KI-unterstützte Früherkennung von holzbewohnenden Käfern in der Pflanzengesundheit: Die Entwicklung einer Smartphone-App

Björn Lutsch [1], Berner Panti [2], Ulrich Tillich [2], Iris Häussermann [3], Martin Hasselmann [3] & Olaf Zimmermann [1]

[1] Landwirtschaftliches Technologiezentrum (LTZ) Augustenberg, Karlsruhe
[2] Oculyze GmbH, Wildau
[3] Universität Hohenheim

Abstract: AI-supported early detection of wood boring beetles in plant health control: The development of a smartphone application

Invasive wood boring beetles are amongst the most problematic insects in plant health control because of their potential to severly harm natural and urban wooden habitats. An established infection threatens native ecosystems, may lead to economic losses and can additionally cause social tensions between authorities and citizens, if strong quarantine measures affect plants in public or private areas. Therefore, early detection is important to avoid these scenarios that require eradication actions before the pest infestation is spreading. However, identifying potentially problematic species requires special expertise and training for the inspection staff involved in plant health control. For this reason, the federal German project PHID-Coleo II includes a cooperation between software experts and a plant protection service to develop a smartphone application that uses an AI for species recognition in order to help plant health inspectors to get a quick first identification on the spot. Here we present the first steps taken in the project that mainly include Cerambycidae and will be extended to Buprestidae, Bostrichidae and Scolytinae.

Key words: invasive species, plant health, artificial intelligence, early detection

Dr. O. Zimmermann, Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (LTZ), Neßlerstraße 25, 76227 Karlsruhe; E-Mail: olaf.zimmermann@ltz.bwl.de

Einleitung

Die zunehmende Globalisierung und steigende Handelsvolumen erhöhen die Wahrscheinlichkeit für Einschleppungen gebietsfremder Arten, insbesondere von Insekten. Gleichzeitig trägt der rasch fortschreitende Klimawandel zur dauerhaften Etablierung von zum Teil invasiv auftretenden Arten bei (Skendžić & al., 2021). Besonders einige holzbewohnende (xylobionte) Käferarten stellen weltweit eines der größten pflanzengesundheitlichen Risiken dar, weil ihre Bekämpfung im Holz schwierig bis unmöglich ist. Werden gebietsfremde Arten in ein neues Habitat verschleppt und treffen dort auf nicht angepasste Wirtspflanzen, können sie zu hohen ökonomischen und ökologischen Schäden in Wäldern, Baumschulen und öffentlichem Grün führen.

Eines der eindrucksvollsten Beispiele hierfür stellt der Eschenprachtkäfer *Agrilus planipennis* Fairmaire (Coleoptera: Buprestidae) dar. Ausgehend von seinem Heimatgebiet in Ostasien wurde er vermutlich bereits in den 1990er Jahren nach Nordamerika verschleppt (Siegert & al., 2014). Es dauerte jedoch bis ins Jahr 2002, dass der Erstnachweis erfolgen konnte. Grund hierfür dürfte, neben fehlendem Referenzmaterial, auch der Umstand gewesen sein, dass diese Art den amerikanischen Pflanzenschutzdiensten bis dato völlig unbekannt war (Haak & al., 2002; Jendek & Gebennikov, 2011). Trotz eingeleiteter Quarantänemaßnahmen, wie einem Verbringungsverbot von Feuerholz breitete sich die Art in den Folgejahren stark über den Nordamerikanischen Kontinent aus und konnte mittlerweile in 36 US-Bundesstaaten und 5 kanadischen Provinzen nachgewiesen werden. Es wird angenommen, dass diesem Käfer seitdem mehrere 100 Millionen Eschen zum Opfer gefallen sind (Michigan State University & USDA Forest Service, 2022).

Ebenfalls sehr problematisch, wenn auch bisher mit geringeren ökonomischen Schäden ist das Austreten des Asiatischen Moschusbocks im Raum Rosenheim und im Großraum Neapel in Italien (EFSA 2019, Benker & al. 2018). Er wurde nach dem Erstauftreten über mehrere Jahre nicht wahrgenommen und erkannt, so dass sich größere lokale Populationen bilden konnten, die kaum mehr ausrottbar erscheinen. Mit Gehölzen der Gattung *Prunus* sp. Als Wirtspflanzen, d.h. Kirschen, Pflaumen und Zwetschgen besteht hier ein erhebliches Schadpotential.

Fälle wie dieser zeigen, wie wichtig eine schnelle Erkennung von Befall mit potentiell invasiven Arten und deren sichere Artdiagnose ist, um frühzeitig Maßnahmen einleiten zu können. Den Inspekteuren der Pflanzenschutzdienste stehen bei der großen Zahl verschiedenster Schadorganismen häufig nur klassische Bestimmungshilfen zur Verfügung. Aus diesem Grund wird im vorliegenden Forschungsvorhaben untersucht, inwiefern die Einbindung neuer Technologien diese Arbeiten bei der Einfuhrkontrolle unterstützen können. Im Rahmen des Projekts PHID Coleo II (**P**lant **H**ealth **Id**entification of **Coleo**ptera) entwickelt das Landwirtschaftliche Technologiezentrum (LTZ) Augustenberg in Karlsruhe in Zusammenarbeit mit der Oculyze GmbH in Wildau eine Smartphone-Anwendung, die eine Erkennung der wichtigsten invasiven xylobionten Käferarten zum Ziel hat.

Der Entwicklungsprozess

Die technische Entwicklung und das Training der KI wird durch die Oculyze GmbH durchgeführt, die das Projekt im Unterauftrag begleitet. Das LTZ Augustenberg lieferte mit Smartphones aufgenommene Fotos ausgewählter Arten. Die Käfer wurden zum Trainieren des Algorithmus zunächst mit einer standardisierten Maske aufgenommen, die dazu dient die Größe der Tiere, ihre Färbung und den Aufnahmewinkel zu korrigieren. Im Folgenden wird der Arbeitsprozess erläutert.

Den Kern der App stellen xylobionte Käferarten dar, die von der amtlichen Pflanzengesundheit entsprechend der Durchführungsverordnung (EU) 2019/2072 als Unionsquarantäneschädlinge geregelt sind. Diese gelten als besonders risikoreich und es wird erwartet, dass ihre Etablierung und Ausbreitung zu erheblichen wirtschaftlichen, sozialen und ökologischen Schäden führen würde (LTZ Augustenberg, 2023). Dazu gehören Bockkäferarten (Coleoptera: Cerambycidae) wie der Asiatische Moschusbock *Aromia bungii* und der Asiatische Laubholzbockkäfer *Anoplophora glabripennis* (Europäische Union, 2019). Um diese gegen häufige Funde nicht problematischer Käferarten abzugrenzen, wurden für das Training der App heimische Verwechslungsarten und besonders häufig bei Inspektionen auftretende, gebietsfremde Arten ohne besonderes Schadpotential ausgewählt. Außerdem wurden Arten mit abweichenden Merkmalen wie beispielsweise der besonders große Bockkäfer *Petrognatha gigas* oder dem zu den Scheinbockkäfern (Coleoptera: Oedemeridae) gehörende Krainer Schönbockkäfer *Nacerdes carniolica* in das Untersuchungsspektrum einbezogen. In der ersten Phase der App-Entwicklung wurden so insgesamt 33 Käferarten aufgenommen, die in der Insektensammlung des LTZ Augustenberg vorlagen. Ergänzend wurde für jede Art Größenangaben zusammengestellt und die Arten nach Größe und nach morphologischen Ähnlichkeiten gruppiert. Dies unterscheidet im Training des Algorithmus die klassische entomologische Herangehensweise nach rein verwandtschaftlichen Kriterien.

Zur Standardisierung der Bildaufnahme und Verbesserung der Ergebnisse bei der praktischen Anwendung wurde eine Referenzskala entwickelt (Abb. 1 und 2). Alle Dimensionen der auf ihr abgebildeten Elemente sind bekannt, wodurch die KI die Größe des darauf fotografierten Objekts errechnen kann. Ein Weißabgleich ermöglicht zudem das Erkennen von Farben auch unter variablen Lichtverhältnissen. Damit ermittelt die KI aus den Fotos möglichst viele Informationen aus dem fotografierten Objekt.

Für das Training der KI wurden mit Smartphones ca. 100 bis 200 Aufnahmen je Art angefertigt. Dies geschah aus unterschiedlichen Winkeln, unter variablen Lichtverhältnissen und mit verschiedenen Kameraeinstellungen und Smartphonetypen. Um genadelte und etikettierte Präparate aus dem Sammlungsmaterial einfach und zerstörungsfrei zu fotografieren, wurde ein Schlitz in die Referenzskala geschnitten. Dadurch konnte die Skala zwischen das Präparat und das oberste Etikett geführt werden. Sowohl Nadel als auch Schlitz können durch den der KI zu Grunde liegenden Algorithmus herausgerechnet werden, da diese bei der Anwendung unter Praxisbedingungen nicht vorhanden sind. Sofern möglich, wurde der jeweilige Datensatz mit weiteren, aber nur sicher bestimmten Abbildungen der Arten aus dem Internet ergänzt.

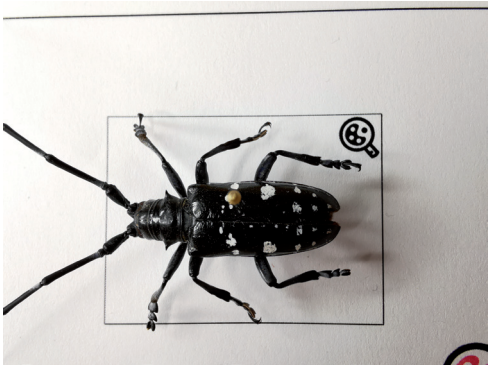

Abb. 1: Präparat von *Aromia bungii*, fotografiert mit der standardisierten Referenzskala.

Abb. 2: Praxisanwendung der Smartphone-App bei Verpackungsholz-Kontrollen

Die Genauigkeit der Identifikation und damit der Stand der Entwicklung wurde getestet, indem erneut Fotos der einzelnen Arten angefertigt und deren Zuordnung durch die KI überprüft wurde. Sofern möglich, wurden dafür auch Präparate genutzt die nicht schon zuvor für das Training verwendet wurden.

Die Ausgabe der Ergebnisse erfolgte jeweils in vier Zeilen (Abb. 3). Neben dem Namen und der Körperlänge (in mm) des identifizierten Insekts wird angegeben, ob sich die Länge in dem zuvor für die Art angegebenen Größenfenster bewegt. Die Spalte Sicherheit („Confidence“) gibt die Wahrscheinlichkeitspunkte anteilig von maximal 1 (= 100 %) an, die auf die ausgegebene Art entfallen. Die restlichen Wahrscheinlichkeitspunkte verteilen sich auf übrige hinterlegten Arten. Als Ergebnis ausgegeben wird immer die Art, die die höchste Sicherheit auf sich vereint. Entsprechend werden nicht ausreichend zugeordnete Fotos von Käfern mit geringeren Wahrscheinlichkeiten angegeben. Eine Möglichkeit zur Bewertung des Analyseergebnisses ermöglicht die Einbindung neu fotografierter Fotos in den Datensatz.

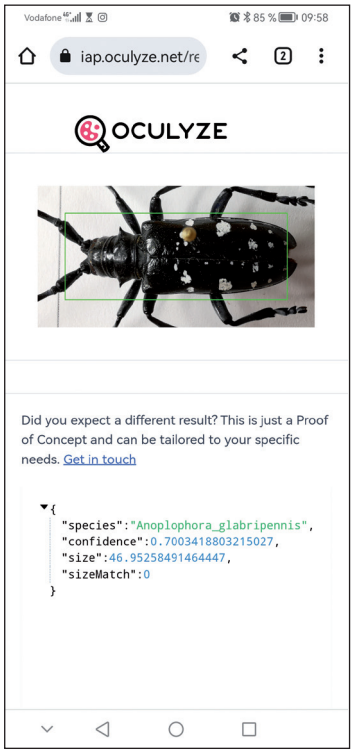

Abb. 3: Ausgabeformat der Identifikation an Beispiel von *Anoplophora grabripennis* in der Testphase

Ergebnisse und Diskussion

Schon in der frühen Entwicklungsphase zeigten sich sowohl schnelle positive Ergebnisse, wie auch die Grenzen solch einer Anwendung, die vor allem in der erforderlichen technischen Ausstattung liegen.

Bei sehr ähnlichen Käferarten oder ungewöhnlichen Farbvarianten wie z.B. komplett schwarz gefärbten *Aromia bungii* fällt es schwer die neuen Arten eindeutig zuzuordnen. Hier ist weiterhin die Zusammenarbeit der Pflanzenschutzdienste mit entomologischen Experten der jeweiligen Taxa erforderlich, um die Artbestimmung abzusichern. Ebenso gehört eine unbedingt relevante Art wie der Eschenprachtkäfer zu der taxonomisch schwierigen Gattung *Agrilus* sp. . Diese Grenzen zeigen sich auch in etablierten Anwendungen wie der Smarthphone-App iNaturalist. Die von Firma Oculyze und dem LTZ Augustenberg entwickelte APP soll daher durch ein Ergebnisfilter mit Angaben zum Herkunftsland und der Wirtspflanze weitere geographische und ökologische Eigenschaften einbeziehen, um so die Ergebnisse zu optimieren.

Smartphones mit schlechter Kameraqualität können kleinere Bockkäfer, wie z. B. den 5 bis 10 mm langen dunkelbeinigen Flachdeckenbock *Obrium cantharinum* nicht mehr detailliert und damit analysierbar fotografieren. Daher werden einige wichtige, jedoch vergleichswiese kleine, xylobionte Käferarten nur unzureichend erfasst. Vor allem Arten aus den Familien Buprestidae, Bostrichidae und Scolytinae sind sehr klein und haben wenige eindeutige Bestimmungsmerkmale, die nur bei höherer Vergrößerung erkennbar wären. Technisch ließe sich das durch die zusätzliche Verwendung eines USB-Mikroskopes lösen. Diese Erweiterung wird im weiteren Projektverlauf untersucht.

Die ersten Entwicklungsschritte und Zwischenergebnisse zeigen, dass eine App-Anwendung für das Smartphone für die Inspektion von Importen eine sinnvolle Ergänzung für die Vordiagnose relevanter Insektenarten darstellt. Sie dient zusätzlich der schnellen Dokumentation von Funden während der Kontrollen und trainiert wiederum die Anwender selbst. Aufbauend auf die Entwicklung einer Smartphone-App für Käfer an Importholzproben im laufenden Forschungsvorhaben PHID-Coleo könnte zukünftig auch die Früherkennung weiterer relevanter Insketentaxa durch die Nutzung dieser neuen Technologien entwickelt werden.

Danksagung

Die Förderung des Projekts PHID-Coleo II (Förderkennzeichen 2818709A19) erfolgt aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages. Die Projektträgerschaft erfolgt über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen des Programms zur Innovationsförderung.

QR-Code der Projekt-Homepage PHID-Coleo II

Literatur

Benker, U.; Bögel, C. & Krause, K. (2018): Der Asiatische Moschusbockkäfer *Aromia bungii* (Faldermann, 1835) – eine weitere invasive Bockkäferart in Deutschland. – Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie, **21**: 249-252.

EFSA (2019): Pest survey card on *Aromia bungii*. – EFSA Supporting Publications, **16**(12).

Europäische Union (2019): Durchführungsverordnung (EU) 2019/2072 der Kommission vom 28. November 2019 zur Festlegung einheitlicher Bedingungen für die Durchführung der Verordnung (EU) 2016/2031 des Europäischen Parlaments und des Rates in Bezug auf Maßnahmen zum Schutz vor Pflanzenschädlingen und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 690/2008 der Kommission sowie zur Änderung der Durchführungsverordnung (EU) 2018/2019 der Kommission. – Verfügbar unter: https://op.europa.eu/de/publication-detail/-/publication/d9915ad5-1b1b-11ea-8c1f-01aa75ed71a1 [20.04.2023].

Haack, R. A.; Jendek, E.; Liu, H.; Marchant, K. R., Petrice, T. R., Poland, T. M. & Ye, H. (2002): The emerald ash borer: a new exotic pest in North America. – Newsletter of the Michigan Entomological Society, 47(3 & 4): 1-5.

Jendek, E. & Gebennikov, V. (2011): Agrilus (Coleoptera: Buprestidae) of East Asia. – Jan Farkač, Prag: 362 pp.

LTZ Augustenberg (2023): Geregelte Schädlinge. – Verfügbar unter: https://ltz.landwirtschaft-bw.de/pb/,Lfr/Arbeitsfelder/Pflanzengesundheit_Quarantaene [20.04.2023].

Michigan State University & USDA Forest Service (2022): Emerald ash borer information network. – Verfügbar unter: http://emeraldashborer.info [20.04.2023].

Skendžić, S.; Zovko, M.; Živković, I. P.; Lešić, V. & Lemić, D. (2021): The impact of climate change on agricultural insect pests. – Insects, **12**(5): 440.

Siegert, N.W.; McCullough, D.G.; Liebhold, A.M. (2014): Dendrochronological reconstruction of the epicentre and early spread of emerald ash borer in North America. – Diversity and Distributions, **20**(7): 847-858.