden funktioniert.
- » Zur Vorbeugung sollen Maisstoppeln und -stroh nach der Ernte mit Geräten wie Sichel- oder Schlegelmulcher, Grubber oder Egge zerkleinert und der Boden bearbeitet werden. Viele Larven sterben dadurch direkt, die Übrigen können schlechter überwintern. Schaue dir bei YouTube Videos an (z. B. im Kanal des Maikomitees), wie die Geräte aussehen und arbeiten. Mache dir Notizen und besprich in der Klasse offene Fragen.



# Lebenszyklus des Maiszünslers und der Schlupfwespe (Trichogramma)

