Machbarkeitsstudie zur Detektion von Wühlmäusen im Grünland mittels Drohne mit UV-Linse

M. Wolf, H. Laser
Fachhochschule Südwestfalen, Fachbereich Agrarwirtschaft, Lübecker Ring 2, 59494 Soest
wolf.marcjoerg@fh-swf.de

Einleitung und Problemstellung

Wühlmäuse (*Microtus* spp.) sind ein wichtiger und natürlicher Bestandteil der Grünlandfauna. Innerhalb ihrer Populationsentwicklungen treten zyklisch Phasen exzessiver Vermehrung auf (Jacob et al. 2000). Dies kann darin resultieren, dass sie über ein Drittel der oberirdischen Pflanzenmasse konsumieren (Howe et al. 2006). Begünstigt werden solche Schadpopulationen durch das reiche Nahrungsangebot in Agrarlandschaften, die jenseits des Habitats Grünland Futterquellen bereitstellen (Balmelli et al. 1999). Zudem schaffen es durch den Klimawandel öfter größere Populationen durch die zunehmend milden Winter (Tkadlec et al. 2006). Während es üblicherweise alle zwei bis fünf Jahre zu besonders intensiven Populationsentwicklungen kommt, mit über 2.000 Mäuse je Hektar (Jacob et al. 2014), gibt es in den Feldversuchen Anzeichen dafür, dass diese Ereignisse häufiger sind. Das Streuen oberirdischer Köder ist untersagt, da es die restliche Fauna schädigt (Anthe & Hardt 2018). Flächige und auch unsachgemäße Applikation der zugelassenen Köder, kann zudem zu Resistenzen führen, die schnell bei der Hälfte der Population gefunden werden kann (Salmon & Lawrence 2006). Das übliche Verfahren zur Bestimmung der Aktivität von Wühlmäusen ist sehr arbeitsaufwenig (Strotmann 2018), und nicht geeignet, um die Applikationsschwerpunkte in großen Flächen zu lokalisieren.
Deshalb wurde ein technikbasierter Ansatz zum Monitoring von Wühlmausaktivität und zur Lokalisierung von Nestern entwickelt. Es wird beschrieben, dass Raubvögel ihre Fähigkeit UV-Licht wahrzunehmen, nutzen, um Mäuse zu lokalisieren (Viitala et al. 1995; Honkavaara et al. 2002). Die Theorie ist, dass die UV-Licht-Rezeptoren in ihren Augen es ihnen ermöglichen Mäuseurin scharf wahrzunehmen. Schadnagerbekämpfung nutzt UV-Licht auch, um mit Hilfe von fluoreszierenden Aminosäuren ihre Laufwege nachzuvollziehen (Kolbe 2016). Da Mäuse inkontinent sind, hinterlassen sie überall Urinspuren. Der Urin aller *Microtus*-Arten weist UV-Absorption in Wellenbereichen von 370-380 nm auf (Kellie et al. 2004). Deshalb war die Idee, eine gängige Drohnenkamera mit einem UV-Filter zu versehen, um Wühlmäuse nicht nur einfach im Grünland zu lokalisieren, sondern auch ihre Aktivität ad hoc erfassen zu können. Die Hypothese war also, mit einer umgerüsteten Kamera die in der Literatur angenommene optische Wahrnehmung von Raubvögeln zu imitieren, und damit für die digitale Bildauswertung nutzbar machen zu können.

Material und Methoden

Zur Untersuchung der Arbeitshypothese wurde eine Mavic2Pro (DJI, Nanshan, China) mit einer Linse versehen, die nur den UV-Bereich des Lichtes für Aufnahmen nutzt. Diese wurde von Kolari Vision (Raritan, USA) passend hergestellt, die auch das hierfür konvertierte DJI-Modell bereitstellten, um UV-Spektralaufnahmen zu ermöglichen (Publiclab 2020). Zusätzlich wurde ein Set Nahinfrarotlinsen bestellt. Handelsübliche Taschenlampen mit UV-Passfiltern werden genutzt, um zu testen, ob damit Mäuseurin im Feld fluoreszierend zu beobachten ist. Dazu kommen Modelle mit einem Emissionsmaximum bei 365 nm, als auch solche mit 380 nm zum Einsatz.
Drohnenüberflüge und -aufnahmen fanden in variierten Höhen in einem Parzellenversuch mit der Modellierung unterschiedlicher Grünlandnutzungsysteme (Wolf & Laser 2022) auf der Grünlandversuchsstation in Meschede-Remblinghausen (399 m ü. NN) statt. Zusätzlich wurde eine Dunkelkammer und der Vergleich mit unterschiedlichen Materialien genutzt, um die Hypothese zu testen, dass Mäuseurin im Feld fluoresziert, und mittels der UV-Kamera der Drohne differenziert werden kann. Dazu fand auch ein Studentenversuch statt, der dies mittels UV-Farbe (Event Lights), Chinin (Schweppes Tonic Water dry), Uranin (Hanse Pro) und einer pulverisierten, gelösten Aminosäure (L-Tryptophan, Taste Market) im Vergleich zu, in der Nacht zuvor betrieblich auf Folie von einer gefangenen Maus gewonnenen, Urin auf verschiedenen Trägermedien untersuchte. Diese waren helles Papier, dunklere Pappe, heller Boden, dunkler Boden, letztere nass oder trocken, sowie die UV-Marker frisch appliziert und abgetrocknet (Mertens 2023).

Ergebnisse und Diskussion

Drohnenaufnahmen mit der mit Kolarivision-UV-Filter versehenen, und entsprechend konvertierten DJI Mavic2Pro zeigten deutlich hervorgehobene, leuchtende Bereiche, wo aktive Wühlmausnester in der Grünlandnarbe zu finden waren (Abb. 1). Kontrollen zu Fuß, mit schwebender Drohne und Kameraansicht auf dem mit der Fernbedienung, zeigten aber schnell, dass dieser Effekt auf UV-Reflektionen durch Steine hervorgerufen wurde. In Remblinghausen ist Schiefer das Ausgangsgestein, der eventuell besonders gut glatte, spiegelnde Flächen bietet. Auf einer unbewachsenen, brachliegenden Fläche leuchtete Schiefer aber in den UV-Aufnahmen nicht. Dies könnte der Tatsache zugeordnet werden, dass von Wühlmäusen frisch bei Grabtätigkeiten ausgeworfene Steine meist vertikal abgewinkelt liegen. Auf unbewachsenem Boden, der Witterung ausgesetzt, liegen die Steine hingegen eher horizontal. Im Drohnenbild war keine Differenzierung zwischen kleinen und großen Steinen festzustellen, und alles verfloß zu grellen Bereichen. In der Hand reflektierten einzelne Steine je nach Neigung zur Kameralinse. Diese Reflektion war bei Steinen, die nicht frisch aus dem Boden kamen, sondern an der Oberfläche lagen, vermindert zu finden. Bei dem Wetter im Juni waren dabei alle Steinoberflächen trocken.

Diese Effekte waren, anders als während Hitzetagen im Juni mit voller Sonneneinstrahlung, an bewölkten Tagen im Oktober, als die Mäusepopulationen ihren Zenit erreichten, nicht festzustellen. Untersuchungen erfolgten auch mit Dunkelbereich (gebaut aus einem an den Boden gedrücktem Karton, mit Seitenloch im Durchmesser einer Taschenlampe, und oben eingesetztem Guckloch für Kameraaufnahmen aus einer ein Meter langen Pappröhre). Unter UV-Licht fluoriszierten bislang weder bei trockenem, heißen Wetter, noch bei kühlen, feuchten Bedingungen Wühlmäuseurinspuren oder frischer -kot. In Wirtschaftshallen war dies hingegen durchaus der Fall. Im Gegenzug leuchteten aber etwa Insektenbeine oder bestimmte Samenhülsen von Pflanzen deutlich. Das gilt auch für vereinzelte Biokrusten, die auf Steinen zu finden waren. Letztere könnten, auch ohne fluoreszierende Bereiche, dazu beitragen, dass Steine, die aus Mausbauten beim Graben abtransportiert wurden, stärker reflektieren, als solche, die lange an der Oberfläche lagen.

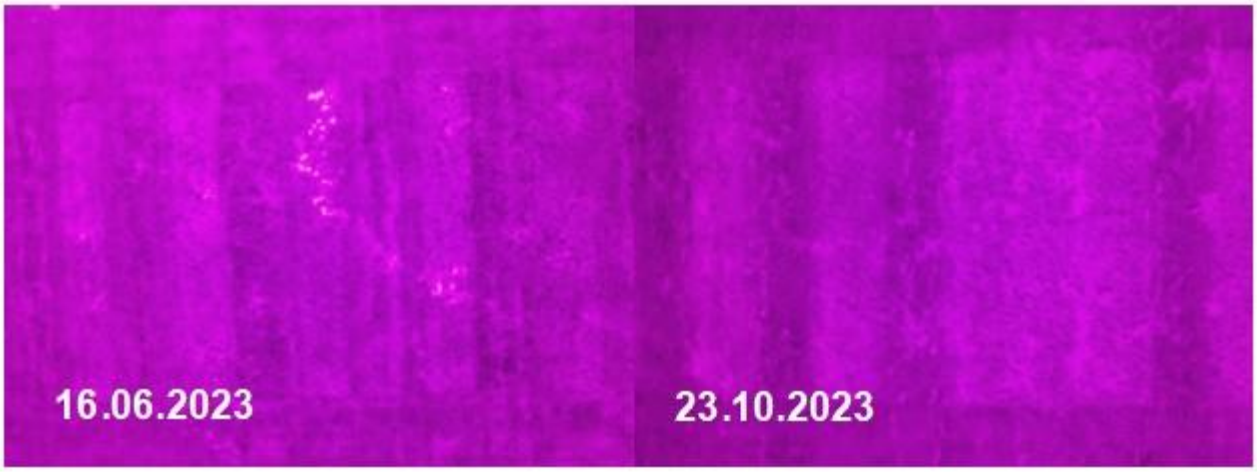

Abb. 1: Aufnahmen im UV-Spektrum der DJI-Mavic2Pro, in 10 Meter Flughöhe zu Terminen im Juni und Oktober 2023.

Beim Vergleich verschiedener UV-Marker konnten in den Aufnahmen im UV-Spektrum der mit Speziallinse versehenen DJI-Mavic2Pro-Drohne durchaus deutliche Differenzierungen der Aufnahmebereiche festgestellt werden. Vollständige Absorption des UV-Lichts (UV-Farbe, Chinin, eingeschränkt auch Uranin) resultierte in den dunkelsten Bereichen, wurden die Medien auf Pappe aufgetragen. Reflektion eines bestimmten UV-Spektrums wurde durch helle Bereiche deutlich, sei es durch normale weiße Farben, Flechten auf Pflastersteinen, oder Tryptophan-Pulver (Abbildung 2). Dieses wies sogar einen anderen Farbbereich im UV-Spektrum auf, als der Umgebungsbereich. Besonders sichtbar wurde dies nach dem Abtrocknen, wenn Oberflächen von Flüssigkeitstropfen nicht das Licht gebrochen reflektierten. Ein eigener Farbbereich fluoreszierender Medien, wie Chinin, oder gelöstes Tryptophan, war jedoch am deutlichsten, wurden Aufnahmen mit dem durch die Flüssigkeit geleiteten Licht gemacht. Auf Boden waren diese Effekte kaum bis gar nicht reproduziert, nachdem die feuchten Medien in den Boden versickerten. Offenbar war morgens frisch gesammelter Mäuseurin durchaus auch auf Boden in UV-Aufnahmen der DJI Mavic2Pro zu

differenzieren (Mertens 2024). Dabei traten aber nur geringere Helligkeitsunterschiede oder Farbvariationen auf, als etwa mit voller Absorption oder Tryptophan auf Pappe. Erschwerend kommt hinzu, dass mit UV-Filter erstellte Aufnahmen nur geringe Auflösungen aufweisen, da ja auch nur noch ein Teil des Lichtes durch die Linse gelangt. Dieses Problem ist umso bedeutender, desto höher die Flughöhe gewählt wurde. Im Juni sind dabei die besten Auflösungen und stärksten Kontraste in UV-Aufnahmen zu erzielen, da dann am meisten UV-Licht in hiesigen Breiten auftritt. Auch sonniges Wetter hat einen positiven Einfluss.

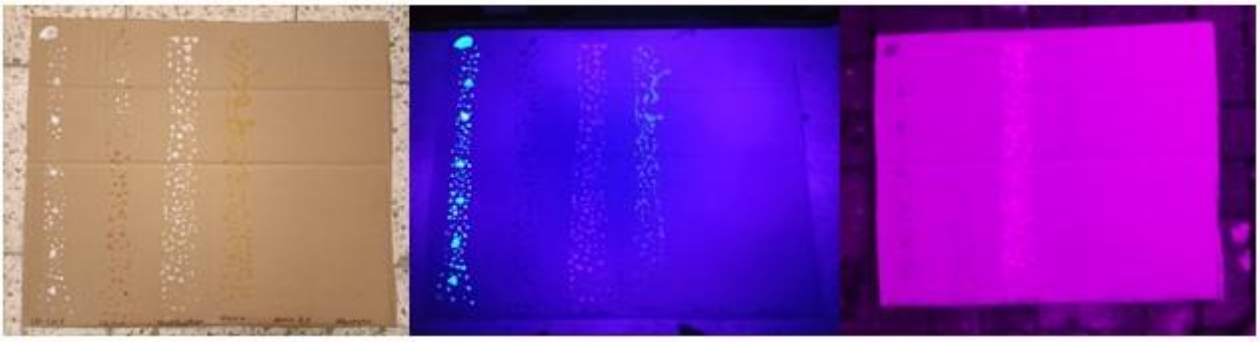

Abb. 2: Mögliche UV-Marker und Kontrolle auf Pappe, aufgenommen (1 m Abstand) im menschlich wahrnehmbaren Lichtspektrum (links), im Dunkeln mit Licht durch UV-Filter (285 nm) bestrahlt (mittig), und bei Tageslicht (bewölkt, 13.12.2023) mit Kolaris-UV-Linse und DJI Mavic2Pro aufgenommen (rechts). Es handelt sich um (von links nach rechts): UV-Lack, Tonic/Chinin, Tryptophan, Uranin, Aqua destilata und Mäuseurin, jeweils in abgetrocknetem Zustand.

Eine sehr gute Differenzierbarkeit von vegetationslosen Bereichen und solchen, die mit Vegetation bedeckt waren, war auf Aufnahmen der DJI Mavic2Pro zu finden, die mit Infrarotfilter (665 nm) gemacht wurden. Dabei waren auch deutlich Gangsysteme und Nestbereiche mit Gangkreuzungen von der Wühlmaus (*Microtus arvalis*) auszumachen. Ähnliches gilt für Hügel vom Schermäusen (*Arvicola terrestris*). Dies war bis in eine Flughöhe von etwa 15 m möglich. Größere Aufnahmehöhen erlaubten keine Differenzierung zwischen einfachen Vegetationslücken, und solchen, die aus Bauaktivitäten von Nagetieren resultierten.

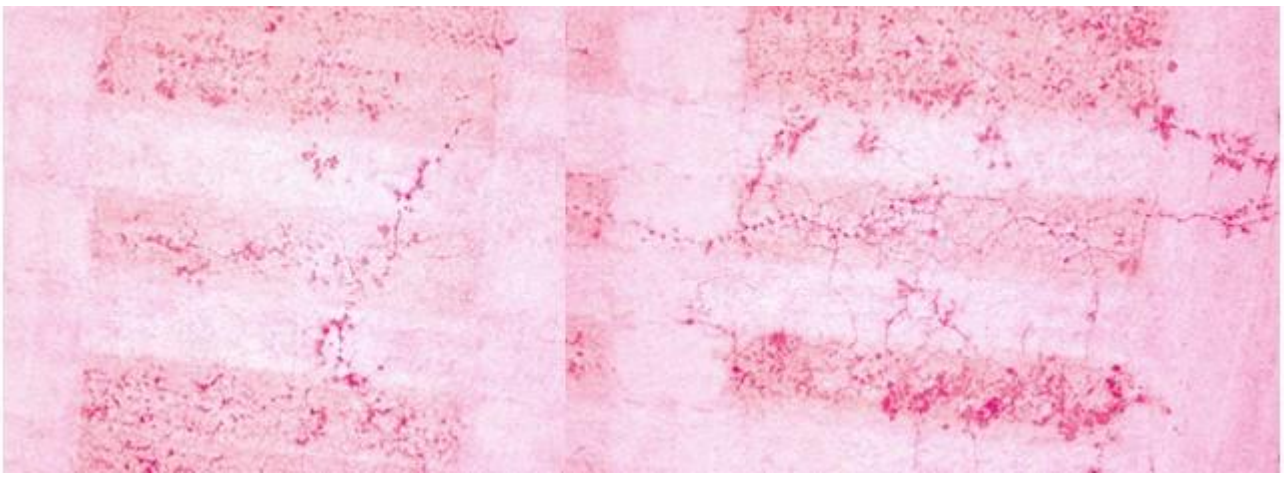

Abb. 3: Aufnahmen der Versuchsparzellen im Nahinfrarotbereich (665 nm), aufgenommen mit DJI Mavic2Pro am 23.10.2023. Zu sehen sind, dunkel hervorgehoben, Bestandeslücken ohne Bezug oder Gangsysteme von *Microtus arvalis* und Hügel von *Arvicola terrestris*.

Schlussfolgerungen

Es wurde deutlich, dass die Wahrnehmung von Licht im UV-Bereich für Raubvögel den Vorteil mit sich bringt, dass vegetationslose Bereiche vor allem in größeren Höhen kontrastreicher zu erkennen waren, als mit einer Differenzierung von Grün- und Brauntönen in dem für uns sichtbaren Licht. In der Tagesdämmerung bietet dies noch größere Vorteile. Im UV-Spektrum dunklere Bereiche sind im Grünland vor allem auch dort, wo Mäusenester mit hohen Populationsdichten auftreten. Belege dafür, dass eine aus Flughöhe wahrnehmbare Reflektion oder gar Fluoreszenz von Mäuseurinspuren besteht, konnten nicht erbracht werden. Reflektierende, leuchtende Steine machen in UV-Licht aktive Mäusenester besonders kenntlich. Mit Bewölkung, oder auf Grünlandflächen ohne Steine, konnten bislang jedoch keine in UV-Licht leuchtenden Mäuseaktivitäten beobachtet werden. Dass auch mit UV-Taschenlampe im Feld keine Fluoreszenz von Mäuseurin festgestellt werden konnte, deutet darauf hin, dass die beteiligten Aminosäuren im Freiland eine erhebliche Volatilität aufweisen, selbst bei Bewölkung.

Es konnten Nachweise erbracht werden, dass frische Mäuseurinspuren in UV-Aufnahmen differenziert sichtbar sind. Dieser Effekt ist aber, vor allem auf Boden, so schwach, dass innerhalb der üblichen Helligkeitsabstufungen innerhalb von UV-Aufnahmen einer Grünlandnarbe oder Vegetationslücken darin, selbst bei nur sehr niedrigen Flughöhen keine Bildanalyse möglich ist. Die Auflösung der genutzten Hasselbladkamera an der DJI ist sicherlich auch dadurch limitiert, dass UV-Licht nur 4 bis 10 % der Sonnenstrahlung ausmacht (European Commission 2007).

Infrarotaufnahmen im passenden Spektrum (665 nm) zeigen deutlich die Lücken in den Vegetationsbeständen von Grünlandflächen. Mäusegänge sind differenzierbar. Möglichkeiten zur quantitaiven Bildauswertung bestehen über eine Ermittlung der vegetationslosen Flächen.

Die Untersungen ergaben also, dass eine mit UV-filternden Linse ausgestattete Bilddrohne geeignet ist, Mäuseaktivitäten ad hoc zu erfassen, und in großen Grünlandschlägen zu lokalisieren, jedoch nur über Grünlandböden mit hohem Skelettanteil, und nur an sonnigen Terminen in der Jahresmitte. Ansonsten sind NIR-Aufnahmen im Mäusemonitoring vorzuziehen, die jedoch quantitative Daten nur zu durch Populationsaktivitäten entstandene Vegetationslücken liefern können, nicht aber hinsichtlich ihrer tagesaktuellen Dichte oder Aktivität.

Literatur

Balmelli, L., Nentwig, W. & J. P. Airoldi (1999): Nahrungspräferenzen der Feldmaus Microtus arvalis in der Agrarlandschaft unter Berücksichtigung der Pflanzeninhaltsstoffe. Zeitschrift Säugetierkunde 64: 154-168.

European Comission (2007): Scientific committees, Glossary UV-Strahlung. https://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/de/glossar/tuv/uv-strahlung.htm

Honkavaara, J., Koivula, M., Korpimäki, E., Siitari, H. & J. Viital (2002): Ultraviolet vision and foraging in terrestrial vertebrates. Oikos 98: 505–511.

Howe, H. F., Zorn-Arnold, B., Sullivan, A. & J. S. Brown (2006): Massive and distinctive effects of meadow voles on grassland vegetation. Ecology 87 (12): 3007-3013.

Jacob, J. et al. (2020): Europe-wide outbreaks of common voles in 2019. Journal of Pest Science 93: 703–70.

Mertens, J. (2024): Praktische Anwendbarkeit einer Kameradrohne mit UV-Filter zur Schadnager-Detektion anhand von Urinspuren im Grünland. Studentisches Poster beim Soester Agrarforum 2024.

Publiclab (2020): New Developments in Multi-Spectral Drone Imaging in the Ultraviolet Band. https://publiclab.org/notes/ektopyrotic/09-14-2020/new-developments-in-multi-spectral-drone-imaging-in-the-ultraviolet-band

Salmon, T. P. & S. J. Lawrence (2006): Anticoagulant Resistance in Meadow Voles (Microtus californicus). Proceedings 22nd Vertebrate Pest Conference, UC Davis.

Strotmann, K. (2018): Feldmäuse: Jetzt die Löcher zählen. https://www.agrarheute.com/pflanze/feldmaeuse-loecher-zaehlen-549719

Tkadlec, E. et al. (2006): Winter climate and plant productivity predict abundances of small herbivores in central Europe. Climate Research Vol. 32: 99-108.

Viitala, J., Korpimäki, E., Palokangas, Ps. & M. Koivula (1995): Attraction of krestels to vole scent marks visible in ultraviolet light. Nature Vol. 373: 425-427.

Wolf, M. & H. Laser (2022): Grünlandböden unter Druck – Einfluß von Bodenverdichtungen in Nutzungssystemen in einem Freilandversuch. Tagungsband der Jahrestagung der AGGF in Soest, 2022.