

UAV Drohnen und Laser für die EPS Bekämpfung

Lebenszyklus - Die Lebensphasen des Eichenprozessionsspinners

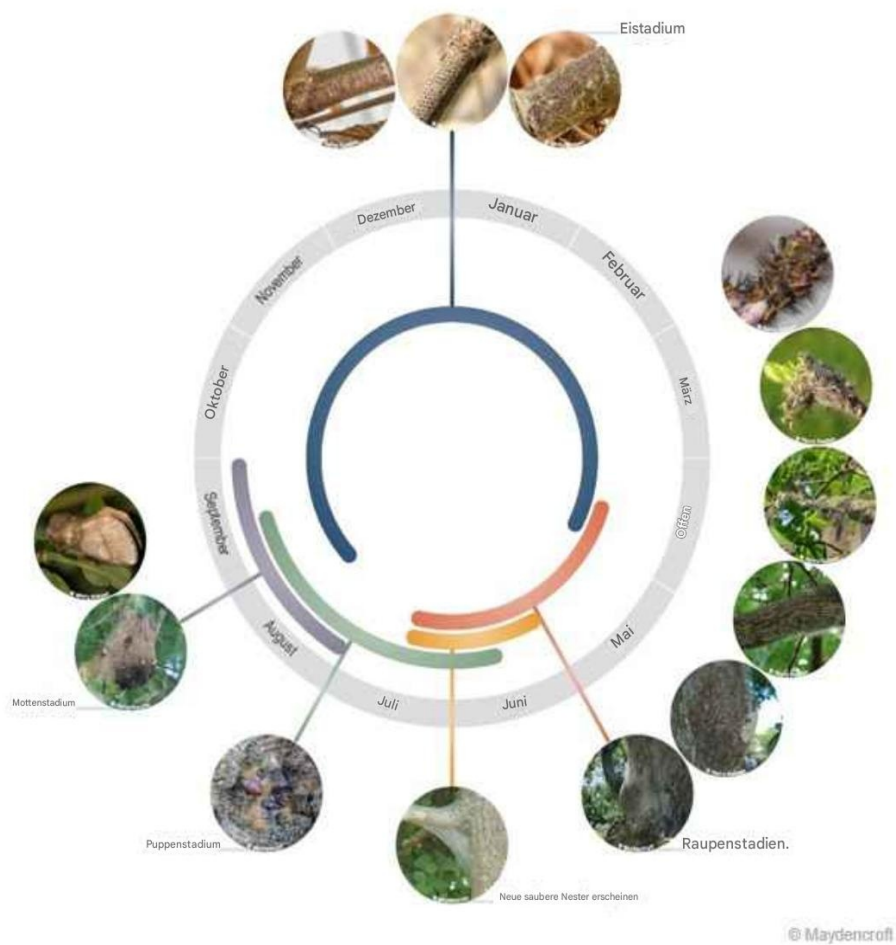


Abbildung 1: Die Lebensphasen des Eichenprozessionsspinners (<https://www.oakmothtreatment.co.uk>, Übersetzung mit GOOGLE Lens)

Stadium	Struktur & Verhalten	Mögliche UAV Anwendungen
Eistadium	Motten legen Eier auf mehreren Eichen ab. Die Eier werden in Massen oder Plaques von etwa 2 cm Länge auf hohen Ästen und Zweigen abgelegt. Weibchen können jedes Jahr zwischen 100 und 300 Eier legen. Die Eiablage ist mit gräulichen Schuppen bedeckt und bleibt im darauffolgenden Herbst und Winter an den Bäumen hängen.	Phase 1.1 - Unter Nutzung eines offiziellen Baumkatasters werden systematisch, mit Hilfe von FPV (first person view) Drohnen, die Eichenbäume auf EPS Gelege untersucht und kartiert. Die Fotos dienen als KI-Trainingsmaterial. Phase 1.2 – Mit Hilfe der Trainingsdaten kann ein automatisierte KI-UAV EPS Monitoring in einem eng beschriebenen Umfeld (engl. geofencing) periodisch durchgeführt werden. Phase 1.3 – Forschung: die EPS Gelege werden automatisiert mit KI-UAV Drohnen und einem Laser (TRUMPF Laser Technology¹) punktförmig zerstört.
L1 Larven	Nymphenstadium L1 – Mitte April - Im April schlüpfen Larven im ersten Stadium aus den Eiern. Aus den Eiern schlüpfen Raupen, kurz vor dem Knospenaustrieb. Die Raupen sind <3 mm groß, haben einen schwarzen Kopf und einen orangefar-	Phase 2.1 - Unter Nutzung eines offiziellen Baumkatasters werden systematisch, mit Hilfe von FPV (first person view) Drohnen, die Eichenbäume auf EPS L1 Larven untersucht und kartiert. Die Fotos dienen als KI-Trainingsmaterial. Phase 2.2 – Mit Hilfe der Trainingsdaten kann ein automatisierte KI-UAV EPS Monitoring in einem eng beschriebenen Umfeld (engl. geofencing) pe-

1 Mit hoher Wahrscheinlichkeit sind „industrial grade“ Quantenpunktlaser für diese Aufgabenstellung geeignet (<https://de.wikipedia.org/wiki/Quantenpunktlaser>, https://en.wikipedia.org/wiki/Quantum_dot_laser).

	benen Körper; Sie ernähren sich nachts und bleiben in den Blattknospen.	riodisch durchgeführt werden. Phase 2.3 - Forschung: die EPS L1 Larven werden automatisiert mit KI-UAV Drohen und einem Laser (TRUMPF Laser Technology) punktförmig zerstört.
L2 Larven	Larvenstadium L2 – Anfang Mai - Raupen häuten sich, wenn Nahrung vorhanden ist und die Temperatur steigt. Die Raupen bleiben in den Ästenenden.	Phase 3.1 - Unter Nutzung eines offiziellen Baumkatasters werden systematisch, mit Hilfe von FPV (first person view) Drohen, die Eichenbäume auf EPS L2 Larven untersucht und kartiert. Die Fotos dienen als KI-Trainingsmaterial. Phase 3.2 – Mit Hilfe der Trainingsdaten kann ein automatisierte KI-UAV EPS Monitoring in einem eng beschriebenen Umfeld (engl. geofencing) periodisch durchgeführt werden. Phase 3.3 - Forschung: die EPS L2 Larven werden automatisiert mit KI-UAV Drohen und einem Laser (TRUMPF Laser Technology) punktförmig zerstört.
L3 Larven	Nymphenstadium L3 – Mitte Mai - Raupen sind jetzt zwischen 10 und 15 mm lang; Sie versammeln sich in großen Gruppen und haben begonnen, giftige Brennhaare zu produzieren .	Phase 4.1 - Unter Nutzung eines offiziellen Baumkatasters werden systematisch, mit Hilfe von FPV (first person view) Drohen, die Eichenbäume auf EPS L3 Larven untersucht und kartiert. Die Fotos dienen als KI-Trainingsmaterial. Phase 4.2 – Mit Hilfe der Trainingsdaten kann ein automatisierte KI-UAV EPS Monitoring in einem eng beschriebenen Umfeld (engl. geofencing) periodisch durchgeführt werden. Phase 4.3 - Forschung: die EPS L2 Larven werden automatisiert mit KI-UAV Drohen und einem Laser (TRUMPF Laser Technology) punktförmig zerstört. Phase 4.4 - Forschung: automatisierte Detektierung und biochemische Analyse (portable Biosensoren auf Graphenbasis oder optische Microarrays) der giftigen (Thaumetopoein - Proteingemisch von toxischen Eiweißverbindungen) Brennhaare in der Luft mit Kartierung. So werden auch alte Belastungen, die bis zu 11 Jahre andauern können, erkannt und können klassisch bekämpft werden. Forschung: Laser basierte Zerstörung von Brennhaarnestern.
L4 Larven	Nymphenstadium L4 – Ende Mai bis Mitte Juni - Ungefähr 20–25 mm; Sie beginnen, Zelte zu bilden, sauber und blass in der Farbe; Es handelt sich um eine Ansammlung abgestoßener Haut, die jeweils etwa 700.000 giftige Haare enthält.	Phase 5 – siehe Larvenstadium L1 – L3.
L5 Larven	Nymphenstadium L5 – Juni bis Mitte Juli - Raupen sind jetzt mit etwa 30 mm viel einfacher zu identifizieren ; Die Nester sind größer und mit Seide und abgeworfenen Häuten bedeckt. Es gibt deutliche Anzeichen für Fraßschäden.	Phase 6 – siehe Larvenstadium L1 – L3.
L6 Larven	Nymphenstadium L6 – Ende Juni bis Ende Juli - Raupen sind etwa 35 mm groß; Große, schmutzige Nester von brauner Farbe durch abgeworfene Häute, die sich auf dem Stamm und den Ästen des Gerüsts befinden.	Phase 7 – siehe Larvenstadium L1 – L3.
Puppen	Auf Bodenhöhe mit eingearbeitetem Gras; Enthält viel Kot und abgeworfene Häute; Bleibt aufgrund der Haare viele Jahre lang gefährlich.	Phase 8 – Vermutlich keine Laserbekämpfung möglich.
Motte	Die ersten Motten schlüpfen etwa Mitte Juli und bis Ende September sind alle Motten geschlüpft . Motten sind nachtaktiv.	Phase 9.1 – Ausbringung von EPS Pheromonfallen per UAV Drohne in Baumwipfeln (10–15 m Höhe). Sie bietet eine präzisere, risikoärmere und kosteneffizientere Alternative zur bisherigen Methode mit Hubarbeitsbüh-

tiv, leben nur drei bis vier Tage und nehmen keine Nahrung auf, sie haben keine Fressorgane.

Die Männchen schlüpfen vor den Weibchen und können bis zu 20 km (12 Meilen) weit fliegen. Weibchen sind selten mehr als 500 m von ihrem „Heimatbaum“ entfernt anzutreffen und werden vom „Duft“ der Eiche angezogen. Erwachsene Motten sind nicht leicht von einigen anderen Arten zu unterscheiden.

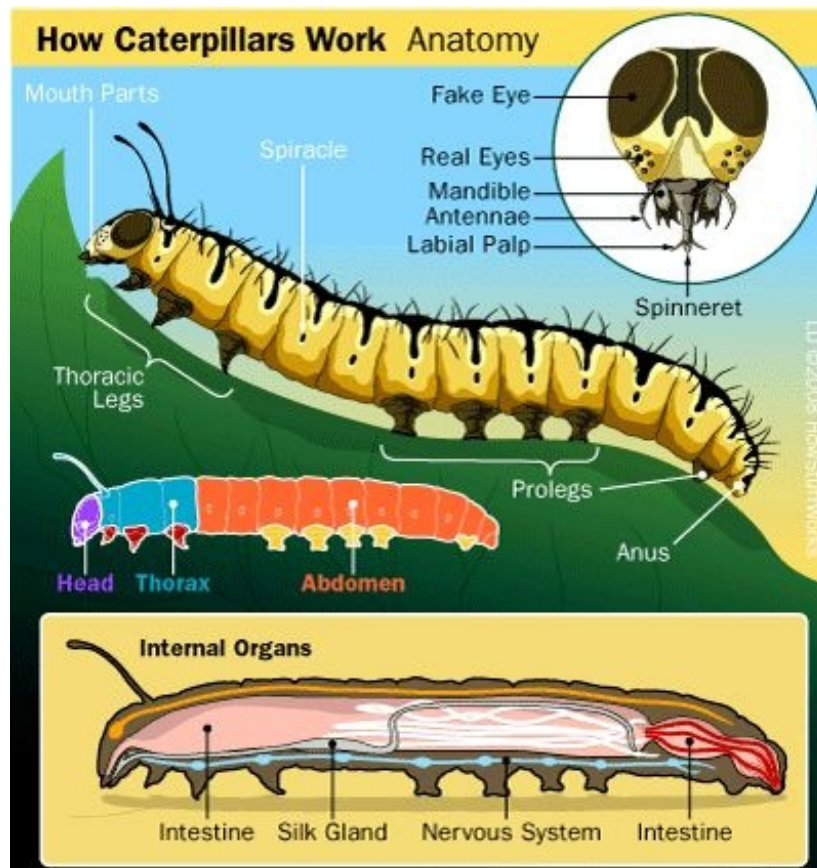
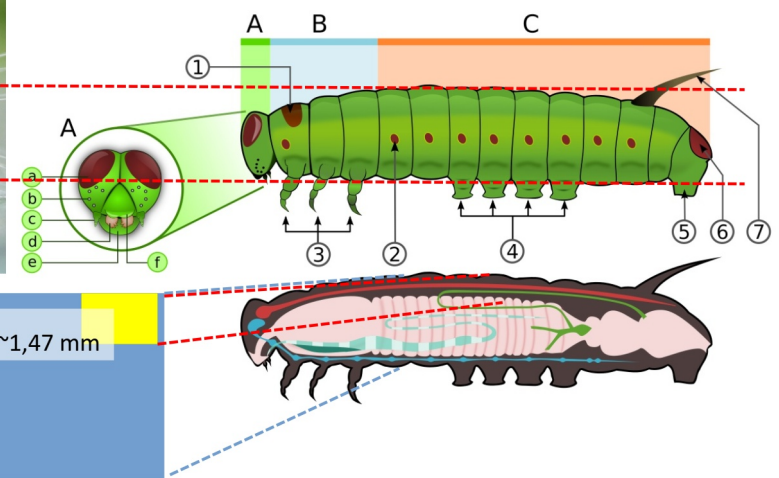
nen oder Wurfseilen. Charakteristische Daten: 1–2 Personen; minimalinvasiv; keine Baumberührung notwendig; schnell mobilisierbar; 2–5 Min/Falle möglich; automatische GPS-Dokumentation und Bilddaten

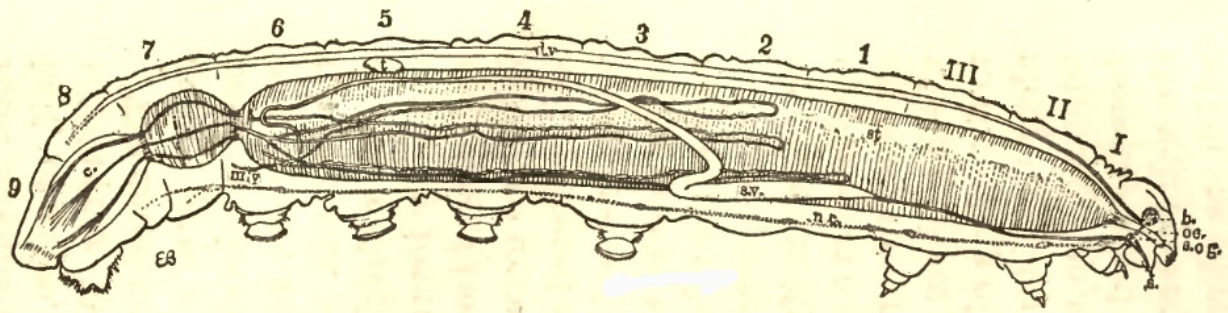
Mit hoher Wahrscheinlichkeit keine Laserbekämpfung möglich.

EPS-Raupe_Chintinpanzer-Dicke



Chitinpanzerdicke:
5,35*1,84/6,70 [mm] ~1,47 mm

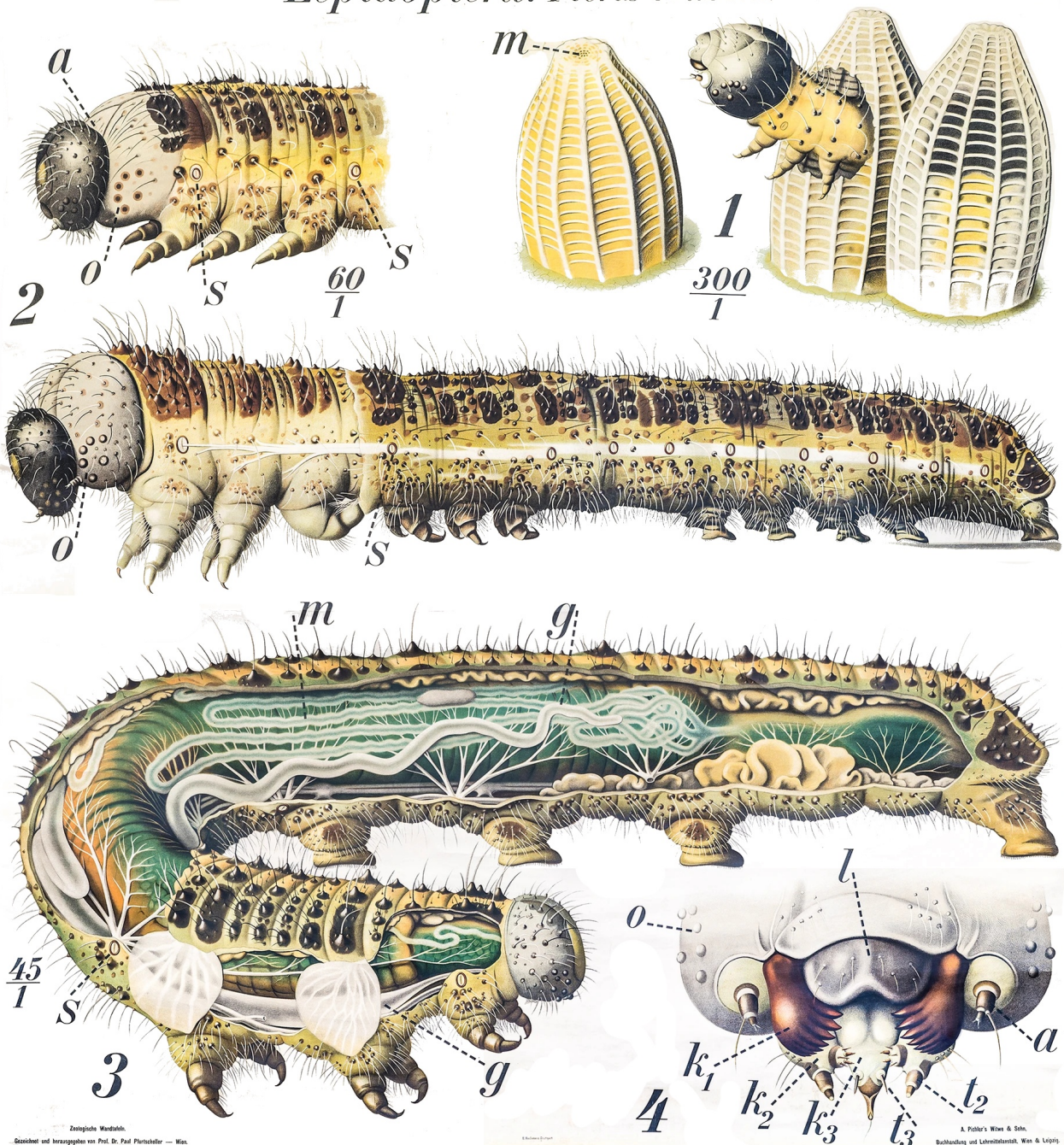




Longitudinal section through the larva of *Danaus Plexippus* ♂ to show the internal anatomy; the Roman numerals indicate the thoracic, the Arabic the abdominal segments; *b*, brain; *sog*, subesophageal ganglion; *nc*, nervous cord; *oe*, oesophagus; *st*, stomach; *t*, intestine; *c*, colon; *sv*, spinning vessel of one side; *s*, spinneret; *mv*, malpighian vessel, of which only the portions lying on the stomach are shown, and not the multitudinous convolutions on the intestine; *t*, testis; *dv*, dorsal vessel; the salivary glands are not shown. $\times 3$. (Burgess.)

Lepidoptera. *Pieris brass. l.*

Tab. 23.



PROMPTS

PROMPT - Gibt es in Deutschland Forschung, die das Thema Raupen behandelt? Ich bin an physiologischen Parametern interessiert, die man für eine gezielte Bekämpfung benötigt.

PERPLEXITY - Ja, in Deutschland gibt es aktuelle Forschung, die sich auf Raupen sowie deren physiologische Parameter konzentriert – sowohl im Kontext der Grundlagenforschung als auch im Hinblick auf gezielte Bekämpfungsstrategien. [1][2][3][4]

Forschungsfelder zu Raupen in Deutschland

Deutsche Forschung arbeitet sowohl an ökologisch verträglichen Bekämpfungsmethoden schaderregender Raupenarten (z.B. Buchsbaumzünsler, Eichenprozessionsspinner) als auch an physiologischen Parametern mit Relevanz für Diagnostik und Eingriff. [3][5][6]

- Am Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und Angewandte Ökologie (IME) werden Raupen als Modellorganismen für die Entzündungsforschung und als Ersatz für klassische Versuchstiere untersucht. Besonders detailliert ist die Analyse des Verdauungs- und Immunsystems, etwa beim Tabakswärmer *Manduca sexta*. [2][4][1]
- Es existieren Forschungsprojekte zur Entwicklung biologischer Bekämpfungsansätze, z.B. mit entomopathogenen Nematoden gegen Raupen von Pflanzenschädlingen. Die Wirksamkeit wird dabei an physiologischen Reaktionen wie Fraßverhalten, Immunantwort und Mortalität gemessen. [7][6][3]

Beispiele wichtiger physiologischer Parameter

Für eine gezielte Bekämpfung werden u.a. diese Parameter wissenschaftlich betrachtet: [4][1][2][7]

- **Immunsystem:** Das angeborene Immunsystem der Raupe ist bei Infektionen oder nach Kontakt mit Bioziden von Bedeutung. Bestimmte Schutzmechanismen beeinflussen die Wirksamkeit von Bekämpfungsmitteln.
- **Verdauungsapparat:** Anatomie des Mitteldarms, Aktivität von Verdauungsenzymen und die Morphologie spielen eine Rolle für die Aufnahme und Wirkung von Wirkstoffen.
- **Entwicklungsstadien:** Die Wirksamkeit von Maßnahmen hängt vom Häutungsstadium und der physiologischen Reife der Raupen ab (z.B. Zeit bis zur dritten Häutung bei EPS vor Ausbildung der Brennhaare). [5]
- **Fraß- und Bewegungsverhalten:** Veränderungen unter Stress und nach Kontakt mit Wirkstoffen ermöglichen die Wirkungsbeurteilung von biologischen und chemischen Mitteln. [8][7]
- **Mikrobiom:** Veränderungen in der Darmflora werden zunehmend als Effekt von Interventionen untersucht. [1][2]
- **Chitinpanzerdicke:** um eine Raupe mit Hilfe eines Laserstrahls töten zu können, muss man die Chitinpanzerdicke kennen und die notwendige thermische Energie, um den Panzer zu durchdringen, um lebenswichtige Raupenorgane zu zerstören.

Praktische Anwendungen für Bekämpfung

- Entomopathogene Nematoden werden als biologische "Wirkstoffe" eingesetzt und dringen durch natürliche Körperöffnungen in die Raupe ein, lösen eine immunologische und physiologische Kettenreaktion aus, und töten sie ab. Die Kenntnis der Eintrittspforten und der Immunantwort ist dafür essenziell. [6][7]
- Monitoring und gezielte Bekämpfung können durch physiologische Marker wie Häutungsstadium, Aktivität und Fraßleistung optimiert werden. Diese Parameter werden zunehmend zur Bestimmung des idealen Zeitpunktes für Maßnahmen genutzt. [3][5]

Fazit

In Deutschland existiert innovative und international anschlussfähige Forschung zur Physiologie von Raupen mit direkter Relevanz für ökologische Bekämpfung und Monitoring. Zu den zentralen Zielparametern zählen Immunsystem, Entwicklungsstadien, Verdauungsphysiologie und Verhalten unter Stress. [2][4][7][5][6][1][3]

[1] <https://www.bionity.com/de/news/1178765/schaedlingsraupen-koennen-traditionelle-versuchstiere-ersetzen.html>

[2] <https://www.drg.de/de-DE/10964/radiologie-und-raupen-micro-ct-und-mrt-entzuendungsforschung>

[3] <https://www.nematodenshop.de/blog/die-zukunft-des-buchsbaumzuenslers-in-deutschland/>

[4] <https://www.wissenschaft.de/erde-umwelt/virtuelle-reise-durch-die-raupe-der-forschung/>

[5] <https://www.baua.de/DE/Themen/Chemikalien-Biostoffe/Gefahrstoffe/Biozide-Bewertungsstelle-Arbeitsschutz/Eichenprozessionsspinner>

[6] <https://www.umweltbundesamt.de/eichenprozessionsspinner>

[7] <https://www.koppertbio.de/nachrichten/nematoden-gegen-raupen-und-andere-blattschaedlinge/>

[8] <https://raupen-kaufen.de/die-welt-der-raupen/>

- [9] <https://www.uni-giessen.de/de/ueber-uns/pressestelle/pm/pm169-22schaedlingslarvenersatz>
- [10] <https://www.deutsche-apotheker-zeitung.de/news/artikel/2022/12/22/alternative-zum-mausmodell-schmetterlingsraupen-fuer-die-erforschung-von-darmerkrankungen>
- [11] https://www.ice.mpg.de/79642/research_report_835946?c=97029
- [12] https://www.ufz.de/export/data/6/125122_OEDIPPUS_Band27.pdf
- [13] https://www.fisaonline.de/projekte-finden/details/?tx_fisaresearch_projects%5Baction%5D=projectDetails&tx_fisaresearch_projects%5Bcontroller%5D=Projects&tx_fisaresearch_projects%5Bp_id%5D=16754&cHash=0296f1c0162f1b33307c51cb9b1e8aa2
- [14] <https://nrw.nabu.de/imperia/md/content/nrw/tagfaltermonitoring/kartieranleitungnrw.pdf>
- [15] https://www.mpg.de/9943771/mpicoe_jb_20151
- [16] https://www.ufz.de/export/data/6/126968_Oedippus_32k.pdf
- [17] https://bfm.bsz-bw.de/files/402/Skript_365.pdf
- [18] <https://www.gruenlandstaudenhof.de/cms2/haus-garten/invasive-schaedlinge-2025-innovative-strategien-fuer-nachhaltigen-pflanzenschutz-in-deutschland/>
- [19] <https://www.berlin.de/sen/uvk/natur-und-gruen/biologische-vielfalt/ausstellungen/kienbergpark/tagfalter/>
- [20] <https://www.ndr.de/ratgeber/garten/schaedlinge/Buchsbaumzuensler-bekaempfen-Was-hilft-gegen-die-Raupen,buchsbaum150.html>

ANHÄNGE - PROMPTS

PROMPT – Phase 1 EPS Eigelege Monitoring - Phase 1.1 - Unter Nutzung eines offiziellen Baumkatasters werden systematisch, mit Hilfe von FPV (first person view) Drohnen, die Eichenbäume auf EPS Gelege untersucht und kartiert. Die Fotos dienen als KI-Trainingsmaterial. Phase 1.2 – Mit Hilfe der Trainingsdaten kann ein automatisierte KI-UAV EPS Monitoring in einem eng beschriebenen Umfeld (engl. geofencing) periodisch durchgeführt werden. Zusätzlich können aktive Bürger offizielle Eichenbaumpatenschaften übernehmen und EPS Befall melden.



ChatGPT - Ich habe deinen Text zu **Phase 1** so strukturiert, dass er klar, knapp und zugleich technisch präzise ist – so kannst du ihn direkt in ein Konzeptpapier oder eine Präsentation übernehmen:

Phase 1 – EPS Eigelege-Monitoring

Phase 1.1 – Manuelles Monitoring & Datenbasisaufbau

- Nutzung eines **offiziellen Baumkatasters** zur systematischen Erfassung aller Eichen im Zielgebiet.
- Einsatz von **FPV-Drohnen (First Person View)** zur visuellen Inspektion auf EPS Eigelege.
- Georeferenzierte **Fotodokumentation** aller Befunde.
- Bildmaterial dient als **Trainingsdatensatz** für ein KI-gestütztes Erkennungssystem.

Phase 1.2 – KI-gestütztes, automatisiertes Monitoring

- Entwicklung und Einsatz eines **KI-UAV Systems** zur automatisierten Erkennung von EPS Eigelegen.
- Betrieb innerhalb klar definierter **Geofencing-Zonen** zur Erhöhung der Sicherheit und Zielgenauigkeit.
- **Periodische Kontrollflüge** zur frühzeitigen Erkennung neuer Befallsherde.
- **Bürgerbeteiligung**: Möglichkeit für engagierte Anwohner, offizielle **Eichenbaumpatenschaften** zu übernehmen und Sichtungen direkt zu melden.

Wenn du magst, kann ich dir daraus **gleich eine klare Infografik** im Stil einer **zweistufigen Prozess- oder Zeitachsen-Darstellung** erstellen – das wäre perfekt für den Anhang deines Anschreibens an TRUMPF oder für Förderanträge.

Willst du, dass ich die jetzt für dich umsetze?



PERPLEXITY - Hier ist eine strukturierte und zusammengefasste Erklärung des Konzepts und der Vorgehensweise für das Projekt "EPS Eigelege Monitoring" Phase 1, wie von Ihnen beschrieben.

Phase 1 EPS Eigelege Monitoring

Phase 1.1 – Systematische Untersuchung mit FPV-Drohnen

- Nutzung eines **offiziellen Baumkatasters** zur gezielten Auswahl und Lokalisierung von Eichenbäumen.
- Systematische **Inspektion der Eichenbäume auf EPS Gelege** (*Eichenprozessionsspinner-Gelege*) mittels **FPV-Drohnen** (first person view).
- **Fotografische Dokumentation:** Die mit den Drohnen aufgenommenen Bilder werden gesammelt.
- Die Bilder dienen als **Trainingsmaterial für Künstliche Intelligenz (KI)**. Die KI soll später automatisch EPS Gelege auf Fotos erkennen lernen.

Phase 1.2 – Automatisiertes KI-UAV Monitoring und Bürgerbeteiligung

- Mit den in 1.1 gewonnenen **Trainingsdaten** wird eine **KI-basierte Drohnenlösung** entwickelt.
- Diese ermöglicht **automatisiertes, regelmäßiges EPS Monitoring** durch UAVs (Drohnen) in **klar definierten Bereichen** (*Geofencing*).
- **Bürgerbeteiligung:** Interessierte Bürger können **offizielle Patenschaften für Eichenbäume** übernehmen.
- Über eine **Meldeplattform** können diese Ehrenamtlichen **EPS Befall melden** und so direkt zum Schutz ihrer Baum-Patenschaft beitragen.

Zielsetzung und Nutzen

- **Effizientere Überwachung** von Eichenprozessionsspinner-Befall.
- **Frühzeitige Identifikation** von EPS Gelegen durch Automatisierung.
- **Einbindung der Öffentlichkeit** zur Erweiterung der Datenbasis und schnelleren Reaktion auf Befälle.
- Aufbau eines **Trainingsdatensatzes für KI-Systeme** im Naturschutz.

Hinweis:

Das Projekt setzt auf die Kombination moderner Technologien (Drohnen, KI) mit bürgerschaftlichem Engagement, um die Herausforderungen des EPS Managements effizient und nachhaltig zu lösen.



PROMPT – Phase 1.3 – Forschung: die EPS Gelege werden automatisiert mit KI-UAV Drohen und einem Laser (TRUMPF Laser Technology) punktförmig zerstört.



ChatGPT - Hier ist die erweiterte und sauber gegliederte **Phase 1** mit deinem neuen **Forschungsschritt 1.3**:

Phase 1 – EPS Eigelege-Monitoring und -Bekämpfung

Phase 1.1 – Manuelles Monitoring & Datenbasisaufbau

- Nutzung eines **offiziellen Baumkatasters** zur systematischen Erfassung aller Eichen im Zielgebiet.
- Einsatz von **FPV-Drohnen (First Person View)** zur visuellen Inspektion auf EPS Eigelege.
- Georeferenzierte **Fotodokumentation** aller Befunde.
- Bildmaterial dient als **Trainingsdatensatz** für ein KI-gestütztes Erkennungssystem.

Phase 1.2 – KI-gestütztes, automatisiertes Monitoring

- Entwicklung und Einsatz eines **KI-UAV Systems** zur automatisierten Erkennung von EPS Eigelegen.
- Betrieb innerhalb klar definierter **Geofencing-Zonen** zur Erhöhung der Sicherheit und Zielgenauigkeit.
- **Periodische Kontrollflüge** zur frühzeitigen Erkennung neuer Befallsherde.
- **Bürgerbeteiligung:** Möglichkeit für engagierte Anwohner, offizielle **Eichenbaumpatenschaften** zu übernehmen und Sichtungen direkt zu melden.

Phase 1.3 – Forschung: UAV Laserpräzisionsbekämpfung

- Integration eines **präzisen Lasersystems** (z. B. TRUMPF Laser Technology) in eine KI-gesteuerte UAV Plattform.
- Automatisierte **punktförmige Zerstörung** identifizierter EPS Eigelege direkt am Baum.
- Striktes **Geofencing** und Zielverfolgung, um unbeabsichtigte Treffer auszuschließen.
- Evaluierung von **Effizienz, Umweltverträglichkeit und Sicherheit** dieser Technologie im Rahmen eines Pilotprojekts.

Wenn du willst, kann ich dir daraus direkt eine **dreistufige Prozessgrafik als SVG** machen, bei der Phase 1.3 optisch als „Forschungsschritt“ hervorgehoben ist.

Das würde sich sehr gut für Präsentationen oder als Anhang im TRUMPF-Anschreiben eignen.



PERPLEXITY - Hier ist eine strukturierte Darstellung des Abschnitts "Phase 1.3 – Forschung" Ihres EPS Eigelege Monitoring-Projekts:

Phase 1.3 – Forschung: Automatisierte punktuelle Zerstörung von EPS Gelegen

Ablauf und Technik

- **Automatisierte Erkennung:** Nach erfolgreicher KI-gestützter Identifikation der EPS Gelege mittels UAV Drohnen (wie in Phase 1.2) werden die Standorte mit hoher Präzision lokalisiert.
- **Laser-Technologie:** Drohnen sind mit einem spezialisierten **Laser-System** (z.B. TRUMPF Laser Technology) ausgestattet.
- **Punktuelle Zerstörung:** Die erkannte Gelege werden **gezielt** und **punktförmig** mittels Laserstrahl zerstört.
 - Dies ermöglicht eine **präzise, selektive Entfernung** der Schädlinge, ohne die umliegenden Baumteile zu beschädigen.
- Der gesamte Prozess erfolgt **automatisiert**, gesteuert durch die vorher trainierte KI und GPS-basierte Navigation.

Potenziale und Forschungsziele

- **Reduzierung des Chemikalieneinsatzes:** Die Methode verzichtet vollständig auf Pestizide und schont damit Umwelt und Biodiversität.
- **Effizienz und Skalierbarkeit:** Automatisierte Laserbehandlung kann großflächig und kontinuierlich erfolgen – insbesondere in schwer zugänglichen Bereichen.
- **Wissenschaftliche Auswertung:** Die Wirksamkeit, Sicherheit und Nachhaltigkeit der Methode werden durch begleitende Forschung bewertet.

Zusammenfassung:

Phase 1.3 macht den Sprung von digitaler Erkennung und Kartierung hin zur direkten, hochpräzisen Intervention mittels Laser-Technologie, um EPS Gelege umweltfreundlich und automatisiert zu beseitigen. Die Kombination aus KI, UAV und Laser stellt einen innovativen, nachhaltigen Ansatz im EPS Management dar.



PROMPT – Phase 4.4 - Forschung: automatisierte Detektierung und biochemische Analyse (portable Biosensoren auf Graphenbasis oder optische Microarrays) der giftigen (Thaumetopoein - Proteingemisch von toxischen Eiweißverbindungen) Brennhaare in der Luft mit Kartierung. So werden auch alte Belastungen, die bis zu 11 Jahre andauern können, erkannt und können klassisch bekämpft werden. Forschung: Laser basierte Zerstörung von von Brennhaarnestern.



ChatGPT - Ich habe deinen neuen Forschungsschritt **Phase 4.4** klar strukturiert, technisch präzise formuliert und in zwei Teilbereiche gegliedert (Detektion & Bekämpfung):

Phase 4.4 – Forschung: Automatisierte Brennhaar-Detektion und -Bekämpfung

Teil 1 – Automatisierte Detektion & Biochemische Analyse

- Entwicklung eines **KI-gestützten Erfassungssystems** für in der Luft befindliche EPS Brennhaare.
- Einsatz **tragbarer Biosensoren** (Graphen-basiert) oder **optischer Microarrays** zur Identifizierung des EPS Toxins **Thaumetopoein** (Proteingemisch toxischer Eiweißverbindungen).
- **Georeferenzierte Kartierung** der Messwerte, um aktuelle und historische Belastungen sichtbar zu machen.

- Erfassung auch **langfristiger Kontaminationen** (Brennhaare bleiben bis zu **11 Jahre** wirksam).
- Ergebnis: Zielgerichtete, klassische Bekämpfungsmaßnahmen an belasteten Orten.

Teil 2 – Forschung zur Laser-basierten Zerstörung von Brennhaarnestern

- Entwicklung eines **UAV gestützten Lasersystems** zur gezielten Neutralisation von identifizierten Brennhaarnestern in der Vegetation und auf Oberflächen.
- Striktes **Geofencing** und Echtzeit-Objekterkennung zur Vermeidung unbeabsichtigter Material- oder Umweltschäden.
- Untersuchung der **thermischen Parameter**, die eine vollständige Denaturierung der Proteine gewährleisten, ohne Brandgefahr zu erzeugen.

Wenn du möchtest, kann ich dir jetzt eine **komplette modulare Roadmap** mit **Phase 1–4** als Prozessgrafik entwerfen, sodass die Laser-Technologie von Phase 1.3 und 4.4 optisch und strategisch als „High-Tech-Forschungsachse“ heraussticht. Das wäre ideal, um TRUMPF oder Fördermittelgebern zu zeigen, wo ihre Expertise greift.



PERPLEXITY - Phase 4.4 – Forschung: Automatisierte Detektion und Analyse der toxischen Brennhaare

Automatisierte Detektierung und Analyse

- **Ziel:** Identifikation und Kartierung der giftigen Brennhaare des Eichenprozessionsspinners (EPS) in der Umgebungsluft.
- **Technologien:**
 - **Portable Biosensoren auf Graphenbasis:** Hochsensible Sensoren, die spezifische toxische Eiweißverbindungen (Thaumetopoein) erkennen können.
 - **Optische Microarrays:** Können verschiedene Proteine simultan detektieren und analysieren.
- **Funktionsweise:**
 - Die Sensoren werden mobil (z.B. per UAV, stationär oder als Handgeräte) zur Probennahme und Analyse eingesetzt.
 - Dadurch erfolgt eine **biochemische Echtzeit-Analyse** der Luftbelastung durch toxische Brennhaare.
 - **Kartierung:** Die Ergebnisse werden georeferenziert und kartiert, um Belastungsschwerpunkte spatial darzustellen.
- **Besondere Relevanz:**
 - Auch alte/nachhaltige Belastungen können identifiziert werden, da giftige Brennhaare bis zu **11 Jahre** lang in der Umwelt toxisch bleiben.

Klassische Bekämpfung und ergänzende Maßnahmen

- Nach der Detektion alter Belastungen können **klassische Bekämpfungsmethoden** (z.B. Absaugung, Bindemittel) gezielt eingesetzt werden.

Forschung: Laser-basierte Zerstörung von Brennhaarnestern

- **Ansatz:** Die zuvor kartierten und lokalisierten Brennhaarnester werden per **Laser gezielt zerstört**.
 - Die Lasertechnologie sorgt für eine kontrollierte Entfernung ohne die umliegende Vegetation zu beeinträchtigen.
 - Die Methode kann automatisiert und aus der Ferne (beispielsweise durch Drohnen) angewendet werden.

Fazit:

Phase 4.4 verbindet modernste Sensorik und Lasertechnologie, um sowohl die aktuelle als auch historische Belastung durch giftige Brennhaare des Eichenprozessionsspinners präzise zu erkennen, zu kartieren und gezielt zu bekämpfen. Dies eröffnet neue Perspektiven für ein nachhaltiges und effizientes EPS Management, indem toxische Risiken für Mensch und Umwelt verringert werden.



PROMPT – Phase 9.1 – Ausbringung von EPS Pheromonfallen per UAV Drohne in Baumwipfeln (10–15 m Höhe). Sie bietet eine präzisere, risikoärmere und kosteneffizientere Alternative zur bisherigen Methode mit Hubarbeitsbühnen oder Wurfseilen. Charakteristische Daten: 1–2 Personen; minimalinvasiv; keine Baumberührung notwendig; schnell mobilisierbar; 2–5 Min/Falle möglich; automatische GPS-Dokumentation und Bilddaten.



ChatGPT - Hier ist **Phase 9.1** sauber gegliedert und so formuliert, dass sie nahtlos in dein Gesamtkonzept passt:

Phase 9.1 – UAV gestützte Ausbringung von EPS Pheromonfallen

Ziel

- Präzise, risikoarme und kosteneffiziente Installation von EPS Pheromonfallen in Baumwipfeln (10–15 m Höhe).

Verfahren

- Einsatz einer **UAV Drohne** mit präzisem Positionierungssystem und Greif-/Abwurfseinheit.
- **Kein direkter Kontakt** mit dem Baum, wodurch Beschädigungen ausgeschlossen werden.
- **Automatische GPS-Dokumentation** und **Fotobeweis** jeder installierten Falle.

Charakteristische Leistungsdaten

- **Personalbedarf:** 1–2 Personen.
- **Einsatzzeit:** 2–5 Minuten pro Falle.
- **Mobilität:** Schnell verlegbar, auch in schwer zugänglichen Lagen.
- **Arbeitsweise:** Minimalinvasiv, keine Hubarbeitsbühnen oder Wurfseile erforderlich.

Vorteile gegenüber bisherigen Verfahren

- Deutlich **geringeres Unfall- und Verletzungsrisiko**.
- **Zeit- und Kosteneinsparung** durch Wegfall aufwändiger Hebe- oder Klettertechnik.
- **Dokumentationssicherheit** durch integrierte GPS- und Bildaufzeichnung.

Wenn du willst, kann ich daraus zusammen mit **Phase 1.3, 4.4** und **9.1** eine **technologische Maßnahmen-Übersicht** erstellen, die klar zeigt, wo UAV und Lasertechnik den größten Innovationshebel bringen.

Das wäre für dein TRUMPF-Anschreiben und Förderanträge strategisch sehr überzeugend.



PERPLEXITY - Phase 9.1 – Ausbringung von EPS Pheromonfallen mit UAV Drohne (Baumwipfel, 10–15m Höhe)

Vorgehen und Vorteile

- **Ziel:** Platzierung von Pheromonfallen zur Früherkennung und Bekämpfung des Eichenprozessionsspinners (EPS) direkt in Baumwipfeln.
- **Technik:** UAV Drohne fliegt autonom oder ferngesteuert in Baumwipfelbereiche (10–15m Höhe).
 - Derartige Präzisionsflüge erlauben das sehr gezielte und sichere Ausbringen von Fallen, ohne Baumberührung.
- **Effizienz:**
 - **Personalbedarf:** Lediglich 1–2 Personen erforderlich.
 - **Geschwindigkeit:** 2–5Minuten pro Falle.
 - **Mobilität:** Schnell einsatzbereit, auch an schwer zugänglichen Orten.
- **Minimale Eingriffe:** Keine direkte Baumberührung – keine mechanischen Schäden oder Belastungen für den Baum.
- **Dokumentation:**
 - **Automatische GPS-Aufzeichnung** der Fallenpositionen.
 - **Bilddaten** gewährleisten lückenlose und systematische Protokollierung.

Vorteile gegenüber traditionellen Methoden

Methode	Präzision	Risiko	Personalbedarf	Zeitaufwand/Falle
UAV Drohne	Hoch	Niedrig	1–2	2–5Minuten
Hubarbeitsbühne	Mittel	Hoch	3–4+	10–30Minuten

Methode	Präzision	Risiko	Personalbedarf	Zeitaufwand/Fälle
Wurfseil	Niedrig	Hoch	2–3	10+Minuten

Hintergrund

- **Pheromonfallen** werden zum Monitoring der Falteraktivität eingesetzt, um das Befallsrisiko und die Ausbreitung von EPS frühzeitig zu erkennen.[umweltbundesamt](#)
- UAV basierte Ausbringung ist minimalinvasiv, erhöht die Arbeitssicherheit und senkt die Kosten.

Fazit:

Der Einsatz von UAV Drohnen zur Ausbringung von EPS Pheromonfallen bietet eine präzise, risikoarme und kosteneffiziente Alternative zu konventionellen Methoden im Baumwipfelbereich. Die automatisierte Dokumentation sowie der geringe Personalbedarf machen das Verfahren besonders attraktiv für das Monitoring und Management des Eichenprozessionsspinners.

1. https://www.oberhausen.de/de/index/stadtentwicklung-umwelt/news/2024/04_april/sbo_ergreifen_massnahmen_gegen_eichenprozessionsspinner.php
2. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/417/dokumente/leitfaden_eps_nl_deutsch.pdf
3. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/umid_02-2015-2_bekaempfung_eichenprozessionsspinner.pdf
4. <https://www.mein-schoener-garten.de/themen/eichenprozessionsspinner>
5. <https://www.ms.niedersachsen.de/download/132606>
6. https://www.lung.mv-regierung.de/static/LUNG/dateien/fachinformationen/entwicklung/fortbildungen/vortrag-2015/lis_vortrag_15_03_25_gueth.pdf
7. <https://www.lwf.bayern.de/waldschutz/pflanzenschutz/237235/index.php>
8. <https://www.gevelsberg.de/Klima-und-Umwelt/Eichenprozessionsspinner/>



PROMPT – Bitte für **Phase 1.3, 4.4** und **9.1** eine **technologische Maßnahmen-Übersicht** erstellen, die klar zeigt, wo UAV und Lasertechnik den größten Innovationshebel bringen.



ChatGPT - Hier ist die **technologische Maßnahmen-Übersicht** für die drei Phasen, mit Fokus auf den Innovationshebel durch UAV und Lasertechnik:

Technologische Maßnahmen-Übersicht – UAV & Lasertechnologie bei der EPS Bekämpfung

Phase	Technologieeinsatz	Innovationshebel	Nutzen / Wirkung
1.3 – Forschung: UAV Laserpräzisionsbekämpfung	- KI-gestützte UAV Drohnen mit integrierter Lasereinheit- Präzise punktförmige Zerstörung von EPS Eigelegen	- Eliminierung ohne Einsatz von Insektiziden- Höchste Präzision durch Geofencing- Vollautomatisierbar	- Umwelt- und anrainerschonend- Schnelle Reaktionsfähigkeit- Reproduzierbare Ergebnisse ohne Chemie
4.4 – Forschung: Automatisierte Brennhaar-Detektion & Laserneutralisation	- UAVs mit portablen Biosensoren (Graphenbasis / optische Microarrays) zur Luftanalyse- UAV Lasersysteme zur Denaturierung von Brennhaarnestern	- Erfassung unsichtbarer Gefahrenzonen (Brennhaare bis 11 Jahre aktiv)- Kombinierte Detektion & Neutralisation in einem Arbeitsschritt	- Erhöhte Arbeitssicherheit für Personal- Zielgerichtete Bekämpfung auch von Altbelastungen- Flächendeckende Kartierung der Belastung
9.1 – UAV gestützte Ausbringung von EPS Pheromonfallen	- Drohnen mit Greif-/Abwurfssystem für präzise Falleninstallation (10–15 m Höhe)- GPS-gestützte Dokumentation	- Wegfall riskanter Baumkletter- und Hebebühnenarbeiten- Hohe Mobilität und Einsatzgeschwindigkeit	- Deutliche Kosten- und Zeitersparnis- Erhöhte Arbeitssicherheit- Lückenlose Einsatzdokumentation

Kern-Innovationsachsen

1. **Präzision statt Fläche** – Geofencing, Zielerkennung und Laserfokus ermöglichen punktgenaue Eingriffe ohne Kollateralschäden.
2. **Datenbasierte Steuerung** – UAVs liefern Bild-, Lage- und Sensordaten in Echtzeit, die als Grundlage für KI-gestützte Entscheidungsprozesse dienen.

3. **Integration von Monitoring & Intervention** – Kombination von Erkennung (Visuell, Sensoren) und Bekämpfung (Laser, Fallen) in einem mobilen System.
4. **Sicherheits- und Umweltvorteile** – Keine Chemikalien, kein direkter Kontakt, geringeres Unfallrisiko, Schutz angrenzender Ökosysteme.

Wenn du magst, kann ich dir daraus jetzt auch eine **kompakte Infografik** im Stil „Technologiematrix“ erstellen, bei der jede Phase als Modul mit Technologie-Icons, Innovationshebel und Nutzen visualisiert ist – perfekt für dein Anschreiben an TRUMPF oder für Förderpräsentationen. Möchtest du, dass ich die Infografik gleich anlege?



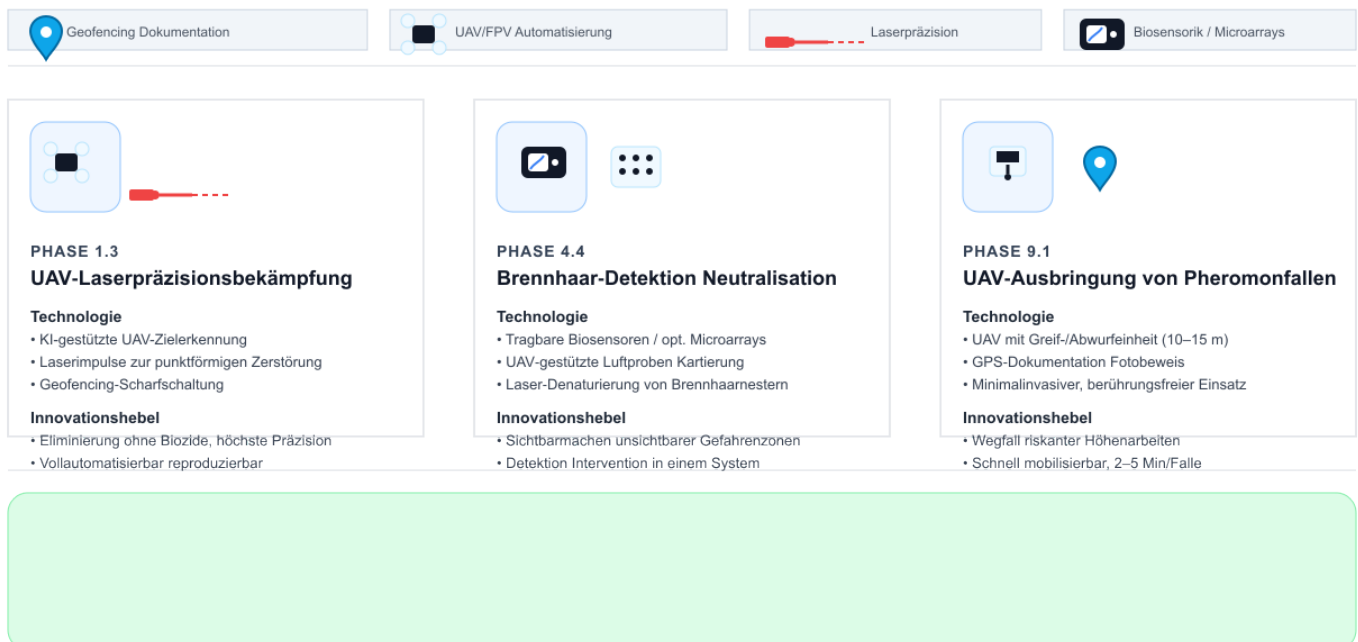
PROMPT - Bitte eine **kompakte SVG Infografik** im Stil einer Technologiematrix erstellen, bei der jede Phase als Modul mit Technologie-Icons, Innovationshebel und Nutzen visualisiert ist.



ChatGPT -

EPS – UAV LASER INNOVATION

Technologiematrix: Präzisions-Monitoring Intervention



Bestimmung der Laserenergieparameter zur EPS Raupenbekämpfung

PROMPT - Gibt es Insektenforscher, die Interesse haben, die relevanten Charakteristika von EPS Raupen, z.B. die Dicke des Chitinpanzers und die benötigte Laserenergie, um diesen Panzer zu durchbohren, zu erforschen? Man könnte z.B. mit einem Silikonkörper beginnen, den man mit künstlichem Chitin ummantelt hat und dieses Versuchsobjekt dann mit einem passenden Laserstrahl attackieren.

ChatGPT - Ganz genau: Es gibt tatsächlich **Insektenforscherinnen und Materialwissenschaftlerinnen**, die sich mit der physikalisch-mechanischen Charakterisierung von **Chitinpanzerstrukturen** befassen und damit potenziell auch Interesse an deinem Experiment hätten – insbesondere, wenn du künstliche Modelle (Silikonmodelle mit Chitin-Beschichtung) verwenden möchtest.

Relevante Forschung & Forscherkreise

1. Chitinanalytik und Materialcharakterisierung

- Studien verwenden bildgebende Verfahren wie **SEM, XRD, Raman und IR-Spektroskopie**, um Struktur, Morphologie und chemische Eigenschaften von Chitin zu untersuchen.
 - Etwa wurden Nanoporositäten und Fasergrößen von Chitin in Käfern und Schmetterlingen beschrieben ([ResearchGate](#), [Frontiers](#)).

- Auch zur quantitativen Chitinbestimmung in Larven wurden **Gravimetrie** und **Farbkomplexbildung** (Image Processing) angewandt ([Brill](#), [PubMed](#)).
- Ein neuer Ansatz nutzt Laser-Ablation (LAESI-IMS) für **chemische Oberflächenanalyse**, z. B. bei Zikadenflügeln ([PubMed](#)).

2. Forschungseinrichtungen & Ansprechpersonen

Solltest du konkret Kooperationspartner suchen, sind die folgenden Einrichtungen sehr relevant:

- **Fraunhofer-Institut für Biotechnologie (IBN)** – mit Expertise in Chitin-/Chitosan-Forschung, z. B. Hahn et al. ([Wiley Online Library](#)).
- **Universitäts- oder Forschungsgruppen** mit Schwerpunkt auf Insektenmaterialien, Biopolymeren oder Agroforstforschung – z. B. Wageningen (Protocol zur Chitin-Quantifizierung) ([Brill](#)).
- **Materialwissenschaftliche Einrichtungen**, die Laser-Ablationsprozesse im Polymerbereich modellieren – z. B. COMSOL-Simulationen zur Chitin-Temperaturentwicklung unter Laserbestrahlung ([PMC](#)).

Warum diese Kreise relevant sind

Forschungsthema	Potenzial für dein Experiment
Chitinstruktur-Analysen (SEM, Raman, XRD)	Bestimmung Panzerstärke, Defektanalyse, Oberflächenmorphologie
Gravimetrische/kalorimetrische Methoden	Quantifizierung Chitingehalt, Vergleich Inneres vs. Hülle
Laser-Materialinteraktion (Ablation)	Modellierung Energieschwellen/ thermische Zerstörung
Insektenmaterialforschung	Bereitschaft zu interdisziplinären Praxisversuchen
Pilotversuche in Agro- oder Biotech	Prototyp-Tests, Praxisdaten, Publikation & Sichtbarkeit

Empfehlungen zur Ansprache & Kooperation

A) Formuliere eine Kurzbeschreibung deines Versuchsansatzes:

- **Ziel:** Untersuchung der Laserenergie, die nötig ist, um **künstliche Chitinbeschichtungen** (4 mm² Fläche, 1–10 µm Dicke) zu durchdringen, als Analogon zur EPS-Raupe.
- **Vorgehen:**
 - Herstellung von **Silikonproben mit künstlicher Chitinbeschichtung** (ggf. aus marinem oder modifiziertem Biopolymer).
 - Einsatz gepulster Laser (z. B. 532 nm oder Faserlaser) mit variabler Pulsenergie, Messung der Ablationsschwelle (Fluenz).
 - Auswertung via **Mikroskopie oder Massenspektrometrie (LAESI)**.

B) Wende dich konkret an:

- **Dr. Thomas Hahn** (Fraunhofer IBN, Stuttgart): Expertise in präziser Chitinbestimmung – potenzieller Ansprechpartner ([Wiley Online Library](#)). → **Dr. Thomas Hahn hat Unterstützung in Aussicht gestellt**
- **Materialforschungseinrichtungen**, die Laser-Ablationsmodelle publizieren (etwa die Autoren der COMSOL-Simulationen zur Chitin-Degradation) ([PMC](#)).
- **Zentren für Insektenbiologie/Food & Feed**, wie Wageningen Univ., die praktische Methoden zur Chitinquantifizierung entwickelt haben ([Brill](#)).

Wenn du möchtest, formuliere ich dir gerne eine **präzise Kooperationsanfrage**, die du per E-Mail oder Post versenden kannst – inkl. Ihres Versuchsdesigns, erwarteter Ergebnisse und möglicher Publikationsvorhaben. Sag Bescheid!

Quellen

- https://www.researchgate.net/publication/370551032_Characteristics_of_chitin_extracted_from_different_growth_phases_of_black_soldier_fly_Hermetia_illucens_fed_with_different_organic_wastes Characteristics of chitin extracted from different growth phases of black soldier fly, *Hermetia illucens*, fed with different organic wastes , 2023
- <https://www.frontiersin.org/journals/materials/articles/10.3389/fmats.2025.1537067/full> Chitin: a comparison between its main sources , 2025
- <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31050316/> An easy, inexpensive, and sensitive method for the quantification of chitin in insect peritrophic membrane by image processing ,2019
- <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29380018/> Spatially resolved chemical analysis of cicada wings using laser-ablation electrospray ionization (LAESI) imaging mass spectrometry (IMS) , 2018
- <https://scijournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jsfa.9044> New methods for high-accuracy insect chitin measurement , 2018
- <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9026774> High-Power Laser Deposition of Chitosan Polymers: Medical and Environmental Applications , 2022
- <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38844284/> Structure information analysis and relative content determination of protein and chitin from yellow mealworm larvae using Raman spectroscopy , 2024
- <https://www.mdpi.com/1420-3049/30/16/3368> From *Hermetia illucens* Pupal Exuviae to Antimicrobial Composites: Metal Nanoparticles Synthesized by Laser Ablation in Sustainable Chitosan Matrices, 2025

Dronen.gestützte_EPS.Bekämpfung

PROMPT - Um die Eigelege von Eichenprozessionsspinnern mit einer UAV Drohne in einem Waldstück detektieren sind bestimmte Flugeigenschaften notwendig. Die Drohne darf während ihres Inspektionsflugs nicht mit Baumstämmen, Ästen und Blättern kollidieren, da sie dann abstürzen würde. Dies sind die besonderen Anforderung der Forstwirtschaft gegenüber der Landwirtschaft. Welche technischen Lösungen wurden für diesen Anwendungsbereich entwickelt?

PERPLEXITY - Technische Lösungen für UAV-Drohnen im Einsatz zur Detektion von EPS-Eigelegen im Wald

Die sichere und effiziente Befliegung von Waldstücken mit einer UAV-Drohne zur Detektion von Eigelegen des Eichenprozessionsspinners stellt hohe Anforderungen an die eingesetzte Technik. Im Vergleich zur Landwirtschaft sind die Herausforderungen durch dichtes Astwerk, variable Sicht, komplexe Topografie und enge Flugkorridore deutlich größer. Folgende technische Lösungen wurden speziell für diesen Forst-Einsatz entwickelt und weiter verbessert:

1. Hinderniserkennung und Kollisionsvermeidung

- **Mehrseitige Sensorsysteme:** Moderne Drohnen setzen auf ein Zusammenspiel von Kameras, Laserscannern (LiDAR), Radar und Ultraschallsensoren, um Hindernisse wie Äste, Stämme und Blätter in Echtzeit präzise zu erkennen. Diese Sensoren erzeugen ein 3D-Bild der Umgebung und ermöglichen so eine dynamische Anpassung der Flugroute, selbst bei komplexen Strukturen im Geäst[1][2][3].
- **Time-of-Flight-Sensoren (ToF):** ToF-Sensoren messen den Abstand zu Objekten mittels Lichtimpulsen und bieten äußerst schnelle und zuverlässige Distanzmessungen – auch bei schlechten Sichtverhältnissen und wechselndem Licht. Sie erlauben eine proaktive Umlenkung der Drohne noch bevor ein potenzielles Hindernis erreicht wird[3].

2. Autonome Flugsteuerung und intelligente Flugrouten

- **Advanced Pilot Assistance Systems (APAS):** Systeme wie etwa das DJI-APAS oder vergleichbare industrielle Lösungen ermöglichen der Drohne, Hindernisse nicht nur zu erkennen, sondern sie auch eigenständig zu umfliegen. Die Flugroute wird dabei autonom und in Echtzeit den vor Ort vorhandenen Gegebenheiten angepasst[1].
- **Autonome Musterflüge:** Speziell entwickelte Algorithmen für den autonomen Inspektionsflug in Waldgebieten sorgen dafür, dass die Drohne eng entlang der Baumkronen oder zwischen den Stämmen und Ästen navigiert, ohne mit ihnen zu kollidieren. Flugbahnplanung wird oft im Zusammenspiel mit Karten- und Sensordaten optimiert[4][3].

3. Mechanischer Schutz und innovative Bauweisen

- **Schutzkäfige um die Drohne:** Bestimmte Forschungsmodelle, wie von der ETH Zürich, sind mit einem flexiblen Schutzkäfig (z.B. Ringstruktur mit Sensorbögen) ausgestattet. Dieser schützt die Rotoren physisch vor Kollisionen mit Ästen oder Zweigen und liefert zugleich Sensorinformationen über die Beschaffenheit des Geästs. Bei Kontakt dämpft der Käfig den Aufprall, sodass die Drohne stabil bleibt und sicher reagieren kann[5][6].
- **Druck- und Kraftsensoren:** Innovative Steuerungen registrieren beim Kontakt mit Ästen minimale Krafteinwirkungen und ermögli-

chen ein fein abgestimmtes Reagieren bis hin zum "Schweben" über dünnen Ästen, um Material zu entnehmen oder sensible Bereiche zu inspizieren[5].

4. Intelligente Datenanalyse zur Zielerkennung

- **KI-gestützte Erkennung:** Verdachtspunkte wie Eigelege werden vermehrt mittels hochauflösender Kamerasysteme in Verbindung mit künstlicher Intelligenz (KI) automatisiert erkannt, sodass die Drohne gezielt anfliegen und inspizieren kann. Dies minimiert das Flugrisiko, da unnötige Überflüge von bewachsenen Bereichen reduziert werden[7].

5. Rückfallebenen und Sicherheitsfunktionen

- **"Return-to-Home"-** und automatische Notlandung: Bei Verlust der Steuerverbindung oder bei Erkennung einer unlösbaren Flugblockade kann die Drohne automatisch zur Startposition zurückkehren oder eine vordefinierte Sicherheitslandung durchführen[8].

Fazit:

Die technische Entwicklung im Bereich der Drohneninspektion für forstwirtschaftliche Anwendungen ermöglicht mittlerweile hochpräzise, kollisionsarme Flüge selbst in dichtem Astwerk. Herzstück sind Sensorfusion, autonome Flugsysteme und mechanische Schutzlösungen, die gezielte, sichere und effiziente Inspektionen für Zwecke wie die Detektion von EPS-Eigelegen ermöglichen – weit über das Niveau klassischer landwirtschaftlicher UAV-Anwendungen hinaus[1][2][5][6][3].

[1] <https://www.drone-zone.de/wissen-hinderniserkennung-von-drohnen-systeme-funktion/>

[2] <https://www.neuvition.com/de/drones-with-anti-collision-avoidance-neuvition/>

[3] <https://tofsensors.com/de-at/blogs/tof-sensor-knowledge/tof-sensors-in-drone-collision-avoidance-intelligent-flight-safety>

[4] <https://www.waldwissen.net/de/technik-und-planung/waldinventur/hintergruende-regeln-und-bautypen>

[5] <https://www.heise.de/news/Sanfte-Landung-Drohne-sammelt-DNA-Proben-von-duennen-wackelnden-Aesten-7469782.html>

[6] <https://www.scinexx.de/news/technik/eine-drohne-als-dna-sammler/>

[7] <https://magazin.uni-leipzig.de/das-leipziger-universitaetsmagazin/artikel/wie-man-tote-baeume-aus-100-metern-hoehe-erkennt-2020-12-02>

[8] <https://online-kurs.dronespace.at/online-kurs/lehmaterial/betriebliche-verfahren/nichtplanmaessige-verfahren/>

[9] <https://www.flarm.com/de/drohnen/>

[10] <https://www.neuvition.com/de/collision-avoidance-drone-neuvition/>

[11] <https://www.drone-zone.de/wissen-die-wichtigsten-drohnen-begriffe-und-abkuerzungen/>

[12] <https://droniq.de/agrarbefliegung-per-drohne/>

[13] <https://drohnenring.at/drohnen-in-der-forstwirtschaft-zukunft-der-aufforstung/>

[14] <https://www.drohnen.de/8472/anti-kollisionssystem-drohne-vom-mit-weicht-objekten-und-gegenstaenden-aus/>

[15] <https://www.waldwissen.net/de/technik-und-planung/waldinventur/waldzustandserhebung-mit-drohnendaten>

[16] <https://drohnenbefliegungen.de>

[17] <https://enterprise-insights.dji.com/de/blog/drohnen-bekampfen-waldbrande-auf-vier-arten>

[18] <https://www.lwf.bayern.de/informationstechnologie/fernerkundung/286878/index.php>

[19] <https://dl.gi.de/bitstreams/de11b64c-438d-4b37-bdf7-f83b72b313ba/download>

[20] https://geodaesie.info/images/schriftenreihe/downloads/DVW_105_2023_UAV_2023_FINAL_230207.pdf



PROMPT - Gibt es professionelle Anbieter von UAV (unmanned aerial vehicle) Drohnen für den Einsatz zu Bekämpfung von Eichenprozessionsspinnern (EPS)?

PERPLEXITY - Professionelle Anbieter von Drohnen zur Bekämpfung des Eichenprozessionsspinners (EPS)

Überblick

Ja, es gibt professionelle Anbieter, die speziell für die Bekämpfung des Eichenprozessionsspinners (EPS) auf den Einsatz von UAV-Drohnen spezialisiert sind. Diese Unternehmen bieten maßgeschneiderte Dienstleistungen für Kommunen, Forstwirtschaft und private Auftraggeber an.

Beispiele für Anbieter und Dienstleistungen

Schmidt Solutions (bei Schwäbisch Hall/Rosengarten)

Bietet Drohnenservices für Agrar- und Forstwirtschaft an, darunter die gezielte Ausbringung biologischer Präparate gegen den Eichenprozessionsspinner – effizient, baumspezifisch und auch für schwer zugängliche Bereiche, wie z. B. in Wohnsiedlungen, rund um Kindergärten und Schulen. Die Anwendungen sind punktgenau und bodenschonend realisierbar[1].

Spezialisierte Fremdfirmen für Kommunen

Viele Städte, wie etwa Crailsheim und Schwäbisch Hall, setzen für die EPS-Bekämpfung gezielt spezialisierte Firmen ein, die mit leistungsfähigen Drohnen inklusive Sprühsystemen und hoher Tragkraft biologische Bekämpfungsmittel ausbringen. Diese Anbieter verfügen über die notwendige Technik und Zulassung, um effektive und umweltfreundliche Maßnahmen durchzuführen[2][3][4].

Technischer Hintergrund

Einsatz biologischer Mittel: Hauptsächlich werden *Nematoden* oder ähnliche Präparate mit den Drohnen ausgebracht. Diese Bekämpfungsmethode ist umweltschonend, ungefährlich für Menschen und Tiere und kann gezielt in Gefahrenbereichen angewendet werden[2][3].

- **Effizienz:** Drohneneinsätze sparen Zeit und Kosten und machen eine präzise Behandlung unmöglich zugänglicher oder kernkritischer Standorte möglich.
- **Genehmigungen erforderlich:** Je nach Bundesland benötigen Anbieter spezielle behördliche Genehmigungen für den Drohneneinsatz und die Ausbringung von Bioziden[5].

Typische Einsatzgebiete

- Öffentliche Flächen wie Parks, Schulhöfe und Spielplätze
- Stadtwälder und Waldrandbereiche
- Wohnsiedlungen mit befallenen Bäumen

Kontaktaufnahme

Auftraggeber (Städte, Kommunen, private Waldbesitzer) sollten gezielt nach lokalen Drohnen-Dienstleistern für EPS-Bekämpfung suchen oder sich an überregionale Anbieter wie Schmidt Solutions wenden.

Eine direkte Kontaktaufnahme und Beratung ist meist möglich, um individuelle Lösungen für betroffene Flächen zu vereinbaren[1].

Zusammenfassung

Professionelle Anbieter für UAV-Drohnen zur EPS-Bekämpfung existieren und kommen insbesondere in schwierigen Lagen erfolgreich zum Einsatz. Die Dienstleister übernehmen die effiziente, biologische und baumspezifische Bekämpfung – ein Ansatz, der sich bei den betroffenen Städten und Kommunen in Deutschland etabliert hat[2][1][3][4].

[1] <https://www.schmidt-solutions.de/leistungen>

[2] https://www.crailsheim.de/250513+_drohnen+gegen+eichenprozessionsspinner

[3] https://www.crailsheim.de/240513+_eichenprozessionsspinner+spritzen

[4] <https://www.schwaebischhall.de/de/rathaus-service/aktuelles-presse/aktuelles/presse-aktuell/1799/eichenprozessionsspinner-mit-drohnen-bekaempfen>

[5] <https://www.swr.de/swraktuell/baden-wuerttemberg/heilbronn/schwaebisch-hall-kaempft-mit-drohnen-gegen-eichenprozessionsspinner-100.html>

[6] <https://www.mdr.de/nachrichten/thueringen/ost-thueringen/saalfeld-rudolstadt/eichenprozessionsspinner-drohnen-bekaempfung-100.html>

[7] <https://www.welt.de/wissenschaft/article109922257/Fiese-Raupennester-Drohnen-sollen-Eichenprozessionsspinner-bekaempfen.html>

[8] <https://www.hensoldt.net/de/domains/land/protection/counter-UAS>

[9] <https://cordis.europa.eu/article/id/418469-drone-based-pest-control-system-protects-europe-s-trees/de>

[10] <https://drone-detection-system.com/de/ueber-uns/>

[11] <https://www.sueddeutsche.de/wissen/schaedlingsbekaempfung-drohne-gegen-raupe-1.1500368>

[12] <https://www.hero.aero>

[13] <https://www.drones-magazin.de/presse/anya-und-droniq-helfen-landwirten-bei-der-identifizierung-von-kennarten/>

[14] https://de.eavisionag.com/blog/drone-for-spraying-trees_bk_7

[15] <https://www.proex.works/eps>

[16] <https://www.schwaebischhall.de/de/rathaus-service/aktuelles-presse/aktuelles/presse-aktuell/2806/gesundheitsschutz-bekaempfung-des-eichenprozessionsspinners>

[17] https://www.xrepository.de/api/xrepository/urn:de:fim:leika:leistung_20240108/download/FIMLeikaLeistungen_20240108.xlsx

[18] <https://nuernbergerschule.de/kursangebot/spezialkurse/eichenprozessionsspinners-eps/>

[19] <https://www.waldwissen.net/de/technik-und-planung/waldinventur/kaeferbaeume-frueh-erkennen>

[20] <https://de.dedrone.com/industry/enterprises>



PROMPT - Welche Fluggenehmigungen benötigt man im Vergleich zu einem Helikopter?



PERPLEXITY - Fluggenehmigungen: Drohne (UAV) vs. Helikopter

1. Drohnen (UAV)

Für professionelle Drohneneinsätze – etwa zur Bekämpfung von Eichenprozessionsspinnern – gelten folgende Anforderungen in Deutschland:

- **Registrierungspflicht:** Jede Drohne ab 250 g (oder mit Kamera) muss beim Luftfahrt-Bundesamt (LBA) registriert werden, der Betreiber erhält eine eindeutige elektronische Registrierungsnummer.[1][2]
- **Drohnenführerschein** (Kompetenznachweis): Für fast alle gewerblichen und viele private Einsätze ist mindestens der EU-Kompetenznachweis "kleiner Drohnenführerschein" Pflicht, bei komplexeren Vorhaben (z.B. dichter an Menschen) ist das EU-Fernpiloten-Zeugnis (A2) nötig.[2][3][4]
- **Betriebsgenehmigungen:** Bei Flügen außerhalb der "offenen Kategorie" (z.B. in sensiblen Bereichen, über 120 m Höhe, über Menschenansammlungen, in Kontrollzonen etc.) ist je nach Risiko eine spezielle Genehmigung der Landesluftfahrtbehörde erforderlich ("Geografische Einzelerlaubnis" oder "Allgemeinerlaubnis" für bestimmte Gebiete oder Szenarien).[4][5]
- **Haftpflichtversicherung:** Drohnen müssen stets versichert sein.[2]
- **Kennzeichnungspflicht:** Plakette mit Betreiber-ID und Remote-ID bei bestimmten Drohnentypen ist Pflicht.[3]

Zusätzliche Anforderungen können je nach Bundesland oder Einsatz (z.B. Ausbringung von Bioziden) gelten.

2. Helikopter

- **Pilotenlizenz:** Erforderlich ist mindestens eine Privatpilotenlizenz (PPL(H)), bei gewerblichen Einsätzen eine Berufspilotenlizenz (CPL(H)).[6]
- **Flugplatzzwang:** Starts und Landungen sind grundsätzlich nur auf genehmigten Flugplätzen erlaubt. Ausnahmen (z.B. Start oder Landung auf Wiese/Feld) bedürfen einer Einzelgenehmigung der zuständigen Luftfahrtbehörde.[7][8]
- **Sachkunde- & Tauglichkeitsnachweis:** Medizinische Untersuchungen und regelmäßige Schulungen sind für Piloten verpflichtend.
- **Genehmigungen für Sonderzwecke:** Tiefflüge, Ausbringung von Stoffen (wie Pestizide) oder Landungen außerhalb genehmigter Flugplätze sind anmelde- und genehmigungspflichtig.[7]
- **Haftpflichtversicherung:** Eine spezielle Luftfahrt-Haftpflicht ist vorgeschrieben.

Für Rettung oder Polizei gelten teils vereinfachte Regeln, nicht aber für kommerzielle oder privatwirtschaftliche Zwecke.[9]

3. Gegenüberstellung der Genehmigungen

	Drohne (UAV)	Helikopter
Registrierung	LBA	nicht für Fluggerät, sondern Luftfahrzeugrolle
Pilotenausbildung	EU-Kompetenznachweis, ggf. A2/A3	Privat- oder Berufspilotenlizenz
Start/Landung	meist frei (außerhalb Flugverbotszonen/Regeln)	Flugplatzzwang, Ausnahmegenehmigung für Außenlandung
Gebietsbeschränkung	Geozonen, Flughöhen (i.d.R. max. 120 m), Abstände zu Menschen und Infrastruktur	Mindestflughöhen über Siedlungen, striktere Einschränkungen

Einsatz Sonder-zweck	Genehmigung bei "specific" oder "certified" Kategorie oder Einsatz von Bioziden	Sondergenehmigung erforderlich, z.B. für Schädlingsbekämpfung
Versicherung	Pflicht	Pflicht
Kosten	Niedrig bis moderat für Erlaubnisse	Sehr hoch (Personen, Geräte, Genehmigungen)

4. Fazit

Drohnen unterliegen erleichterten Genehmigungen und benötigen meist weniger aufwändige Aufstiegsgenehmigungen sowie vereinfachte Zertifikate, besonders für standardisierte, rechtlich risikoarme Einsätze. Helikopterflüge sind aufgrund des bemannten Flugbetriebs erheblich stärker reguliert, mit strengen Anforderungen an Pilot, Gerät, Start-/Landefläche und Einzelgenehmigungen — speziell bei Flügen zu Zwecken wie Schädlingsbekämpfung abseits öffentlicher Flugplätze.[4][7][8]

Die pragmatische Umsetzung vor Ort hängt dennoch vom vorgesehenen Einsatz, Landesrecht und der konkreten Risikoabwägung durch die Luftfahrtbehörden ab.

- [1] https://www.lba.de/DE/Drohnen/UAS_Betreiberregistrierung/UAS_Betreiberregistrierung_node.html
- [2] <https://www.adac.de/verkehr/recht/verkehrsvorschriften-deutschland/drohnen-fuehrerschein-registrierung/>
- [3] <https://www.drohnen.de/vorschriften-genehmigungen-fuer-die-nutzung-von-drohnen-und-multicoptern/>
- [4] <https://rp.baden-wuerttemberg.de/themen/verkehr/luft/seiten/drohnen/>
- [5] <https://www.bussgeldkatalog.org/aufstiegsgenehmigung-drohne/>
- [6] <https://verwaltung.bund.de/leistungsverzeichnis/de/leistung/99080114006002>
- [7] <https://lbm.rlp.de/themen/luftverkehr/luftrechtliche-genehmigungen>
- [8] https://www.zvw.de/lokales/waiblingen/hubschrauber-nach-welchen-regeln-wird-geflogen_arid-84502
- [9] <https://www.ergo.de/de/rechtsportal/verkehrsrecht/wo-duerfen-hubschrauber-landen>
- [10] <https://www.dfs.de/homepage/de/drohnenflug/antraege-und-genehmigungen/>
- [11] <https://drohnen-camp.de/drohnen-gesetze-in-deutschland/>
- [12] https://www.verwaltungsvorschriften-im-internet.de/bsvwvbund_19122005_LR116116413.htm
- [13] <https://www.drohnen.de/59826/drohnenvermessung-im-vergleich-uavs-helikopter-und-flugzeuge-im-einsatz-fuer-geodaten-und-fernerkundung/>
- [14] <https://www.dfs.de/homepage/de/drohnenflug/>
- [15] <https://www.heli-planet.com/drohnen-und-rechtliche-vorschriften-modellflug-eu-und-deutschland.html>
- [16] <https://www.bmv.de/drohnen>
- [17] <https://www.drohnen-forum.de/index.php/Thread/63990-Hubschrauber-und-Drohne/>
- [18] <https://www.lba.de/DE/Drohnen/Betriebsgenehmigungen/Betriebsgenehmigungen.html>
- [19] <https://www.construktiv.de/web-commerce/helikopter-oder-kran-wir-fliegen-kameradrohne/>
- [20] <https://flyingstars.art/drohne-fliegen-in-deutschland>



UAV-Drohnen können zur Bekämpfung von Eichenprozessionsspinnern eingesetzt werden, indem sie Insektizide oder biologische Bekämpfungsmittel direkt in Nester oder befallene Gebiete bringen. Dieser gezielte Ansatz kann effizienter und umweltfreundlicher sein als herkömmliche Methoden wie Breitbandspritzen. So werden UAVs eingesetzt:

- **Gezielte Verabreichung:** Drohnen können mit Sprühgeräten oder Injektionssystemen ausgestattet werden, um Insektizide oder biologische Bekämpfungsmittel (wie *Bacillus thuringiensis*) direkt in die Nester des Eichenprozessionsspinners zu bringen.
- **Früherkennung:** Mit Kameras und Sensoren ausgestattete UAVs können große Flächen überwachen und Befall frühzeitig erkennen, um rechtzeitig eingreifen zu können.
- **Geringere Umweltbelastung:** Durch die gezielte Bekämpfung der Schädlinge können Drohnen den Einsatz von Pestiziden oder anderen Bekämpfungsmitteln minimieren und so das Risiko von Abdrift und Schäden an Nichtzielorganismen verringern.
- **Verbesserte Effizienz:** Drohnen können große Flächen schnell und effizient abdecken und sind daher ein wertvolles Instrument zur

Bekämpfung von Befall in Wäldern und anderen großen Flächen.

- **Spezifische Anwendungen:** Drohnen können zur Bekämpfung von Eichenprozessionsspinnern mit Behandlungsmitteln wie Schneckenkorn oder biologischen Insektiziden eingesetzt werden.
- **Außerhalb der Sichtlinie** (engl. BVLOS - Beyond Visual Line of Sight): Laut Agri-TechE arbeiten einige Betreiber an der behördlichen Zulassung für das BVLOS-Sprühen mit Drohnen. Dies würde eine noch effizientere und flächendeckendere Anwendung der Behandlungsmittel ermöglichen.

Insgesamt erweist sich die Drohnentechnologie als vielversprechendes Instrument zur Bekämpfung von Eichenprozessionsspinnern und bietet im Vergleich zu herkömmlichen Methoden einen gezielteren, effizienteren und umweltfreundlicheren Ansatz.

UAV Agrar- und Forst-Drohnen

UAV-Agrardrohnen, sind unbemannte Fluggeräte, die in der Landwirtschaft eingesetzt werden, um Daten zu sammeln und verschiedene Aufgaben zu automatisieren. Sie helfen Landwirten, effizienter und präziser zu arbeiten, indem sie Daten über die Gesundheit der Pflanzen, den Zustand des Bodens und andere wichtige Faktoren liefern. Anwendungen von Agrardrohnen:

- **Überwachung der Pflanzen:** Drohnen können mit Multispektral-, Thermal- und hochauflösenden Kameras ausgestattet werden, um die Gesundheit der Pflanzen zu überwachen und frühzeitig Krankheiten oder Schädlingsbefall zu erkennen.
- **Kartierung und Vermessung:** Sie können großflächige Karten von Feldern erstellen, um genaue Informationen über die Topographie, Bodenbeschaffenheit und andere wichtige Parameter zu liefern.
- **Präzisionsspritzen:** Durch den Einsatz von Drohnen können Pestizide, Herbizide und Düngemittel gezielt auf den betroffenen Bereichen ausgebracht werden, was zu einer Reduzierung des Chemikalienverbrauchs und einer Minimierung von Umweltauswirkungen führt.
- **Bewässerungsmanagement:** Drohnen können helfen, den Feuchtigkeitsgehalt des Bodens zu überwachen und Bewässerungssysteme zu optimieren.
- **Saatgutverteilung:** Speziell ausgerüstete Drohnen können Saatgut präzise auf Feldern verteilen, was Zeit und Ressourcen spart.
- **Ertragsoptimierung:** Durch die Analyse von Daten, die von Drohnen gesammelt wurden, können Landwirte fundierte Entscheidungen treffen, um ihre Erträge zu optimieren.
- **Vorteile der Nutzung von Agrardrohnen:** Kosteneinsparungen: Durch die Automatisierung von Aufgaben und die Reduzierung des Ressourcenverbrauchs können Landwirte erhebliche Kosten einsparen.
- **Effizienzsteigerung:** Drohnen ermöglichen eine schnellere und effizientere Durchführung von Aufgaben, was zu einer höheren Produktivität führt.
- **Verbesserte Entscheidungsfindung:** Die von Drohnen gesammelten Daten ermöglichen es Landwirten, fundierte Entscheidungen zu treffen und ihre Anbaumethoden zu optimieren.
- **Umweltfreundlichkeit:** Durch den gezielten Einsatz von Pestiziden und Düngemitteln können Drohnen dazu beitragen, die Umweltbelastung zu reduzieren.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass UAV-Drohnen in der Agrartechnik eine vielversprechende Technologie darstellen, die das Potenzial hat, die Landwirtschaft zu revolutionieren und nachhaltiger zu gestalten.

Eistadium

- Die Eier werden in Massen oder etwa 2 cm langen Plaques an hohen Ästen und Zweigen abgelegt.
- Weibchen können jährlich zwischen 100 und 300 Eier legen.
- Die Eiplaques sind mit gräulichen Schuppen bedeckt und verbleiben im darauffolgenden Herbst und Winter an den Bäumen.
- Die Larven im ersten Stadium schlüpfen im April aus den Eiern.
- Die Motten legen ihre Eier an mehreren Eichen ab.

<https://www.oakmothtreatment.co.uk/life-cycle.html>

→ Das Bild zeigt ein noch nicht verlassenes Gelege, die Raupen sind noch nicht geschlüpft.



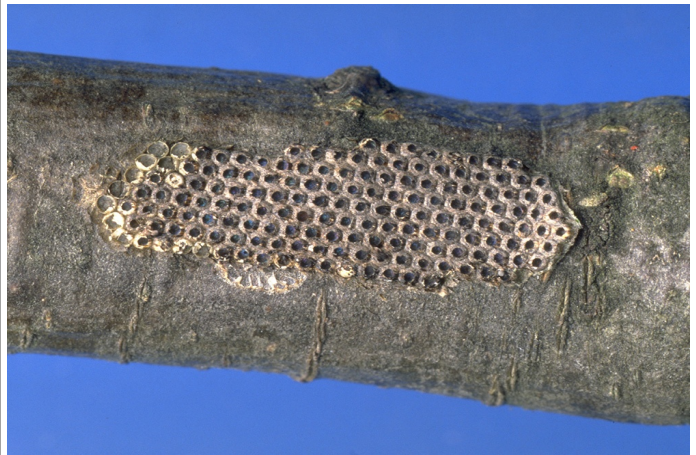
Die Eier des Eichenprozessionsspinners werden im Spätsommer, typischerweise von Juli bis September, im oberen Kronenbereich von Eichen abgelegt. Die Eier sind klein, etwa 1 mm groß, und werden in länglichen, flachen Platten an Zweigen und kleinen Ästen

abgelegt, oft getarnt. Diese Eiablagen können 100–200 Eier enthalten. Die Eier überwintern und schlüpfen im Frühjahr, meist im April oder Mai, je nach Witterung.

Hier eine detailliertere Aufschlüsselung:

- Zeitpunkt: Die Eier werden im Spätsommer (Juli bis September) abgelegt.
- Standort: Vorwiegend an Eichen, oft im oberen Kronenbereich, an Zweigen und kleinen Ästen.
- Aussehen: Klein, weiß oder hell gefärbt und in länglichen, flachen Platten angeordnet.
- Anzahl: Ein einzelnes Weibchen kann 100–200 Eier legen.
- Schlupf: Die Eier schlüpfen im Frühjahr (April/Mai), je nach Witterung.
- Tarnung: Die Eiablage ist gut getarnt und verschmilzt mit der Rinde und den Zweigen.
- Überwinterung: Die Eier überwintern am Baum und schlüpfen im folgenden Frühjahr.

Die folgenden Fotos zeigen noch besetzte und bereits verlassene Gelege, bei denen man sehr gut die schwarzen Schlupflöcher erkennen kann. Diese geometrischen Muster lassen sich sehr gut charakterisieren und sind daher für eine maschinentechnische Erkennung mit Hilfe von UAV – unmanned, die mit Kameras bestückt sind, geeignet.





PROMPT – Die Nester und die darin befindlichen Eier des Eichenprozessionsspinners (EPS), weisen ein sehr charakteristisches Muster auf. Die Eier werden in einer Reihe, 30 Stück dicht nebeneinander, auf einem Ast abgelegt. Dabei werden acht Reihen parallel aufgebracht und die Gesamtstruktur erinnert ein wenig an ein Stück flache Bienenwabe. Die Gesamtstruktur ist dann ein Rechteck mit abgerundeten Ecken und ist mehr seitlich als auf der oberen Seite eines Astes angebracht. Um ein Bilderkennungssystem zu trainieren, könnte man beliebige Strukturen mit Hilfe eines digitalen Bildgenerierungssystems erzeugen, man muss keine Naturfotos dafür einsetzen.

ChatGPT - Das ist ein sehr guter Ansatz zur datenbasierten Detektion des Eichenprozessionsspinners (EPS) – insbesondere für **maschinelles Lernen und Bildverarbeitung**. Deine Beschreibung liefert bereits eine präzise Grundlage für die **visuelle Modellierung des EPS-Eigeleges**. Ich fasse die charakteristischen Merkmale noch einmal systematisch zusammen, um sie für eine digitale Bildgenerierung (z.B. mit **GANs** oder **Diffusionsmodellen**) bzw. ein Trainingsdatenset nutzbar zu machen:

Merkmale des EPS-Eigeleges (für KI-Training/Bildgenerierung)

1. Form der Gesamtstruktur:

- Rechteckig mit abgerundeten Ecken
- Flach, nicht kuppelförmig, eher wie eine gepresste Schicht
- Seitlich an einem Ast befestigt, nicht oben auf

2. Größe & Anordnung:

- Etwa 8 parallele Reihen von Eiern
- Pro Reihe ca. 30 Eier eng nebeneinander
- Ergibt 240 Eier pro Gelege
- Eier in dichter Reihung, keine größeren Abstände

3. Eierstruktur:

- Form: länglich, oval, leicht gewölbt
- Farbe: hellgrau bis weißlich, ggf. mit Schimmer
- Oberfläche: matt oder leicht strukturiert

4. Vergleichsbild:

- Die Gesamtstruktur erinnert an eine flache Bienenwabe, allerdings mit länglichen statt sechseckigen Zellen

5. Platzierung am Ast:

- Seitlich unterhalb eines Astes, eher auf der Schattenseite
- Astdurchmesser meist 1–2 cm, also feine Zweige

Verwendung digitaler Bildgenerierung für Trainingsdaten

Statt reale Naturbilder (mit oft inkonsistenter Qualität oder rechtlichen Einschränkungen) zu verwenden, ist es sehr sinnvoll, realitätsnahe synthetische Trainingsdaten zu erzeugen. Das hat folgende Vorteile:

- Skalierbarkeit: Beliebig viele Varianten unter verschiedenen Lichtverhältnissen, Winkeln und Astformen.
- Kontrollierte Abweichungen: Auch falsch positionierte oder beschädigte Gelege können gezielt modelliert werden.
- Ethik & Umweltschutz: Kein Eingriff in reale Nester oder Bäume notwendig.

Nächste Schritte - Wenn du möchtest, kann ich:

1. Prompt-Vorlagen für ein Bildgenerierungssystem (z. B. DALL·E oder Midjourney) erstellen.
2. Varianten generieren: z. B. beschädigte Gelege, Gelege mit Larven oder mit Befall von Schimmel/Parasiten.
3. Annotationstexte oder Bounding Boxes vorbereiten für das KI-Training.
4. Ein Modellkonzept für ein Detektionsnetzwerk (z. B. YOLOv8, Detectron2) skizzieren.

Was brauchst du konkret im nächsten Schritt?



PROMPT – Ich benötige bitte 1. Prompt-Vorlagen für DALL·E und 2. Ein Modellkonzept für das Detektionsnetzwerk YOLOv8.

ChatGPT - Perfekt! Du bekommst im Folgenden:

☒ 1. Prompt-Vorlagen für DALL-E (synthetische EPS-Eigelege)

Hier sind präzise formulierte Prompts für DALL-E (oder vergleichbare Systeme). Ziel ist es, realitätsnahe Trainingsbilder zu erzeugen, die das typische Aussehen der EPS-Gelege simulieren.

Basis-Prompt für ein realistisches EPS-Gelege

DALL-E 3 (kostenlos werden nur vier PROMPTS ausgeführt) - Close-up of a tree branch with a rectangular cluster of small, white oval eggs arranged in 8 parallel rows, each with 30 tightly packed eggs, resembling a flat honeycomb. The structure is attached sideways under the branch. Natural lighting, realistic textures, forest background, 2 cm branch diameter.	
Close-up of a tree branch with a rectangular cluster of small, grey-white round eggs, 1mm in diameter an 0,5 mm distance to each other, arranged in 8 parallel rows (12 mm height), each with 30 tightly packed eggs (45 mm width), resembling a flat honeycomb. The structure is attached sideways under the branch. Natural lighting, realistic textures, forest background, 2 cm branch diameter.	
Close-up of a tree branch with a rectangular cluster, like a plaster which covers only a small part of the branch, of small, pale brown-grey round eggs, 1mm in diameter an 0,5 mm distance to each other, arranged in 8 parallel rows (12 mm height), each with 30 tightly packed eggs (45 mm width), resembling a flat, rectangled honeycomb. The branch diameter is larger than the rectangular cluster- plaster it shoudn't sheath the whole branch diameter. The eggs doesn't reflect the sunlight. The structure is attached sideways under the branch. Natural lighting, realistic textures, forest background, 30 mm branch diameter, which means that the flat, rectangled honeycomb covers only some part of the branch.	
ChatGPT Bild Generator - Dies ist die geometrische Beschreibung eines Geleges des Eichenpro-zessionsspinner. Es wird eine 12 mm hohe, 45 mm breite und 1 mm dicke Fläche mit leicht abgerundeten Ecken erzeugt, die auf einen Ast mit 30 mm Durchmesser gelegt wird. Diese Fläche wird nun mit kleinen, hellbraungrauen, runden Eiern mit 1 mm Durchmesser und einem Abstand von 0,5 mm gefüllt. Die Eier sind in 8 parallelen Reihen angeordnet, mit jeweils 30 dicht gepack-ten Eiern pro Reihe, die einer flachen, 1 mm dicken, rechteckigen Wabe ähneln. Die Eier reflektie-ren kein Sonnenlicht. Die Struktur wird seitlich, leicht nach unten versetzt, am Ast befestigt. → Dieses synthetisch von ChatGPT generierte Bild kommt der Realität schon nahe.	

PERPLEXITY Bild Generator - Dies ist die geometrische Beschreibung eines Geleges des Eichenprozessionsspinners bei dem die Raupen schon geschlüpft sind. Es wird eine 12 mm hohe, 45 mm breite und 1 mm dicke Fläche mit leicht abgerundeten Ecken erzeugt, die auf einen Ast mit 30 mm Durchmesser gelegt wird. Diese Fläche wird nun mit kleinen, hellbraungrauen, runden Eiern mit 1 mm Durchmesser und einem Abstand von 0,5 mm gefüllt, die aber in der Mitte einen schwarzen, runden Kreis von einem Durchmesser von 0,3 mm aufweisen. Die Eier sind in 8 parallelen Reihen angeordnet, mit jeweils 30 dicht gepackten Eiern pro Reihe, die einer flachen, 1 mm dicken, rechteckigen Wabe ähneln. Die Eier reflektieren kein Sonnenlicht. Die Struktur wird seitlich, leicht nach unten versetzt, am Ast befestigt. Bitte generiere dieses Bild.

→ Das bereits verlassene EPS Nest ist gut zu erkennen, der Astdurchmesser ist im Vergleich zu den Gelegeabmessungen zu klein gewählt worden, die Rinde des Astes ist stilisiert und entspricht noch nicht einem realen Erscheinungsbild. Trotzdem danke.



GEMINI – Bitte generiere ein Bild. Darstellung eines verlassenen Geleges des Eichenprozessionsspinners auf einem Eichenast: - Ast: - Durchmesser: 30 mm, naturgetreu proportioniert zur Gelegefläche. - Rinde: realistische, detailreiche Textur mit unregelmäßigen, längs verlaufenden Rissen und Maserungen, Farbverlauf von grau-braun bis olivgrün, teils mit kleinen Flechten oder Moos. - Ast ist horizontal ausgerichtet, leicht nach unten geneigt. - Gelege: - Rechteckige, flache Platte mit leicht abgerundeten Ecken, Maße: 45 mm breit, 12 mm hoch, 1 mm dick. - Position: seitlich am Ast befestigt, leicht nach unten versetzt. - Oberfläche: matt, ohne Lichtreflexion, mit schuppenartigem Drüsensekret bedeckt, das das Gelege gut tarnt. - Eier: 240 Eier in 8 parallelen Reihen, je 30 Eier pro Reihe, dicht gepackt mit 0,5 mm Abstand. - Einzelnes Ei: rund, 1 mm Durchmesser, hellbraungrau, mit einem schwarzen, runden Punkt (0,3 mm Durchmesser) in der Mitte. - Die Eier sind flach angeordnet und bilden eine wabenähnliche Struktur. - Das Gelege wirkt verlassen, ohne Raupen, mit verblasster Farbe und leicht verwittert. - Umgebung: - Hintergrund unscharf, mit angedeutetem Eichenlaub in grünen und braunen Tönen. - Beleuchtung: diffuses Tageslicht, keine starken Schatten oder Glanzlichter. Die Darstellung soll den Fokus auf die natürliche Proportion und realistische Textur legen, um das Gelege und den Ast möglichst naturgetreu wiederzugeben.

→ Die Astrinde entspricht noch nicht einer Eiche, d.h. diese Anweisung fehlt noch. Die Relation des Astdurchmessers zu der Gelegedimension ist noch nicht richtig gewählt.



GEMINI – Bitte generiere ein Bild. Statt mit realen EPS-Gelegedaten, soll eine KI-gesteuerte UAV-Drohne mit synthetisch generierten Bildern trainiert werden und EPS-Gelege in einem realen Waldstück entdecken und kartographieren. Die Darstellung zeigt ein verlassenes Eichenprozessionsspinners Gelege auf einem Eichenast mit einem Durchmesser von 30 mm und mit einer charakteristischen Eichenborke. Eichen Rinde/Borke: realistische, detailreiche Textur mit unregelmäßigen, längs verlaufenden Rissen und Maserungen. Der Farbverlauf ist grau-braun bis dunkelbraun. Der Ast ist horizontal ausgerichtet, leicht 5° nach unten geneigt. - Gelege: - Rechteckige, flache 1 mm dicke Platte mit abgerundeten Ecken, Maße: 45 mm breit, 12 mm hoch, 1 mm dick. - Position: seitlich am Ast befestigt, leicht nach unten versetzt. - Oberfläche: matt, ohne Lichtreflexion, mit schuppenartigem Drüsensekret bedeckt, das das Gelege gut tarnt. - Eier: 240 Eier in 8 parallelen Reihen, je 30 Eier pro Reihe, dicht gepackt mit 0,5 mm Abstand. Bei den äußeren Reihen fehlt an den Enden jeweils ein Ei, womit man eine stärkere Rundung zeichnen kann. - Einzelnes Ei: rund, 1 mm Durchmesser, hellbraungrau, mit einem schwarzen, runden Punkt (0,3 mm Durchmesser) in der Mitte. - Die Eier sind flach angeordnet und bilden eine wabenähnliche Struktur. - Das Gelege wirkt verlassen, ohne Raupen, mit verblasster Farbe und leicht verwittert. - Umgebung: - Hintergrund unscharf, mit angedeutetem Eichenlaub in grünen und braunen Tönen. - Beleuchtung: diffuses Tageslicht, keine starken Schatten oder Glanzlichter. Die Darstellung soll den Fokus auf die natürliche Proportion und realistische Textur legen, um das Gelege und den Ast möglichst naturgetreu wiederzugeben.



→ Die bisher erprobten PROMPTS müssen noch verbessert werden. GEMINI arbeitet ohne Einschränkungen.

Varianten für Trainingsdiversität

1. **Unterschiedliche Lichtverhältnisse** – Dieselbe Szene unter diffusem, wolkigem Licht, geringer Kontrast, leicht feuchte Baumrinde.
2. **Beschädigtes Gelege** – Derselbe rechteckige Eierhaufen, jedoch teilweise beschädigt, einige Eier fehlen oder sind zerbrochen,

und die Ränder des Eierflecks sind ausgefranst.

3. **Gelege mit Pilzbefall** – Ast mit EPS-ähnlichem Eierhaufen, mit leichtem Schimmel- oder Pilzbefall auf einem Teil der Eistruktur, Farbverschiebung zu hellem Grüngrau.
4. **Ähnlich, aber falsch (für Negativbeispiele)** – Ast mit einem ähnlichen, aber nicht EPS-ähnlichen Eierhaufen, unregelmäßiges Muster, weniger Reihen, zufällig verstreute kleine weiße Kugeln.
5. **Winkelvariante** – Schrägansicht des Astes mit dem EPS-Eierhaufen von unten, wobei die seitliche Befestigung und die ovale Eiform hervorgehoben werden.

Du kannst die Prompts in DALL·E 3 direkt nutzen oder sie anpassen, falls du z. B. andere Äste, Laub oder Jahreszeiten simulieren willst.

☒ 2. Modellkonzept für das Detektionsnetzwerk (YOLOv8)

YOLOv8 ist ideal für dieses Szenario: wenige, kleine, klar abgrenzbare Zielobjekte (Gelege). Hier ein vollständiges Konzept zum Setup deines Detektionsmodells.

Datensatzstruktur (empfohlenes Format)

Organisiere deinen Datensatz im `YOLO`-Format:

...

dataset/

├─ images/

| └─ train/

| └─ val/

├─ labels/

| └─ train/

| └─ val/

└─ data.yaml

...

Beispiel für eine `.txt`-Labeldatei (`labels/train/img001.txt`):

...

0 0.492 0.368 0.312 0.175

...

Format: `class x\_center y\_center width height` (alle Werte relativ zu Bildgröße, von 0 bis 1)

Klassen

Nur eine Klasse erforderlich:

```
```yaml
```

names:

0: EPS\_Eigelege

...

### Trainingsparameter

```
```bash
```

```
yolo task=detect mode=train model=yolov8n.pt data=data.yaml epochs=100 imgsz=640
```

...

`model=yolov8n.pt`: Start mit leichtem Modell (nano); für bessere Genauigkeit später `yolov8m` oder `yolov8l` testen

`imgsz=640`: ausreichen für kleine Objekte; ggf. auf 768 erhöhen, falls die Auflösung es hergibt

`epochs=100`: je nach Ergebnis anpassen

`data.yaml`: enthält Pfade + Klassen

 Metriken & Evaluation

Achte besonders auf:

mAP@0.5: Hauptmetrik

Recall: wichtig, um möglichst viele EPS-Gelege zu finden

False Positives: vermeiden (z. B. durch Negativbeispiele mit ähnlichen Strukturen)

 Deployment-Idee (optional)

Auf einer Drohne oder Smartphone-Kamera einsetzbar

Real-Time mit YOLOv8n oder YOLOv8s auf Edge-Devices möglich

Kombination mit Geodaten für kartierte Befallserkennung denkbar

Möchtest du auch ein Beispielbild aus einem Prompt generieren lassen oder brauchst du Hilfe beim Aufsetzen des Trainings?



Drohnen für die früherkennende EPS Nester Detektion und biologische Sprühbekämpfung

Drohnen können bei der Kontrolle von Eichenprozessionsspinner (EPS) Populationen eine wichtige Rolle spielen, insbesondere durch Überwachung und gezielte Behandlung. Kameragestützte Drohnen können große Flächen erfassen und befallene Bäume anhand der charakteristischen EPS-Nester identifizieren. Darüber hinaus wird an der Entwicklung drohnenbasierter Systeme geforscht, die Behandlungen wie Insektizide oder biologische Schädlingsbekämpfungsmittel autonom direkt auf die Nester auftragen können.

Hier ein genauerer Blick:

1. Überwachung:

- Drohnen mit hochauflösenden Kameras können große Eichenflächen effizient scannen und befallene Bäume anhand von EPS-Nestern identifizieren.
- Dies ermöglicht eine schnelle und genaue Kartierung des Befalls, was für gezielte Bekämpfungsmaßnahmen unerlässlich ist.
- Drohnen können für Menschen unzugängliche Bereiche wie hohe Baumkronen erreichen und so eine umfassende Überwachung ermöglichen.

2. Gezielte Behandlung:

- Die Forschung untersucht den Einsatz von Drohnen, um Behandlungen wie Insektizide oder biologische Schädlingsbekämpfungsmittel (z. B. Nematoden oder *Bacillus thuringiensis*) direkt auf EPS-Nester aufzutragen.
- Dieser Ansatz zielt darauf ab, die Auswirkungen auf Nichtzielorganismen zu minimieren und die Gesamtmenge der eingesetzten Pestizide im Vergleich zu Breitbandspritzungen zu reduzieren.
- Ein Projekt am Politecnico di Torino entwickelt ein drohnenbasiertes Injektionssystem für den Kiefernprozessionsspinner (engl. pine processionary moth - PPM), das für den Eichenprozessionsspinner (dt. EPS, engl. OPM - oak processionary moths) adaptiert werden kann.
- ResearchGate hat über Insektizidbehandlungen mit Drohnen berichtet und die Notwendigkeit hervorgehoben, die Auswirkungen von Nichtzielorganismen auf verschiedene Arten zu bewerten.

3. Kombination der Drohnentechnologie mit anderen Methoden:

- Die Drohnenüberwachung kann mit anderen Kontrollmethoden kombiniert werden, wie z. B. der manuellen Nestentfernung oder dem Einsatz von Pheromonfallen zum Fang von Motten.
- Beispielsweise können Pheromonfallen basierend auf Drohnen Daten strategisch platziert werden, um männliche Motten gezielt anzugreifen und die Paarung zu stören.
- Biologische Bekämpfungsmittel wie Nematoden (z. B. *Entomem*) können ebenfalls mit Drohnen ausgebracht werden und bieten so einen gezielteren und umweltfreundlicheren Ansatz.

4. Herausforderungen und Überlegungen:

- Die Entwicklung vollautonomer Drohnensysteme zur Bekämpfung von Eichenprozessionsspinnern ist noch in der Forschung.
- Die Wirksamkeit von Drohnenbehandlungen muss gründlich geprüft werden, auch hinsichtlich möglicher Auswirkungen auf Nichtzielarten.

- Vorschriften und Richtlinien für den Einsatz von Drohnen in bestimmten Gebieten (z. B. Schutzgebieten) müssen berücksichtigt werden.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Drohnen ein vielversprechendes Potenzial sowohl für die Überwachung als auch für die gezielte Bekämpfung von Eichenprozessionsspinnerbefall bieten und zu effizienteren und umweltverträglicheren Managementstrategien beitragen.



Im Jahr 2025 wird die Drohnentechnologie zur Bekämpfung des Eichenprozessionsspinners erforscht und getestet, insbesondere in städtischen Gebieten, wo herkömmliche Methoden schwierig sind. Diese Drohnen können Nester hochpräzise identifizieren und gezielt angreifen. Mithilfe eines speziellen Applikators wird ein Pflanzenschutzmittel direkt in das Nest injiziert, wodurch Schäden für die umliegende Landschaft und die Artenvielfalt minimiert werden. Diese Methode bietet einen gezielten, effizienten und umweltfreundlichen Ansatz zur Schädlingsbekämpfung.

Drohnenbasierte Bekämpfungsmethoden für den Eichenprozessionsspinner:

- **Gezielte Nestbeseitigung:** Drohnen, die mit Bildanalyse- und Zielsystemen ausgestattet sind, können Nester selbst in schwer zugänglichen Bereichen wie hohen Baumkronen identifizieren und lokalisieren.
- **Präzise Anwendung:** Ein spezieller Applikator bringt ein Pflanzenschutzmittel direkt in das Nest und gewährleistet so eine effektive Behandlung bei minimaler Auswirkung auf die Umwelt.
- **Schutz der Artenvielfalt:** Der gezielte Ansatz minimiert das Risiko, nützliche Insekten und andere Wildtiere zu schädigen.
- **Effizienz und Geschwindigkeit:** Drohnen können große Flächen schnell und effizient abdecken und bieten so eine schnellere Lösung als herkömmliche Methoden.
- **Fernüberwachung:** Der Einsatz kann in Echtzeit über eine vernetzte App überwacht werden, die Daten zum Behandlungsfortschritt und den Neststandorten liefert.

Alternative und ergänzende Bekämpfungsmethoden:

- **Chemische Behandlung:** Insektizide können bereits im frühen Larvenstadium der Raupe eingesetzt werden, um sie gezielt zu bekämpfen.
- **Manuelle Nestentfernung:** Geschulte Fachkräfte können Nester mit Spezialgeräten entfernen und so die Verbreitung von Haaren minimieren.
- **Biologische Schädlingsbekämpfung:** Natürliche Fressfeinde wie bestimmte Vögel (z. B. Meisen) und der Fadenwurm *Steinernema feltiae* (Entonem) können zur Bekämpfung von Raupenpopulationen eingesetzt werden.
- **Pheromonfallen:** Diese Fallen locken männliche Falter an und fangen sie, wodurch der Paarungszyklus unterbrochen und möglicherweise die Anzahl befruchteter Eier reduziert wird.

Bedeutung von Früherkennung und gezielter Behandlung:

- **Die Früherkennung von Nestern ist entscheidend:** Sie ermöglicht eine effektivere und gezieltere Behandlung und minimiert die Gesamtauswirkungen auf Umwelt und Gesundheit.
- **Ökologische Lösungen priorisieren:** Die Konzentration auf Methoden, die den Einsatz von Breitbandinsektiziden minimieren, ist wichtig für den Schutz der Biodiversität.
- **Zusammenarbeit und Kommunikation:** Effektives Management erfordert die Zusammenarbeit zwischen Landverwaltern, Forstbehörden und anderen Interessengruppen.



Drohnen können zur Bekämpfung des Eichenprozessionsspinners (EPS) mit verschiedenen Methoden eingesetzt werden, darunter das Versprühen von Insektiziden, die Anwendung biologischer Bekämpfungsmittel wie *Bacillus thuringiensis* und sogar die Unterstützung bei der Nestbeseitigung. Die präzise Anwendung mit Drohnen kann die Umweltbelastung im Vergleich zu herkömmlichen Methoden minimieren.

Hier ein detaillierter Überblick über die drohnenbasierte EPS-Bekämpfung:

1. Insektizide versprühen:

Gezielte Anwendung: Drohnen können mit Sprühgeräten ausgestattet werden, um Insektizide wie *Bacillus thuringiensis* (BT) oder Deltamethrin direkt auf die EPS-Larven zu bringen, insbesondere wenn diese jung und anfällig sind.

Reduzierte Abdrift: Durch GPS und automatisierte Flugsteuerung können Drohnen befallene Bereiche präzise anvisieren. Dadurch wird die Ausbreitung von Chemikalien in Nicht-Zielbereiche minimiert und die Abdrift im Vergleich zu herkömmlichen Sprühmethoden

den reduziert.

Effizienz: Drohnen können große Flächen schnell abdecken und sind daher effizient für die Behandlung ausgedehnter Befälle.

2. Biologische Schädlingsbekämpfung:

- **Ausbringung von biologischen Schädlingsbekämpfungsmitteln:** Drohnen können eingesetzt werden, um biologische Schädlingsbekämpfungsmittel wie Pilzsporen oder Nematoden direkt in EPS-Nester oder auf befallenes Laub zu verteilen.
- **Präzisionsausbringung:** Der Einsatz von Drohnen ermöglicht eine gezielte Anwendung dieser Mittel, wodurch ihre Wirksamkeit erhöht und ihre Auswirkungen auf andere Organismen minimiert werden können.

3. Unterstützung bei der Nestentfernung:

- **Kartierung von Befall:** Kameragestützte Drohnen können eingesetzt werden, um Befallsgebiete zu kartieren und EPS-Nester zu lokalisieren, was die gezielte manuelle Entfernung erleichtert.
- **Geringeres Risiko:** Obwohl die manuelle Nestentfernung weiterhin notwendig ist, können Drohnen bei der Lokalisierung von Nestern, insbesondere schwer einsehbaren, helfen und die Planung von Entfernungmaßnahmen unterstützen. Dadurch kann das Risiko einer Exposition gegenüber Raupenhaaren verringert werden.

4. Designüberlegungen:

- **Präzisionsanwendung:** Die Entwicklung von Systemen, die eine präzise Steuerung von Sprühmenge, Tröpfchengröße und Anwendungsmustern ermöglichen, ist entscheidend für maximale Wirksamkeit und minimale Umweltbelastung.
- **Integration mit KI:** Drohnen mit künstlicher Intelligenz können EPS-Nester potenziell selbstständig identifizieren und lokalisieren, was zu noch effizienteren und gezielteren Interventionen führt.
- **Sicherheit:** Die Gewährleistung der Sicherheit der Bediener und die Minimierung des Abdriftrisikos sind wichtige Aspekte beim Einsatz von Drohnen zur EPS-Bekämpfung.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Drohnen einen vielversprechenden neuen Ansatz zur Bekämpfung von EPS-Befall bieten, da sie eine präzise, effiziente und potenziell umweltfreundlichere Möglichkeit bieten, Insektizide und biologische Bekämpfungsmittel einzusetzen und bei der Nestentfernung zu helfen.



Welche Expertisen gibt es in Aalen?



PROMPT - In Aalen gibt es das BIM-LÄB², das kartographische Dronenexpertise beherrscht. Die übergeordnete Behörde ist das Regierungspräsidium Stuttgart (<https://rp.baden-wuerttemberg.de/rps/presse/artikel/digitale-baustellen-land-und-regierungspraesidium-stuttgart-gehen-mit-bim-und-bim-laeb-voran>). Ist es vorstellbar, dass das BIM-LÄB vom Regierungspräsidium Stuttgart die Erlaubnis erhält der Stadt Aalen und dem Landratsamt Ostalbkreis Amtshilfe zu leisten und einige Test-Dronen-Flüge zur Eichenprozessions-spinner (EPS) Bekämpfung zu organisieren. Zeit spielt aktuell eine große Rolle.



PERPLEXITY - Die technische und organisatorische Kompetenz des BIM-LÄB im Bereich Drohneneinsatz und digitale Kartografie ist durch mehrere Projekte an der B29 zwischen Essingen und Aalen belegt. Das BIM-LÄB arbeitet im Auftrag des Landes und des Regierungspräsidiums Stuttgart und hat bereits Genehmigungen für autonome Drohnenvflüge zur Baustellendokumentation erhalten[2][3][4][5][7][9].

Das Regierungspräsidium Stuttgart versteht sich ausdrücklich als "Ermöglichungsbehörde" und zeigt sich innovativen Projekten gegenüber offen. Die Genehmigung für spezielle Drohnenbetriebe wird dort zügig und projektorientiert erteilt. Die bisherigen Erfahrungen zeigen, dass Anträge auf Betriebserlaubnis für neue Drohnensysteme innerhalb kurzer Zeit genehmigt wurden, sofern die rechtlichen und sicherheitsrelevanten Voraussetzungen erfüllt sind[2].

Amtshilfe und Übertragbarkeit auf andere Aufgaben:

- Das BIM-LÄB ist als Dienstleister und Kompetenzzentrum für digitale Methoden, einschließlich Drohneneinsätzen, konzipiert und kann seine Expertise auch anderen öffentlichen Stellen zur Verfügung stellen[5].
- Die organisatorische Zuordnung zum Regierungspräsidium Stuttgart erleichtert die Abstimmung und Genehmigung von Projekten im öffentlichen Interesse.
- Es gibt keine Hinweise auf rechtliche oder organisatorische Hürden, die einen Testbetrieb mit Drohnen zur EPS-Bekämpfung im Rahmen von Amtshilfe für die Stadt Aalen oder das Landratsamt Ostalbkreis grundsätzlich ausschließen würden, sofern die Flü-

² Das BIM-LÄB gab es von 24. August 2023 bis Mitte 2025

ge mit den geltenden luftrechtlichen Vorschriften vereinbar sind[2][5].

- Zeitfaktor: Das Regierungspräsidium Stuttgart hat in der Vergangenheit Genehmigungen für innovative Drohnenprojekte innerhalb von etwa einer Woche bearbeitet und erteilt[2]. Dies spricht für eine zeitnahe Umsetzung, sofern die Antragstellung und Abstimmung mit den beteiligten Behörden zügig erfolgt.

Fazit:

Es ist realistisch und vorstellbar, dass das BIM-LÄB – mit Zustimmung und auf Initiative des Regierungspräsidiums Stuttgart – kurzfristig Amtshilfe für die Stadt Aalen und das Landratsamt Ostalbkreis leisten und Test-Drohnenflüge zur Bekämpfung bzw. Kartierung des Eichenprozessionsspinners organisieren kann. Die nötigen technischen, organisatorischen und behördlichen Voraussetzungen sind gegeben, und die Behörde signalisiert ausdrücklich Offenheit für innovative Anwendungen[2][5].

[2] <https://rp.baden-wuerttemberg.de/rps/presse/artikel/digitale-baustellen-land-und-regierungspraesidium-stuttgart-gehen-mit-bim-und-bim-laeb-voran/>

[3] <https://www.swr.de/swraktuell/baden-wuerttemberg/ulm/digitale-baustelle-essingen-100.html>

[4] <https://www.bsdplus.de/fachartikel/bim-laeb-begleitet-die-digitale-baustelle-an-der-b-29.html>

[5] <https://www.bim-laeb.de>

[6] <https://www.drohnenexpertise.de>

[7] https://www.staatsanzeiger.de/wp-content/uploads/2023/11/Beilage_Bauwirtschaft-im-Fokus_online.pdf

[8] <https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/themenseite-digitaler-zwilling.html?editorSupport=true%3FpageLocale%3Dde%3FpageLocale%3Dde>

[9] https://rp.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/RP-Internet/Stuttgart/Oeffentlichkeitsarbeit/_DocumentLibraries/VeroeffentlichungenDownload/RPS_Jahresbericht_2023_barrierefrei.pdf



ChatGPT - Ja, es ist durchaus vorstellbar, dass das BIM-LÄB in Aalen mit Zustimmung des Regierungspräsidiums Stuttgart Amtshilfe leistet – zum Beispiel bei der organisierten Drohnennutzung zur Bekämpfung des Eichenprozessionsspinners (EPS) im Stadtgebiet Aalen und im Ostalbkreis.

Warum ist das plausibel?

1. Organisatorisch:

- Das BIM-LÄB ist ein landesgefördertes Innovationslabor unter dem Dach des Regierungspräsidiums Stuttgart.
- Das Regierungspräsidium kann als übergeordnete Behörde Koordination und Amtshilfe anordnen oder ermöglichen, etwa im Sinne der interkommunalen Zusammenarbeit oder Krisenbewältigung.

2. Fachlich:

- Das BIM-LÄB verfügt über technische und personelle Expertise im Bereich Geodaten, Drohneneinsatz, Sensorik und Mapping.
- Diese Expertise kann für präzise Detektion von Nestern an schwer zugänglichen Stellen wie Baumwipfeln oder Waldrändern eingesetzt werden.

3. Rechtlich:

- Im Rahmen der Amtshilfe (§ 4 VwVfG BW) kann eine kommunale oder staatliche Stelle um technische Unterstützung ersuchen – insbesondere, wenn es um Gefahrenabwehr, öffentliche Gesundheit oder Schädlingsbekämpfung geht.
- Drohnenflüge durch öffentliche Stellen sind erlaubt, wenn sie den geltenden Luftverkehrsregeln (EU-Drohnenverordnung) entsprechen, was bei professionellen Anbietern wie dem BIM-LÄB in der Regel gewährleistet ist.

4. Dringlichkeit / Zeitfaktor:

- Der EPS hat ein kritisches Entwicklungsfenster (behaarte Raupenstadien mit Gesundheitsgefahr meist ab Mai bis Juli).
- Der Einsatz von Drohnen zur frühzeitigen Lokalisierung kann aktuell noch präventive Wirkung entfalten, etwa zur punktuellen mechanischen oder thermischen Beseitigung der Nester.

Konkrete Vorstellung eines Vorgehens:

1. Antrag / Bitte um Amtshilfe durch Stadt Aalen oder Landratsamt Ostalbkreis.

2. Prüfung / Zustimmung durch das Regierungspräsidium Stuttgart als BIM-LÄB-Träger.
3. Testflüge mit Drohnen, ggf. mit Wärmebild- oder Multispektralkameras zur Identifikation von Nestern.
4. Georeferenzierte EPS-Karte → Grundlage für gezielte Bekämpfung durch Baumpfleger, Feuerwehr oder beauftragte Fachfirmen.

Fazit:

> Ja – wenn Stadt Aalen oder der Ostalbkreis zügig einen formellen Antrag auf Amtshilfe beim Regierungspräsidium Stuttgart stellen, ist es realistisch und zeitlich machbar, dass das BIM-LÄB Test-Drohnenflüge zur EPS-Bekämpfung organisiert. Die notwendige Expertise und institutionelle Verbindung bestehen bereits.

Wenn du möchtest, kann ich dir ein Vorschlagsschreiben (formell oder pragmatisch) an das RP Stuttgart oder an das BIM-LÄB entwerfen, das als Amtshilfeanfrage dienen könnte.



PROMPT - Bitte entwerfe ein formelles Vorschlagsschreiben an das RP Stuttgart. Danke.



ChatGPT - Gerne. Hier ist ein formelles Vorschlagsschreiben (als Entwurf für Stadt Aalen oder das Landratsamt Ostalbkreis) an das Regierungspräsidium Stuttgart mit der Bitte um Amtshilfe durch das BIM-LÄB im Kontext der Eichenprozessionsspanner-Bekämpfung:

Absender:
Stadt Aalen / Landratsamt Ostalbkreis
\[Abteilung / Ansprechpartner]
\[Adresse]
\[Telefon / E-Mail]
Empfänger:
Regierungspräsidium Stuttgart
Referat 21 – Digitalisierung, BIM-LÄB
Ruppmannstraße 21
70565 Stuttgart
Datum: \[einsetzen]
Betreff:
Bitte um Amtshilfe durch das BIM-LÄB zur Drohnen-gestützten Detektion von Nestern des Eichenprozessionsspanners (EPS) im Ostalbkreis / Stadt Aalen
Sehr geehrte Damen und Herren,
der aktuelle Befall durch den Eichenprozessionsspanner (EPS) stellt für unsere Region ein zunehmend drängendes Problem dar – sowohl aus gesundheitlicher als auch aus ökologischer Sicht. Die Raupen haben in mehreren Gemeinden im Ostalbkreis sowie im Stadtgebiet Aalen bereits zu Einschränkungen im öffentlichen Raum, Schulhöfen und Erholungsflächen geführt.
Im Rahmen einer vorausschauenden und gezielten Bekämpfung bitten wir daher um Amtshilfe durch das beim Regierungspräsidium Stuttgart angesiedelte BIM-LÄB:
Wir regen an, kurzfristig Drohnen-gestützte Testflüge durchzuführen, um EPS-Nester an Bäumen im öffentlichen Raum (insbesondere in Parkanlagen, Schulinähe und Waldrändern) georeferenziert zu identifizieren und zu kartieren. Ziel ist die schnelle Lageerkennung als Entscheidungsgrundlage für nachfolgende Maßnahmen durch unsere Bauhöfe oder externe Fachfirmen.
Das BIM-LÄB verfügt aus unserer Sicht über die technische und methodische Expertise, um solche Einsätze effizient zu realisieren – insbesondere im Bereich der GIS-gestützten Erfassung und der digitalen Baustellenplanung. Die hohe Dringlichkeit durch die aktuelle Jahreszeit und das fortgeschrittene Larvenstadium der Raupen unterstreicht den zeitkritischen Handlungsbedarf.
Wir würden uns freuen, wenn das Regierungspräsidium Stuttgart dieser Amtshilfe kurzfristig zustimmen und eine operative Abstimmung mit dem BIM-LÄB ermöglichen könnte.
Für Rückfragen und zur Koordinierung stehen wir selbstverständlich jederzeit zur Verfügung.
Mit freundlichen Grüßen
\[Unterschrift]
\[Name]
\[Position, z. B. Leiter/in Umweltamt / Ordnungsamt]
Stadt Aalen / Landratsamt Ostalbkreis

Wenn du magst, kann ich daraus auch eine PDF-Druckvorlage generieren oder das Schreiben für eine spezifische Behörde anpassen.



GEMINI - Ja, das ist durchaus vorstellbar und wäre im Rahmen der administrativen Möglichkeiten und des Interesses an innovativen Lösungen prinzipiell denkbar.

Hier sind die Gründe, warum dies vorstellbar ist, und welche Aspekte dabei zu berücksichtigen wären:

Gründe, warum es vorstellbar ist:

1. **Amtshilfe-Prinzip:** Das Konzept der Amtshilfe ist in der deutschen Verwaltung fest verankert (§ 4 Abs. 1 VwVfG). Behörden sind gehalten, sich gegenseitig zu unterstützen, wenn eine andere Behörde dazu nicht in der Lage ist oder spezielle Expertise benötigt wird. Das BIM-LÄB verfügt über die spezifische Drohnenexpertise, die bei der EPS-Bekämpfung, insbesondere bei der Detektion oder potenziellen Anwendung, nützlich sein könnte.
2. **Zugehörigkeit zum Regierungspräsidium Stuttgart:** Da das BIM-LÄB eine Einrichtung des Regierungspräsidiums Stuttgart (RPS) ist, wäre die Erlaubniserteilung für Amtshilfe an die Stadt Aalen und den Ostalbkreis ein interner Vorgang bzw. eine Entscheidung innerhalb der gleichen übergeordneten Behördenstruktur. Das vereinfacht die Kommunikation und Genehmigungsprozesse erheblich, da das RPS selbst eine zuständige Aufsichtsbehörde ist und ein Interesse an der Bewältigung solcher regionalen Herausforderungen hat.
3. **Dringlichkeit der EPS-Bekämpfung:** Der Eichenprozessionsspinner ist eine Gesundheitsgefahr für die Bevölkerung und kann massive Schäden an Bäumen verursachen. Die Dringlichkeit ("Zeit spielt aktuell eine große Rolle") könnte ein starkes Argument für eine schnelle und unbürokratische Amtshilfe sein.
4. **Innovationsfreudigkeit des RPS:** Wie der verlinkte Artikel zeigt ("digitale Baustellen – Land und Regierungspräsidium Stuttgart gehen mit BIM und BIM-LÄB voran"), ist das Regierungspräsidium offen für digitale und innovative Ansätze zur Problemlösung. Der Einsatz von Drohnen für Umwelt- und Schädlingsmanagement passt gut zu dieser strategischen Ausrichtung.
5. **Technische Eignung:** Drohnen können sehr effizient und präzise zur Kartierung von Befallsflächen, zur Überwachung des Erfolgs von Bekämpfungsmaßnahmen oder – unter bestimmten Bedingungen und mit entsprechender Zulassung – sogar zur gezielten Ausbringung von biologischen Mitteln (z.B. *Bacillus thuringiensis*) eingesetzt werden. "Test-Drohnenflüge" könnten zunächst die Kartierung und Potenzialanalyse umfassen.

Aspekte, die beachtet werden müssten:

1. **Formelle Anfrage:** Stadt Aalen und/oder Landratsamt Ostalbkreis müssten eine formelle Amtshilfeanfrage an das Regierungspräsidium Stuttgart stellen, in der sie den Bedarf und die gewünschte Unterstützung präzise darlegen.

2. Zuständigkeiten und Genehmigungen:

- **Drohnenflugrecht:** Für Drohnenflüge gelten spezifische Vorschriften (Luftverkehrs-Ordnung, Drohnenverordnung), insbesondere in besiedelten Gebieten oder über Menschenansammlungen. Das BIM-LÄB hat zwar Erfahrung, muss aber sicherstellen, dass alle nötigen Genehmigungen für diesen spezifischen Einsatzzweck vorliegen oder schnell eingeholt werden können.
- **Pflanzenschutzrecht** (falls Bekämpfung): Sollten die Testflüge auch die Ausbringung von Bekämpfungsmitteln umfassen, sind zusätzliche Genehmigungen nach dem Pflanzenschutzgesetz und der Pflanzenschutz-Anwendungsverordnung erforderlich. Das ist ein komplexerer Bereich und würde spezifisches Fachwissen und entsprechende Lizenzen erfordern, die das BIM-LÄB in seiner ursprünglichen Ausrichtung nicht zwingend hat. Für reine Kartierungsflüge wäre dies weniger relevant.

3. Ressourcenplanung:

- Das BIM-LÄB müsste Kapazitäten (Personal, Drohnen) für diese zusätzliche Aufgabe freimachen, ohne seine primären Aufgaben zu vernachlässigen.

4. Fachliche Abstimmung:

- Eine enge Abstimmung zwischen der Expertise des BIM-LÄB (Drohrentechnik, Kartierung) und der Fachexpertise der Kommune/des Landkreises (EPS-Biologie, Befallsausmaß, Bekämpfungsstrategien) wäre unerlässlich.

Fazit:

Es ist absolut denkbar, dass das Regierungspräsidium Stuttgart dem BIM-LÄB die Amtshilfe für die Stadt Aalen und den Ostalbkreis zur Durchführung von Test-Drohnenflügen zur EPS-Bekämpfung erteilt. Die Mechanismen der Amtshilfe und das gemeinsame Interesse an der Problemlösung sprechen dafür. Eine offizielle und präzise Anfrage von Seiten der Kommune/des Landkreises an das Regierungspräsidium Stuttgart wäre der erste und wichtigste Schritt, um dies zu initiieren. Angesichts der Dringlichkeit ist eine schnelle Bearbeitung seitens des RPS wahrscheinlich, sofern die rechtlichen und ressourcenbezogenen Rahmenbedingungen geklärt werden können.



Internationale Fachpublikationen zum Drohneneinsatz bei Forstschädlingen



[NAEL22] Deep-Pest-Detector (nicht übersetzbar: „Tiefer“ Schädlingsdetektor) Automatisierte Erkennung und Lokalisierung von Prozessionsspinnernestern auf Kiefern mittels Drohnen und tiefen neuronalen Netzen

Höhepunkte: Eine Deep-Learning-Architektur, die auf multimodalen Bildern aus dem RGB- und Wärmespektrum basiert, wird zur Erkennung von Prozessionsspinnernestern mittels Drohnen vorgeschlagen. Es wird eine GPS-basierte Berechnungsmethode implementiert, um die Position der erkannten Nester im Umkreis der Drohne mit einem Geotag zu versehen. Ein Kalman-Filter wird als Nest-Tracker verwendet, um zu vermeiden, dass die Position desselben Nests mehrmals gemeldet wird. Das System wird in einem Kiefernwald getestet und zeigt eine genaue Erkennung und Lokalisierung, wie durch die Rückmeldung der Positionen der erkannten Prozessionsspinner-Nester belegt wird. Zusammenfassung: Der Kiefernprozessionsspinner (PPM) gilt als Hauptschädling von Kiefern und stellt eine bedrohliche Bedrohung für verschiedene andere mehrjährige Arten dar, darunter Eichen und Zedern. Aufgrund der negativen Nebenwirkungen wurde das Versprühen von Pestiziden zur Ausrottung des PPM verboten; stattdessen soll ein individueller Ansatz verfolgt werden, bei dem jedes Nest lokalisiert und zerstört wird. Die Erkennung von PPM-Nestern mittels optischer Sensorik ist aufgrund der wechselnden Lichtverhältnisse im Freien und der getarnten Erscheinung des Falters im darunter liegenden Laub eine Herausforderung. Dieser Artikel schlägt eine vielversprechende Lösung zur Nesterkennung vor, indem Sensordaten einer RGB-Kamera einerseits und einer Wärmebildkamera andererseits, beide auf einer Drohne montiert, kombiniert werden. Das vorgeschlagene Erkennungssystem basiert auf einem zweikanaligen Deep Convolutional Neural Network (CNN), einem für jedes Spektrum der erfassten Sensordaten. Experimente in einem Kiefernwald zeigen erfolgreiche Erkennungsraten mit einer durchschnittlichen Genauigkeit von 97 % in verschiedenen Experimenten und Umgebungen. Die Geolokalisierung erfolgt, um die Position der erkannten Nester innerhalb einer gescannten Waldkarte mithilfe eines speziell für diesen Zweck entwickelten Schätzverfahrens mit einer Genauigkeit von <20 cm (cm) zu ermitteln. Schlüsselwörter: Flugrobotik, Landwirtschaft, Erkennung, Maschinelles Lernen, Multi-Stream-CNN, Schädlingsbekämpfung.



[LERO19] Bewertung der Insektizidwirkung in Wäldern: Ein baumbasierter Ansatz mit unbemannten Luftfahrzeugen.

Groß angelegte Feldstudien zu den ökologischen Auswirkungen von Waldbesprühungen aus der Luft stehen häufig vor methodischen Herausforderungen, wie unzureichender Finanzierung, schwieriger Logistik und rechtlichen Hürden. Der daraus resultierende routinemäßige Einsatz von untermotorisierten Designs könnte zu einer systematischen Unterschätzung der Insektizidwirkungen auf Nichtzielarthropodengemeinschaften führen.

Wir testeten den Einsatz von unbemannten Luftfahrzeugen (UAVs) für experimentelle Insektizidanwendungen auf Baumebene, um die Replikation kosteneffizient zu erhöhen.

Wir untersuchten die Auswirkungen zweier Forstinsektizide, Diflubenzuron (DFB) und Tebufenozid (TBF), auf den Eichenentlauber *Thaumetopoea processionea* (Linnaeus) (Lepidoptera: Thaumetopoeidae), und auf Nichtzielarten, baumlebende Schmetterlinge. Einzelne Bäume wurden in einem vollfaktoriellen Design mit 60 Bäumen entweder mit Insektiziden besprüht oder unbesprüht gelassen.

Zur Messung der Mortalität wurden Proben von aus den Baumkronen gefallenen Raupen entnommen, während die Fraßaktivität der Raupen durch das Sammeln von Baumkot überwacht wurde. Sowohl DFB als auch TBF führten zu einer höheren Mortalität von *T. processionea* und einer geringeren Fraßaktivität der Schmetterlinge als die Kontrollgruppen.

TBF verursachte eine messbare Mortalität in Nichtzielgruppen und betraf Makrolepidopteren stärker als Mikrolepidopteren, während DFB keine signifikanten Nebenwirkungen aufwies. Die hohe Wirksamkeit der Behandlung gegen den Zielschädling weist darauf hin, dass sich die UAV-Technologie gut für die Anwendung von Insektiziden in Wäldern eignet.

Wir stellten bei Nichtzielgruppen unterschiedliche Reaktionen auf verschiedene Insektizide fest und vermuten, dass der Anwendungszeitpunkt und biologische Merkmale diese Unterschiede beeinflussen, was die Notwendigkeit einer stärker ökologisch orientierten Risikobewertung unterstreicht. UAV-gestützte Designs können genutzt werden, um Laborbioassays und groß angelegte Experimente zu verknüpfen und so die Auswirkungen von Insektiziden auf Waldökosysteme umfassender zu bewerten.

Unbemanntes Luftfahrzeug, Replikation, Luftanwendung, Insektizid, Nichtziel-Lepidoptera



[SCHÄ24] Erreger des Eichenprozessionsspinners *Thaumetopoea processionea*: Entwicklung eines benutzerfreundlichen Bioassay-Systems und Metagenomanalysen für Mikroorganismen

Diese Forschung von Schäfer und Jehle entwickelte ein neues Bioassay-System zur Prüfung sporenbildender Bakterien als biologische Bekämpfungsmittel gegen Larven des Eichenprozessionsspinners (OPM), darunter ein *Bacillus wiedmannii*-Stamm. Mittels Eichenknospentauchen und Nanoporen-Sequenzierung wurden DNA analysiert und Erreger identifiziert. Ziel war es, eine sicherere

Methode zur Untersuchung von OPM-Erregern zu entwickeln und die Wirksamkeit eines neuen *B. wiedmannii*-Stammes mit dem kommerziellen Standard *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* (Btk) zu vergleichen.

Entwicklung eines Bioassay-Systems

Sicherheit: Das Hauptziel war die Entwicklung einer Methode, die Anwender vor den nesselauflösenden (reizenden) Borsten der OPM-Larven schützt, so die Forschung von Schäfer und Jehle.

Methode: Das Bioassay-System besteht aus dem Eintauchen von Eichenknospen in Bakteriensporensuspensionen, die Larven im ersten Larvenstadium (Frühstadium) während der Nahrungsaufnahme angreifen.

Funktionalität: Der Erfolg des Systems wurde durch die vernachlässigbare Mortalität in der unbehandelten Kontrollgruppe bestätigt.

Metagenomanalyse

Zweck: Ein metagenomischer Ansatz mittels Nanoporen-Sequenzierung wurde eingesetzt, um die aus OPM-Larven extrahierte Gesamt-DNA zu analysieren.

Ziele: Ziel dieser Analyse war das Screening auf andere potenziell entomopathogene Mikroorganismen und DNA-Viren in den OPM-Larven.

Anwendung: Verstorbene Larven der *B. wiedmannii*-Behandlungsgruppe und der unbehandelten Kontrollgruppe wurden mit dieser Technik weiter untersucht.

Vergleich und Ergebnisse

Virulenzprüfung: Die Studie prüfte die Virulenz des *B. wiedmannii*-Stammes, der zuvor aus OPM isoliert wurde, und verglich ihn mit dem kommerziellen Btk-Stamm.

Beitrag: Die Forschung bietet eine neue, sicherere Methode zur Untersuchung von Krankheitserregern und zur Bewertung von biologischen Bekämpfungsmöglichkeiten gegen den Eichenprozessionsspinner

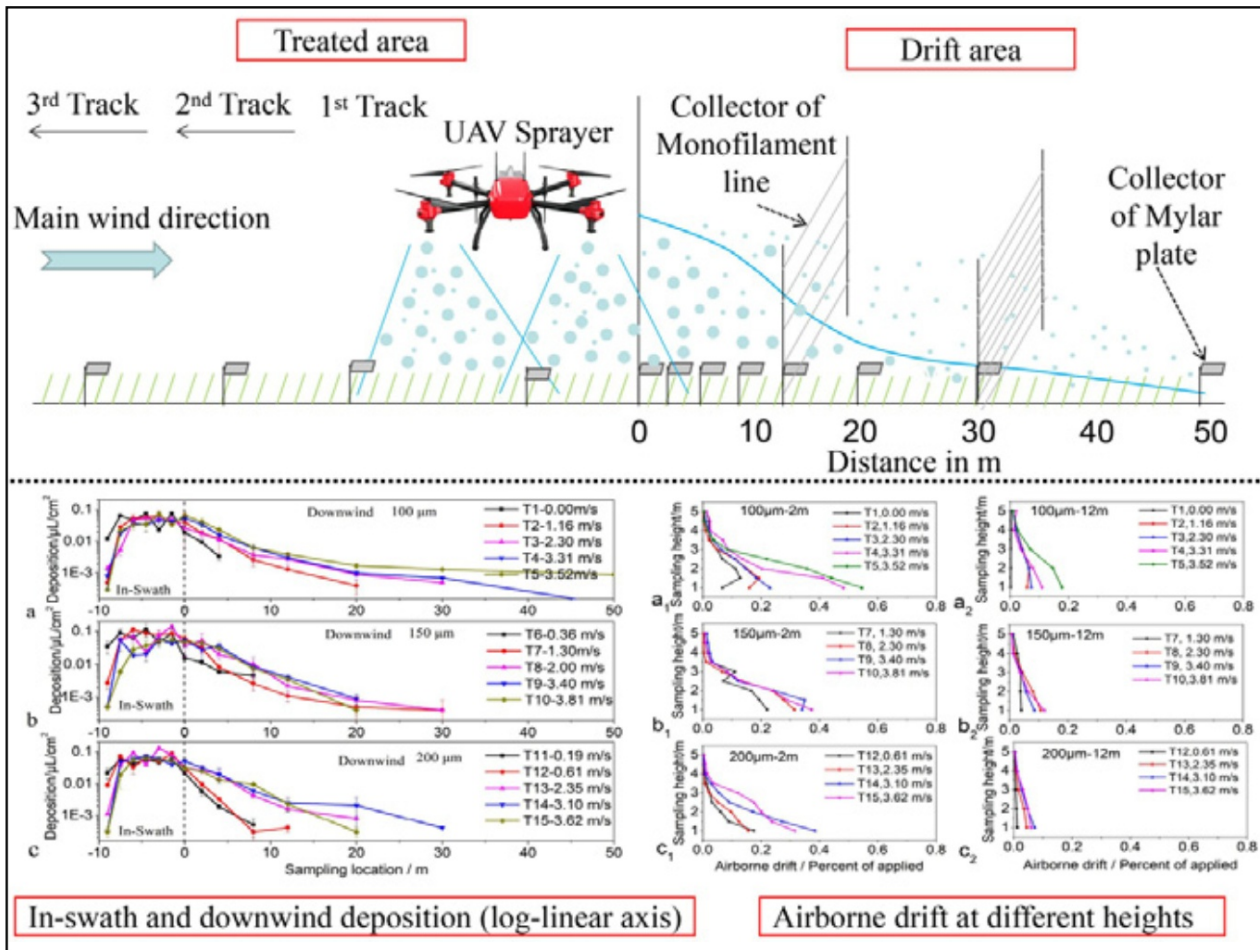


In dieser Forschung werden unbemannte Luftfahrzeuge (UAVs) eingesetzt, um die Auswirkungen von Insektiziden auf einzelne Bäume im Wald zu untersuchen, insbesondere auf den Eichenprozessionsspinner. Ziel der Studie ist es, die Fähigkeit der Methode zu evaluieren, sowohl gezielte als auch unbeabsichtigte Folgen der Insektizidanwendung auf Nichtzielorganismen kostengünstig zu erkennen.

Die wichtigsten Aspekte im Überblick:

- **UAV-Anwendung:** UAVs bieten eine kostengünstige und gezielte Methode zur Insektizidanwendung. Sie ermöglichen ein präzises Besprühen einzelner Bäume und die Durchführung von Experimenten mit zahlreichen Replikaten.
- **Ziel- und Nichtzieleffekte:** Die Studie untersucht die Auswirkungen von Insektiziden auf den Zielschädling (Eichenprozessionsspinner) und bewertet auch die Auswirkungen auf andere Arthropoden (Nichtzielorganismen) im Waldökosystem.
- **Studiendesign:** Im Rahmen der Studie werden einzelne Bäume mit verschiedenen Insektiziden besprüht oder als Kontrolle unbesprüht gelassen. Zur Beurteilung der Auswirkungen werden die Raupenmortalität und das Fraßverhalten gemessen.
- **Kosteneffizienz und ökologische Relevanz:** Durch den Einsatz von Drohnen können Forscher Experimente ressourcenschonender gestalten und so umfassendere Daten zu den Auswirkungen von Insektiziden in Waldökosystemen gewinnen.
- **Verknüpfung von Labor- und Feldstudien:** Der Drohnen-basierte Ansatz kann die Lücke zwischen Labor-Bioassays und groß angelegten Feldstudien schließen und ein umfassenderes Bild der Auswirkungen von Insektiziden liefern.
- **Potenzial für eine verbesserte Risikobewertung:** Die Forschung unterstreicht das Potenzial von Drohnen zur Verbesserung der Risikobewertung von Waldschutzmitteln, insbesondere durch die Untersuchung des Zeitpunkts der Insektizidanwendung und ihrer Auswirkungen auf Nichtzielorganismen.





[WANG20] Feldbewertung von Sprühnebelabdrift und Umweltauswirkungen durch ein landwirtschaftliches unbemanntes Luftfahrzeug (UAV), Science of the Total Environment

HIGHLIGHTS

- Bei Erhöhung der Rotationsgeschwindigkeit der Zentrifugaldüse von 2000 U/min auf 17.000 U/min änderte sich die Tröpfchengrößenkategorie von extrem grob zu fein.
- Die Ablagerung in 12 m Windrichtung verringert sich im Vergleich zur Schwadzone im Allgemeinen um eine Größenordnung.
- Eine Vorhersagegleichung für die Abdrift des UAV-Sprühgeräts wurde entwickelt, um die erwartete Abdriftstärke vorherzusagen.
- Basierend auf den Testergebnissen ist die Abdriftdistanz des getesteten UAV-Modells deutlich geringer als die von bemannten Luftfahrzeugen.

Unbemannte Luftfahrzeuganwendungen (UAV) mit geringem Volumen und feinen und sehr feinen Tröpfchen wurden in mehreren kommerziellen Sprühzenarien eingesetzt und ermöglichen einen wassersparenden und hocheffizienten Betrieb bei der Pestizidausbringung.

Die mit UAV-Anwendungen verbundene Sprühdrift, insbesondere die der feinen Tröpfchen, die von rotierenden Scheibendüsen erzeugt werden, ist noch nicht vollständig verstanden und gibt Anlass zu ökologischen und rechtlichen Bedenken. Ziel dieser Studie war es, das Driftpotenzial dreier verschiedener Volumenmediandurchmesser (VMD oder $Dv_{0,5}$) von 100, 150 und 200 µm von einem handelsüblichen Quadrocopter mit Zentrifugaldüsen zu vergleichen, der unter Feldbedingungen unterschiedlichen Windgeschwindigkeiten ausgesetzt war.

Vor dem Feldversuch wurde die Tröpfchengröße der Zentrifugaldüse mit einem Partikelgrößenanalysator mit Laserbeugung gemessen. Die Ergebnisse zeigten, dass die Beziehung zwischen Rotationsgeschwindigkeit und $Dv_{0,5}$ mit der negativen Potenzfunktion übereinstimmt. Feldversuche ergaben, dass die Ablagerung in 12 m Leerichtung im Vergleich zur durchschnittlichen Ablagerung innerhalb der Schwadzone um eine Größenordnung abnahm.

Die Ablagerung fast aller Behandlungen in 50 m Leerichtung liegt unter der Nachweisgrenze von $0,0002 \mu\text{l}/\text{cm}^2$. Basierend auf den Ergebnissen dieser Studie ist die Driftdistanz dieses besonders beliebten UAV-Modells deutlich geringer als die von bemannten Luftapplikationsgeräten. Basierend auf der vorhergesagten Gleichung ($R^2 = 0,83$) nahm die erfasste Driftmenge mit zunehmender Wind-

geschwindigkeit und abnehmendem Dv0,5 zu.

Diese Arbeit liefert grundlegende Informationen zur Quantifizierung des Einflusses von Windgeschwindigkeit und Tröpfchengröße auf das Driftpotenzial von UAV-Sprühnebeln und unterstützt damit die laufende Entwicklung regulatorischer Richtlinien für Sprühpufferzonen und Protokolle zur Bewertung des Driftrisikos.

Baden-Württemberg Forstwirtschaft

In Baden-Württemberg wird die Forstwirtschaft aktiv von Drohnen (UAVs) unterstützt. Die Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg (HFR, <https://www.hs-rottenburg.net>) erforscht und nutzt Drohnen für verschiedene forstliche Anwendungen, wie z.B. die Zustandsbewertung von Bäumen, die Überwachung von Waldbränden und die Kartierung von Waldgebieten. Hier sind einige Details zu diesem Thema:

- **Forschungs- und Anwendungsbereiche:** Die HFR nutzt Drohnen zur Erfassung und Analyse von Vegetationsindizes, um den Gesundheitszustand von Bäumen zu beurteilen laut Waldwissen.net.
- Drohnen mit Wärmebildkameras werden zur Frühwarnung vor Waldbränden eingesetzt, um eine schnelle Reaktion der Einsatzkräfte zu ermöglichen laut Iprosurv.
- Die Technologie ermöglicht auch die Kartierung von Waldgebieten und die Überwachung von Forstflächen.
- **Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg (HFR):** Die HFR ist eine wichtige Institution für die forstliche Ausbildung und Forschung in Baden-Württemberg laut Studieren in Baden-Württemberg.
- Sie bietet einen praxisorientierten Studiengang Forstwirtschaft an, der auch den Einsatz von Drohnen in der Forstwirtschaft berücksichtigt laut Studieren in Baden-Württemberg.
- Die HFR verfügt über ein eigenes Lehrrevier von 2500 ha, das für praktische Übungen und Forschung genutzt wird.
- UAV-Einsatz in der Forstwirtschaft: UAVs (Unmanned Aerial Vehicles), also Drohnen, sind in der Forstwirtschaft ein vielversprechendes Werkzeug für verschiedene Aufgaben.
- Sie können Daten über den Waldzustand, die Bestandsentwicklung und potenzielle Schäden erfassen.
- Die Daten können für die Planung von forstlichen Maßnahmen, die Überwachung von Schutzgebieten und die Früherkennung von Waldschäden genutzt werden.

Rechtliche Rahmenbedingungen: Drohnenflüge müssen in Deutschland den gesetzlichen Bestimmungen und Vorschriften der EU entsprechen laut www.dronelicense.eu.en2de.search.translate.goog.

Betreiber von Drohnen mit einem Startgewicht über 250 Gramm müssen sich beim Luftfahrtbundesamt registrieren laut DFS Deutsche Flugsicherung GmbH. Es ist wichtig, die geltenden Drohnenvorschriften für Deutschland einzuhalten.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Drohnen in Baden-Württemberg einen wichtigen Beitrag zur modernen Forstwirtschaft leisten. Die HFR spielt dabei eine zentrale Rolle in der Forschung und Ausbildung auf diesem Gebiet.

Drones for Nature - Stiftung Naturschutzfonds

ToDo

Smart-Forest-Inventory

Verbundvorhaben: Entwicklung des "Smart-Forest-Inventory"-Verfahrens zur Waldstrukturdatenerfassung und Forsteinrichtung unter Einsatz von KI sowie Scanner- und Drohnentechnik; Teilvorhaben 1: Forstwirtschaftliche Nutzeranforderungen an eine praxistaugliche KI-Projektplattform - Akronym: SFI 2.0

Durch die Kombination von hochaufgelösten selbsterfassten sowie freien Daten soll die Waldstrukturdatenerfassung (Waldinventur) und die Forsteinrichtung im Privatwald präzisiert und vereinfacht werden. Dazu wird eine Big Data-Infrastruktur um neue Datenzugänge erweitert und neue individuelle für das Projekt notwendige Schnittstellen werden geschaffen.

Das mathematische-logische Modell hinter dieser bei einer Waldinventur noch nie zur Verfügung stehenden komplexen Datenmenge ist eine neuartige 4D-Datensäule. Die Datenerhebung verknüpft intelligent selbst erhobene 4D-Informationen (terrestrisch und von Drohnen) mit korrespondierenden interdisziplinären Daten aus unterschiedlichen Datenquellen.

Zur Veranschaulichung der Leistungsfähigkeit der komplexen Datenmenge und der eingesetzten KI-Algorithmen wurden vier Use Cases bearbeitet:

1. Automatisierte Forstinventur und Simulationen zur Waldentwicklung,

2. Erkennung von liegendem und stehendem Totholz,
3. Ermittlung der Ökosystemleistung CO₂-Bilanz
4. Erfassung der Biodiversität in den Schichtungen – beginnend ab Strauch- und Krautschicht.

Bei den vier Use Cases werden unterschiedliche KI-Ansätze zur Auswertung fusionierter Daten mit Einflussparametern und unterschiedlichen Zielfunktionen angewandt. Durch XAI und mittels Dynabench erfolgt die Erklärung, Validierung und Vergleich der differierenden Ergebnisse aufgrund unterschiedlicher KI-Ansätze/Prozesse zudem werden hier Kriterien für den Ausschluss von Scheinlösungen erarbeitet.

Das FuE-Vorhaben hat das Ziel, eine bisher nicht bekannte Präzision auch schon auf der Ebene des Flurstücks als flächige Vollerhebung zu erreichen. Dadurch wird es möglich, auch Waldeigentümern und Forstbetrieben von kleinsten Flächen auf einer Projektplattform SFI2.0 qualifizierte Aussagen zur Struktur und Leistungsfähigkeit der Waldbestände bei gegebener Zielsetzung zu bieten. Das Ziel des beantragten FuE-Vorhabens SFI2.0 ist die Etablierung eines standardisierten effektiven Verfahrens.

GOOGLE Recherchen

DATUM	Suchmuster	Treffer
02.07.25	site:de Eichenprozessionsspinner 2025 Frühwarnsystem	2050
02.07.25	site:de Eichenprozessionsspinner 2025 Frühwarnsystem filetype:pdf	68
02.07.25	site:dlr.rlp.de Eichenprozessionsspinner	10
02.07.25	site:dlr.rlp.de "Bacillus thuringiensis"	112
02.07.25	site:dlr.rlp.de "Bacillus thuringiensis" Umwelt	10
02.07.25	Before using insecticides to control oak processionary moths, egg laying quantities are determined visually. Are there any reports of drone deployments for this purpose?	8
02.07.25	drone "egg control" "oak processionary moth" 2025	2.670
02.07.25	drone Methods Controlling OPM "Oak Processionary Moths"	43
02.07.25	drones identify characteristic OPM "oak processionary moths" nests	9
02.07.25	"Deep-Pest-Detector" Automated Detection Localization "Processionary Moth Nests" Drones "Deep Neural Networks"	101
02.07.25	"field evaluation" "spray drift" environmental impact uav sprayer 2025 filetype:pdf	110
02.07.25	drone UAV combat OPM "oak processionary moths" nests	7
02.07.25	drone UAV combat "forest pests"	2.970
11.07.25	UAV drones controlling "oak processionary moths"	116
11.07.25	site:unr.uni-freiburg.de/ Drohne	6
11.07.25	site:hs-rottenburg.net UAV	10
11.07.25	site:hs-rottenburg.net UAS	7
11.07.25	UAV UAS "Drones for Nature"	2.300
11.07.25	site:forstbw.de drohne ODER UAV ODER UAS	NULL
11.07.25	site:um.baden-wuerttemberg.de Biomonitoring	6
11.07.25	site:um.baden-wuerttemberg.de Drohne	7
11.07.25	Fernerkundung Landschaftsinformationssysteme "Barbara Koch" UAV UAS Drohne	108
28.07.25	OPM "oak processionary moth" UAV FPV "First Person View"	1
28.07.25	OPM "oak processionary moth" UAV monitoring	322
30.09.25	„Pathogens of the oak processionary moth Thaumetopoea processionea: Developing a user-friendly bioassay system and metagenome analyses for microorganisms“	213
	::: R	

Literatur

- [LERO19] Benjamin M L Leroy , Martin M Gossner , Florian P M Lauer , Ralf Petercord , Sebastian Seibold , Jessica Jaworek , Wolfgang W Weisser, Assessing Insecticide Effects in Forests: A Tree-Level Approach Using Unmanned Aerial Vehicles Get access Arrow, Journal of Economic Entomology, Volume 112, Issue 6, December 2019, Pages 2686–2694, <https://doi.org/10.1093/jee/toz235>, <https://academic.oup.com/jee/article-abstract/112/6/2686/5556961?redirectedFrom=PDF>
- [NAEL22] Jaber Nael, Naseem Daher, Daniel Asmar, Deep-Pest-Detector: Automated Detection and Localization of Processionary Moth Nests on Pine Trees via Aerial Drones and Deep Neural Networks (dt. Automatisierte Erkennung und Lokalisierung von Prozessionsspinnernestern

auf Kiefern mittels Drohnen und tiefen neuronalen Netzen), Januar 2022, Applied Engineering in Agriculture 38(2):253-272, DOI: 10.13031/aea.14715, https://www.researchgate.net/publication/359880854_Deep-Pest-Detector_Automated_Detection_and_Localization_of_Processionary_Moth_Nests_on_Pine_-_Trees_via_Aerial_Drones_and_Deep_Neural_Networks

- [SCHÄ24] Lea Schäfer, Johannes A. Jehle, Regina G. Kleespies, Jörg T. Wennmann, Pathogens of the oak processionary moth *Thaumetopoea processionea*: Developing a user-friendly bioassay system and metagenome analyses for microorganisms, Journal of Invertebrate Pathology Volume 205, July 2024, 108121, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022201124000648>
- [WANG20] Guobin Wang, et al. , Field evaluation of spray drift and environmental impact using an agricultural unmanned aerial vehicle (UAV) sprayer, Science of the Total Environment, 2020, <https://pdf.sciencedirectassets.com/271800/1-s2.0-S0048969720X00283/1-s2.0-S0048969720333131/main.pdf>

Kontakte

Schmidt solutions https://www.schmidt-solutions.de/leistungen Grauhöfle 7/1 74429 Sulzbach- Laufen 01721644944 , 01622391173 drohne@schmidt-solutions.de
Landratsamt Ostalbkreis Wald und Forstwirtschaft Stuttgarter Straße 41 73430 Aalen Telefon: 07361 503-1662 Dezernent Jens-Olaf Weiher Telefon: 07361 503-1661 Jens-Olaf.Weier@ostalbkreis.de ???
Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft; Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg; Albert-Ludwigs-Universität Freiburg Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg: Aktuelle Projekte – Drohnen im BioMonitoring Stiftung Naturschutzfonds Baden-Württemberg
Prof. Dr. rer. nat. Steffen Bold - Professur für Hydrologie, hydrologische Modellierung und GIS; Beauftragter Nachhaltigkeit T. +49 7472/951-274 - M.bold@hs-rottenburg.de - Raum: 206, Barockbau
Prof. Dr. Holger Jäckle - Professur für Forsteinrichtung und Geoinformation T. +49 7472/951-236 - M.jaeckle@hs-rottenburg.de - Raum: 322, Südflügel
Steffen Döring - Projektkoordinator 'DroBio' - Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg Tel. 0151.5354.9529 , doering@hs-rottenburg.de
https://www.felis.uni-freiburg.de/de/mitarbeiter/Koch/koch Prof. Dr. Barbara Koch - Professur für Fernerkundung und Landschaftsinformationssysteme Albert-Ludwigs-Universität Freiburg - Tennenbacherstr. 4, D-79106 Freiburg Tel.: +49-761-203-3694 - ferninfo@felis.uni-freiburg.de
ARC-GREENLAB GmbH -Eichenstr. 3B -12435 Berlin ProjektleitungDipl.-Ing. Jann Hansen - Tel: +493076293350 - hansen.jann@arc-greenlab.de
Landwirtschaftskammer Niedersachsen - Mars-la-Tour-Str. 1-13 -26121 Oldenburg Projektleitung Martin Hillmann Tel: +49 511 3665-1441 Martin.Hillmann@lwk-niedersachsen.de
site:hnee.de "Forest Information Technology" >> 417

site:hnee.de UAV >> 10

site:hnee.de Prof. Dr. Ing. Alexander Pfriem Vizepräsident für Forschung und Transfer

christoph.bruening@uni-hohenheim.de

experimentelle Arbeiten unter Anwendung der Drohne (Multispektraldaten) https://agrartechnik-440a.uni-hohenheim.de/fileadmin/einrichtungen/agrartechnik-440a/Abschlussarbeiten/aktuelle_Arbeiten/DiWenkLa_TP11_Abschlussarbeiten_Themenvorschlaege_2025.pdf

<https://studieren.de/forstwirtschaft.hochschulliste.t-0.c-78.html>