

Stefan Kühne

Kartoffelkäfer (*Leptinotarsa decemlineata* (Say, 1824)) in Deutschland – Regulierungsstrategien von 1936 bis in die Gegenwart

Colorado potato beetle (CPB – *Leptinotarsa decemlineata* (Say, 1824)) in Germany
– Control strategies from 1936 to the present day

225

Zusammenfassung

Die Geschichte des Kartoffelkäfers (Coleoptera, Chrysomelidae, *Leptinotarsa decemlineata* (SAY, 1824)) in Deutschland ist ein Lehrbeispiel für die unkontrollierte Ausbreitung eines Schaderregers, der ohne regelmäßige Gegenmaßnahmen schwere Ertragsminderungen an einer unserer wichtigsten Nahrungspflanzen verursachen würde. Das Fehlen wirksamer Feinde und seine enorme Anpassungsfähigkeit an Pflanzenschutzmittel machen ihn zu einem starken Gegner, der auch die zukünftigen Generationen immer wieder herausfordern wird. Von seinem Auftreten im Jahr 1936 bis in die Gegenwart wird die historische Bekämpfung des Kartoffelkäfers nachgezeichnet. Die intensive und ausschließliche Anwendung von Insektiziden hat in der Vergangenheit immer zu Resistenzen gegen die verwendeten Wirkstoffe geführt. Vorbeugende Maßnahmen wie 500 m Abstand zu Vorjahresflächen einhalten, Kartoffeldurchwuchs vermeiden, Vorkeimen und Nutzung früherer Sorten reichen nicht aus, um den Kartoffelkäfer langfristig zu regulieren. Neue Ergebnisse im Ökologischen Landbau zeigen die hohe Wirksamkeit biologischer Pflanzenschutzmittel von Spinosad und Neem auf. Zukünftig können Resistenzeigenschaften von Wildarten (z. B. Leptin-Glykoalkaloide) im Rahmen klassischer Züchtungsverfahren genutzt werden, um widerstandsfähige Kartoffelsorten zu züchten und damit zu einem integrierten Pflanzenschutzkonzept gegen Kartoffelkäfer beizutragen. In Gärten und auf kleinen Anbauflächen ist auch das Absammeln per Hand weiterhin eine wirksame Maßnahme.

Stichwörter: Kartoffelkäfer, Ökologischer Landbau, Pflanzenschutz, Spinosad, Neem, *Bacillus thuringiensis*, Pyrethrum

Summary

The history of the Colorado Potato Beetle (CPB) (Coleoptera, Chrysomelidae, *Leptinotarsa decemlineata* (SAY, 1824)) in Germany is an object lesson in the uncontrolled spread of a pest that, without regular control measures, would cause severe yield reductions in one of our most important food crops. Its lack of natural and effective enemies and its tremendous adaptability to pesticides make it a potent adversary that will continue to challenge future generations. Historical pest control of the CPB is traced from its appearance in 1936 to the present. In the past, the intensive and exclusive use of insecticides has always led to resistance to the active substances used. Preventive measures such as keeping a distance of 500 m from the previous year's fields, avoiding potato overgrowth, pre-sprouting and using early varieties are not sufficient to control the Colorado Potato Beetle in the long term. New results in organic farming show the high efficacy of biological control agents of spinosad and neem. In the future, resistance properties of wild species (e.g. leptin glycoalkaloids) can be used within classical breeding methods to breed resistant potato varieties and thus contribute to an integrated pest management concept against Colorado Potato beetle. In gardens and on small fields, hand collection also remains an effective control measure.

Affiliation

Julius Kühn-Institut (JKI) – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Strategien und Folgenabschätzung, Kleinmachnow

Kontaktanschrift

Prof. Dr. agr., Dr. habil. Stefan Kühne, Julius Kühn-Institut (JKI) – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Strategien und Folgenabschätzung, Stahnsdorfer Damm 81, 14532 Kleinmachnow, E-Mail: stefan.kuehne@julius-kuehn.de

Zur Veröffentlichung eingereicht/angenommen

4. März 2021/6. Mai 2021

Key words: Colorado potato beetle, organic farming, plant protection, Spinosad, Neem, *Bacillus thuringiensis*, Pyrethrum, biopesticides, pest control

Die Ausbreitung des Kartoffelkäfers in Deutschland

Als Schädling an Kartoffelpflanzen wurde der Käfer erstmals 1859 in Nebraska (USA) beobachtet (CASAGRANDE, 1985). Seine ursprüngliche Nahrungspflanze war wahrscheinlich die Büffelklette (*Solanum rostratum*), von der er auf die neue Kulturpflanze wechselte. Die Etablierung und Ausbreitung des Kartoffelkäfers in Europa und schließlich in Deutschland ist in vieler Hinsicht bemerkenswert und sehr gut dokumentiert. Eine zentrale Rolle hat dabei das *Nachrichtenblatt des deutschen Pflanzenschutzdienstes* gespielt, das über ein Jahrhundert den bedeutendsten Schädling im Kartoffelanbau immer wieder als Thema aufgreift. MANSFELD (1923) berichtet von mehrfachen Besiedlungsversuchen durch den sogenannten „Koloradokäfer“ in Europa. Seine Gefährlichkeit und Bedeutung wurde schon im 19. Jahrhundert von den europäischen Staaten richtig erkannt und durch entsprechende Gesetzgebung gegengesteuert. In Deutschland wurde durch die Kaiserliche Verordnung vom 26. Februar 1875 die Einfuhr von Kartoffeln, deren Schalen, Abfälle und Verpackungsmaterial aus Amerika verboten. Bald darauf, 1876, fing man Käfer in einem Güterschuppen in Bremen und zweimal auf Dampfern von New York nach Bremerhaven. Im Juni 1877 trat der Schädling in Deutschland zum ersten Mal auf 5 ha Kartoffelfläche bei Mühlheim a. Rh. auf und wurde rigoros bekämpft (MANSFELD, 1923). Dazu wurden die Felder mit Petroleum übergossen und abgebrannt, der Boden mit einer Lauge aus Pottasche und Kalkmilch durchgearbeitet. In der Folge traten Befallsherde 1887 in Sachsen (Kreis Torgau) und 1914 bei Stade (Niedersachsen) auf, die jedoch ebenfalls erfolgreich zerstört wurden. Bei Letzterem wurden auf den 3 ha Gartenpachtland 200 Soldaten eingesetzt, die das Gelände gründlich absuchten. Alle Kartoffelstauden wurden ausgezogen, mit Rohbenzol begossen und in Kalkgruben eingestampft. Die Felder wurden ebenfalls mit Benzol getränkt (MANSFELD, 1923). Auf diese Weise konnte man eine Etablierung des Schädling in Deutschland lange Zeit verhindern. Im 2. Jahrgang, Nummer 10 von 1922 des Nachrichtenblattes wird erstmalig von Regierungsrat M. Schwartz, Mitglied der Biologischen Reichsanstalt, vom großflächigen Auftreten des Kartoffelkäfers im selben Jahr in der Gironde (bei Bordeaux in Frankreich) auf 250 Quadratkilometern berichtet (SCHWARTZ, 1922). Detailliert werden die entschlossenen Bekämpfungsmaßnahmen des französischen Landwirtschaftsministeriums, basierend auf Behandlung der Felder mit Bleiarzen, beschrieben. Besonders stark befallene Kulturen wurden verbrannt und unmittelbar danach gepflügt und mit ungelöschtem Kalk behandelt. Allgemein rechnete man jedoch jetzt mit der dauerhaften Festsetzung und weiteren Ausbreitung des Schädling in Europa. Die Biologische Reichsanstalt hat schon 1925 die

Landbevölkerung auf den Kartoffelkäfer hingewiesen und ein Merkblatt verbreitet, das den Käfer und seine Entwicklungsstadien anschaulich darstellt (Abb. 1). 1935 wurde dann der „Kartoffelkäfer-Abwehrdienst“ gegründet, der die Bekämpfung möglicher Schädlingherde durchführen sollte. LANGENBRUCH (1998) wies darauf hin, dass der Kampf gegen den Kartoffelkäfer als Teil der „Erzeugungsschlacht“ während der Zeit des Nationalsozialismus gesehen werden muss. Dieser Begriff taucht 1935 auch mehrfach im *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes* auf, dessen Ziel es war, die Nahrungsmittelversorgung im Kriegsfall in Deutschland autark zu gewährleisten (DEGLER & STREB, 2008). Dieses Ziel ergab sich aus den Erfahrungen des I. Weltkrieges, in dem die Nahrungsmittelversorgung der Zivilbevölkerung aufgrund der alliierten Blockade nicht mehr gewährleistet werden konnte und als Hungerwinter 1917/18 in die Geschichte einging.

Die Notwendigkeit der Organisation und Finanzierung der Kartoffelkäferabwehr hat die Schaffung des ersten deutschen Pflanzenschutzgesetzes 1937 wesentlich gefördert. Die Organisation der Überwachung der Kartoffelschläge oblag dem Bürgermeister der Gemeinden und wurde in der Regel von Schülern durchgeführt, die mit anschaulichem Lehrmaterial die verschiedenen Entwicklungsstadien der Käfer kennenlernten (Abb. 2). Zur Motivation der Käfersuche wurden kleine Abzeichen für den Finder der ersten Kartoffelkäfer auf dem Feld vergeben (Abb. 3).

Bekämpfungsmaßnahmen mit Pflanzenschutzmitteln von 1936 bis in die Gegenwart

1936 kam es dann wie erwartet zu den ersten Einflügen des Kartoffelkäfers aus Frankreich nach Deutschland. Die Bekämpfung der Schädlingherde wurde bis Ende der 1940er Jahre zuerst mit Blei- und später mit Kalkarsen durchgeführt. Infolge des II. Weltkrieges konnte die Ausbreitung des Käfers in den letzten beiden Kriegsjahren dann nicht mehr verhindert werden, und so verlief 1946 die östliche Befallsgrenze von Rostock im Norden bis nach Flöha bei Chemnitz (SCHWARTZ, 1947). Trotzdem hat man die Ausbreitung des Käfers in der sowjetischen Besatzungszone dazu genutzt, um den Vereinigten Staaten von Amerika eine biologische Kriegsführung vorzuwerfen und sie beschuldigt, die Schädlinge mit Hilfe von Flugzeugen in Ostdeutschland abzuwerfen (Abb. 4). Die Bekämpfung des Kartoffelkäfers nach 1945 erfolgte auf Grund der Teilung Deutschlands in Zonengrenzen nicht mehr einheitlich. Während die Kartoffel als Nahrungsmittel im Osten noch lange Zeit eine wesentlich größere Bedeutung hatte und die Kartoffelkäferbekämpfung zentral organisiert wurde, spielte sie in Westdeutschland eine zunehmend geringere Rolle und wurde von den Pflanzenschutzämtern der Landesbauernschaften dezentral übernommen (LANGENBRUCH, 1998). In Darmstadt wurde 1948 das Institut für Kartoffelkäfer-Forschung und -Bekämpfung gegründet, aus dem später das heutige

Merkblatt Nr. 5 (3. Auflage). Juli 1925.

Deutscher Pflanzenschutzdienst

Achtet auf den Kartoffelkäfer!

Der gefährliche Koloradokäfer bedroht Deutschland von Frankreich her, wo er aus Amerika eingeschleppt ist. Der Käfer wird mit Kartoffeln und Pflanzgut aller Art verschleppt und vermag auch weite Strecken zu überfliegen.

Der Käfer und seine Larve fressen die Kartoffelfelder kahl und können schweren Schaden anrichten.

Der Käfer ist durchschnittlich 1 cm lang, oval, oben gewölbt, unten flach, rotgelb gefärbt, mit schwarzen Augen und einem schwarzen herzförmigen Stirnleck sowie mit 11 schwarzen Flecken am Halschild, deren mittelster größer und von der Form einer römischen V ist. Die Flügeldecken sind hellgelb und mit 10 schwarzen Längsstreifen gezeichnet. Die in der Ruhe unter den Flügeldecken zusammengeklappten häutigen Flügel sind lebhaft rosarot. Im Frühjahr nach dem Auslaufen der Kartoffeln kommen die Käfer aus ihren Winterverstecken, in denen sie 50 bis 70 cm tief die kalte Jahreszeit überdauert haben, und befallen die jungen Kartoffelblätter vom Rande her. Bald beginnen auch die Weibchen mit der Eiablage. Die Eier sind dottergelb, etwa 1,5 mm lang, walzenförmig, mit abgerundeten Enden und werden zu etwa 12 bis 30 Stück in Häufchen dicht nebeneinander aufrecht stehend an der Unterseite der Blätter angeheftet. Ein einziges Weibchen vermag über 1500 Eier abzulegen, in der Hauptlegezeit über 100 Eier an

einem Tage. Aus den Eiern schlüpfen nach 4 bis 8 Tagen die Larven, die zunächst blutrot sind und sich später rotgelb, zuletzt orangegelb, verfärben. Die Larve erreicht eine Länge von 12 mm und hat eine birnenförmige, nach hinten verjüngte Körperform, an der die Gliederung der Körperringe deutlich erkennbar ist. Ihr Kopf, ihre 6 Beine und zwei Reihen wabenähnlicher runder Flecken an beiden Körperseiten sind schwarz. Die Larve frisst wie der Käfer am Kartoffellaub, und zwar zunächst Wäcker in die Blattfläche, später am Blattrande. Nach sechzehntägiger Fraßstätigkeit ist sie ausgewachsen und geht in die Erde, wo sie sich in einer Tiefe von etwa 20 cm in einer selbstgefertigten Höhle in die mennigrote Puppe umwandelt. Die 9 bis 10 mm lange Puppe ruht etwa 11 Tage. Dann geht aus ihr der Käfer hervor. Die verschiedenen Generationen des Tieres können daher in Abständen von 35 bis 40 Tagen aufeinanderfolgen. Je nach den klimatischen Verhältnissen, unter denen der Käfer lebt, hat er im Jahre 2 bis 3 Bruten.



Der Kartoffelkäfer lebt auf Kartoffelkraut und allen anderen Nachtschattengewächsen, besonders auf Tomaten, aber auch auf Kohl, Disteln, Anöterich, Melde, Sederich und Johannisbeersträuchern.

Wo sich der Koloradokäfer zeigt, ist unverzüglich der Ortspolizei Mitteilung zu machen, damit sofort Gegenmaßnahmen ergriffen werden können. Außerdem ist die Biologische Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft in Berlin-Dahlem zu benachrichtigen.

Reichsanstalt, Berlin.
673 25 II a 4

Abb. 1. Kartoffelkäfermerkblatt der Biologischen Reichsanstalt, 1925.

Institut für biologischen Pflanzenschutz des Julius Kühn-Institutes hervorging. Bis 1953 waren die Forschungsarbeiten ausschließlich auf den Kartoffelkäfer ausgerichtet (LAUX, 1998). Die Bekämpfung erfolgte frühzeitig mit Hilfe chlorierter Kohlenwasserstoffverbindungen wie z. B. DDT (Dichlordiphenyltrichlorethan) oder HCH (Hexachlorcyclohexan), aber auch weiterhin bis 1954 mit arsenhaltigen Pflanzenschutzmitteln (LANGENBRUCH, 1998). In Ostdeutschland wurden die Käfer weiterhin per Hand abgesammelt und ebenfalls Kalkarsen angewendet (KIRCHNER, 1952). Die chemische Bekämpfung erfolgte in

den 1950er Jahren dann auch in Ostdeutschland mit DDT oder HCH auch in Kombination mit kupferhaltigen Fungiziden zur Krautfäulebekämpfung (SCHMIDT & SCHWARTZ, 1958). Der Flugzeugeinsatz zur Ausbringung der Pflanzenschutzmittel in Kartoffeln gegen den Kartoffelkäfer ist in dieser Zeit in Deutschland erstmalig erprobt worden (SCHWARTZ, 1958). Die ersten Resistenzen gegenüber DDT bildeten sich in den 1960er Jahren. In den 1970er Jahren erfolgte der Wechsel auf die organischen Phosphorsäureverbindungen und die synthetischen Pyrethroide, die dem natürlichen Insektengift der Chrysan-

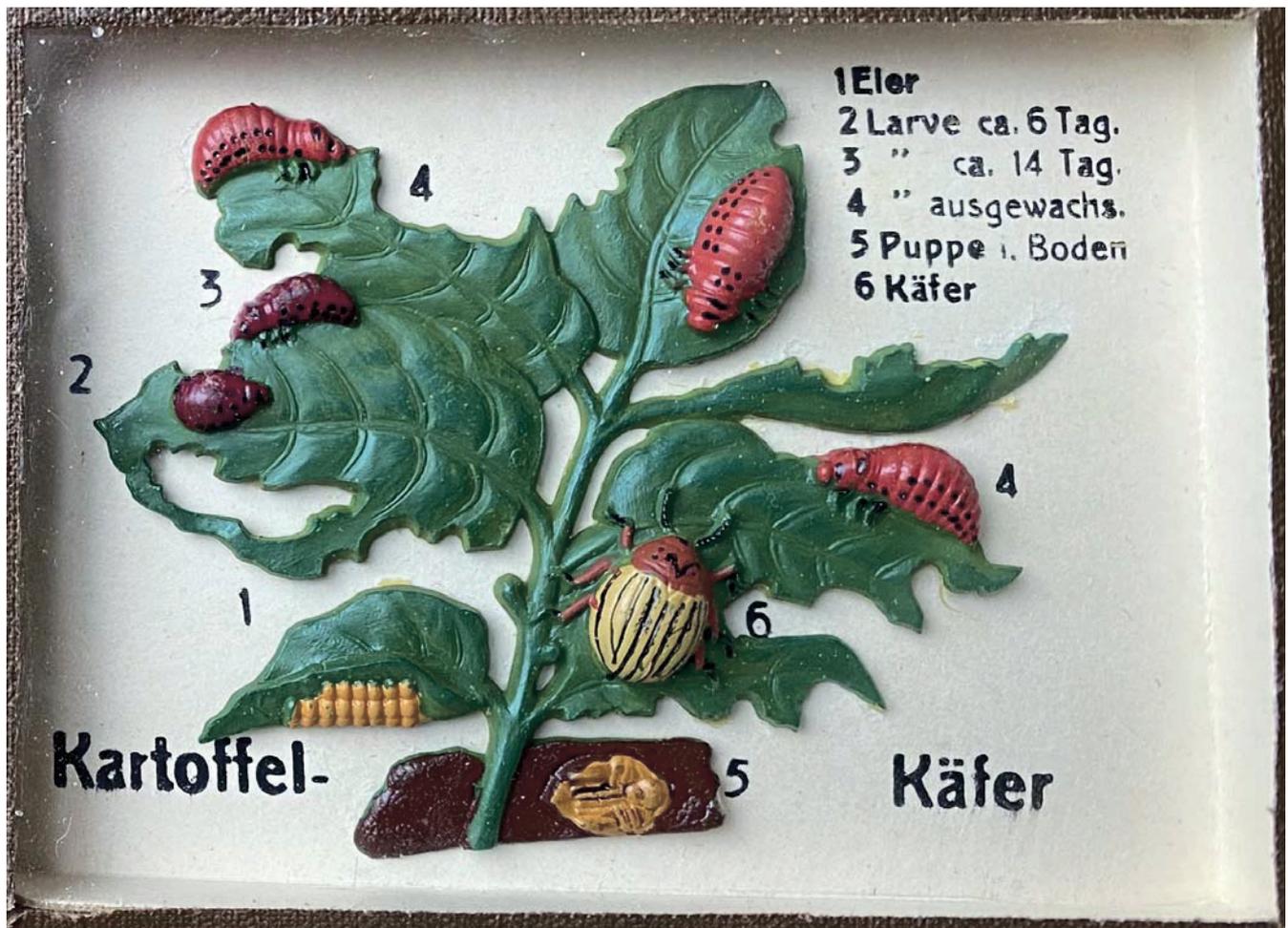


Abb. 2. Anschauungsmaterial für den Schulunterricht – Kartoffelkäfer in Originalgröße aus Kunststoff nachgebildet, 1938.

themen nachgebildet wurden. KADOIĆ et al. (2020) zeigen auf, dass der Kartoffelkäfer bis heute gegen 56 Wirkstoffverbindungen in allen Wirkstoffklassen innerhalb kürzester Zeit Resistenzen aufgebaut hat. Betrachtet man die Historie der Mittelanwendungen, muss die Ablösung von Kalkarsen durch DDT bezüglich des Anwenderschutzes als ein großer Fortschritt angesehen werden. Aufgrund der geringen Toxizität für Säugetiere und des einfachen Herstellungsverfahrens war DDT jahrzehntelang das weltweit meistverwendete Insektizid und hat im Nachkriegsdeutschland erheblich zur Bekämpfung des Hungers der Menschen beigetragen. Auf Grund der u. a. negativen Umweltwirkungen wurde die Verwendung von DDT von den meisten westlichen Industrieländern in den 1970er Jahren verboten. Die Ablösung durch synthetische Pyrethroide war damals ein großer Fortschritt, da neben der ebenfalls geringen Giftigkeit gegenüber Warmblütern die Persistenz des Wirkstoffes in der Umwelt gering ist. Eine Resistenz des Kartoffelkäfers gegen diese breit wirksamen Insektizide entwickelt sich zunehmend nach dem Jahr 2000 (NAUEN, 2005) – allerdings nicht in allen Regionen Deutschlands gleichmäßig. So zeigte Karate Zeon (Lambda-Cyhalothrin) keine zufriedenstel-

lenden Wirkungsgrade mehr in Sachsen (DIETZ et al., 2014) im Gegensatz zu Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz (RICHERZHAGEN & TSCHÖPE, 2010). Seit etwa 2007 ersetzt bzw. ergänzt die breite Anwendung der Neonicotinoide im konventionellen Kartoffelanbau die synthetischen Pyrethroide (z. B. Cypermethrin, Deltamethrin) bis in die Gegenwart. Die vergleichsweise lange Wirksamkeitsdauer der Pyrethroide von mehr als 40 Jahren hängt wahrscheinlich auch mit der stetig abnehmenden Kartoffelanbaufläche und dem damit verbundenen potentiellen Vermehrungsgebiet für Kartoffelkäfer sowie den Möglichkeiten des Wirkstoffwechsels der letzten Jahrzehnte zusammen. Wurden in der Bundesrepublik Deutschland 1950 insgesamt über eine Million Hektar landwirtschaftliche Nutzfläche (14 % Ackerfläche) mit Kartoffeln bestellt, waren es im Jahr 2020 nur rund 275.000 ha (2 % Ackerfläche) (AHRENS, 2020a). Weiterhin gibt es heute Zulassungen für die Wirkstoffe Dazomat (Dithiocarbamate) und Cyantraniliprole. Bei Letzteren handelt es sich um eine neue Wirkstoffgruppe der Diamide, die als Kontakt- und Fraßgift wirken, aber auch als bienengefährlich eingestuft (B1) werden. Sie sollen zukünftig eine Alternative zu den Neonicotinoiden darstellen.



Abb. 3. Ehrennadel für den Finder eines neuen Kartoffelkäfer-Herdes.

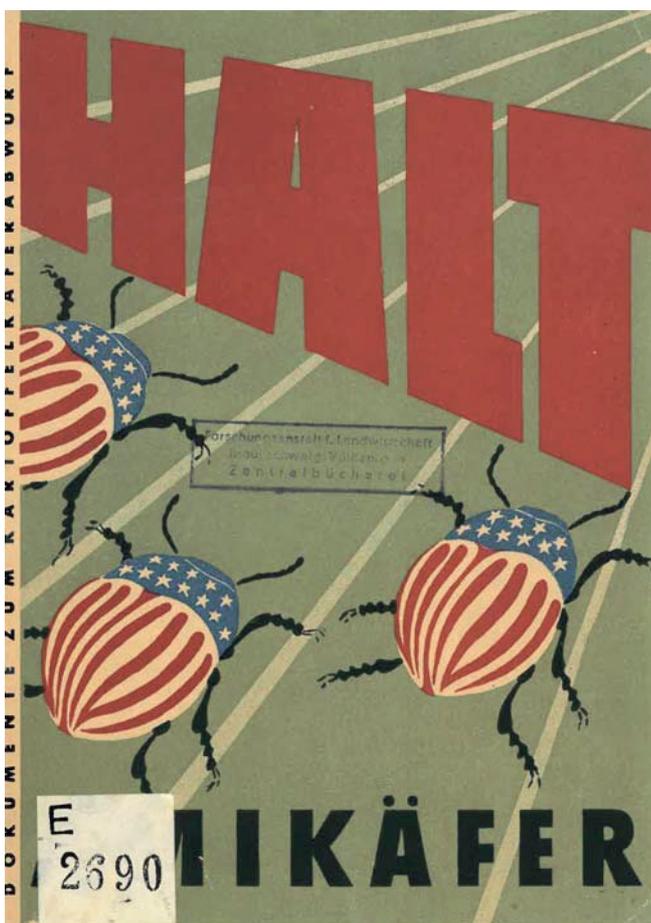


Abb. 4. DDR-Propagandaheft: „Halt! Amikäfer! Dokumente zum Kartoffelkäferabwurf“, 1950

In der öffentlichen Diskussion wird die Anwendung bienengefährlicher Pflanzenschutzmittel jedoch sehr kritisch diskutiert und es ist fraglich, ob zukünftig weiterhin Pflanzenschutzmittel der Bienengefährdungsstufe B1 in der Landwirtschaft akzeptiert werden (BMU, 2019). Auch fehlt in Europa die Akzeptanz für Methoden der Gentechnik, die Lösungsmöglichkeiten aufzeigen könnten. So war die Einführung der transgenen NewLeaf™-Sorte 1995 in den USA durch Monsanto nur von kurzer Dauer. Sie exprimiert das *Bt*-Endotoxin und der Verkauf wurde 2001 wegen Bedenken gegenüber der schnellen Resistenzbildung (ALYOKHIN & FERRO, 1999) und aufgrund von Akzeptanzproblemen bei den Verbrauchern eingestellt (THORNTON, 2003). Eine weitere transgene Züchtungsmethode ist die Exprimierung von dsRNA (double-stranded RNA) in Kartoffelpflanzen, um gezielt Kartoffelkäfergene (Actin-Like Protein (*ACT*)) anzugreifen (PALLI, 2014; ZHANG et al., 2015). Weiterhin besteht die Möglichkeit, dass transgene Symbionten der Kartoffelkäfer die dsRNA exprimieren, die man dann als Pflanzenschutzmittel anwenden kann (WHITTEN et al., 2016).

Kartoffelkäferregulierung im Ökolandbau

Durch den Verzicht auf synthetische Pflanzenschutz- und Düngemittel werden integrierte Pflanzenschutzkonzepte unter besonderer Berücksichtigung vorbeugender, mechanischer und biologisch-biotechnischer Maßnahmen in der Praxis des Ökologischen Landbaus bereits umgesetzt (KEISER et al., 2010). Dazu zählen:

- die Fruchtfolge mit entsprechenden Anbaupausen beachten,

- 500 m Abstand zu den Vorjahresflächen einhalten, um eine schnelle Besiedlung der neuen Schläge zu verzögern,
- Durchwuchskartoffeln vermeiden,
- vorgekeimte, frühe Sorten pflanzen.

Auch die Anwendung pneumatischer Kartoffelkäfersammelgeräte erfolgte in der Praxis des Ökolandbaus (RIFAI et al., 2004, KÜHNE et al., 2006). Mangelnde Selektivität und hohe Kosten begrenzen aber deren Anwendung in der Praxis.

Im Ökologischen Landbau standen in den letzten zwei Jahrzehnten vier biologische Wirkstoffe zur Verfügung, die aufgrund der höheren Mittelkosten im konventionellen Landbau bisher meist nicht genutzt wurden. Dazu gehören Azadirachtin, Wirkstoff aus dem Neembaum, *Bacillus thuringiensis* var. *tenebrionis* (*B.t.t.*), Pyrethrum und Rapsöl sowie der Wirkstoff Spinosad. Letzterer wurde 2008 in den Anhang II der EU-Ökoverordnung als Insektizid neu aufgenommen und kann seitdem im Ökolandbau angewendet werden. Es handelt sich dabei um ein Stoffwechselprodukt des Bodenbakteriums *Saccharopolyspora spinosa*, das durch aerobe Fermentation gewonnen wird. Die Zulassung eines Pflanzenschutzmittels mit dem Wirkstoff Spinosad für die Indikation Kartoffelkäfer in Kartoffeln ist in Deutschland erstmalig für das Jahr 2010 erfolgt. Aufgrund seiner Einstufung als bienengefährlich (B1) lehnen die deutschen Öko-Anbauverbände die Anwendung jedoch einheitlich ab, so dass nur in EU-Ökobetrieben eine Anwendung erfolgen darf. Während das Naturpyrethrum aufgrund der Resistenzentwicklung die letzten 10 Jahre keine sichere Wirkung erzielte, wurde in den letzten Jahren eine kombinierte, zeitlich gestaffelte Anwendung von Pflanzenschutzmitteln mit dem Wirkstoff des tropischen Neembauemes (NeemAzal-T/S) und des *B.t.t.*-Bakterienpräparates (Novodor FC) empfohlen (REELFS et al., 2007). Mit der Kombination dieser Wirkstoffe konnten Wirkungsgrade von über 80 % erzielt werden. Dabei zeigte auch die einmalige Anwendung von Spinosad (SpinTor) sehr gute Erfolge und war zugleich vergleichsweise kostengünstig (KÜHNE, 2010, KOWALSKA, 2010). Mit dem Widerruf der EU-Wirkstoffzulassung von *B.t.t.* auf Antrag des Zulassungsinhabers am 30. April 2019 (Aufbrauchfrist bis zum 30. Oktober 2020) hat sich aber eine neue Situation für die deutschen Ökoverbände ergeben. Zukünftig steht nur noch NeemAzal T/S zur Verfügung. Im Jahr 2019 wurde deshalb auf den Versuchsflächen des JKI in Dahnsdorf die Wirksamkeit der einmaligen Anwendung der Pflanzenschutzmittel SpinTor und NeemAzal-T/S überprüft. SpinTor zeigt dabei weiterhin eine hohe Wirksamkeit von über 80 % gegen die Käferlarven im L1 und L2-Stadium. Auch die einmalige NeemAzal T/S Behandlung zeigt noch eine ausreichende Wirksamkeit von 65 % gegenüber der unbehandelten Kontrolle. Kieselgur in Kombination mit Sonnenblumenöl zeigte demgegenüber keine Wirksamkeit gegenüber dem Kartoffelkäfer (KÜHNE, 2020). Weitere Feldversuche mit Kieselgur und Holzasche gegen Kartoffel-

felkäfer bestätigten die fehlende Ertragswirksamkeit (BOHINC et al., 2015).

Die biologische Regulierung des Kartoffelkäfers mit Nützlingen wurde in der Vergangenheit in Europa immer wieder geprüft. So wurde in den 60er Jahren des vergangenen Jahrhunderts mit großem Aufwand versucht, in Nordamerika heimische, räuberische Wanzen der Gattung *Perillus* in verschiedenen europäischen Ländern zu etablieren (JERMY, 1980). Diese Versuche wurden 1970 in Westdeutschland ohne Erfolg beendet (LANGENBRUCH, 1998). Aufgrund der negativen Erfahrungen mit der Ausbringung faunenfremder Nützlinge (KENIS et al., 2017) sollte diese Vorgehensweise zukünftig nicht weiterverfolgt werden. GÖLDEL et al. (2020) geben einen Überblick zu den bisher untersuchten Arthropoden, die als Nützlinge getestet wurden. Viele Untersuchungen sind bisher nur im Labor erfolgt und eine erfolgreiche Anwendung unter Praxisbedingungen im Feld sind in Europa bisher nicht erfolgt. Die Anwendung insektenpathogener Nematoden erscheint demgegenüber aufgrund der guten Massenproduktion und einfachen Ausbringungsmethoden mit Pflanzenschutzgeräten zukünftig erfolversprechender (LAZNIK et al., 2010, KEPENEKCI, 2016, GÖLDEL et al., 2020).

Die Nutzung der Wirtspflanzenresistenz gegen Kartoffelkäfer – eine zukünftige Perspektive für eine nachhaltige Kartoffelkäferregulierung?

Wildarten der Gattung *Solanum*, die Merkmale der Resistenz gegen den Kartoffelkäfer zeigen, werden mit klassischen Züchtungsverfahren für die Kartoffelzüchtung genutzt. Dazu gehören u. a. Leptin-Glykoalkaloide und Drüsen-Trichome (SPOONER & BAMBERG, 1994, LORENZEN et al., 2001, MWEETWA et al., 2011). Beispielsweise können *Solanum*-Hybride hypersensible, nekrotische Zonen um Eigelege herum bilden, die sich dann vom Blatt ablösen (BALBYSHEV & LORENZEN, 1997). Unter Verwendung eines Biotests wurden bei einigen Wildart-Akzessionen der Serien *Bulbocastana*, *Etuberosa*, *Commersoniana*, *Pinnatisecta* u. a. hohe Mortalität, verzögerte Entwicklung und geringerer Massezuwachs (THIEME & THIEME, 2006) sowie geringere Fertilität der Käfer nachgewiesen. Diese Wildarten sind reproduktiv isoliert und damit nicht direkt mit der Kulturkartoffel kreuzbar. Durch Protoplastenfusion konnten aber somatische Hybriden und durch nachfolgende sexuelle Kreuzung Nachkommen erzeugt werden, um deren Widerstandsfähigkeit gegen den Kartoffelkäfer zu übertragen (THIEME et al., 2019; 2015). Die Resistenzmechanismen zu identifizieren und aufzuklären sowie Pre-breeding Material für die Kartoffelzüchtung zu entwickeln, sind Ziele des aktuellen Forschungsprojektes: Resistenzzüchtung bei Kartoffeln gegen die aus Amerika eingeschleppten Schaderreger *Leptinotarsa decemlineata* (Kartoffelkäfer) und *Epitrix* spp. (amerikanische Kartoffelfeldflohkäfer; LEADER (*Leptinotarsa decemlineata* & *Epitrix* Resistenz), bei dem Wissenschaftler aus 2 JKI-Instituten, einem privaten Unternehmen und der TU Dresden zusammenarbeiten. Eine Erhöhung der Wider-

standsfähigkeit neuer Kartoffelsorten gegen den Kartoffelkäfer kann einen wichtigen Beitrag für eine nachhaltige, integrierte Regulierungsstrategie leisten.

Schlussfolgerung

Die Fokussierung auf die Anwendung von Insektiziden zur Regulierung des Kartoffelkäfers hat in der Vergangenheit immer in eine Sackgasse und zu einer schnellen Resistenzbildung gegen die verwendeten Wirkstoffe geführt. Zukünftig kann nur ein integriertes System verschiedener Regulierungsstrategien aus vorbeugenden Maßnahmen wie Fruchtfolge, 500 m Abstand zu Vorjahresflächen einhalten, Kartoffeldurchwuchs vermeiden, Vorkeimen und Nutzung früher und ggf. resistenter Sorten in Kombination mit direkten Maßnahmen (physikalische, biologisch/biotechnische Maßnahmen), auch unter Verwendung von selektiven Pflanzenschutzmitteln, erfolgreich sein. Dabei spielt der Wirkstoffwechsel auch mit biologischen Wirkstoffen (z. B. Neem) zur Vermeidung der schnellen Resistenzbildung eine wichtige Rolle. Auch ein streifenförmiger Anbau attraktiver Kartoffelfangpflanzen, wie er in der Vergangenheit auch erfolgreich erprobt wurde (SENDLER, 1949, HOY, 1999), ist eine Möglichkeit nur Teilflächen zu behandeln, um die Resistenzbildung gegen Wirkstoffe zu verlangsamen und die Anwendung der Pflanzenschutzmittel weiter zu reduzieren. Das Absammeln der Kartoffelkäfer per Hand ist in Gärten und kleinen Feldern weiterhin eine alternative Maßnahme. Auf großen Ackerflächen kann zukünftig moderne Robotertechnik weitere Lösungsmöglichkeiten aufzeigen (ROLDÁN-SERRATO et al., 2015).

Danksagung

Frau Dr. Ramona Thieme vom Julius Kühn-Institut, Institut für Züchtungsforschung an landwirtschaftlichen Kulturen in Groß Lüsewitz, sei für die hilfreichen Hinweise zur Resistenzforschung gedankt.

Erklärung zu Interessenskonflikten

Der Autor erklärt, dass keine Interessenskonflikte vorliegen.

Literatur

AHRENS, S., 2020a: Anbaufläche von Kartoffeln in Deutschland bis 2020. URL: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/162315/umfrage/entwicklung-der-anbauflaeche-fuer-kartoffel-seit-1999/>, Zugriff 03.03.2021.
 AHRENS, S., 2020b: Anbaufläche von Kartoffeln im ökologischen Landbau in Deutschland bis 2019. URL: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/378171/umfrage/anbauflaeche-von-kartoffeln-im-oekologischen-landbau-in-deutschland/>, Zugriff 03.03.2021.
 ALYOKHIN, A.V., D.N. FERRO, 1999: Relative Fitness of Colorado Potato Beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) Resistant and Susceptible to

the *Bacillus thuringiensis* Cry3A Toxin. *Journal of Economic Entomology*, Volume **92**, (3), 510-515.
 BALBYSHEV, N.F., J.H. LORENZEN, 1997: Hypersensitivity and egg drop: A novel mechanism of host plant resistance to Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae). *Journal of economic entomology* **90**, 652-657.
 BOHINC, T., J. RUPNIK, F. VUCAJNK, S. TRDAN, 2015: Testing the efficacy of environmentally acceptable control methods against the Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata*) on potato: an impact on the yield of potato. *Zbornik predavanj in referatov 12. Slovenskega posvetovanja o varstvu rastlin z mednarodno udeležbo*, 3.-4. marec, Ptuj, Slovenija. ISBN: 9789619344736.
 BMU, 2019: Aktionsprogramm Insektenschutz. Druck- und Verlags-haus Zarbock GmbH & Co. KG, Frankfurt am Main, 67 S.
 CASAGRANDE, R.A., 1985: The "Iowa" Potato Beetle, its Discovery and Spread to Potatoes. *Bulletin of the Entomological Society of America* **31** (2), 27-29, DOI: 10.1093/besa/31.2.27.
 DEGLER, S., J. STREB, 2008: „Die verlorene Erzeugungsschlacht: Die nationalsozialistische Landwirtschaft im Systemvergleich“. *Jahrbuch für Wirtschafts-geschichte = Economic History Yearbook* **49** (1), 161-81, DOI: 10.1524/jbwg.2008.0008.
 DIETZ, M., A. THATÉ, B. PÖLTZ, E. MEINLSCHMIDT, M. KRAATZ, 2014: Untersuchungen zu Pflanzenschutzmittelresistenzen wirtschaftlich bedeutsamer Schaderreger gegenüber Insektiziden, Fungiziden und Herbiziden. *Schriftenreihe des LfULG* **5**, 55 S.
 GÖDEL, B.; LEMIC, D.; BAŽOK, R., 2020: Alternatives to Synthetic Insecticides in the Control of the Colorado Potato Beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say) and their Environmental Benefits. *Agriculture* **10**, 611, DOI: 10.3390/agriculture10120611.
 HOY, C.W., 1999: Colorado potato beetle resistance management strategies for transgenic potatoes. *American Journal of Potato Research* **76**, 215-219.
 JERMY, T., 1980: The introduction of *Perillus bioculatus* into Europe to control the Colorado beetle. *EPP0 Bulletin* **10**, 475-479.
 KADOIĆ, B.M., K.M. MIKAC, R. BAŽOK, D. LEMIC, 2020: Modern Techniques in Colorado Potato Beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say) Control and Resistance Management: History Review and Future Perspectives. *Insects*, **11**, (9) 581. <https://doi.org/10.3390/insects11090581>
 KEISER, A., S. KÜHNE, C.H. LANDZETTEL, S. MAHNKE-PLESKER, R. SIX, B. SPEISER, L. TAMM, G. VÖLKEL, 2010: Biokartoffeln. FiBL, Bioland-Beratung, KÖNIG, Bio Austria (Hrsg.), Merkblatt, 3. Auflage, 28 S. ISBN 978-3-934239-32-6.
 KENIS, M., T. ADRIAENS, P.M.J. BROWN, A. KATSANIS, G. SAN MARTIN, E. BRANQUART, D. MAES, R. ESCHEN, R. ZINDEL, J. VAN VLAENDEREN, D. BABENDREIER, H.E. ROY, L. HAUTIER, R.L. POLAND, 2017: Assessing the ecological risk posed by a recently established invasive alien predator: *Harmonia axyridis* as a case study. *BioControl* **62**, 341-354, DOI: 10.1007/s10526-016-9764-x.
 KEPENEKCI, I., 2016: Infectivity of Native Entomopathogenic Nematodes Applied as Infected-Host Cadavers against the Colorado Potato Beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control* **26** (1), 173-174.
 KIRCHNER, H.A., 1952: Auswertung der Kartoffelsammelaktion 1952 in einem Kreise des Landes Mecklenburg. *Nachrichtenblatt für den Deutschen Pflanzenschutzdienst (Berlin)* **6** (12), 229-233.
 KOWALSKA, J., 2010: Spinosad effectively controls Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae) in organic potato. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science* **60** (3), 283-286, DOI: 10.1080/09064710902934205.
 KÜHNE, S., 2010: Regulierung des Kartoffelkäfers (*Leptinotarsa decemlineata* Say) mit biologischen Pflanzenschutzmitteln (Azadirachtin, *B.t.t.*, Pyrethrum, Spinosad) und deren Nebenwirkungen auf Blattläusprädatoren im ökologischen Kartoffelanbau. *Journal für Kulturpflanzen* **62** (9), 331-340, DOI: 10.5073/JfK.2010.09.03.
 KÜHNE, S., 2020: So hält der Ökolandbau den Vielfraß in Schach. *Kartoffelbau* **5**, 24-26.
 KÜHNE, S., U. BURTH, P. MARX (Hrsg.), 2006: Biologischer Pflanzenschutz im Freiland. Eugen Ulmer KG, Stuttgart, 288 S. ISBN-13: 978-3-8001-4781-6.
 KÜHNE, S., J. SCHWARZ, B. FRIEDRICH, C. BOENINGER, S. POPHAL, S. STEITMANN, I. KARPINSKI, 2020: Pflanzenschutzkonzepte für den Ökologischen Landbau weiterentwickeln – aus der Forschung für die Praxis. *Journal für Kulturpflanzen* **72** (7), 290-297, DOI: 10.5073/JfK.2020.07.06.
 LANGENBRUCH, G.-A., 1998: 100 Years Research in Plant Protection The Colorado Potato Beetle in Germany. *Mitteilungen der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft* **341**, 120 S.
 LAUX, W., 1998: 100 Jahre Pflanzenschutzforschung Geschichte der Institute und Dienststellen der Biologischen Bundesanstalt Teil II.

- Mitteilungen der Biologischen Bundesanstalt für Land- Forstwirtschaft **344**, 100 S.
- LAZNIK, Ž., T. TÓTH, T. LAKATOS, M. VIDRIH, S. TRDAN, 2010: Control of the Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* [Say]) on potato under field conditions: A comparison of the efficacy of foliar application of two strains of *Steinernema feltiae* (Filipjev) and spraying with thiametoxam. *Journal of Plant Diseases and Protection* **117**, 129-135.
- LORENZEN, J.H., N.F. BALBYSHEV, A.M. LAFTA, H. CASPER, X. TIAN, B. SAGREDO, 2001: Resistant potato selections contain leptine and inhibit development of the Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae). *Journal of Economic Entomology* **94**, 1260-1267.
- MANSFELD, K., 1923: Der Kartoffelkäfer in Europa. *Nachrichtenblatt für den Deutschen Pflanzenschutzdienst* **3** (1), 5.
- MWEETWA, A., D. HUNTER, R. POE, K. HARICH, I. GINZBERG, R. VEILLEUX, J. TOKUHISA, 2012: Steroidal glycoalkaloids in *Solanum chacoense*. *Phytochemistry* **75**, 32-40. DOI: 10.1016/j.phytochem.2011.12.003.
- NAUEN, R., 2005: Insecticide resistance in European agriculture: Research instead of rumours. In: *Congress Proceedings: The BCPC Congress - Crop Science & Technology 2005 from 31st Oct - 2nd Nov. 2005*, Glasgow, 123-130.
- PALL, S.R., 2014: RNA interference in Colorado potato beetle: steps toward development of dsRNA as a commercial insecticide. *Current Opinion in Insect Science* **6**, 1-8.
- REELFS, T., S. KÜHNE, F. ELLMER, E. MOLL, B. KLEINHENZ, 2007: Doppelt hält besser – neue Strategien zur Regulierung des Kartoffelkäfers im Ökologischen Landbau. *Kartoffelbau* **6**, 227-229.
- RICHERZHAGEN, D., B. TSCHÖPE, 2010: Insektizideinsatz beim Kartoffelkäfer – Status quo 2010. *Kartoffelbau* **61**, 188-191.
- RIFAI, N.M., T. ASTATKIE, M. LACKO-BARTOSOVA, P. OTEPKA, 2004: Evaluation of thermal, pneumatic and biological methods for controlling Colorado potato beetles (*Leptinotarsa decemlineata* Say). *Potato Research* **47**, 1-9, DOI: 10.1007/BF02731967.
- ROLDÁN-SERRATO, L., T. BAYDYK, E. KUSSUL, A. ESCALANTE-ESTRADA, M.T. GONZÁLEZ RODRIGUEZ, 2015: Recognition of pests on crops with a random subspace classifier. 4th International Work Conference on Bioinspired Intelligence (IWOB), 21-26., DOI: 10.1109/IWOB.2015.7160138.
- SCHMIDT, H., E. SCHWARTZ, 1958: Untersuchungen über die gemeinsame Bekämpfung von Kartoffelphytophthora und Kartoffelkäfer mit Mischungen von modernen Fungiziden und Insektiziden. *Nachrichtenblatt für den Deutschen Pflanzenschutzdienst* **12** (6), 101-106.
- SCHWARTZ, E., 1958: Erfahrungen mit Insektiziden für die Bekämpfung des Kartoffelkäfers vom Flugzeug aus. *Nachrichtenblatt für den Deutschen Pflanzenschutzdienst* **12** (6), 106-109.
- SCHWARTZ, M., 1922: Auftreten des Koloradokäfers in Frankreich. *Nachrichtenblatt für den deutschen Pflanzenschutzdienst* **2**, (10), 11-12.
- SCHWARTZ, M., 1947: Arbeitstagung des Kartoffelkäfer-Abwehrendienstes. *Nachrichtenblatt für den Deutschen Pflanzenschutzdienst* **1** (1), 12-13.
- SENDER, O., 1949: Aktuelle Fragen der Kartoffelkäfer-Bekämpfung. *Nachrichtenblatt für den Deutschen Pflanzenschutzdienst* **3** (3/4), 50-53.
- SPOONER, D.M., J.B. BAMBERG, 1994: Potato genetic resources: Sources of resistance and systematics. *American Potato Journal* **71**, 325-337.
- THIEME, R., E. RAKOSY-TICAN, I. MOLNAR, T. THIEME, 2014: Wild species as genetic resources to Colorado potato beetle. The 19th Triennial Conference of the EAPR, 6.-11.07. Brussels, Belgium, 252.
- THIEME, R., E. RAKOSY-TICAN, M. NACHTIGALL, J. SCHUBERT, T. HAMMANN, O. ANTONOVA, T. GAVRILENKO, U. HEIMBACH, T. THIEME, 2019: Characterization of the multiple resistance traits of somatic hybrids between *Solanum cardiophyllum* Lindl. and two commercial potato cultivars. *Plant Cell Reports*, **29**, 2010, 1187-1201.
- THIEME, T., R. THIEME, 2006: Screening von Wildkartoffelarten aus Genbanken auf Fitness von Kartoffelkäferlarven. *Vorträge für Pflanzenzüchtung* **68**, 66.
- THORNTON, M., 2003: The rise and fall of New Leaf potatoes. *NABC Reports* **15**, 235-243.
- WHITTEN, M.M., P.D. FACEY, R. DEL SOL, L.T. FERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, M.C. EVANS, J.J. MITCHELL, O.G. BODGER, P.J. DYSON, 2016: Symbiont-mediated RNA interference in insects. *Proceedings of the Royal Society – biological sciences* **283**, DOI: 10.1098/rspb.2016.0042.
- ZHANG, J, S.A. KHAN, C. HASSE, S. RUF, D.G. HECKEL, R. BOCK, 2015: Full crop protection from an insect pest by expression of long double-stranded RNAs in plastids. *Science* **347**, 991-994, DOI: 10.1126/science.1261680.

© Der Autor/Die Autorin 2021.

 Dies ist ein Open-Access-Artikel, der unter den Bedingungen der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz (CC BY 4.0) zur Verfügung gestellt wird (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>).

© The Author(s) 2021.

 This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en>).