

forschungs felder



14 Von Maden und Motten

Über 100 Jahre Forschung zum Vorratsschutz in Berlin-Dahlem

22 Forschungslandschaft

Wie Forschung zu Lebensmittelsicherheit, Sortenvielfalt und Verbraucherinformation beiträgt

24 „Die Verarbeitung von Lebensmitteln ist ein Balanceakt“

Prof. Dr. Barbara Sturm erforscht Verfahren, um Nährstoffe, Geschmack und Haltbarkeit in Einklang zu bringen

26 Landkarte

Lebensmittelsicherheit auf allen Ebenen

04 Kurz gemeldet

Über die ideale Kühlschranktemperatur, rekordverdächtige Insekten und besondere Spürnasen

06 Das besondere Foto

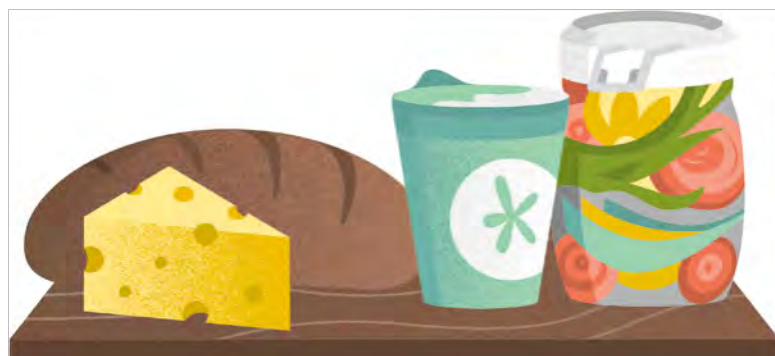
Wenn Vögel in die Luft zeichnen

08 Das Brötchen von morgen

Wie moderne Weizensorten mit weniger Stickstoffeinsatz auskommen

12 Länger gut

Von Einkochen bis Pasteurisieren: Was Lebensmittel haltbar macht



Von Maden und Motten

Reismehlkäfer, Getreidekapuziner und andere Vorratsschädlinge finden in Berlin-Dahlem ein wahres Paradies – im Julius Kühn-Institut, das die weltweit größte Zucht für diese Insekten betreibt. Was auf den ersten Blick paradox erscheint, ist essenziell für den Schutz unserer Nahrungsmittel. Denn nur wer die Schädlinge genau kennt, kann wirksame Strategien gegen sie entwickeln.





Der Kapuzenkugelkäfer gehört zur Familie der Diebskäfer und befällt Getreide.

„Die Klima- erwärmung verbessert die Lebens- bedingungen für Vorrats- schädlinge erheblich.“

In dem alten Backsteinbau in Berlin-Dahlem wohnen die Käfer, Maden und Motten im Erdgeschoss. „Wir bieten ihnen ein Schlaraffenland mit gratis Kost und Logis“, sagt Dr. Cornel Adler lachend. Der Wissenschaftliche Direktor in der hier ansässigen Abteilung Vorratsschutz des Julius Kühn-Instituts (JKI) für Kulturpflanzen stößt die Tür zum Zuchtraum auf. Links an der Wand ein grüner Plan; Magnete markieren, welche Insekten wann gepaart wurden. Wie weit sind die Larven jetzt, wann ist die nächste Generation herangereift? Rechts ein Tisch mit einem Gerät namens Exsikkator: ein Glasgefäß, verbunden mit einer Vakuumpumpe, die Motten zur Paarung aus den Zuchtgläsern in das Vermehrungsgefäß saugt. Innerhalb von etwa drei Tagen legen die Weibchen ihre Eier ab, durch ein Sieb fallen diese in eine Schale und werden in ein Schraubglas mit Weizenkleie und Nährlösung umgesetzt. Weiter geht es in eine der begehbaren Klimakammern mit idealen Temperaturen für jede Art.

Adler entriegelt die schwere Metalltür zu Kammer sieben. 25 Grad Celsius, 65 Prozent Luftfeuchtigkeit. In langen Metallregalen stehen die Zuchtgläser mit bunten Stoffhauben, darin wimmeln Käfer, Larven, Motten. Es riecht säuerlich nach Weizenkleie, Hefeextrakt, Maiskörnern und Paraffinöl, das flache Wannen am Boden der Regalbretter bedeckt. „So können keine unerwünschten Milben in die Gläser einwandern und die Zucht befallen, denn im Öl ersticken sie“, erklärt Adler. Milben verbreiten sich über Fluginsekten, zum Beispiel Stubenfliegen, indem sie sich an deren Borsten festhalten. Ist es angenehm warm, feucht und duftet nach Futter, lassen sich die Milben fallen. Doch zurück zur Motenzucht: Nach drei bis sieben Tagen schlüpfen die kleinsten Mottenlarven, nach 35 Tagen verpuppen sie sich, bis etwa an Tag 42 eine vermehrungsfähige Motte entsteht – und der Zyklus von vorn beginnt. 45 Insektenarten züchten die Forschenden im Berliner Institut, von der Dörrobstmotte bis zum Reismehlkäfer. Jede hat andere Entwicklungszeiten. „Wir haben die größte Zucht für Vorratsschädlinge weltweit“, sagt Adler. „Das ist eine wesentliche Basis, um sie zu erforschen und Konzepte für den Vorratsschutz zu entwickeln.“

Umdenken für den Vorratsschutz

Bereits seit den 1920er-Jahren wird in der ehemaligen Kaiserlich Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft zum Vorratsschutz geforscht. „Nach dem Ersten

Weltkrieg hungerten die Menschen in Deutschland“, erzählt Adler. „Ernten sicher zu lagern und auch in den Haushalten gut aufzubewahren, wurde enorm wichtig.“ Mit dem Aufschwung der landwirtschaftlichen Produktion in den 1950er-Jahren trat der Vorratsschutz dann wieder etwas in den Hintergrund. Es gab ausreichend Getreide, und wenn Schädlinge die Vorräte befielen, ließen sie sich chemisch günstig bekämpfen, wobei Wirkstoffe und Verfahren geprüft und zugelassen werden mussten, bevor sie in den Handel kamen. Mittlerweile werden einige dieser chemischen Mittel nicht mehr eingesetzt. „Zudem stehen viele Landwirtinnen und Landwirte finanziell so unter Druck, dass sie möglichst günstig lagern, oft in offenen Flachlagern, Scheunen oder Wellblechsilos“, sagt Adler. „Dabei muss Vorratsschutz nicht teuer sein, aber er erfordert ein Umdenken.“ Und er ist heute wichtiger denn je, auch durch den Klimawandel. Die landwirtschaftliche Produktion wird dadurch unsicherer – Unwetter, Dürren und Starkregen gefährden Ernten. „Gleichzeitig verbessert die Klimaerwärmung die Lebensbedingungen für Vorratsschädlinge erheblich. Der Befall von gelagerten Ernten nimmt zu. Dies erfordert bessere Lagertechnik.“

Vom Duft der Nahrung gelockt

Weltweit gibt es etwa hundert Arten von Insekten, die sich über Vorräte hermachen – in den Lagern der Landwirtschaft ebenso wie in Haushalten. Sie sind spezialisiert auf trockene Pflanzen, Getreide, Nüsse, Hülsenfrüchte. Manche, wie die Larven des Speisebohnenkäfers, bohren sich tief in die Getreidekörner und können sogar Nudeln knacken. Andere, wie die Dörrobstmotte, nisten sich in Getreidelagern ein, befallen im Haushalt aber auch Nüsse, Schokolade oder Fruchtttees. Der Brotkäfer liebt hingegen nicht nur Brötchen, Lebkuchen und Knäcke, sondern auch allerlei Gewürze. Der Duft der Nahrung, von der der Nachwuchs später leben muss, zieht die Insekten an. In Haushalten stecken Vorratsschädlinge oft schon in der Verpackung, die frühen Larven schlüpfen durch mikroskopisch kleine Löcher in Schweißnähten. Auch in den luftigen Scheunen und Silos der Landwirtschaft lockt die Schädlinge der Duft des nahrhaften Getreides. Besonders gern sammeln sie sich an warmen und feuchten Stellen, hier finden sie ideale Bedingungen. Gesundheitsschädlich sind die Insekten selbst nicht, aber durch ihre Atmung machen sie das Getreide noch feuchter – und befeuern so das Wachstum von Pilzen, die wiederum



Kammer sieben im alten Backsteinbau des JKI in Berlin-Dahlem: In den Regalen sind große Vorratsgläser aufgereiht. Sie sind sorgfältig beschriftet und verschlossen. Im Inneren: Käfer, Larven und Motten – und je nach Art das passende Futter, damit die Tiere gut wachsen.

Mykotoxine produzieren. Sind davon zu viele im Speicher, wird die Ernte ungenießbar. Mykotoxine können zu Leber- und Nierenkrebs führen, Wachstum und Lernfähigkeit von Kindern vermindern.

Agnes Paul bringt neue Zuchtgläser in Kammer sieben. „Sie weiß, was die Tiere am liebsten haben, seit 40 Jahren ist sie unsere perfekte Zuchtbeauftragte“, sagt Adler. Mal klackert Mais in Pauls Gläsern, mal Dinkel; mal kräuseln sich Verstecke aus Wellpappe über der Insektennahrung, mal ein getrocknetes Schweineohr für den Speckkäfernachwuchs. Doktorandin Camilla Albrecht hat sich immer noch nicht recht an die penetranten Gerüche in den Zuchtträumen gewöhnt: den säuerlichen der Nahrungsmischungen, den intensiven des Paraffinöls unter den Zuchtgläsern. „Aber was soll's, das gehört dazu“, sagt Albrecht. Und schließlich basiert ihre Forschung auf Gerüchen, wenn auch nur solchen, die Menschen nicht riechen können. Für Insekten aber sind sie entscheidende Wegweiser, und Albrecht erforscht: Wie genau funktioniert das? Wie steuern Duftstoffe, Pheromone, das Verhalten der Insekten? Was passiert, wenn man etwa Sexualduftstoffe unterschiedlicher Arten zu Versuchszwecken mischt – lockt das die Männchen erst recht an oder schreckt es sie ab? Und wie lässt sich das für den Schutz von Vorräten nutzen? „Solchen Fragen gehe ich gerade in meiner Promotion nach“, sagt Albrecht. „Es ist eine ganz besondere, spannende Welt.“

Biologe Cornel Adler hat in seinen Anfangsjahren sogar „von Kornkäfern geträumt“. Unter dem Raster-Elektronenmikroskop entdeckte er „ihre verborgene Schönheit“: die Komplexität der Körper, fast künstlerisch ihre feinen Strukturen. Die Faszination für ein Themenfeld, in dem es um die weltweite Ernährungssicherung geht und das doch so nah am Alltag des Einzelnen ist, hat ihn nicht mehr losgelassen. Adler: „Die Landwirtschaft erzeugt und lagert Rohwaren; Lebensmittelverarbeitung, Import und Export sind betroffen, die Saatgutindustrie und die Verpackungsbranche, die Haushalte – alle sind auf Vorratsschutz angewiesen.“

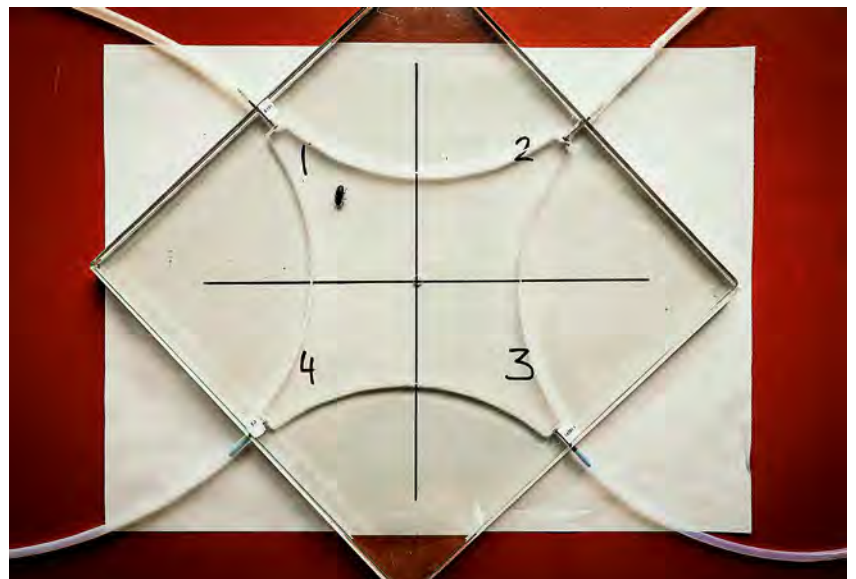
Zählen, bewerten, handeln

Aber wie schützt man Vorräte? Der erste Schritt ist eine Bestandsaufnahme: Welche Schädlingseisen gibt es und wie verbreitet sind sie schon im Feld? „In den heißen Sommern 2018 und 2019 haben wir in Deutschland erstmals Vorratsschädlinge, vor allem Korn- und Getreideplattkäfer, auf Ähren im Freiland beobachtet“, so Adler. In den



Oben: Während Camilla Albrecht Glasplatten vorbereitet, arbeitet Cornel Adler am Exsikkator – einem Glasgefäß, das mit einer Vakuumpumpe verbunden ist. Mit ihm werden Insekten aus den Vorratsgläsern in das Vermehrungsgefäß geleitet, wo sie sich paaren können.

Unten: Versuchsaufbau zur Duftstoffanalyse: Unter der Glasplatte befinden sich Vorratsschädlinge – durch die vier Schläuche werden gezielt Duftstoffe eingeleitet. Die Tiere zeigen mit ihrer Bewegung, welche Substanzen sie anziehend oder abstoßend finden.





Tropen ist das normal, im kühleren Mitteleuropa aber ist die Zeit der Abreifung am Halm zu kurz, als dass sich die Insekten vermehren könnten. Denn die Larven von Vorratsschädlingen sind auf Körner mit einem Wassergehalt unter 17 Prozent angewiesen – sonst können sie in ihnen nicht atmen. Inzwischen ist es jetzt auch hier oft trocken genug. „Daher müssen wir Feld und Lager zusammendenken“, sagt Adler. Auch deshalb starteten er und sein Kollege Benjamin Fürstenau mit ihren Teams 2022 das Forschungsprojekt AVoiD zur Abwehr von Vorratsschädlingen in Deutschland, finanziert vom Bundesministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat (BMLEH). Ziel: Daten zum Status quo erheben, umweltfreundliche Strategien für die Vermeidung und Bekämpfung

von Befall durch hermetische Lagerung ermitteln, schädlingssichere Lagertechniken entwickeln. In dem Projekt arbeiten mehrere Institute zusammen: Ökonomische Aspekte der neuen Lagertechnik werden vom JKI bewertet, die Qualität der unterschiedlich gelagerten Getreide vom Max Rubner-Institut (MRI) und Nachhaltigkeitsaspekte vom Thünen-Institut.

Hinter dem Hauptgebäude des JKI liegen die Versuchsfelder. Leichter Wind streicht durch die Maispflanzen, ein Traktor ruckelt über den Feldweg. Vorsichtig heben Cornel Adler und Camilla Albrecht die Trichterfalle mit Ethanol-Glycerin von der Holzstele neben dem Maisfeld. Das Gemisch ist fast schwarz von Motten, die sich vom Duft der Pheromone in der Falle haben täuschen lassen und von der glatten Oberfläche des Trichters ins Nass gerutscht sind. Die Forschenden schütten den Inhalt der Falle in ein Messgefäß, im Labor wird ausgewertet: Welche Arten wurden gefangen, wie viele Insekten sind in der Probe, wie groß ist davon ausgehend die Population im Feld? An elf Standorten deutschlandweit hat das Team in den vergangenen drei Jahren Proben genommen, jeweils mit Trichterfallen für Fluginsekten und mit Bodenfallen für Käfer. 30 verschiedene vorratsschädliche Insektenarten wurden gezählt, 11 Motten- und 19 Käferarten sowie einige Staublausarten.

Erstaunlich: Der Getreidekapuziner, ein Bohrkäfer, der lange nur in den Tropen vorkam, ist inzwischen der häufigste Vorratsschädling im Feld – vermutlich nicht nur in Deutschland, sondern in vielen Ländern Mitteleuropas. In Kooperation mit zehn europäischen Ländern hat Adlers Team Erkenntnisse zusammengetragen, wie sich das Schädlingsspektrum zudem durch die Klimaerwärmung nach Norden verschiebt. Der afrikanische Maiskäfer ist nun in den Mittelmeerlandern, der Reiskäfer wiederum nach Mitteleuropa gezogen. Wenn die Temperaturen weiter steigen, wird sich der Kornkäfer wohl Richtung Schweden aufmachen. „Künftig könnte sich selbst der gefährliche Knapakäfer aus dem Vorderen Orient, der neben verschiedensten Getreiden auch Milchpul-

ver befallen kann, in Europa ausbreiten“, so Adler. „Viele Arten werden durch globalen Handel und Tourismus eingeschleppt. Vorratsschutz ist also auch ein internationales Thema.“

Längst arbeitet das Team daher mit Gastwissenschaftlerinnen und -wissenschaftlern aus allen Ecken der Welt zusammen: Eine Biochemikerin aus Kamerun verglich Dörrobstmotte mit dem vierfleckigen Bohnenkäfer, der Hülsenfrüchte befällt: An welchen Duftstoffen orientieren sich die unterschiedlichen Schädlinge? Ein Forscher aus Sri Lanka beschäftigte sich mit der Wirksamkeit von Kieselgur, einem weißen, porösen Pulver aus vermahlenden Schalen fossiler Kieselalgen, das den Insekten Wasser entzieht, indem es Fette aus deren oberster Körperschicht bindet.

Effektive Früherkennung

Die erste Strategie gegen Befall heißt: vermeiden. Allerdings lässt sich Feldbefall in heißen Sommern durch die Landwirtschaft kaum verhindern. „Noch vor der Einlagerung sollten Landwirtinnen und Landwirte die neue Getreideernte sieben und auf Vorratsschädlinge checken“, sagt Adler. Die Forschenden haben außerdem eine andere effektive Methode zur Früherkennung in Getreideproben entwickelt: mit Akustik. Adler holt eine zylindrische Röhre aus dem Schrank, schüttet Weizenkörner aus einem Zuchtglas hinein und steckt eine Metallstange mit Mikrofon in das Getreide, das jedes Geräusch an Kopfhörer überträgt. Es knackt und knuspert, wie Spiegeleier in der Pfanne. „Das sind die Larven, die mit ihren Mundwerkzeugen den Mehlkörper im Korn aufsprengen.“ Eine Leuchtdiode am „Lauscher“ bestätigt: starker Befall. Bewegen sich bereits Käfer zwischen den Körnern, klingt es wie das geschäftige Trappeln einer kleinen Armee. In Praxisversuchen wurden vertikale Röhren ebenfalls mit Mikrofonen ausgestattet, die lagernde Getreideproben akustisch scannen, die „Beetle Sound Tubes“. Derzeit sucht das Forscherteam einen industriellen Partner, um die Detektoren in Serie zu pro-

„Viele Arten werden durch globalen Handel und Tourismus eingeschleppt. Vorratsschutz ist also auch ein internationales Thema.“

Es knackt und knuspert, wie Spiegel- eier in der Pfanne.



Links oben: Der „Larvenlauscher“ überträgt die Geräusche der Schädlinge im Zuchtglas direkt an die Kopfhörer von Dr. Adler: Er hört das Knacken der Larven (unten), die die Körner von innen aufsprengen. Eine Leuchtdiode zeigt dabei den Befallsgrad an.



Auf dem Institutsgelände: Am Zementsilo, das seit den 1980er-Jahren zur Getreidelagerung genutzt wird, entnimmt Dr. Adler mit einer Spritze eine Luftprobe, um den Sauerstoffgehalt im Inneren zu prüfen – entscheidend für den hermetischen Vorratsschutz.

duzieren. „Käferdetektoren könnten so Hunderte Silos überwachen und auf das Handy der Landwirtin oder des Landwirtes melden: Befall in Silo 15“, sagt Adler. „Dann heißt es: schnell Gegenmaßnahmen treffen.“ Zum Beispiel mit Trocknung. Dabei wird das Getreide in riesigen Trocknern auf 80 Grad Celsius erhitzt. Um sicher zu sein, die Brut im Korn damit auch wirklich unschädlich zu machen, muss man das Korn jedoch erhitzen, ohne dass das Getreide Schaden nimmt – ein Balanceakt. Eine andere Herangehensweise ist die mechanische Bekämpfung in sogenannten Prallmaschinen, die das Korn mit Bolzen an die Wand der Maschine schleudern. Körner, in denen Schädlinge nisten, zerbrechen dabei. Auch Insekten werden zer schlagen und können später in der Mühle ausgereinigt werden. Ein weiterer Ansatz, mit dem die Forschenden experimentieren: biologische Gegenspieler einsetzen, das sind natürliche Feinde der Vorratsschädlinge. Nützlinge heißen sie im Fachjargon. Die Lagererzwespe etwa betäubt die Larve des Kornkäfers, um Eier auf ihr abzulegen, die sich anschließend im Wirt entwickeln. Eier oder Puppen der Schädlinge allerdings lässt sie unberührt. „Die biologische Schädlingsbekämpfung ist ein kompliziertes,

daher begrenzt wirksames Spiel“, sagt Adler. „Denn für jedes Stadium müssen wir andere Nützlinge finden und einsetzen.“ Zudem vermehren sich Schädlinge meist wesentlich schneller als Nützlinge. Die Dörrobstmotte zum Beispiel legt innerhalb von zehn Tagen bis zu 500 Eier, ihre Feindin die Schlupfwespe nur einen Bruchteil davon. Adler: „Daher bleibt die Früherkennung entscheidend. Nur wenn die Schädlingspopulation noch sehr klein ist, besteht die Chance, sie mit deutlich mehr Nützlingen zu überschwemmen.“ Die sicherste Methode ist deshalb die hermetische Lagerung, ein Schwerpunkt im AVoID-Projekt. Der Clou – sie schützt saubere Vorräte gegen Befall und befreit gleichzeitig befallene Körner von Schädlingen. Denn in gasdichten Silos und Säcken veratmen die Schädlinge den Sauerstoff selbst. Ist er verbraucht, ersticken sie. Und weil die Lager hermetisch verschlossen sind, dringt zudem kein Nahrungsduft nach außen, der neue Tiere anlocken würde.

Altes Wissen neu vermitteln

Zurück auf dem Gelände des JKI: Bis unter das Dach der mehr als zehn Meter hohen Halle hinter dem Institut reicht das stählerne Zementsilo; seit den 1980er-Jahren wird dort Getreide für Forschungszwecke gelagert. Weil Zement trocken aufbewahrt werden muss, sind solche Silos weitgehend gasdicht. Hier konnten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler durch Zufall nachweisen, wie gut der hermetische Vorratsschutz funktioniert. „2024 hatten wir selbst einen schweren Befall. Die Dichtung im Silodeckel war porös geworden und Sauerstoff eingetreten“, erklärt Adler. „Wir haben die Dichtung erneuert – innerhalb von vier Wochen hatten die Insekten den Sauerstoff im Silo veratmet, drei Monate später waren sie tot.“ Regelmäßig wird nun der Sauerstoffgehalt kontrolliert, denn in extrem geringen Mengen kann er selbst durch feinste Ritzen wieder eindringen. Adler schnappt eine große Spritze und führt sie durch einen gummierten kleinen Zugang ins Innere des Silos. Das Gummi verschließt die Öffnung fast gasdicht, so können die Forschenden Proben entnehmen. Die Luftprobe spritzt er anschließend in ein Messgerät, das Oximeter. 4,9 Prozent Luftsauerstoff. Das reicht zwar für einige Arten, sie kommen schon mit drei Prozent aus. „Doch solange man das Silo nicht öffnet, ist es kein Problem.“ Die hermetische Lagerung funktioniert sogar in großen gasdichten Säcken – vorausgesetzt, das Getreide ist trocken und muss nicht belüftet werden. Bislang wird

Korn oft in locker gewebten Säcken aus Polyethylenfasern aufbewahrt, durch die luftigen Maschen können Insekten rein- und rausspazieren. Einige Firmen bieten inzwischen verschweißte, wiederverwendbare Säcke an, die aus einer festen Kunststoffhaut bestehen und sich mit gummierten Reißverschlüssen gasdicht verschließen lassen. Wie im Silo kann man zur Bestimmung des Sauerstoffgehalts über einen kleinen Zugang mit Spritzen Proben entnehmen. „Unsere Tests bestätigen: dicht wie Silos“, sagt Adler. Bei erhöhter Feuchte mit 15 Prozent Wassergehalt veratmen allein der Keimling des Korns und die gewöhnlichen Mikroorganismen an seiner Oberfläche innerhalb von wenigen Wochen den Sauerstoff im Sack. Fügten die Forschenden Kornkäfer in verschiedenen Entwicklungsstadien zu, nahm der Sauerstoffgehalt noch schneller ab – aufgrund der Atmung der Insekten. In Ghana wird in solchen Säcken bereits Kakao gelagert, eine Firma in den Niederlanden bietet hermetische Säcke für Kaffeetransporte an. Adler: „Noch ist der Markt klein, aber wir arbeiten international mit innovativen Agrarbetrieben und Händlern zusammen, die solche Methoden in die Breite tragen wollen.“ Außerdem reist der Biologe regelmäßig durch Deutschland und schult Landwirtinnen und Landwirte. „Leider ist viel Wissen verloren gegangen“, sagt Adler. „Wer die Staublaus nicht vom Kornkäfer unterscheiden kann, ergreift die falschen Maßnahmen. Die Laus lässt sich schon vertreiben, indem man heiße Luft ins Lager pustet. Denn sinkt die Luftfeuchtigkeit unter 30 Prozent, überlebt sie nicht. Den Kornkäfer dagegen muss man im Zweifelsfall mit Phosphorwasserstoff oder Kohlendioxid begasen lassen.“ Kürzlich hat Adler mit Kolleginnen und Kollegen einen Bildatlas herausgegeben, mit dem sich die Vorratsschädlinge einfach bestimmen lassen. Zudem gibt es noch viele offene Forschungsfragen. Etwa: Welche Getreidesorten sind besonders anfällig für Vorratsschädlinge, und wie lassen sich Mikroorganismen wie Hefen einsetzen, um den Sauerstoff in hermetischen Lagern noch schneller abzubauen? Und ließe sich nicht Getreide züchten, das immun ist gegen Vorratsschädlinge? „Einst haben indigene Völker Bohnen gezüchtet, die Bohnenkäfern nicht schmeckten, bei uns zählt heute in der Zucht vor allem schnelles Wachstum und Resistenz gegen Unkraut“, so Adler. Das Wichtigste aber ist für ihn: Bewusstsein schaffen. „Vorratsschutz ist fundamental für die Landwirtschaft der Zukunft.“

Von Anja Dilk