



**Institut für
Ökologische Chemie, Pflanzenanalytik und Vorratsschutz**

*Institute for
Ecological Chemistry, Plant Analysis and
Stored Product Protection*

An dem chemisch und biologisch ausgerichteten Institut für Ökologische Chemie, Pflanzenanalytik und Vorratsschutz in Berlin werden – wie auch an anderen JKI-Instituten - neben der Forschungsarbeit hoheitliche Aufgaben wahrgenommen und die Politik beraten.

So untersuchen die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter im Bereich ökologische Chemie schwerpunktmäßig das Verhalten von Pflanzenschutzmitteln (PSM) und Schwermetallen in der Umwelt (Transport, Verbleib und Abbau) und bestimmen und bewerten deren Auswirkungen auf Nichtzielorganismen in terrestrischen und aquatischen Lebensgemeinschaften. Für den verantwortungsvollen Umgang mit Agrarchemikalien auf der Grundlage der guten fachlichen Praxis werden Handlungsoptionen aufgezeigt, um die Risiken weiter zu minimieren.

Der Bereich Pflanzenanalytik des Instituts analysiert die Diversität von Pflanzeninhaltsstoffen in verschiedenen Wild- und Kulturpflanzenarten, denen eine Bedeutung für die Züchtung zukommt. Im Mittelpunkt steht dabei die Bewertung der Qualität, der Stresstoleranz sowie der Resistenz gegenüber Viren, Bakterien, Pilzen und tierischen Schädlingen. Auf zellulärer Ebene studiert das Institut den Stoffwechsel der Pflanze und untersucht die Veränderung

der Metabolit-Profile bei Variation genetischer und umweltbedingter Parameter.

Der Vorratsschutz bewertet bestehende Methoden zur Schädlingsbekämpfung und forscht an neuen nachhaltigen Technologien zur Vermeidung, Früherkennung und Bekämpfung. Ein Fokus liegt auf vorbeugenden und nicht-chemischen Verfahren. Dazu wird die Biologie, Chemie und Ökologie vorratsschädlicher Insekten und ihrer Gegenspieler untersucht.

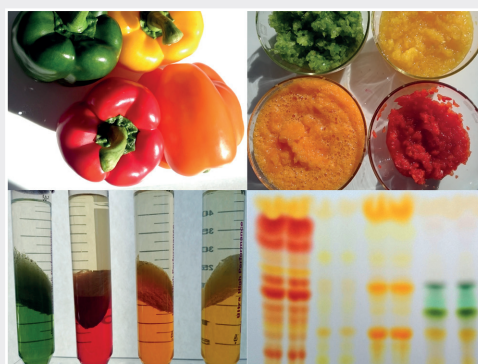
Im Rahmen der Politikberatung nimmt das Institut Aufgaben aus dem Nationalen Aktionsplan zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln (www.nap-pflanzenschutz.de) wahr. Schwerpunkte sind der Schutz der Kleingewässer, die Verfügbarkeit von PSM und die Verbesserung der Situation im Vorratsschutz.

Pflanzenschutzmittel und Biozidprodukte - gesetzliche Aufgaben

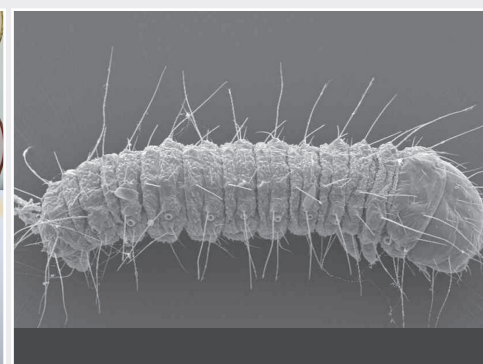
Im Rahmen der Zulassung bewertet das Institut gemäß nationaler und europäischer Regelungen PSM hinsichtlich unerwünschter Nebenwirkungen auf Nutzarthropoden (= Nützlinge). Für PSM, deren Wirkstoffe sowie für Biozidprodukte im Vorratsschutz werden die biologische Wirksamkeit



Kleingewässer der Agrarlandschaft
Small water body in the agricultural landscape



Extraktion von verschiedenen Carotinoiden
Extraction of various carotenoids



Die 1-mm lange Eilarve der Dörrobstmotte, *Plodia interpunctella* schädigt Vorräte
The 1-mm long 1st instar larva of the Indian-meal moth, *P. interpunctella* damages stored products

At the chemically and biologically oriented Institute for Ecological Chemistry, Plant Analysis and Stored Product Protection in Berlin - as at other JKI institutes - sovereign tasks are performed in addition to research and policy advice.

In the field of ecological chemistry, the focus is on the environmental behaviour of plant protection products (PPPs) and heavy metals (transport, fate and metabolism) and their effects on terrestrial and aquatic non-target organisms. For the responsible use of agrochemicals according to good professional practice, options for actions are shown in order to further minimize the risks for the environment.

The field of plant analysis investigates the diversity of phytochemicals in various wild and cultivated plant species that are important for breeding. The focus is on the evaluation of the quality, the stress tolerance as well as the resistance to harmful viruses, bacteria, fungi and arthropods. At the cellular level, the metabolism of the plant is studied and the change in metabolite profiles is examined with variation of genetic and environmental parameters.

The field of stored product protection assesses existing pest control strategies and undertakes research on new sustainable technologies for prevention, monitoring and control. One focus is on preventive and non-chemical measures. For this purpose, the biology, chemistry and ecology of stored-product pests and their natural enemies is examined.

Within the framework of policy consulting, the Institute performs duties from the "National Action Plan on the Sustainable Use of Plant Protection Products" (www.nap-pflanzenschutz.de/en/). The focus is on the protection of small water bodies, the availability of PPPs and the improvement of the situation in the protection of stored products.

PPPs and biocides and statutory tasks

According to European and national legal regulations - the Institute evaluates PPPs with regard to undesirable side effects on beneficial arthropods. For these products, their active substances as well as biocides in stored product protection, the biological efficacy against harmful organisms, the effects on the quality of the plant products and the resistance risk are assessed.

gegenüber den Schadorganismen, die Auswirkungen auf die Qualität der Pflanzenerzeugnisse und das Resistenzrisiko bewertet.

Auswirkungen auf Nützlinge

Nützlinge (z. B. Raubmilben, Marienkäfer, Florfliegen) sind in Agrarökosystemen ein wichtiger natürlicher Begrenzungsfaktor von Schaderregern (z. B. Spinnmilben, Blattläuse). Sie im und am Feld zu schonen, ist ein essentieller Baustein integrierter Pflanzenschutzstrategien. Das Institut beurteilt die Auswirkungen von PSM auf ausgewählte Nützlinge land- und forstwirtschaftlicher sowie gartenbaulicher Flächen. PSM werden bezüglich ihrer Effekte auf relevante Nützlings-Arten bzw. -Gruppen als „nicht schädigend“, „schwach schädigend“ oder „schädigend“ klassifiziert. Zu jedem zur Zulassung beantragten Mittel verfasst das Institut eine Stellungnahme, die dem Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) als Grundlage zur Kennzeichnung des Mittels dient. Die Kennzeichnung informiert Anwender und Berater über die Eignung eines Mittels für den nützlingsschonenden Pflanzenschutz. Ein Wissensportal dazu ist im Aufbau (<https://nuetzlingsinfo.julius-kuehn.de>).

Wirksamkeit der Vorratsschutzmittel

In der Lebens- und Futtermittelherstellung müssen Pflanzenerzeugnisse wie Getreide, Mehl, Trockenobst und -gemüse nach der Ernte vor quantitativen und qualitativen Verlusten durch Schaderreger (z. B. Insekten, Nager, Milben) geschützt werden. Das Institut begutachtet Vorratsschutzmittel hinsichtlich ihrer biologischen Wirksamkeit vor ihrer Zulassung (<https://vorratsschutz.julius-kuehn.de>). Bei Vorratsschutzanwendungen und allen Nacherntebehandlungen erfolgt dies für alle Länder der EU. Die derzeit knapp 200 Anwendungsmöglichkeiten zugelassener Mittel im Vorratsschutz werden durch spezielle Anwendungsbestimmungen und Risikominderungsmaßnahmen wirksam, sicher und auf das erforderliche Maß reguliert.

Ökologische Chemie und Ökotoxikologie

Das Umweltverhalten und die Auswirkungen von Agrarchemikalien wie PSM und Schwermetalle stehen hier im Vordergrund. In verschiedenen Projekten erforscht das Institut biologisch-chemische Zusammenhänge während des Eintrags, der Umwandlung und des Austrags dieser Stoffe. Präferenz haben die Auswirkungen auf Boden, Wasser und z. B. die Anreicherung in Nahrungsketten. Neben den Effek-



Nützlinge verringern den Blattlausbefall in Ackerbohnen
Beneficial insects reduce aphid attacks in field beans



Schutz von Getreide durch chemische Pflanzenschutzmittel
Protection of cereals by chemical pesticides



Erosionsgefährdete Fahrspur in Raps
Erosion-prone lane in oilseed-rape

Effects on beneficial arthropods

Preserving populations of beneficial arthropods (e.g. predatory mites or ladybirds) as antagonists to harmful arthropods (e.g. spider mites or aphids) is an important part of plant protection strategies. Besides the importance of beneficial arthropods as a potential natural restriction factor against harmful arthropods, they constitute a vital part of agricultural ecosystems and contribute to the preservation and sustainable utilization of the biological diversity in agriculture. Therefore, the effects of PPPs on beneficial arthropods are scientifically evaluated. As a result, a species specific classification of PPPs concerning their effects on beneficial arthropods is provided, representing the three categories „not harmful“, „slightly harmful“ or „harmful“. The Institute provides a position statement for every PPP submitted to the authorization process. This position statement provides the basis for the group-specific classification by the Federal Office of Consumer Protection and Food Safety (BVL). The PPP classification informs professional users and crop consultants regarding its suitability for integrated plant protection strategies that foster beneficial arthropods.

Effectiveness of the storage protection products

In the production of food and feed, post-harvest plant products such as cereals, flour, dried fruit and dried vegetables must be protected from harmful pest organisms (e.g. insects, rodents, mites) to avoid quantitative and qualitative losses. For this purpose, PPPs for stored-product protection are evaluated by the Institute prior to approval with regard to their biological efficacy. For stored product protection and all post-harvest treatments this assessment is performed across all zones for the authorization of PPPs defined by the relevant European regulation. Criteria like organisms' development stages, application rates, effects on the quality of plant products and on the processing procedure as well as the risk for resistance are used to specify the intended field of use of PPPs for each respective combination of culture/object and pest organisms. By enforcing special application and risk mitigation measures, the almost 200 possible applications of the authorized PPPs used in stored product protection are thus effective, safe and limited to the necessary dosage.

ten auf Kleinstlebewesen, Boden- und Gewässerorganismen gilt es Stoffflüsse zu charakterisieren, um wirklichkeitsnahe Wirkungen in der Kulturlandschaft zu erfassen. Auf dieser Grundlage identifizieren wir Risiken für Böden, Gewässer und ihre Bewohner und entwickeln Maßnahmen zur Minimierung bzw. Wiedererholung und Wiederbesiedlung. Neben den Empfehlungen für optimierte Pflanzenschutz-, Bodenbearbeitungs- oder Düngungsmaßnahmen zeigen wir ggf. Alternativen zu chemischen Pflanzenschutzmaßnahmen auf und schlagen praktikable Lösungen zur Habitatverbesserung vor.

Der gute ökologische Zustand von Böden

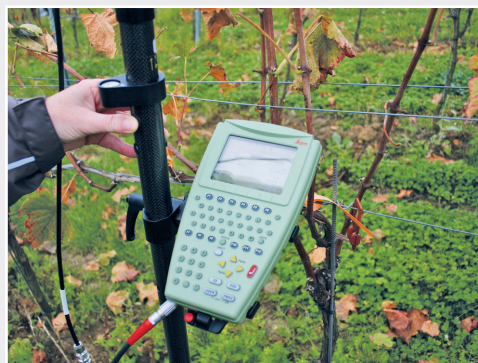
Die natürliche Funktion der Böden wird durch Klima, Bewirtschaftung und Anbaumaßnahmen beeinflusst, vor allem Bodenbearbeitung, Fruchtfolge, Düngung und Pflanzenschutz. Um den Boden als Lebensraum mit seiner Filter- und Pufferfunktion sowie in seiner Regelungsfunktion zu erhalten, muss er nachhaltig bewirtschaftet und seine Bodenfruchtbarkeit geschützt und verbessert werden.

Mikroorganismen und Regenwürmer sind die wichtigsten Bodenlebewesen zur Bewertung der Bodenfruchtbarkeit. Mikroorganismen dienen Pflanzen als Nährstoffspeicher, stellen Nahrungsquellen für höher entwickelte Lebewesen dar und können Schadstoffe aus dem Boden abbauen. Regenwürmer verzehren organisches Material, belüften und durchmischen den Boden und fördern, dass Pflanzenwurzeln tief in den Boden eindringen können. Unsere Untersuchungen ergeben in Kombination ein umfassendes Bild des chemischen und ökologischen Zustands eines Bodens und die Auswirkungen von Agrarchemikalien. Ein Forschungsschwerpunkt ist die Einflüsse von Schwermetalleinträgen zu untersuchen, die nach gezielten Anwendungen (z. B. Kupfer als Pflanzenschutzmittel) oder durch verunreinigte Agrarchemikalien (z. B. Cadmium, Zink oder Blei in Düngemitteln) in den Boden gelangen. Diese können dort toxische Effekte auf das Bodenleben oder auf Interaktionen zwischen verschiedenen Bodenorganismen ausüben.

Modellversuche zeigen, dass sich Mikroorganismen in mit Kupfer und Zink belasteten Böden sehr gut etablieren und überleben können, während ihr Wachstum in mit Cadmium und mehrfach schwermetallbelasteten Böden eingeschränkt ist. Höhere Kohlenstoffgehalte jedoch können



Durch Randstreifen geschütztes Kleingewässer mitten im Feld
Small water body protected by buffer strip in the middle of the field



Einmessung von Kontrollpunkten mit GPS im Weinberg
Measurement of control points with GPS in a vineyard



Probennahme im Steillagenweinbau
Sampling in steep slope viticulture

Ecological chemistry and ecotoxicology

The environmental behaviour and the impacts of agricultural chemicals such as PPPs and heavy metals are the predominant topics. Various research projects are exploring biological-chemical interactions during the entry, conversion and export of these substances. The effects on soil, water and the accumulation in food chains are primarily investigated. In addition to effects on microorganisms, on soil and aquatic organisms, material fluxes are characterized in order to determine realistic effects in the agricultural landscape. On this basis, we identify risks to soils, water bodies and their inhabitants and develop measures for risk mitigation, population recovery or ecosystem repopulation. In addition to the recommendations for low-risk crop protection, tillage or fertilization measures, we also present alternatives to chemical pest management if necessary and propose practical measures for habitat improvement.

The good ecological status of soils

The natural function of soils is influenced by climate and cultivation measures, which are mainly tillage, crop rotation, manuring, and plant protection. In order to preserve the soil as a habitat with its filtering and buffering function and in its regulatory function, it must be sustainably managed and soil fertility must be protected and improved. Microorganisms and earthworms are considered as very important soil organisms for evaluating soil fertility. Microorganisms serve as nutrient reservoirs for plants, provide nutrient sources for higher organisms and can reduce pollutants from the soil. Earthworms digest a broad variety of organic items, including leaves and remains of plants and animals, aerate and mix the soil and stimulate plant roots to penetrate deep into the soil. Examinations are combined to describe the chemical and ecological status of the soil and the effects of agrochemicals. One focus of our research is the toxic effects of heavy metals as soil pollutant after application as PPP (e.g. copper as fungicide) or contaminated agrochemicals (e.g. cadmium, zinc or lead in fertilizers) on the soil life or interactions between different soil organisms.

Auswirkungen von Schwermetallen auf Bodenorganismen abpuffern. Versuche im Labor zeigen, dass die Fortpflanzungsfähigkeit und das Wachstum von Regenwürmern eingeschränkt sein kann, wenn ein Boden mehrfach mit verschiedenen Schwermetallen kontaminiert ist. Hohe Konzentrationen im Feld mit einzelnen Elementen (z. B. in einem mit Kupfer, Zink oder Cadmium belasteten Boden) lassen diese Effekte nicht beobachten. Ein wichtiges Fazit ist daher, dass Mikroorganismen und Regenwürmer in Abhängigkeit von der Bodenbeschaffenheit über eine ausgeprägte Toleranz und Anpassungsfähigkeit gegenüber langjährigen Schwermetallbelastungen verfügen.

Anwendung kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel im Wein-, Hopfen- und Baumobstbau

Im Wein-, Hopfen- und Obstbau ist Kupfer als PSM (Fungizid) ein Wirkstoff gegen pilzliche Schaderreger. Vor über 100 Jahren wurde Kupfer noch in Form der sogenannten Bordeauxbrühe mit bis zu 60 kg/ha als Fungizid auf die Flächen ausgebracht. Bis heute konnte im Rahmen der europäischen Kupferminimierungsstrategie die Aufwandmenge von Reinstkupfer im Wein- und Obstbau auf bis zu 3 kg/ha und im Hopfenbau auf bis zu 4 kg/ha reduziert werden. Im ökologischen Landbau ist Kupfer ein wichtiges PSM, um

Erträge und Betriebseinkommen zu sichern (<https://kupfer.julius-kuehn.de>).

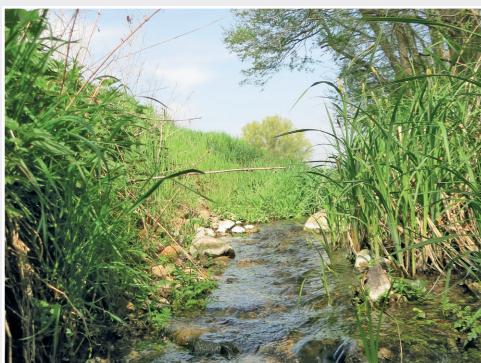
Von 2009 bis 2014 erfasste das Institut in umfangreichen Freilanduntersuchungen die Belastungssituation mit Kupfer in den Kulturen Wein, Hopfen und Baumobst. Speziell im Weinbau prüfte es die Auswirkungen kupferhaltiger PSM auf Bodenorganismen: Es zeigte sich, dass der größte Anteil an Kupfer im Boden fest an Tonmineralien und organischen Bodenbestandteilen gebunden ist. Pflanzen und Bodenorganismen werden mit weniger als ein Prozent der Gesamtmenge konfrontiert. Negative Auswirkungen auf das Bodenleben können auch andere Ursachen als kupferhaltige PSM haben. Im Rahmen von zurzeit laufenden Forschungsarbeiten gilt es Strategien zu erarbeiten, um negative Auswirkungen der historischen und zukünftigen Belastung von Kupfer und anderer Schwermetalle auf Bodenorganismen reduzieren zu können.

Der gute chemische und ökologische Zustand von Kleingewässern

Speziell für kleine Fließ- und Standgewässer prüft das Institut Unterschiede in der zeitlichen und räumlichen Belastung mit PSM. Besonderen Einfluss haben Gewässerrand-



Erosionsrinnen gefährden aquatische Ökosysteme
Gully erosion endangers aquatic ecosystems



Durch den Eintrag von Agrarchemikalien gefährdetes Kleingewässer
Small water body endangered by the contamination with agrochemicals



Ein Kleingewässer als Kleinod für Tiere
A small water body as a treasure for animal

Model experiments show that microorganisms in soils contaminated with copper and zinc can establish and survive very well, while their growth and reproduction is limited in soils contaminated with cadmium and in soils contaminated with multiple heavy metals. Higher carbon levels, on the other hand, can buffer actively the effects of heavy metals on soil organisms. Laboratory experiments showed that the fertility and growth of earthworms may be limited if a soil is contaminated with various heavy metals. At high concentrations of single elements in the field (e.g. in a soil loaded with copper, zinc or cadmium), these effects were not observed. Hence, microorganisms and earthworms have a pronounced tolerance and adaptability to long-term heavy metal contamination, depending on the soil condition.

Application of copper-containing plant protection products in vines, hops and tree fruits

In cultivation of grapes, hops and tree fruits, copper is an important active ingredient in PPPs against fungal pathogens. More than 100 years ago, copper was firstly applied in vineyards as Bordeaux mixture with rates up to 60 kg pure copper per hectare.

Today, based on the European Strategy for the Minimization of Copper, the application rate of pure copper has been substantially reduced to up to 3 kg per ha in vineyards and orchards and up to 4 kg per ha in hops. In organic farming, copper is an urgently needed chemical PPP to secure yields and farm's income (<https://kupfer.julius-kuehn.de> (in German)).

From 2009 to 2014, the Institute carried out extensive field investigations to determine soil contamination with copper in vineyards, hop fields and orchards. Additionally, the effects of copper-containing PPPs on soil organisms were examined in German vineyards. It was found that the largest proportion of copper in the soil is firmly bound to clay minerals and organic soil constituents. Plants and soil organisms are confronted with less than one percent of the total amount of copper. Negative impacts on soil life may also have causes other than copper-containing PPPs. As part of ongoing research, strategies will be developed to minimize the negative impact of past and future exposure of copper and other heavy metals on soil organisms.

streifen. Sie bremsen den Oberflächenabfluss ins Gewässer (Run-off) und verringern ebenfalls die Abdrift von PSM. Aktuelle und künftige Projekte zielen darauf ab, mit konventionell und ökologisch bewirtschafteten Betrieben eine optimale Ausgestaltung von Gewässerrandstreifen modellhaft zu erproben. Dies soll ein effizienteres Management der Gewässerrandstreifen ermöglichen wie die gezielte Zusammenstellung von Grasmischungen für Gewässerrandstreifen unter Berücksichtigung entsprechender Wachstumszeitpunkte.

Grundlegend für alle Arbeiten ist die enge Zusammenarbeit mit Landwirten und Landesbehörden. Neben zahlreichen Wasserproben kontrollieren die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler zusätzlich einmal jährlich die Fauna wirbelloser Organismen (z. B. Libellen, Wasserkäfer, Köcherfliegen) von 20 bis 30 Gewässern mit dem Ziel, sowohl den chemischen als auch den ökologischen Zustand der Kleingewässer erstmalig zu beschreiben. Das Institut erforscht die Auswirkungen von PSM auf das Verhalten von Krebstieren, z. B. Änderung Aktivitätsphasen, Bewegungsmuster oder Geschwindigkeiten. Krebstiere sind ein wichtiger Bestandteil der Ökosysteme. Sie können als Indikatororganismus für den guten ökologischen Zustand von Gewässern genutzt werden. Änderungen ihrer Verhaltensmuster durch

PSM-Einträge können zu indirekten Auswirkungen auf die gesamte Lebensgemeinschaft führen. Wir entwickelten statistische Verhaltensmodelle, die Empfehlungen zum Schutz der Ökosysteme und zur Minimierung der Risiken des chemischen Pflanzenschutzes ermöglichen.

Pflanzenanalytik

Pflanzen produzieren eine ungeheure Vielfalt von niedermolekularen Verbindungen. Diese sogenannten Metaboliten sind einerseits an grundlegenden Stoffwechselprozessen für Lebenserhalt und Fortpflanzung beteiligt, andererseits benötigt die Pflanze sie auch zur spezifischen Anpassung an ihre abiotische und biotische Umwelt.

Die Pflanzenanalytik des Instituts untersucht im Rahmen von interdisziplinären Forschungsprojekten die Bedeutung von pflanzlichen Metaboliten für Resistenz, Stresstoleranz und Qualität. Im weiteren Fokus der Arbeiten steht, pflanzliche Inhaltsstoffe für Pflanzenschutz und Bioökonomie nutzbar zu machen. Aus den erhaltenen Daten werden Bewertungen und Empfehlungen für Pflanzenbau, -schutz und -züchtung abgeleitet. Bedingt durch die Diversität der Forschungsthemen ist der Bereich Pflanzenanalytik innerhalb des JKI's stark vernetzt, z. B. mit den Bereichen Züchtungs- und Resistenzforschung, Qualität und Stresstoleranz,



Lysimeteranlage zur Messung des Abbaus von Pflanzenschutzmitteln
Lysimeter station for measuring the degradation of pesticides



Isolierung von Mikroorganismen aus dem Boden
Isolation of microorganisms from soil



Regenwurmerhebungen auf dem Versuchsfeld
Sampling of earthworms on a test field

The good chemical and ecological status of small water bodies

The Institute examines differences in temporal and spatial loading of small running and standing water bodies with PPPs. Particularly, the effects of vegetated buffer strips are considered. They reduce the surface run-off into adjacent water bodies and also reduce the drift of PPPs. Current projects aim at defining optimal designs of buffer strips using conventionally and organically managed farms. This should allow a more efficient management of the buffer strips, e.g. by effectively compiling grass mixtures for vegetated buffer strips, taking into account appropriate growth times.

The close cooperation with farmers and state plant protection authorities is essential for this research. In addition to numerous water samples collected, the researchers also monitor once a year the invertebrate fauna (e.g. dragonflies, water beetles, caddisflies) from 20 to 30 water bodies with the aim of describing both the chemical and the ecological status of the ponds for the first time. The Institute also investigates the effects of PPPs on the behaviour of crustaceans, e.g. change of activity phases, movement patterns

or speeds. Crustaceans are an important part of ecosystems and can be used as indicator organism for the good ecological status of water bodies. Changes in their behaviour patterns due to PPP entries can lead to indirect effects on the entire community. The statistical behavioural models we developed provide recommendations for protecting ecosystems and minimizing the risks of chemical crop protection.

Plant analysis

Plants produce an enormous variety of low molecular weight organic compounds. These so-called metabolites are involved in basic metabolic processes for sustaining of life and reproduction, but are also required for specific adaptation of plants to their abiotic and biotic environment.

At the Institute we investigate the role of plant metabolites for resistance, stress tolerance and quality within the framework of interdisciplinary research projects. In addition, the research focuses on the utilization of plant metabolites for plant protection and bioeconomics. On basis of the data obtained, assessments

biobasierter Pflanzenschutz und Bekämpfungsstrategien von Schadorganismen.

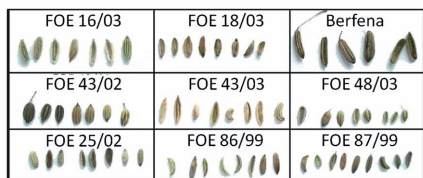
Biobasierter Pflanzenschutz

Durch das Screening von pflanzen genetischen Ressourcen werden Akzessionen mit bioaktiven Inhaltsstoffen identifiziert, die zur Gewinnung von biobasierten Pflanzenschutzmitteln eingesetzt werden können. Dabei wird zum einen nach potenten Produzenten bekannter bioaktiver Inhaltsstoffe gesucht. In Kombination mit Bioassays werden zum anderen aber auch neuartige pflanzliche Inhaltsstoffe mit fungizider, herbizider oder insektizider Wirkung identifiziert. Neben Genbankakzessionen untersuchen wir auch Wildpflanzenpopulationen, die durch ihre evolutionäre Anpassung an ihren jeweiligen Standort einzigartige Resistenzeigenschaften entwickelt haben. So konnten z. B. Fenchelakzessionen und Wildpopulationen iranischer Arznei- und Gewürzpflanzen identifiziert werden, die je nach Akzession bzw. Population aufgrund ihrer variablen Inhaltsstoffprofile gegen vorratsschädigende Käfer, Taufliegen oder phytopathogene Pilze Wirksamkeit zeigen. In Kooperation mit anderen JKI-Arbeitsgruppen gilt es, diese Erkenntnisse auf Anwendungen in der Praxis zu übertragen.

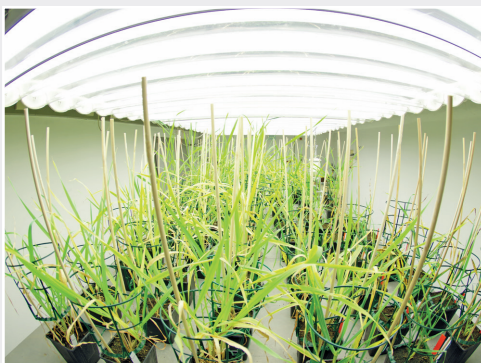
Bei der Entwicklung von Strategien zur Bekämpfung von Mykotoxinen in Getreide in afrikanischen Entwicklungsländern bringt das Institut seine Expertise ein. So untersuchen wir Extrakte aus lokal verfügbaren Wild- oder Kulturpflanzen auf ihre antifungale und toxinreduzierende Wirkung. Diese werden dann vor Ort von Kooperationspartnern in Praxisanwendungen getestet.

Bioökonomie

Durch die Entwicklung biobasierter Produkte und die Erarbeitung von Kaskadennutzungskonzepten trägt die Pflanzenanalytik in Kooperationsprojekten zur innovativen und effizienten Nutzung pflanzlicher Rohstoffe bei. Ein aktuelles Projekt beschäftigt sich mit der Nutzung von Reststoffströmen aus der Verarbeitung von Arznei- und Gewürzpflanzen. Diese Reststoffströme werden auf das Vorhandensein weiterer wertvoller sekundärer Pflanzeninhaltsstoffe qualitativ und quantitativ analysiert. Dazu gehörte ebenfalls die Untersuchung flüssiger Rückstände auf ihre Eignung als Biofungizid. Daneben bieten Abriebstäube und Pflanzenstroh als Abfallprodukte besonders für den Nichtlebensmittelbereich noch ungenutzte wertvolle Rohstoffquellen.



Natürliche Variabilität von Fenchelsamen
Natural variability of fennel seeds



Duftsammlung an Virus-befallener Gerste
Collection of volatiles from virus-infested barley



Mais mit Aspergillusbefall
Corn with Aspergillus infestation

and recommendations for crop production, plant protection and breeding are provided.

Due to the diversity of research topics, we are engaged in several research cooperations with numerous other institutes of the JKI, e. g. in the areas of breeding research and resistance, quality and stress tolerance as well as bio-based plant protection and pest control strategies.

Bio-based plant protection

Through screening of plant genetic resources, accessions with bioactive constituents are identified that can be used for the production of bio-based plant protection products. On the one hand, potent producers of known bioactive metabolites are being sought. In combination with bioassays, on the other hand, novel plant metabolites with fungicidal, herbicidal and insecticidal activities are identified. In addition to gene bank accessions, wild plant populations also are investigated which have developed unique resistance properties due to their evolutionary adaptation to their respective habitat.

Due to their highly variable metabolite profiles, fennel accessions and wild populations of Iranian medicinal and spice plants have been identified which, depending on the accession or population, show activities against stored-product pest beetles, fruit flies or phytopathogenic fungi. In cooperation with other institutes of the JKI, these findings will be transferred to practical applications.

We contribute our expertise to the development of control strategies for mycotoxins in cereals in African developing countries. Our experts examine extracts from locally available wild or cultivated plants for antifungal and toxin-reducing activities, which then are tested on site in practical applications by cooperation partners.

Bioeconomy

In the frame of cooperation projects our experts are involved in the development of bio-based products and cascade use concepts and contributes to an innovative and efficient use of plant raw materials. A current project investigates the utilization of waste materials from the processing of medicinal and spice plants. We analyze these waste materials qualitatively and quantitatively for further usable, valuable secondary plant metabolites. Furthermore,

Pflanzliche Chemodiversität im Kontext der Biodiversität

Niedermolekulare Pflanzeninhaltsstoffe bestimmen maßgeblich die Beziehungen zwischen Pflanzen und Insekten. Das Verständnis dieser Wechselwirkungen auf molekularer Ebene und ihrer Konsequenzen für das Agrarökosystem kann helfen, die Auswirkungen des Klimawandels und des Diversitätsverlustes bei Insekten abzupuffern. Ein fachbereichsübergreifender Ansatz bestimmt die Diversität pflanzlicher Inhaltsstoffe auf der Ackerfläche und in angrenzenden Blühflächen sowie deren Bedeutung hinsichtlich Resistenz und Stresstoleranz und bringt sie mit Herbivoren-, Räuber-, und Parasitoidengemeinschaften in Zusammenhang.

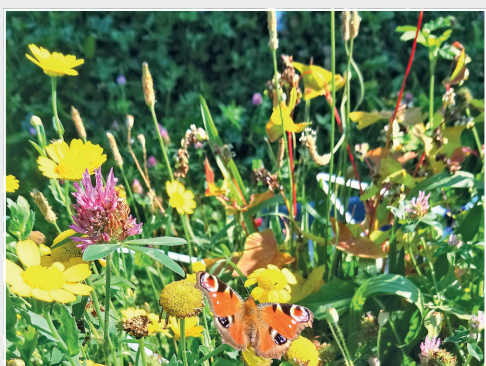
Sonderkulturen wie Arznei- und Gewürzpflanzen (AGP) erhöhen die pflanzliche Vielfalt in der Landwirtschaft. Durch die Konsolidierung und Ausweitung des AGP-Anbaus in Deutschland könnte ein wesentlicher Beitrag zur Steigerung der ackerbaulichen Biodiversität geleistet werden. Neben Untersuchungen zur Nutzung von besonderen Sorten und Wildtypen in Hinsicht auf den biobasierten Pflanzenschutz begleitet das Institut Züchtungsprojekte von AGP

durch entsprechende Analytik wertgebender Pflanzeninhaltsstoffe.

Unterstützung der Züchtungs- und Resistenzforschung

Mittels moderner Analyseplattformen auf Basis Chromatographie-gekoppelter Massenspektrometrie sowie zerstörungsfreier spektroskopischer Schnellmethoden kann das Institut komplexe pflanzliche Proben innerhalb kurzer Zeit umfassend charakterisieren. Durch zielgerichtete und nicht-zielgerichtete Analyse der gewonnenen Datensätze können Veränderungen der Inhaltsstoffprofile in Abhängigkeit von genetischen oder umweltbedingten Faktoren festgestellt und beispielsweise mit Resistenz- und Qualitätseigenschaften korreliert werden. Dieses sogenannte Metaboliten-Profilings ermöglicht es, indikative und prädiktive inhaltstoffliche Marker für abiotische Stresstoleranz (Trockenheit, Temperatur, Salz), Insekten- bzw. Pathogenresistenz, sowie sensorische Qualität zu finden und für die Selektion im Rahmen der Züchtung bereitzustellen.

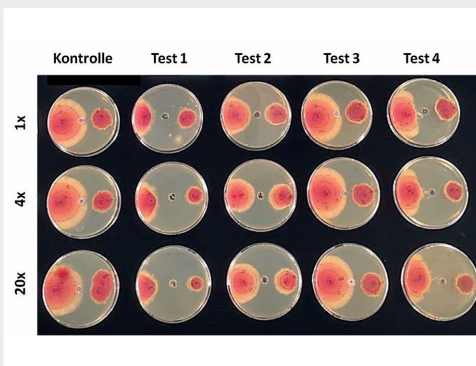
Zur Entwicklung alternativer Bekämpfungsstrategien gegen den Rapsglanzkäfer identifizieren wir mittels Fraßpräferenztests und Metaboliten-Profilings unterschiedlicher Brassi-



Duftsammlung im Blühstreifen
Collection of volatiles in a wild flowering strip



Rapsglanzkäfer, *Brassicogethes aeneus*, auf Knospen
Pollen beetle, *B. aeneus*, on buds



Schnelltest auf fungizide Wirkung
Fast assay for antifungal effect

liquid residues are examined for their suitability as biofungicides. In addition, abrasion dusts and plant straw as waste products offer unused sources of raw materials, in particular for non-food applications.

Plant chemodiversity in the context of biodiversity

Plant derived low-molecular weight compounds play a decisive role in determining the relationships between plants and insects. Understanding these interactions at the molecular level as well as their consequences for the agroecosystem can help to buffer the effects of climate change and loss of insect diversity. In a multidisciplinary approach the chemical diversity of plant metabolites on arable land and adjacent flowering strips and its role for resistance and stress tolerance is determined and linked to herbivore, predator and parasitoid communities.

Special crops such as medicinal and spice plants increase plant diversity in agriculture. The consolidation and expansion of medicinal and spice plant cultivation in Germany could significantly contribute to increasing arable biodiversity. In addition to studies on the application of medicinal and spice plants in bio-based plant

protection approaches, breeding projects are accompanied by corresponding chemical analyses of value-adding plant constituents.

Support for breeding and resistance research

Using modern analysis platforms based on chromatography-coupled mass spectrometry as well as non-destructive rapid spectroscopic methods, complex plant samples can be characterized comprehensively within a short period of time. Using targeted and non-targeted data analysis approaches, alterations in plant metabolite composition dependent on genetic and environmental factors can be deciphered and correlated with phenotypic traits. This so-called metabolite profiling facilitates the discovery of indicative and predictive metabolic markers for abiotic stress tolerance (drought, temperature, salt), insect and pathogen resistance, as well as sensory quality and makes them available for the selection process during plant breeding.

For the development of alternative control strategies against the pollen beetle (*Brassicogethes aeneus*), feeding preference tests and metabolite profiling of different species of the Brassicaceae are used to identify plant metabolites involved in defense against

caceae pflanzliche Abwehrstoffe, die sich gegen dieses Schadinsekt richten. Dieser Bekämpfungsansatz bezieht Resistenz-vermittelnde Schlüsselsubstanzen ein, die später im Rahmen von Zuchtprogrammen für resistendere Raps-sorten Verwendung finden können.

Bei neu auftretenden Schädlingen wie der Kirschessigfliege trägt das Metaboliten-Profilung dazu bei chemische Resistenzmechanismen aufzuklären mit dem Ziel, effiziente Abwehrstrategien entwickeln zu können.

Innovationstechnologien

Das Institut testet neuartige LED-Beleuchtungssysteme für den Kulturpflanzenanbau im Gewächshaus. Im Fokus stehen dabei die Verbesserung der Biomasseproduktion sowie die Steigerung der inhaltsstofflichen Qualität ausgesuchter Arten, um energieeffiziente Anbaukonzepte für Gartenbau-betriebe in Berlin und Brandenburg zu entwickeln (<https://led4plants.julius-kuehn.de>). Die erhaltenen Daten dienen aktuell u. a. dazu, in zahlreichen Gewächshäusern des JKI die Beleuchtung durch Wechsel auf LED-Technik zu optimieren.

In einem weiteren Kooperationsprojekt entwickeln wir optische Detektionsmethoden, um gesundheitsschädliche Pyrrolizidinalkaloid-haltige Beikräuter aus dem Erntegut zuverlässig zu identifizieren und entfernen zu können. Mittels schwingungsspektroskopischer Schnellanalytik werden aktuell Methoden zur Taxonomisierung von Zuckmücken-larven im Rahmen des Kleingewässermonitorings erarbei-tet. Die Entwicklung von Analysetechniken zur Identifika-tion verschiedener vorratsschädlicher Rüsselkäferarten (Reis-, Korn-, Maiskäfer) soll es ermöglichen, auch ohne entomologische Kenntnisse eine schnelle Zuordnung und damit Wahl einer effizienten Bekämpfungsstrategie zu treffen.

Vorratsschutz

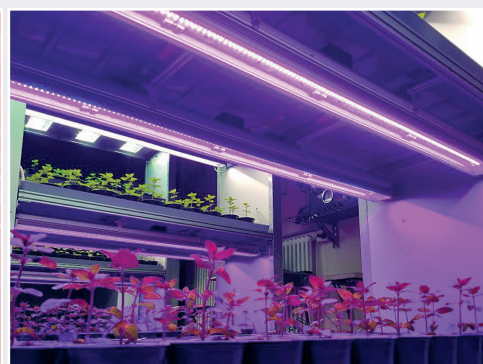
Während des Transports und der Lagerung sind Lebensmit-tel und Vorräte pflanzlicher Herkunft vielfältigen Gefahren ausgesetzt. Neben physikalischen Einflüssen und Kontami-nanten stellen besonders Insekten, Milben, Mikroorganismen, Nager und Vögel ein Risiko dar. Deren Fraßschäden, Verunreinigungen durch Exkremente, lebende oder tote Tiere, aber auch Schimmelbildung und die mögliche Pro-duktion von Mykotoxinen, verderben die Waren bis hin zum Totalverlust. Dies führt zu Qualitätseinbußen und birgt ein



UHPLC-MS Plattform für Metaboliten-Screening
UHPLC-MS platform for metabolic screening



Kirschessigfliege, *Drosophila suzukii*, auf Himbeeren
Spotted wing *Drosophila*, *D. suzukii*, on raspberries



LED-Beleuchtungstests an Pfefferminze
Illumination tests with LED on peppermint

this insect pest. This approach includes key resistance-mediating substances that can be used later for breeding of resistant oilseed rape varieties.

In newly emerging insect pests such as the spotted wing drosophila (*Drosophila suzukii*), metabolite profiling contributes to the elucidation of chemical resistance mechanisms, which can be used to develop efficient defense strategies.

Innovation technologies

Novel LED lighting systems are tested for cultivation of spice plants in greenhouses. The project aims at the improvement of biomass production while increasing the amount of aroma compounds and sensory quality in order to develop energy-efficient cultivation concepts for horticultural businesses in Berlin and Brandenburg (<https://led4plants.julius-kuehn.de> (in German)). In addition, we use the obtained data to optimize lighting systems in numerous greenhouses of the JKI by introduction of LEDs.

The aim of another cooperation project is developing optical detection methods in order to identify reliably and remove harmful

pyrrolizidine alkaloid-containing weeds from crop plants. In the frame of a small water body monitoring programme, rapid analytical methods for the taxonomization of chironomid larvae on basis of vibrational spectroscopy are currently being developed. In addition, spectroscopic methods are established to identify stored-product pest insects, such as different species of weevils. The developed technique allows a quick species assignment even without entomological knowledge and selection of an appropriate control strategy.

Stored product protection

During transportation and storage, food and plant products are exposed to many hazards. Besides physical factors and hazardous substances, biological threats such as insects, mites, microorganisms, rodents and birds pose a major risk to stored products. Feeding damage and contamination by living and dead pests as well as mould growth and the production of mycotoxins may lead to spoilage or reduction in quality and imply a health risk for humans and animals. Drying, cleaning and cooling of post-harvest plant products as well as insect-proof and proper storage facilities help

gesundheitliches Risiko für Mensch und Tier. Effektive Maßnahmen, um Nachernteverluste entgegenzuwirken, sind u. a. die Pflanzenerzeugnisse nach der Ernte zu trocknen, zu reinigen und zu kühlen sowie eine schädlingdichte, qualitätserhaltende und saubere Lagerung.

Das Institut entwickelt Maßnahmen und Strategien zur

- Vermeidung (Kühlung, Trocknung, schädlingdichte Lagerung),
- Früherkennung (optisch, akustisch, olfaktorisch, und thermisch) und
- Bekämpfung (physikalisch, biologisch, biotechnisch oder chemisch)

vorratsschädigender Organismen.

Dazu unterhalten wir Zuchten von rund 50 Arten wichtiger vorratsschädlicher Insekten sowie zwei biologischer Gegenspieler. Das Wissensportal „Vorratsschutz – ein Garant für sichere Pflanzenerzeugnisse“ (<https://vorratsschutz.juliuskuehn.de/>) informiert hierzu ausführlich.

Das Institut engagiert sich zusammen mit der Praxis, Verbänden und Behörden im Rahmen des Nationalen Aktionsplans zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutz-

mitteln, die Situation im Vorratsschutz zu verbessern. Dazu gehört, die Leitlinie Integrierter Pflanzenschutz im Sektor Vorratsschutz weiterzuentwickeln und zu verbreiten.

Nicht-chemischer Vorratsschutz

Vorbeugende und direkte nicht-chemische Vorratsschutzverfahren gewinnen in der Lebens- und Futtermittelverarbeitung ständig an Bedeutung. Zu den vorbeugenden Verfahren gehören die schädlingdichte Lagerung, die Produktkühlung auf <14° C, eine weitgehende Trocknung der Lagergüter und hermetische Verpackungen.

Studien zu insektendichten Verpackungen zeigten, dass im Vakuum gelagerter trockener Weizen zum Qualitätserhalt und zur Abtötung von Getreideschädlingen führt. Dies könnte die in warmen Klimaten propagierte hermetische Lagerung verbessern. Versuche laufen u. a. in Kooperation mit Tansania.

Derzeit untersucht das Institut in einem Verbundprojekt die akustische Früherkennung von Insekten in Getreide: Die Versuche zeigen, dass ein Befall mit dem Kornkäfer akustisch bereits acht Wochen früher als durch Temperaturmessungen erkannt werden kann. Aktuell prüfen die Experten die praktische Anwendung der Methode in Silozellen und



Aus Weizenkorn schlüpfender Kornkäfer, *Sitophilus granarius*
Granary weevil, *S. granarius*, hatching from wheat grain



Tropischer Bohnenkäfer, der Kundekäfer, *Callosobrochus chinensis*
Tropical bean weevil, the southern cowpea weevil, *C. chinensis*



Zur Begasung abgeplanter Sackstapel von Vorräten
Bag stack of stored products sealed for fumigation

to preserve food quality and to prevent losses of stored goods.

The department of stored product protection develops different measures and strategies for the

- prevention (e.g. by cooling, desiccation, hermetic storage),
- detection (visual/optical, acoustical, olfactory, and thermal) and
- control (physical, biological, biotechnical or chemical)

of stored-product pest organisms.

In addition, the Institute maintains permanent cultures of 50 important stored-product pest insects and two beneficial insect species.

Along with the practice, associations and authorities, the Institute gets involved within the "National Action Plan on the Sustainable Use of Plant Protection Products" to encourage the improvement of the situation in the protection of stored products as well as the distribution and further development of the general principles of integrated plant protection in the field of stored product protection.

Non-chemical stored product protection

Preventive and direct non-chemical methods for stored product protection are becoming increasingly important in conventional food and feed processing. Among the preventive methods there are for example pest-proof storage, product cooling to below 14° C, product drying and hermetic packaging.

Studies on insect-proof storage/packaging have revealed that vacuum storage of dry wheat helps to preserve product quality and leads to the control of grain pests. This could help to improve hermetic storage in warmer climates. Tests are already ongoing, amongst others, in cooperation with Tanzania.

We currently study acoustic early detection of insects infesting grains. The experiments showed that infestation with the granary weevil can be detected acoustically eight weeks earlier than by temperature measurements. Practical application in silo bins and the combination with biological control methods are currently examined. We also test the optical monitoring of insects on surfaces using a camera system that follows the principal of facial recognition. In this project a laser is triggered to eliminate the respective

die Kombination mit biologischen Bekämpfungsmethoden. Wir prüfen außerdem die optische Früherkennung von Insekten auf Oberflächen mithilfe eines automatischen Kamerasystems nach dem Prinzip der Gesichtserkennung. Im aktuellen Projekt soll zusätzlich ein Laser die Schadinsekten abtöten. Kieselgur und Pflanzeninhaltsstoffe werden in Kooperation mit westafrikanischen Partnern erforscht.

Der Larvalparasitoid *Holepyris sylvanidis* soll künftig als natürlicher Gegenspieler vorratsschädlicher Käfer im integrierten Vorratsschutz eingesetzt werden können. Dazu laufen Versuche zur Wirtsfindung.

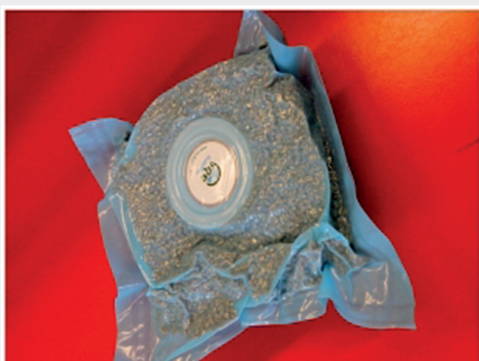
Chemischer Vorratsschutz

Die Verwendung wirksamer Gase zur Bekämpfung von Schädlingen in gelagerten Pflanzenerzeugnissen ist eine seit mehr als hundert Jahren bekannte Praxis. Üblich sind Begasungen bei der Lagerung organischer Materialien (z. B. Getreidelagerung, in Lagerhallen der Häfen, Silos, Mühlen) sowie von Gegenständen (z. B. Kunstschatze in Kirchen und Museen) und bei Entwesungen aus gesundheitlichen Erwägungen. Zudem wird eine Begasung – besonders von Seecontainern – zur Einhaltung von Quarantänevorschriften des importierenden Landes in immer mehr Ländern und an

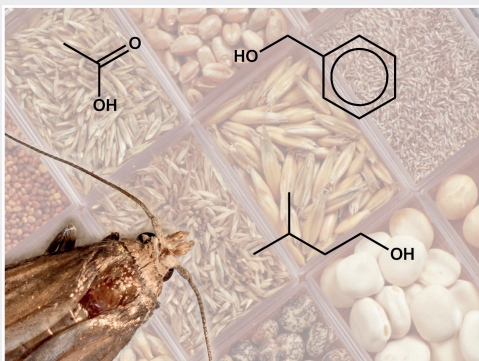
einer stark steigenden Anzahl von Containern durchgeführt. Das Institut untersucht dazu Fragen der Arbeitssicherheit, der Veränderung des Aromastoffprofils und des Risikos einer Resistenzbildung.

Vorratsgüter der Zukunft

Klimaveränderungen und auch neue Ernährungsgewohnheiten beeinflussen die Entscheidung, welche Kulturpflanzen zukünftig angebaut werden. Ein Ausbau der Anbauflächen für Hülsenfrüchte wie Soja und Lupine kann zu größeren Lagermengen und ggf. zu längerer Lagerdauer führen. Werden neue Vorratsgüter von in Deutschland bereits vorkommenden vorratsschädlichen Insekten befallen und können ökonomisch bedeutsame neue Schädlinge auftreten? Erste Ergebnisse im Labor zeigen, dass gelagerte Soja- und Lupinenbohnen durch den Befall von Motten und in geringerem Maße durch Käfer gefährdet sind. Dies betrifft vor allem die einfach verarbeiteten Erzeugnisse Schrot und Mehl. Weitere „neue“ Vorratsgüter wie stressresistente Weizensorten oder Raps sollen noch in die Untersuchungen mit aufgenommen werden.



Studie zur insektendichten Verpackung unter Vakuum
Study on insect-proof packaging under vacuum



Vorratsschädlinge (z. B. *Plodia interpunctella*) orientieren sich an flüchtigen Duftstoffen
Stored-product pests (e.g. *P. interpunctella*) orientate towards volatiles



Biologische Bekämpfung vorratsschädigender Käfer mit dem Larvalparasitoiden *Holepyris sylvanidis*
Biological control of stored-product beetles by the larval parasitoid *H. sylvanidis*

pest insect. Together with partners from West Africa, diatomaceous earth and botanicals are under investigation.

Moreover, we study the odour-mediated host searching behaviour of the larval parasitoid *Holepyris sylvanidis*. Main goal of our research is the implementation of this natural antagonist of stored-product pest beetles in the near future as biological control agent within the field of integrated stored product protection.

Chemical stored product protection

For many decades, fumigations of stored products have been an accepted and worldwide used method to control pest organisms. Stored-product insects present a serious problem causing economic loss and contamination of food destined for animal or human consumption as well as a direct physical damage of materials and objects. Therefore, fumigations are an effective option in manufacturing, storage and shipment. Container fumigations against quarantine pest are important and customary in international trade. We investigate several subjects related to fumigation such as occupational safety, modification of flavour profiles in fumigated crops and the development of resistance against fumigants.

Stored products in the future

Climate change, economic-political developments as well as new trends in diet and in bio-economy influence the assortment of cultivated plants and thereby which plant products have to be stored after harvest. In the light of the International Year of Pulses 2016 and the European Soya Declaration, the acreage cultivated with 'new' plants such as pulses (soybean, lupine), stress tolerant wheat varieties and also oil seed rape expanded worldwide. Due to increasing stocks of novel commodities, the emergence of a new and economically important pest spectrum and the risk caused by invasive pest species have to be considered. Therefore, studies with innovative soya and lupine should show their susceptibility to native common German stored-product pests. First findings under laboratory conditions indicate that stored soya and lupine and in particular its simply processed plant products (e.g. grist and flour) can be infested by moths and to a lesser extent also by beetles.

**Leiter
Head**

Dr. Hartwig Schulz (bis/till 31.07.2019)

**Vertreter
Deputy**

Dr. Bernd Hommel

**Adressen
Addresses**

Julius Kühn-Institut (JKI)
Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen
Institut für Ökologische Chemie, Pflanzenanalytik
und Vorratsschutz

Julius Kühn Institute (JKI)
Federal Research Centre for Cultivated Plants
Institute for Ecological Chemistry, Plant Analysis and
Stored Product Protection

Königin-Luise-Str. 19
14195 Berlin, Germany
Tel./Phone : +49(0)30 8304-25 01/-2511
Fax: +49(0)30 8304-2503
oepv@julius-kuehn.de

Das JKI vereint unter seinem Dach 17 Fachinstitute an 10 Standorten.
The JKI combines the competence of 17 specialized institutes at 10 different sites.



<https://www.julius-kuehn.de/oepv>
<https://www.julius-kuehn.de>

DOI 10.5073/jki.2019.009
Juli/July 2019