



FCI
FONDS DER
CHEMISCHEN
INDUSTRIE

Industrieverband

Agrar



Themengebiet: Schule, Ausbildung, Bildung

Informationsserie Pflanzenschutz Die Pflanzen schützen, den Menschen nützen



„Man weiß gar nicht mehr, was man überhaupt noch essen darf.“ Ein häufig gehörter Satz, der veranschaulicht, wie tief die Verunsicherung vieler Menschen in Fragen der Ernährung sitzt. Regelmäßige Schlagzeilen über vielfältige Belastungen unserer Nahrungsmittel verstärken diese Sorgen. So wird auch der chemische Pflanzenschutz in der Öffentlichkeit vor allem als Risiko wahrgenommen. Der Nutzen ist viel weniger bewusst. Dabei ist es erst mit einer modernen Landwirtschaft, die ohne Pflanzenschutz nicht auskommt, möglich geworden, das ganze Jahr hindurch ausreichend gesunde Nahrungsmittel in der Menge und der Qualität bereitzustellen, die für uns selbstverständlich sind.

Diente die Landwirtschaft in ihren Anfängen noch überwiegend der Selbstversorgung der bäuerlichen Familie, ernährt heute ein Landwirt in den Industrienationen etwa 130 Menschen. Moderne Anbaumethoden, ertragreiche Sorten, bedarfsgerechte Düngung und wirksamer Pflanzenschutz machten diese Produktivitätssteigerung möglich.

Trotzdem stehen Landwirte in aller Welt in den kommenden Jahrzehnten vor einem Dilemma. Die Weltbevölkerung wächst weiter, und dadurch schrumpft die pro Kopf verfügbare Ackerfläche. Mehr Menschen ausreichend zu versorgen und dabei auch die Zahl der heute noch Hungernden zu vermindern, ist eine der größten Herausforderungen unserer Zeit.

Ihr begegnet die moderne Landwirtschaft nicht nur mit Pflanzenschutz und Düngung. Im Integrierten Pflanzenbau werden an den Standort angepasste, widerstandsfähige Sorten angebaut, nützliche Insekten eingesetzt und Konkurrenzpflanzen mechanisch bekämpft. Erst wenn ackerbauliche Maßnahmen und physikalische und biologische Verfahren keinen ausreichenden Schutz vor Schaderregern bieten, werden gezielt chemische Mittel eingesetzt.

Mit der vorliegenden Informationsserie „Pflanzenschutz“ geben wir einen Überblick: von den mühsamen Anfängen des Ackerbaus und den vielfältigen Bedrohungen durch Schadorganismen bis hin zum Forschungs- und Entwicklungsaufwand, der erforderlich ist,

bevor ein neues Pflanzenschutzmittel zugelassen wird.

Rund zehn Jahre vergehen von der Entdeckung einer neuen Substanz, die sich für den Pflanzenschutz eignet, bis zum verkaufsfertigen Produkt. Die forschenden Unternehmen führen während der Entwicklung eines Mittels über 100 verschiedene, zum Teil mehrjährige Studien durch, die den Behörden zur Bewertung vorgelegt werden. Pflanzenschutzmittel zählen somit zu den am besten untersuchten Chemikalien; sie werden in der Landwirtschaft immer nur für streng definierte Anwendungen zugelassen.

Der Gesetzgeber hat die Höchstgehalte für Rückstände von Pflanzenschutzmitteln in Lebensmitteln und im Trinkwasser exakt festgesetzt. Der Grenzwert im Trinkwasser liegt in der Europäischen Union bei 0,1 Mikrogramm pro Liter. Das Verhältnis ist also eins zu zehn Millionen. Das entspricht in etwa einer Prise Salz (1/4 Gramm) in einem Olympia-Schwimmbecken, das 500 000 Liter Wasser fasst. Rückstände innerhalb dieser Grenzen sind gesundheitlich völlig unbedenklich und auch eine geringfügige Überschreitung der Grenzwerte stellt noch lange kein Gesundheitsrisiko dar.

Die vorliegende Informationsserie, die in Zusammenarbeit mit dem Industrieverband Agrar e. V. (IVA) entstanden ist, wird, ebenso wie die anderen Unterrichtsmaterialien des Fonds der Chemischen Industrie, Schulen kostenlos zur Verfügung gestellt und steht auch unter <http://fonds.vci.de/> zum Download bereit. Dem Textheft beigelegt ist eine CD-ROM, die Vorschläge für Experimente und Arbeitsblätter enthält. Zudem sind die Abbildungen des Textheftes als Powerpoint-Dateien hinterlegt.

Mit dieser Kombination aus Informationen und Praxisanwendungen möchten wir Ihnen und Ihren Schülern einen interessanten Blick hinter die Kulissen eröffnen und einen sachlichen Blick auf das Thema Pflanzenschutz und Welternährung ermöglichen.

Frankfurt am Main, im April 2011
Der Herausgeber

Arbeitsblatt	Thema	Sekundarstufe I	Sekundarstufe II
1	Flächennutzung in Deutschland	X	X
2	Landwirtschaft im Wandel der Zeit	X	X
3	Versorgungssicherheit – nicht immer selbstverständlich!	X	X
4	Leitbild Integrierter Pflanzenbau	X	X
5	Bedarfsgerechte Pflanzenernährung	X	X
6	Nährstoffe – wichtig für Pflanzengesundheit, Ertrag und Qualität	X	X
7	Kulturpflanzen und ihre Wildformen	X	X
8	Wildkräuter I: im Acker unerwünscht	X	X
9	Wildkräuter II: in der Kulturlandschaft erwünscht	X	X
10	Aus der „Trickkiste“ der Natur: Schädlinge und Nützlinge	X	X
11	Vorratsschädlinge	X	X
12	Spezielle Medizin: Herbizide, Fungizide, Insektizide	X	X
13	Biologischer Pflanzenschutz: Vorteile und Grenzen	X	X
14	Vor der Zulassung steht die Forschung	X	X
15	Chemische Pflanzenschutzmittel – Hohe Hürden für die Zulassung		X
16	Chemischer Pflanzenschutz und Lebensmittelsicherheit		X

Versuch	Thema	Sekundarstufe I	Sekundarstufe II
1	Mineralisation des Bodens	X	
2	Ammoniaksynthese	X	X
3	Bodenpufferung		X
4	Esterbildung		X
5	Hydrolyse der Stärke	X	X
6	Eisensulfat aus Eisen und Schwefelsäure	X	X
7	Untersuchungen an der Honigbiene	X	



Die Arbeitsblätter und Versuchsbeschreibungen finden Sie auf der beiliegenden CD

Inhalt

› 3	Vorwort
› 6	Methodisch-didaktischer Kommentar
› 8	1 Einleitung
› 12	2 Historische Entwicklung
	2.1 Die mühsamen Anfänge
	2.2 Erfindungen, die (Landwirtschafts-) Geschichte machten
› 20	3 Warum wir Pflanzenschutz brauchen
	3.1 Ziel: Guter Ertrag und hohe Qualität
	3.2 Unliebsame „Mitesser“
› 26	4 Leistungsfähig und umweltschonend: Leitbild Integrierter Pflanzenbau
› 27	4.1 Die Grundelemente des Integrierten Pflanzenbaus
› 36	5 Pflanzenschutzmittel: Forschung und Entwicklung, Anwendungsbereiche, Wirkmechanismen
	5.1 Pflanzenschutzforschung
	5.2 Die Entwicklung eines Pflanzenschutzmittels
› 38	5.3 Anwendungsbereiche und Wirkprinzipien von Herbiziden, Fungiziden und Insektiziden
› 40	6 Ökotoxikologie – Bewertung von Risiken für Lebewesen, Lebensgemeinschaften und die Umwelt
	6.1 Hintergrund
	6.2 Arbeitsfelder der Ökotoxikologie
› 44	7 Toxikologie und Rückstände: Prüfung zum Schutz des Verbrauchers
	7.1 Toxikologische Prüfungen zum Anwenderschutz
› 45	7.2 Rückstandsprüfung
› 52	8 Zulassung – Kein Pflanzenschutzmittel ohne behördliche Prüfung
	8.1 Wirkstoff-Zulassung auf europäischer Ebene
	8.2 Das nationale Zulassungsverfahren für Pflanzenschutzmittel
› 54	Glossar
› 56	Referenzliste
› 59	Impressum

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wurde im gesamten Heft die männliche Sprachform gewählt. Im Glossar können die im Text mit * hervorgehobenen Stichwörter nachgeschlagen werden.



Die vorliegende Informationsserie ermöglicht einen umfassenden Überblick über den gegenwärtigen Kenntnisstand zum Thema Pflanzenschutz. So wird zunächst ein Überblick über die historische Entwicklung der Landwirtschaft gegeben. Hierbei werden bereits die zentralen Informationen der Grundlagen zur Pflanzenernährung (zum Beispiel Bedeutung der Makro- und Mikronährstoffe, Düngung, aber auch Beeinträchtigung des Pflanzenwachstums durch Schädlinge) dargestellt. Auf der Basis des Leitbildes eines integrierten Landbaus erfolgt eine Standortbestimmung zum Stand der Forschung und Entwicklung von Pflanzenschutzmitteln, deren Anwendungsbereichen sowie Wirkweisen. Darüber hinaus wird in einem umfangreichen Kapitel die Bedeutung der für die Zulassung von Pflanzenschutzmitteln erforderlichen Studien zur Sicherheit von Mensch und Tier dargestellt. Auch die Diskussion über die Festsetzung gesetzlich vorgeschriebener Höchstgrenzen von Wirkstoffrückständen im Erntegut, über deren gesetzliche Kontrollen sowie über die nationalen und internationalen Verfahren für die Zulassung von Pflanzenschutzmitteln wird geführt. Die Koexistenz von

biologischem Landbau, konventioneller gentechnikfreier Landwirtschaft sowie der Landwirtschaft unter Einsatz gentechnisch veränderter Organismen wird zwar angesprochen und auch speziell in Arbeitsblatt 7 behandelt. Auf eine Risikoabschätzung oder gar eine Bewertung muss allerdings verzichtet werden, denn das würde den Rahmen dieser Informationsserie sprengen. Aufgrund der hohen gesellschaftlichen Relevanz des Themenkreises Landwirtschaft – Pflanzenschutz – Nahrungsmittel ist diese Thematik in das Schulcurriculum der weiterführenden Schulen im Bereich der Sekundarstufe I und II aufgenommen worden und hat ihren festen Platz im Bereich der Chemie, der Biologie oder der Geographie. Die multiplen und vernetzten Ebenen der globalen Problematik des Nahrungsmittelbedarfs und der Nahrungsmittelproduktion eignen sich ganz besonders für die fächerübergreifende Arbeit. Im naturwissenschaftlichen Unterricht ist aus Zeitgründen sicher eine Beschränkung auf ausgewählte Aspekte zu empfehlen.



Die fachlichen Erläuterungen werden durch 21 Grafiken inhaltlich vertieft und durch 20 Abbildungen anschaulich illustriert. Alle Abbildungen und Grafiken finden Sie auch auf der CD.

Mit Hilfe von 16 Arbeitsblättern können sich die Schüler auf verschiedenen methodischen Wegen vertiefende Einblicke in spezifische Themenbereiche rund um das Themenfeld Pflanzenschutz verschaffen. Als didaktische Methoden kommen Placemats, Internetrecherchen, Lückentexte, Grafiken und Tabellen zum Ausfüllen zur Anwendung, ebenso wie das Formulieren eigener Gedanken zu den Lerninhalten. Neben dem Lösen geleiteter Aufgabenstellungen zu den angebotenen fachlichen Informationen sollen sich die Schüler aber auch selbstständig, zum Beispiel durch geleitete Internetrecherchen (WEBOuest), informieren.

Darüber hinaus enthält die Informationsserie sechs Versuche sowie eine Anleitung zur Untersuchung der Honigbiene mit dem Binokular. Die experimentelle Erschließung des Themenkreises Pflanzenschutz ist

von der Sache her leider begrenzt, da Experimente aufgrund der Toxizität von Pflanzenschutzmitteln und der strengen gesetzlichen Vorgaben in der Schule nicht sinnvoll durchgeführt werden können und dürfen. Es wurde aber versucht, bekannte Experimente aus dem Schulcurriculum auf die Thematik als Analoga zu übertragen; so kann zum Beispiel die Hydrolyse von Pflanzenschutzmitteln durch den bekannten Versuch zur Hydrolyse von Stärke angesprochen werden. Den einzelnen Versuchen sind weiterführende Schüler-Aufgaben zugeordnet. Wie auch bei den Arbeitsblättern werden diese ergänzt durch Lösungshinweise für die Lehrer.

Zum Aufbau der Informationsserie

Verweise auf Arbeitsblätter und Versuche zu den Fachtexten finden sich in den Lehrer-Infos auf nahezu jeder Doppelseite, und die blau unterlegten Kästen „Hinweis“ bieten Ihnen Zusatzinformationen zu den Fachtexten. Sämtliche Arbeitsblätter und Versuchsvorschriften befinden sich auf der beiliegenden CD. Außerdem werden weiterführende Informationen über eine Linkliste „Weiter im Web“ angeboten.



Ohne Landwirtschaft bleiben die Supermarktregale leer

Alle wollen essen, jeden Tag und am liebsten gut und gesund. Reich gefüllte Ladenregale, eine nie gekannte Vielfalt an Lebensmitteln, Obst und Gemüse zu jeder Jahreszeit und aus allen Teilen der Welt, und das zu Preisen, die für jedermann erschwinglich sind. Ist das wirklich selbstverständlich?

Heute lebt eine größere Zahl Menschen auf der Erde als jemals zuvor, und immer mehr Menschen leben in Städten. Dieser Trend zur Urbanisierung ist ungebrochen. Weitab von landwirtschaftlicher Urproduktion scheinen die Lebensmittel aus dem Supermarkt zu kommen. Woher aber kommen sie wirklich, wie werden sie erzeugt, und was sind wesentliche Voraussetzungen für eine effiziente, nachhaltige Erzeugung?

Warum Pflanzenschutz?

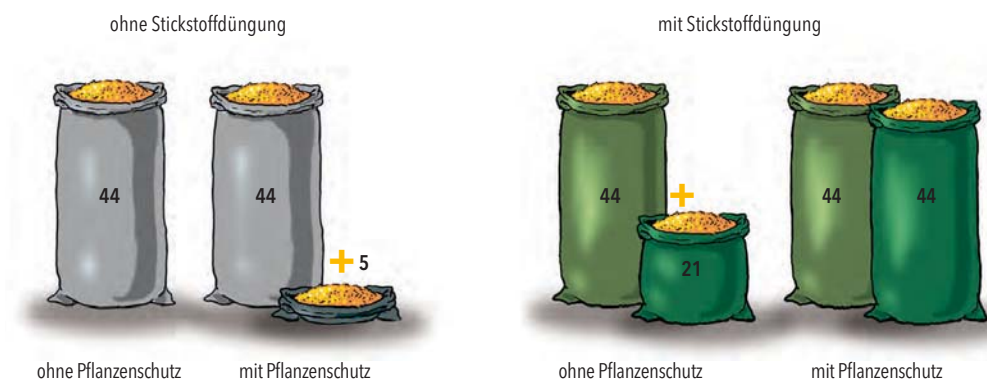
Von der Entwicklung der Landwirtschaft profitieren wir alle: Während ein Haushalt 1950 noch 37 Prozent seines Einkommens für Lebensmittel ausgab, waren es 2008 in Deutschland gerade noch elf Prozent, und das bei deutlich höherer Qualität, Auswahl und Versorgungssicherheit. Wie ist diese Entwicklung möglich gewesen, und was ist in der Landwirtschaft anders als früher?

Die heutige Landwirtschaft verfügt über leistungsfähigere Sorten mit hohem Ertragspotenzial und höheren Gehalten an wertvollen Inhaltsstoffen, sie kann die Pflanzen gezielt und bedarfsgerecht mit Nährstoffen versorgen und weitgehend vor Krankheiten, Schädlingen sowie Unkräutern* schützen. Darüber hinaus sind schlagkräftige* und schonende Ernteverfahren verfügbar. Alle diese Faktoren haben zu einer sehr viel ertragreicheren und effizienteren

GRAFIK 1

Getreideertrag bei unterschiedlicher Intensität

Beispiel Roggen, Durchschnittsertrag 1998 - 2005, Dezitonnen pro Hektar



Quelle: Deike, Pallut, Christen (2007)

Landwirtschaft beigetragen, die auf der vorhandenen Fläche viel mehr – und in besserer Qualität – ernten kann als früher.

Experten gehen aber auch heute noch davon aus, dass weltweit über 40 Prozent der Ernten durch Schädlinge, Unkrautkonkurrenz und Pflanzenkrankheiten verloren gehen. Dieser Prozentsatz ist in den industrialisierten Ländern niedriger, in den Ländern der Dritten Welt dagegen zum Teil deutlich höher. Rund 600 Millionen Hektar Land – dreimal so groß wie die landwirtschaftliche Anbaufläche der USA – würden insgesamt benötigt, um diese Ernteverluste zu kompensieren. Gäbe es keinen chemischen Pflanzenschutz, dann würden diese Verluste weltweit bei bis zu 70 Prozent der theoretisch erzielbaren Erntemengen liegen (GOMMES, 1999). Das würde sich auf unsere heute so sichere Versorgung deutlich auswirken.

HINWEIS

Beispiel Weizen:

Der durchschnittliche Weizenverbrauch pro Kopf der Weltbevölkerung lag Ende der 1990er-Jahre laut FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2002) bei rund 317 Kilogramm pro Jahr (menschlicher Verzehr und Tierfutter).

OERKE et al. (1994) berechneten ein weltweites theoretisches Produktionspotenzial von 830,7 Millionen Tonnen Weizen. Bei einem vollständigen Verzicht auf Pflanzenschutz hätten Ende des letzten Jahrtausends nach diesen Berechnungen jedoch nur 399,6 Millionen Tonnen Weizen erzeugt werden können.

Bei dem genannten Pro-Kopf-Verbrauch von 317 Kilogramm Weizen hieße das, dass der Verzicht auf Pflanzenschutz fast einem Viertel der Weltbevölkerung (1,4 Milliarden Menschen) die Nahrungsgrundlage entziehen würde.



Neue Herausforderungen

2 100 Quadratmeter Land, etwa ein Viertel eines Fußballfeldes: So viel Ackerfläche steht aktuell für jeden Erdenbürger im Durchschnitt zur Verfügung. Das muss reichen, um genug Obst und Gemüse, Getreide, Reis und Kartoffeln, Futter für Rinder, Schweine und Hühner, die Trauben für das Gläschen Wein, aber auch Baumwolle für Hemden, Hosen und Socken und neuerdings sogar Treibstoff für den Autotank zu erzeugen.

Und die Weltbevölkerung wächst weiter: Bis zum Jahr 2050 werden 9,1 Milliarden Menschen auf unserem Planeten leben und damit 2,3 Milliarden mehr als heute. Die Anbaufläche wächst allerdings nicht mit. Im Gegenteil: 2050 bleiben pro Kopf gerade noch etwa 1 800 Quadratmeter Ackerland für jeden übrig. Auf einer schrumpfenden Fläche muss eine ausreichende und ausgewogene Versorgung sichergestellt werden. Trotz dieses Rückgangs an pro Kopf verfügbarer Ackerfläche mehr Menschen ausreichend zu versorgen, und dabei auch die Zahl der heute noch Hungernden zu vermindern, ist eine der größten Herausforderungen unserer Zeit.

LEHRER-INFO

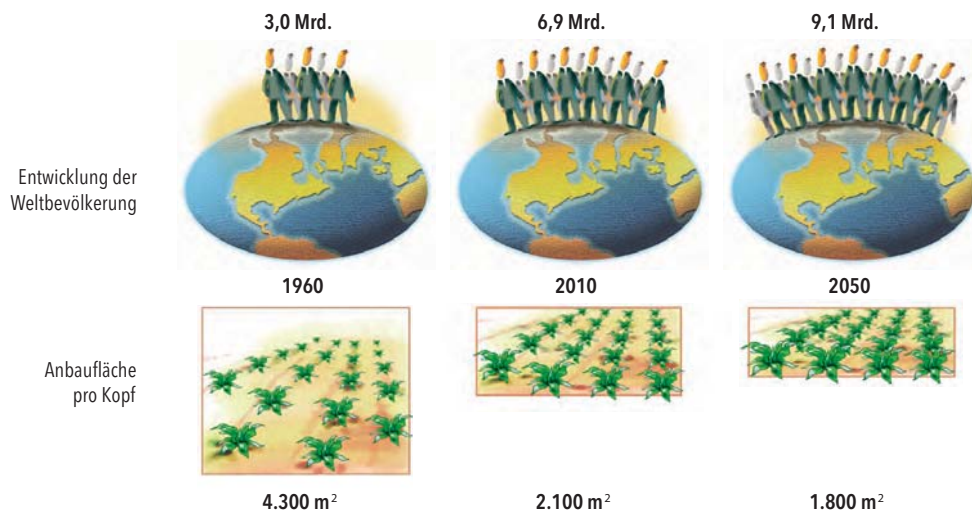
Landwirtschaft im Wandel der Zeit: Flächennutzung und die Entwicklung der Weltbevölkerung

Arbeitsblätter 1 und 2



Begrenzte Fläche - wachsende Bevölkerung

Ackerfläche weltweit 1,5 Mrd. ha



Quelle: FAO



2.1 Die mühsamen Anfänge

Erste Anfänge einer gezielten „Landbewirtschaftung“ zum Anbau von Nahrungspflanzen sind aus China ab ungefähr 9500 vor Christus, aus dem Nahen Osten etwa ab 8000 vor Christus und aus Europa erst einige tausend Jahre später bekannt. Zu den vielen kleinen Entwicklungsschritten zählten zunächst die Auswahl und später auch die Zucht von Kulturpflanzen aus Wildpflanzen. So haben zum Beispiel die Indios Lateinamerikas schon vor 5 000 Jahren die Sonnenblume planmäßig angebaut und vermutlich bereits züchterisch verbessert. Ein wirklicher Meilenstein für die Entwicklung in Europa war die Einführung der Dreifelderwirtschaft, beschrieben in der Verordnung Capitulare de villis vel curtis imperii im Auftrag Karls des Großen etwa 812 nach Christus.

Bis zu dieser Zeit wurden die Äcker durch langjährigen Nährstoffzug oft ausgelaugt und unfruchtbar. Die Bauern überließen sie dann der Natur und nahmen das nächste Stück Land unter den Pflug. Erst als neue Flächen knapp wurden, begannen die Menschen, mit der Ressource Boden bewusster umzugehen: Jedes Jahr blieb ein anderes Feld brach liegen (Dreifelderwirtschaft). Später säte man Klee auf diese Brachflächen und verbesserte so die Stickstoffversorgung. Zusätzlich wurden Wirtschaftsdünger, also Jauche und Mist, ausgebracht. Das ist auch heute noch sinnvoll, aber für eine optimale Versorgung von Boden und Pflanzen nicht ausreichend.

Makro- und Mikronährstoffe

Höhere Pflanzen brauchen für eine ungestörte Entwicklung 14 Mineralstoffe. Neben den Hauptnährstoffen („Makronährstoffen“) Stickstoff, Phosphor, Kali, Magnesium, Schwefel und Calcium gehören dazu die sogenannten „Mikronährstoffe“ wie etwa Bor, Mangan oder Zink. Die Pflanzen nehmen die Nährstoffe in gelöster Form als Ionen über die Wurzeln auf. Da die natürlichen Vorkommen im Boden für dauerhaft hohe Erträge nicht ausreichen, ist eine Zufuhr als Dünger unverzichtbar.

Für die Pflanzen spielt es dabei grundsätzlich keine Rolle, ob diese Zufuhr über Mineraldünger oder Wirtschaftsdünger (wie etwa Mist oder Gülle) erfolgt. Entscheidend ist das genaue Maß („bedarfsgerecht düngen“) und eine ausreichende Pflanzenverfügbarkeit: Bei Nährstoffmangel oder zu geringer Verfügbarkeit – etwa weil die Nährstoffe noch in organischer Form im Stallmist festgelegt sind und erst von den Mikroorganismen im Boden freigesetzt („mineralisiert“) werden müssen – sinken Ertrag und Qualität. Bei einem Überangebot können dagegen Ertrag und Qualität beeinträchtigt und die Umwelt belastet werden.

2.2 Erfindungen, die (Landwirtschafts-) Geschichte machten

Die Grundlagen von Pflanzenernährung und Düngung

Erste Grundlagen einer wissenschaftlich begründeten Pflanzenernährung wurden durch Philipp-Carl Sprengel

ABBILDUNG 1

Erdbeere mit Eisenmangel



Gesunde Erdbeere



(1787–1859) gelegt. Er konnte nachweisen, dass die düngende Wirkung des Humus vornehmlich auf die in ihm enthaltenen Nährstoffe zurückzuführen ist.

Justus von Liebig revolutionierte zwischen 1840 und 1842 mit seinem Werk über die Agrikulturchemie den Pflanzenbau. Er hatte erkannt, dass sich Pflanzen von Mineralstoffen ernähren, die sie aus dem Boden aufnehmen. Liebig fasste die Ergebnisse seiner langjährigen Forschungen auf dem Gebiet der Pflanzenernährung mit dem schlichten Satz zusammen: „Als Prinzip des Ackerbaus muss angesehen werden, dass der Boden in vollem Maße wieder erhalten muss, was ihm genommen wurde.“ Liebig erkannte auch, dass es anorganische Stoffe sind, die in den Boden zurückgeführt werden müssen. Erst die gezielte Pflanzenernährung erlaubte es, die Agrarproduktion in Deutschland zwischen 1873 und 1913 um 90 Prozent zu steigern und damit die Ernährung einer Gesellschaft zu sichern, die in die arbeitsteiligen Strukturen des Industriezeitalters aufbrach. Es war eine bahnbrechende Entdeckung, als Forscher im 19. Jahrhundert mit Hilfe intensiver chemischer Untersuchungen und

praktischer Versuche herausfanden, wie das Wachstum der Pflanzen beeinflusst werden kann. Außerdem konnten sie die wachstumsfördernde Wirkung von Stickstoff, Phosphaten und Kalium nachweisen.

Kalium und Phosphat werden nach wie vor in natürlichen Lagerstätten abgebaut. Stickstoffdünger werden aus Luftstickstoff hergestellt. Dieser wird mit Hilfe des Haber-Bosch-Verfahrens in Ammoniak (NH_3) überführt, dem wichtigsten Ausgangsstoff der Stickstoffdüngerproduktion. Der Begriff „Mineraldünger“ ist deshalb eine zutreffendere Bezeichnung für diese elementaren Bausteine des modernen Ackerbaus als der irreführende Begriff „Kunstdünger“.

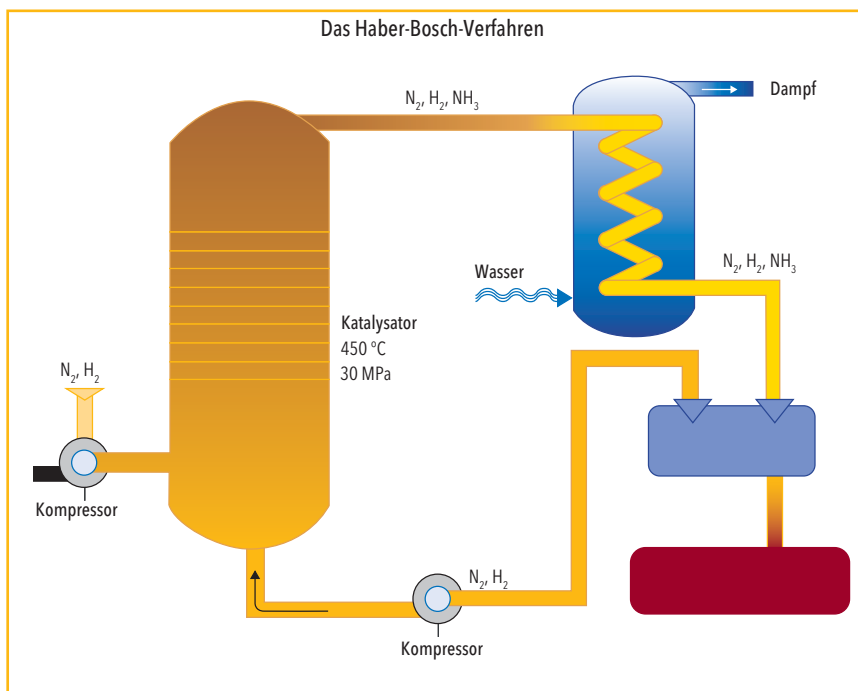
LEHRER-INFO

Bedarfsgerechte Pflanzenernährung, Minimum- und Optimierungsgesetz, Funktion der einzelnen Makronährstoffe

Arbeitsblätter 5 und 6
Versuche 1, 2 und 3

GRAFIK 3

Haber-Bosch-Verfahren



HINWEIS

Das Haber-Bosch-Verfahren dient zur Herstellung von Ammoniak und ist nach den deutschen Chemikern Fritz Haber (1868–1934) und Carl Bosch (1874–1940) benannt.

Mit dem von ihnen entwickelten Verfahren ist es möglich, den in der Luft enthaltenen Stickstoff (Anteil: rund 78 Prozent) mithilfe von Wasserstoff (wird heute in der Regel aus Erdgas gewonnen) und einem Katalysator (ein Stoff, der eine Reaktion schneller ablaufen lässt, ohne dabei selbst verbraucht zu werden) zu Ammoniak umzuwandeln. In dieser Form kann der Stickstoff unmittelbar als Dünger verwendet bzw. gelagert oder weiterverarbeitet werden.

Heute werden in großtechnischen Anlagen rund 100 Millionen Tonnen Ammoniak pro Jahr erzeugt. Die synthetisch hergestellten Dünger sind neben Züchtung und Pflanzenschutz unverzichtbare Voraussetzungen für die Leistungs- und Ertragsfähigkeit der heutigen Landwirtschaft.

Sicherer Pflanzenschutz – eine große Errungenschaft
 Pflanzenkrankheiten haben über die Jahrhunderte hinweg allen Anbauformen zugesetzt. Der Befall durch Pilze und Insekten oder die immerwährende Konkurrenz durch Unkräuter um Nährstoffe, Licht, Wasser und Standort hatten oft verheerende Missernten und Hunger zur Folge. Die Geschichtsschreibung kennt deshalb „Kämpfe“ gegen Schaderreger, die den Bauern seit Jahrtausenden das Leben schwer machen. So berichtet schon die Bibel über Heuschreckenplagen. Ein einziger Schwarm, der aus vielen Milliarden Individuen bestehen kann, verschlingt pro Tag bis zu einer Million Tonnen Grünpflanzen. Im Jahr 1542 vernichteten Heuschrecken beispielsweise die Ernte in Schlesien und lösten damit eine große Hungersnot aus. Während sich in Afrika die letzte größere Heuschreckenplage im Jahr 1988 ereignete, wurde aus China noch im Sommer 2008 über eine folgenschwere Heuschreckeninvasion berichtet (ANONYM, 2008).

Ein winziger Pilz mit dem wissenschaftlichen Namen *Phytophthora infestans* vernichtete im 19. Jahrhundert die Kartoffelernte ganzer Anbauregionen. Wo immer die als Kartoffelpest bezeichnete Kraut- und Knollenfäule auftrat, hinterließ sie bräunlich-schwarze, ungenießbare Kartoffeln. In Irland folgten 1846–1849 mehrere durch die Kraut- und Knollenfäule verursachte Missernten aufeinander. Der weitgehende Ausfall der Ernte zog eine

Hungerkatastrophe nach sich, in deren Folge über eine Million Menschen starben. Mehr als eineinhalb Millionen Iren verließen ihre Heimat und wanderten – zumeist nach Amerika – aus. In Deutschland verhungerten noch im Jahr 1917 wegen der letzten großen „Kartoffelpest-Epidemie“ rund 700 000 Menschen, weil die Ernte fast vollständig zerstört wurde (ANONYM, 2003).

LEHRER-INFO

Versorgungssicherheit – nicht immer selbstverständlich

Arbeitsblatt 3

Auch der Weinbau in Deutschland wäre um 1870 beinahe zum Erliegen gekommen, da sich ein kleines Insekt, das 1860 aus den USA zuerst nach Frankreich eingeschleppt worden war, schnell in Europa verbreitet hatte: die Reblaus (lat. *Viteus vitifolii* beziehungsweise *Phylloxera vastatrix*). Dieser Schädling saugte an den Wurzeln der Weinstöcke und verursachte ein ruinöses Rebensterben. Erst als der komplizierte Lebenskreislauf der Reblaus erforscht war, konnte eine wirkungsvolle biologische Bekämpfung etabliert werden. Indem die europäischen Rebsorten, die gegen die Wurzellaus empfindlich sind, auf resistente amerikanische Rebsorten aufgepfropft wurden, konnte der deutsche (und europäische) Weinanbau gerettet werden. Noch heute bestehen alle europäischen Rebsorten aus zwei

ABBILDUNG 2

Phytophthora infestans an Kartoffeln



verschiedenen Pflanzenteilen: der amerikanischen Unterlagsrebe und der europäischen Veredelungsrebe.

ABBILDUNG 3

Rebläuse



Angesichts der ständigen Bedrohung ihrer Ernten versuchten die Bauern schon sehr früh, Ernte- und Vorratsverluste im Rahmen ihrer Möglichkeiten so gering wie möglich zu halten. Sie setzten anorganische Verbindungen und Naturstoffe ein. Bereits im Altertum war beispielsweise die pilzabtötende (fungizide) Wirkung des Schwefels bekannt. Getreidekrankheiten versuchte man zu bekämpfen, indem man die Getreidekörner vor der Saat in Rotwein oder in Pressrückstände von Oliven tauchte. Noch bis zum Ausgang des 19. Jahrhunderts behalf man sich mit Mixturen wie seifiger Petroleumemulsion, Blei- und Kalkarsen, Schwefel- oder Kupferkalkbrühe. Bis 1935 standen im Weinbau zum Beispiel nur hochgiftige Arsenpräparate für die Bekämpfung von Schädlingen zur Verfügung.

Im Jahr 1935 wurde das erste arsenfreie Insektenbekämpfungsmittel (Insektizid) auf den Markt gebracht. Die Entdeckung dieser Stoffgruppe leitete eine neue Epoche in der Schädlingsbekämpfung ein.

HINWEIS

Meilensteine auf dem Weg zum modernen Pflanzenschutz:

- ◉ **Johann Rudolph Glauber**, deutscher Chemiker, 1604–1670: Erste Beizversuche* mit Natriumsulfat und Alkohol an Getreide; Entwicklung von Mitteln zur Bodenentseuchung und zum Schutz junger Bäume gegen Wildverbiss.
- ◉ **Carl von Linné**, schwedischer Forscher und Arzt, 1707–1778: Erstellte eine systematische Ordnung der Pflanzenwelt, auf der im Laufe der Zeit auch die Systematik der unterschiedlichen Erreger von Pflanzenkrankheiten aufbaute.
- ◉ **Mathieu Tillet**, französischer Forscher, 1714–1791: Nachweis, dass Weizensteinbrand durch die Infektion der Weizenkörner mit einem Pilz entsteht. Erkenntnis, dass diese Pilzkrankheit verhindert oder wenigstens vermindert werden kann, wenn man die Körner mit Lauge, mit Ablöschwasser des Branntkalks oder mit Harn beizt. Beginn einer wissenschaftlichen Pflanzenmedizin oder Phytopathologie.
- ◉ **Julius Kühn**, Landwirt und Agrarwissenschaftler, 1825–1910: Entdeckte die Ursachen für das Auftreten verschiedener Pflanzenkrankheiten, gilt als Begründer der modernen Phytopathologie in Deutschland. Forschung an Brandrost von Getreide, Pilzkrankungen von Raps und an Maisbeulenbrand. Nachweis, dass die sogenannte „Rübenmüdigkeit“ auf den Befall mit Fadenwürmern (Nematoden) zurückzuführen ist. Entwicklung der „Fangpflanzenmethode“* und der bis heute gültigen Empfehlung, Zuckerrüben auf der gleichen Fläche nur alle drei bis fünf Jahre anzubauen.
- ◉ **Anton de Bary**, deutscher Arzt und Botaniker, 1831–1888: Nachweis, dass Pilze die Infektion in der Pflanze auslösen. Erforschung der Kraut- und Knollenfäule (Erkennung, Ursache, Bekämpfung). Ebenso Forschung auf dem Gebiet der Schadpilze im Weinbau.
- ◉ Der amerikanische Bakteriologe **Erwin F. Smith** (1854–1927) führte eine Gurkenwelke auf *Bacillus tracheiphilus* zurück und identifizierte *Bacillus solanacearum* als Erreger einer Tomaten-Kartoffelbakteriose.
- ◉ **Dimitri Iwanowski** (1864–1920, Russland)/**M.W. Beijerinck** (1851–1931, Niederlande): Identifikation von Pflanzenviren durch Filtrierung des Saftes erkrankter Tabakblätter und mittels Diffusion durch Agar-Agar*. Die Jahre 1892 und 1898 markieren den Beginn der Virusforschung.
- ◉ **Gustav Gassner**, Botaniker und Phytopathologe, 1881–1955: Arbeiten zur Epidemiologie* und Biologie der Brand- und Rostkrankheiten des Getreides, Beschreibung von Resistenzmechanismen gegen Rostpilze, Untersuchungen zur Wärmebehandlung von Saatgut zur Bekämpfung pilzlicher Schaderreger.

Spezifische Pflanzenschutzmittel für unterschiedliche Anwendungsbereiche

Der mitunter für Pflanzenschutzmittel verwendete Begriff Pestizide basiert auf dem Wort „pesticides“, das sich von dem englischen Begriff „pest“ (= Schädling) ableitet. Nach ihrem jeweiligen Anwendungsbereich werden vor allem folgende Pflanzenschutzmittel unterschieden: Herbizide gegen Unkräuter, Fungizide gegen Schadpilze und Insektizide gegen Schadorganismen.

HINWEIS

Neben den vorgenannten Herbiziden, Fungiziden und Insektiziden gibt es noch eine ganze Reihe weiterer Gruppen von spezifisch wirksamen Pflanzenschutzmitteln:

Pflanzenschutzmittel	Schädling
Akarizide	Milben
Aphizide	Blattläuse
Nematizide	Nematoden
Molluskizide	Schnecken
Rodentizide	Nagetiere
Locustizide	Heuschrecken

Auch in „Haus und Hof“ nicht sicher: Vorratsschutz

Im Alltag der industrialisierten Länder kommen wir nicht mehr so häufig mit Vorratsschädlingen in Berührung; Lagertechnik, Hygiene, Konservierungsverfahren sowie Strategien und Mittel zum Vorratsschutz haben das Schmarotzen unliebsamer „Tischgenossen“ im Vergleich zu früher deutlich vermindert. Weltweit schätzt die Welternährungsorganisation FAO die jährlichen Verluste zum Beispiel der gesamten Getreideernte durch Vorratsschädlinge dagegen auf 10 bis 20 Prozent, davon 80 Prozent durch Insekten, 10 Prozent durch Vögel und Nagetiere wie Ratten und Mäuse sowie 10 Prozent durch Pilze. Die FAO geht davon aus, dass dieser Prozentsatz gerade in den vom Hunger geplagten Ländern bedeutend höher liegt. Sie schätzt den Gesamtverlust durch Vorratsschädlinge dort auf über 30 Prozent (IVA, 2000).



Der Verderb von Vorräten, wie zum Beispiel eingelagerten Kartoffeln, durch Schimmel- und Fäulnispilze in den Wintermonaten gehörte auch in Europa in der Vergangenheit zum Alltag. Die Konservierung durch Einsäuern – etwa bei der Verarbeitung von Weißkohl zu Sauerkraut – war eine Strategie der Menschen, um Lebensmittel über Monate haltbar zu machen. Auch das Einkochen von Obst mit Zucker half, die Früchte des Sommers beispielsweise als Marmelade für die Wintermonate zu konservieren.

Was für unsere Vorfahren im Winter zum Alltag gehörte – der Schimmel auf Lebensmitteln –, ist auch heute noch bekannt. Allerdings können wir uns heute erlauben, ein angeschimmelttes Brot gleich ganz wegzuzwerfen, während früher bestenfalls die verschimmelte Ecke abgeschnitten, der Rest aber gegessen wurde. Denn: Genug zu essen gab es oft nicht, und kaum jemand konnte es sich leisten, von dem knappen Vorrat etwas wegzuzwerfen.

ABBILDUNG 4

Speisebohnenkäfer



ABBILDUNG 5

Kornkäfer

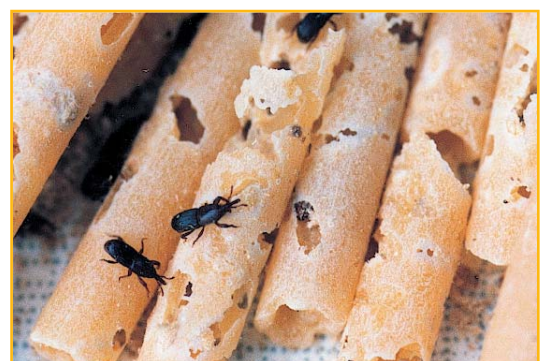


ABBILDUNG 6

Sauerkirsche und Vogelkirsche



Die eingeschränkten Lager- und Schutzmöglichkeiten führten aber insbesondere auch dazu, dass Mäuse und Ratten, Schaben, Käfer, Motten und Milben sich an den eingelagerten Vorräten gütlich taten. Dabei entstanden nicht nur die Verluste durch den Fraß selbst, sondern auch höchst unappetitliche Verunreinigungen durch den Kot, durch Gespinste oder Sekrete der Schädlinge. Insbesondere Ratten, deren Rolle als Überträger von Krankheiten wie der Pest im Mittelalter bekannt ist, waren deshalb gefürchtete „Gäste“.

LEHRER-INFO

Verluste durch Vorratsschädlinge

Arbeitsblatt 11
Versuch 4

Pflanzenzüchtung – natürliche Potenziale ausbauen
Züchterische Auslese und die Einführung gebietsfremder Arten haben sich auf das Erscheinungsbild und das Ertragspotenzial der Pflanzen ausgewirkt. Vergleicht

ABBILDUNG 7

Einkorn und Hochgetreide (Weizen)



man beispielsweise eine wild wachsende Vogelkirsche mit den großen Kirschen im Supermarkt, dann wird der Unterschied zwischen Wild- und Kulturfrucht sehr deutlich: Das Größte an der Vogelkirsche ist ihr Stein.

Auch vom Einkorn, das ursprünglich aus Vorderasien stammt, zu den Getreidearten Weizen, Roggen, Hafer oder Gerste war es ein langer Weg. Heute können die Landwirte Hohertragsorten anbauen, die optimal an die Bedingungen der jeweiligen Standorte angepasst sind.



Das Grundnahrungsmittel Kartoffel wurde von den Spaniern im 16. Jahrhundert von den Anden Südamerikas nach Europa gebracht. Zunächst diente sie der schönen Blüten wegen als Zierpflanze in Gärten. Erst allmählich erkannte man ihren Nährwert, und die Kartoffel eroberte sich einen festen Platz auf den Speiseplänen vieler Länder.

Wildpflanzen leben in der Natur und müssen sich, so gut es geht, gegen pflanzliche Konkurrenten, Schädlinge und Krankheiten wehren, um überleben zu können. Sie sind deshalb zwar widerstandsfähig, bringen aber in der Regel keine hohen Erträge beziehungsweise nur kleine Früchte. Die züchterisch bearbeitete Kulturpflanze hingegen liefert hohe Erträge und Qualitäten, ist dafür aber weniger widerstandsfähig als die Wildpflanze und braucht deshalb die schützende Hand des Menschen.

Die Erfolge der Pflanzenzüchtung haben es bei etlichen Kulturpflanzen ermöglicht, die standortspezifischen Grenzen des Anbaus zu erweitern. So war der Maisanbau vor 50 Jahren vor allem im süddeutschen Raum möglich und üblich. Durch den Zuchtfortschritt stehen heute aber auch Maissorten zur Verfügung, die mit niedrigeren Temperaturen zurechtkommen. Sie ermöglichen, Mais erfolgreich in ganz Deutschland anzubauen.

Schwerpunkte der Pflanzenzüchtung lagen und liegen auf ertragreicheren Sorten, die widerstandsfähiger gegenüber Pilzkrankheiten sind (dadurch können Pflanzenschutzmittel eingespart werden) und höhere Gehalte an wertvollen Inhaltsstoffen wie Vitamine, Stärke, Öle oder Eiweiße enthalten. Die Steigerung der Zuckergehalte von rund acht Prozent in der Runkelrübe auf über 18 Prozent in der heutigen Zuckerrübe ist dafür nur ein Beispiel.

Gen- und biotechnologische Verfahren bieten gezielte Möglichkeiten, etwa den Gehalt einzelner Inhaltsstoffe in den Ernteprodukten zu steigern (zum Beispiel Stärkekartoffel Amflora für die industrielle Verwertung), Resistenzen gegen wichtige Krankheiten und Schaderegner in den Kulturpflanzen zu verankern oder Sorten zu züchten, die auch bei Trockenheit oder versalzten Böden noch mit Erfolg angebaut werden können. Die unter anderem in Deutschland im Vergleich zu anderen



Ländern wie etwa Nord- und Südamerika recht kontroverse Diskussion hat bislang jedoch eine Nutzung dieser Potenziale in der hiesigen Landwirtschaft verhindert.

LEHRER-INFO

Kulturpflanzen und ihre Wildformen, Selektion und Züchtung

Arbeitsblatt 7

HINWEIS

Achtung, giftig: Allein die Dosis macht's
Bevor man wusste, was dem Menschen zuträglich ist, kamen immer wieder Vergiftungen durch Nahrungsmittel vor. Durch „Versuch und Irrtum“ lernten die Menschen mit der Zeit, die genießbaren und ungenießbaren Teile der geernteten Pflanzen vor dem Verzehr zu trennen. Auch die Zubereitung und die richtige Lagerung wurden als Möglichkeiten erkannt, eine bessere Verträglichkeit zu erreichen.

Roggen wird in regenreichen Jahren häufig vom Mutterkornpilz befallen. Gerät der Pilz mit dem Getreidemehl in die Nahrung, kann der Genuss zu schweren Erkrankungen bis hin zum Tod führen. Das „Antoniusfeuer“ (lat. Ergotismus) forderte im frühen Mittelalter zahlreiche Todesopfer. Das Bild „die Versuchung des heiligen Antonius“ auf dem Isenheimer Altar in Colmar (Musée d'Unterlinden) zeigt die Folgen einer schweren

Mutterkornvergiftung; die realistisch dargestellten Symptome wie Beulen und Warzen, der aufgedunsene Leib und das von Krämpfen entstellte Gesicht sollen die Schwere göttlicher Strafe vor Augen führen.

Das Mutterkorn ist aber auch ein Beispiel für den von Paracelsus (1494–1541) aufgestellten und noch heute uneingeschränkt gültigen Lehrsatz: „Alle Dinge sind Gift und nichts ist ohne Gift, allein die Dosis macht, dass ein Ding kein Gift ist.“ Die in Mutterkorn enthaltenen Alkaloide* sind nämlich einerseits hochtoxische Substanzen, andererseits in der richtigen, niedrigen Dosis aber auch Medizin. Bereits seit Ende des 16. Jahrhunderts wurden Mutterkornalkaloide als Wehenmittel und zur Erhöhung des Blutdrucks angewendet. Heute kommen die medizinisch wirksamen Inhaltsstoffe des Mutterkorns vor allem erfolgreich gegen Migräne zum Einsatz.

ABBILDUNG 8

Isenheimer Altar



Mutterkorn an Getreide



3.1 Ziel: Guter Ertrag und hohe Qualität

Der Erfolg unserer Landwirte hängt ganz wesentlich davon ab, wie sicher sie Schädlinge, Krankheiten und Unkräuter von den Kulturpflanzen fernhalten können. Dazu standen vor der Einführung des chemischen Pflanzenschutzes kaum wirksame Methoden zur Verfügung. Das ist heute anders – und den Erkenntnissen der Agrarforschung zu verdanken: Moderne Anbaumethoden, bedarfsgerechte Düngung und wirksamer Pflanzenschutz haben die Erzeuger in dem Wettlauf „Storch gegen Pflug“* deutlich gestärkt. Allein in Europa bedrohen rund 240 Schadorganismen die wirtschaftlich bedeutenden Kulturpflanzen, und ständig kommen neue hinzu.

3.2 Unliebsame „Mitesser“

Welchen Bedrohungen durch Schädlinge, Pilze und konkurrierende Wildpflanzen sind unsere heimischen und die exotischen Kulturpflanzen ausgesetzt? Ein Blick in das „Waffenarsenal“ der Natur:

Getreide

Die Getreidearten Weizen, Gerste, Roggen und Hafer werden nicht nur von der allgegenwärtigen Unkrautkonkurrenz, sondern auch von einer Vielzahl von Schädlingen und vor allem von Pilzkrankheiten bedroht.

Pilzkrankheiten schädigen bei den Getreidepflanzen Halme, Blätter und Ähren. Ein Pilzbefall vermindert die Assimilation, also die Umwandlung des Sonnenlichts in Pflanzeninhaltsstoffe. Manche Pilze scheiden darüber hinaus auch giftige Stoffwechselprodukte aus, die sogenannten Mykotoxine, die das Erntegut ungenießbar machen können.

„Die toxischen Wirkungen der einzelnen Mykotoxine sind sehr unterschiedlich und reichen von genotoxischen Wirkungen bis zu kanzerogenen, immunsuppressiven, hormonähnlichen oder allgemeintoxischen Effekten. Unter mitteleuropäischen Bedingungen stellt die Langzeiteinwirkung kleiner Dosen die größte Gefährdung für die menschliche Gesundheit dar; akute Intoxikationen* sind nur in seltenen Fällen zu beobachten. Zurzeit ist es nicht möglich, das Auftreten von Mykotoxinen in Lebensmitteln vollständig zu verhindern.“

Bedeutende Pilzkrankheiten

○ Fusariosen: Fusarien sind eine Gattung der Schimmelpilze, die meist in pflanzlichem Gewebe wachsen. Viele Arten sind parasitär und töten ihre Wirtspflanze infolge des Befalls ab. Fusariosen betreffen oft den Wurzel- oder Stängelbereich der Pflanze und produzieren zum Teil wirkungsvolle Gifte (Fusarium-Toxine). Eine Kontamination im Prozentbereich (zum Beispiel bei Futtergetreide) kann für Tiere bereits tödlich sein.

○ Halmbruchkrankheit: Dieser Pilz dringt in Bodennähe in die Halme ein und zerstört die Halmwände, sodass die Getreidepflanzen umknicken (Halmbruch). Landwirte sagen dann: „Das Getreide lagert.“ In der Folge ist eine normale Ähren- und Kornausbildung nicht mehr möglich, die Ähren trocknen nicht vollständig und häufig keimen die Körner bereits in der Ähre. Das erschwert und schmälert die Ernte.



○ Schwarzbeinigkeit: Sie mindert das Wachstum und führt zum vorzeitigen Absterben der Pflanzen nach der Blüte. Körner werden nicht mehr ausgebildet.

○ Mehltau: Er befällt Blätter, Halme und Ähren. Bei starkem Befall und ohne Bekämpfungsmaßnahmen können nur kleine Getreidekörner geerntet werden („Kümmerkorn“).



○ Gelbrost: Dieser Pilzbefall zerstört die assimilationsfähige Blattmasse und verhindert so eine vollständige Kornausbildung.

⬡ Braunspezigkeit: Sie wird durch einen Pilz hervorgerufen, der die Körner der befallenen Ähren verkümmern lässt.



⬡ Feldmaus: Sie benagt gern junge Weizenpflanzen und abgeknickte Getreideähren.



⬡ Weizensteinbrand: Ein Schadpilz, der im Korn nicht Stärke (das spätere Mehl), sondern Brandsporen (Zellen zur ungeschlechtlichen Vermehrung des Pilzes) entstehen lässt.

Konkurrenten

Wildkräuter und Wildgräser konkurrieren mit den Nutzpflanzen um Sonnenlicht, Nährstoffe, Wasser und Standortraum. Darüber hinaus können sie die Abreife (Übergang in die Keimruhe) und Ernte erschweren und mit ihren Samen das Erntegut verunreinigen.

Tierische Schädlinge

⬡ Drahtwurm: Als Bodenschädling frisst er Wurzeln und die Halmbasis keimender Pflanzen. Die angefressenen Pflanzen sterben ab.



⬡ Ackerfuchsschwanz: Ein typischer Konkurrent in Getreidebeständen. Lässt man ihn gewähren, überwuchert er die Getreidepflanzen, nimmt ihnen Licht und reduziert den Ertrag.

⬡ Blattläuse: Sie entziehen der Pflanze ausgerechnet in der Zeit wichtige Nährstoffe, in der sie die Körner in der Ähre bildet. Der Ertrag wird so vermindert. Zudem sind Blattläuse Überträger von Viruserkrankungen.

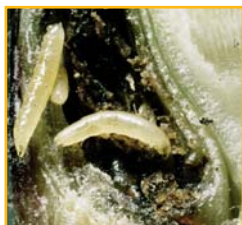


Durch die von den Blattläusen verursachten Verletzungen können außerdem sogenannte Sekundärerreger in die Pflanzen eindringen.

⬡ Klettenlabkraut: Dieses Kraut rankt an den Getreidepflanzen hoch und zieht sie schließlich kraft seiner großen Pflanzenmasse langsam zu Boden. Kommt anhaltend feuchtes Wetter dazu, keimen die Körner in den Ähren. Dann sind sie unbrauchbar. Die Ernte mit dem Mähdröschler wird durch das Klettenlabkraut massiv behindert.



⬡ Fritfliegenlarven: Sie fressen an den wachsenden Weizenpflanzen und können dadurch die Pflanzenentwicklung beeinträchtigen.



⬡ Disteln und andere Kräuter wie Vogelmiere, Ackerwinde, Ackerhellerkraut und viele weitere schädigen die Kulturpflanzen nicht direkt, konkurrieren aber mit diesen um Licht, Nährstoffe, Wasser und Standortraum und vermindern so den Ertrag und die Qualität der Erntegüter.



⬡ Weizengallmücke: Ihre Larven zerstören die Samenanlagen. Die Pflanze kann keine Getreidekörner entwickeln.





Rapsglanzkäfer



Kartoffelkäfer



Kartoffelkäfer bei der Eiablage

Schädlinge in verschiedenen Kulturen

○ Raps und der Rapsglanzkäfer
 Der Rapsglanzkäfer befällt Winter- und Sommerraps. Er überwintert als geschlechtsreifes Insekt (Imago) und fliegt im Frühjahr zu den blühenden Rapsfeldern. Dort frisst er an den noch geschlossenen Blütenknospen, um an die Pollen zu gelangen. Später legt er dort auch seine Eier ab. Während einer Vegetationsperiode wächst eine neue Käfergeneration heran.

○ Kartoffeln und der Kartoffelkäfer
 Der Kartoffelkäfer ist weitverbreitet und gefürchtet: Da seine Larven und die Käfer die Blätter der Kartoffelpflanzen bis auf die Blattrippen abfressen, kann der wirtschaftliche Schaden beträchtlich sein.

Das Weibchen legt längliche, gelbe Eier als „Eipakete“ an der Unterseite der Blätter ab. Wenige Tage später schlüpfen die jungen, gefräßigen Larven, die mehrere Entwicklungsstadien durchlaufen, bis sie erwachsen sind. Nach der Verpuppung erscheint der junge Käfer. Die gesamte Entwicklungszeit beträgt ungefähr 50–60 Tage.

Um die Mitte des 19. Jahrhunderts verbreitete sich der Kartoffelkäfer von seiner ursprünglichen Heimat Mexiko zunächst bis zur Atlantikküste der USA. Entdeckt wurde er im US-Staat Colorado; daher rührt seine englische Bezeichnung „Colorado potato beetle“. Während des ersten Weltkriegs kam er wahrscheinlich mit Truppentransportern nach Frankreich. Da er in Europa keine natürlichen Feinde hatte, breitete er sich rasch aus.

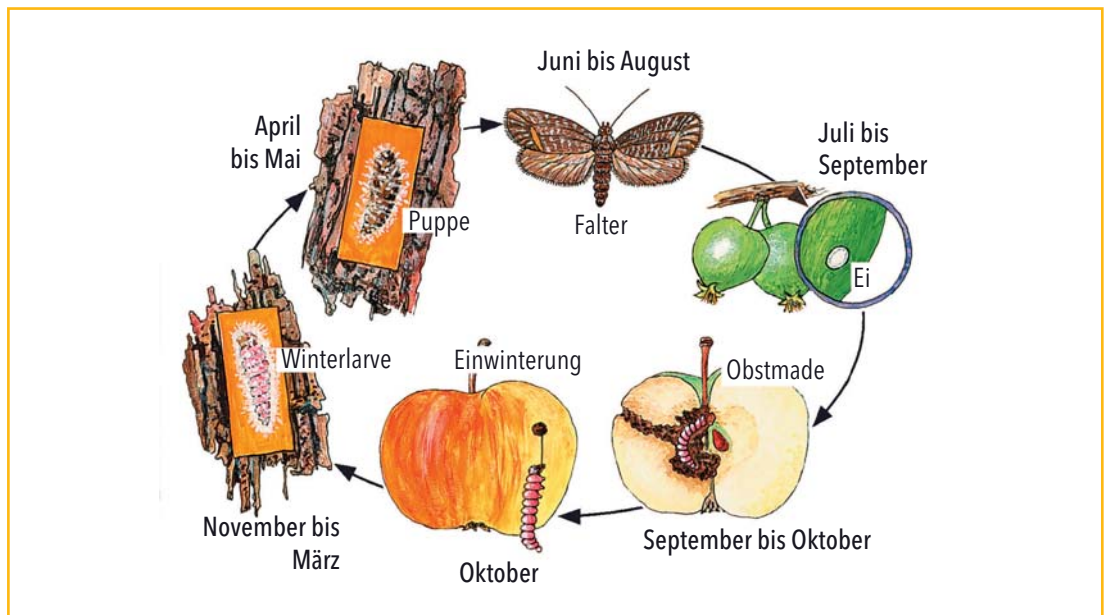
Obst- und Weinbau – von Maden und Fäulen

Spinnmilben, auch „rote Spinne“ genannt, treten oft in großen Massen auf und widersetzen sich hartnäckig der Bekämpfung. Sie können im Obst- und Weinbau gravierende Schäden an Blättern und Rinde anrichten. Im fortgeschrittenen Stadium des Befalls fallen die Blätter vorzeitig ab. Damit kann die Ausbildung der Früchte stark behindert werden.

Die Larve des Apfelwicklers finden wir gelegentlich als kleine Raupe im Apfel. Das Weibchen bohrt das Ei in den Apfel, wo die Raupe dann wohlversorgt aufwächst. Sie überwintert als Puppe, und im Frühjahr schlüpft der neue Falter.

○ GRAFIK 4

Apfelwickler-Zyklus



Der Schorf ist die wichtigste Pilzkrankung der Apfelbäume. Schwärzlich-braune Flecken (Blattschorf) an den Blättern weisen bereits frühzeitig auf den Befall hin. Der Blattschorf geht auch auf die Früchte über, die dann eine grindig-schorfige Oberfläche bekommen (Fruchtschorf). Im fortgeschrittenen Stadium platzen die Äpfel auf und verholzen unter der Befallstelle.

ABBILDUNG 9

Botrytis



Monilia ist eine Pilzkrankheit an Kern- und Steinobst. Sie tritt als Spitzendürre und als Fruchtfäule auf und befällt sowohl Zweige als auch Früchte. Infektionen an den Zweigen entstehen während der Blütezeit, da bei feuchter, nasskalter Witterung mit langer Blühdauer der Pilz durch die geöffnete Blüte bis ins Holz eindringen kann. Die Spitzendürre findet man häufig an Steinobst (Kirsche, Zwetschge, Aprikose, Pfirsich). Die Fruchtfäule zeigt sich vor allem als Polsterschimmel auf den Früchten von Apfel, Kirsche, Pflaume u. a. Kern- und Steinobst. Als weiterer Schaden kann an spät mit Monilia infizierten Früchten im Lager die Schwarzfäule auftreten.

Im Weinbau spielen Pilzkrankheiten wie Falscher und Echter Mehltau neben der Grauschimmelfäule eine Rolle. Die Grauschimmelfäule ist auch unter dem Namen Botrytis bekannt. Tritt Botrytis zu einem frühen Zeitpunkt auf, dann bleiben die faulenden Trauben

sauer und sind nicht verwertbar. Tritt Botrytis jedoch kurz vor dem Reifen und der Ernte (Lese) der Trauben auf, dann bringt sie als „Edelfäule“ zusätzliche Süße und eine Verbesserung des Weingeschmacks mit sich. Ein Beispiel dafür, dass die Grenze zwischen schädlich und nützlich manchmal eng beieinander liegt.

Gemüsebau – Kümmerwuchs und Wurzelgallen

Die Kohlhernie gilt als die am stärksten ertragsmindernde Krankheit im intensiven Kohlanbau. Sie wird von dem Erreger Plasmodiophora brassicae, einem parasitischen, bodenbürtigen (über den Boden übertragbaren) Schleimpilz, verursacht. Die Wurzeln der meisten kreuzblütigen Kulturpflanzenarten (Kohl, Raps, Senf, Rettich und andere), aber auch eine ganze Reihe von gärtnerischen Zierpflanzen aus der Familie der Kreuzblütengewächse werden befallen. Übermäßiges Wachstum der Zellen im Wurzelbereich führt zu knollenartigen Verdickungen. Diese sogenannten Gallen führen zur Beeinträchtigung bis hin zur Zerstörung der Wurzel- und Leitgefäße und damit zur Störung der Nährstoff- und Wasserversorgung (Welke der Blätter). Die Pflanze wird stark geschwächt und stirbt unter dem Einfluss von hoher Verdunstung bei höheren Temperaturen und damit verbundenem Wassermangel häufig ab.

ABBILDUNG 10

Kohlhernie



Bananen leben gefährlich

Bis in die 1960er-Jahre wurde im Wesentlichen die Sorte „Gros Michel“ für den Export produziert. Sie wurde in Monokultur angebaut, bis die Fusarium-Welke, auch Panama-Krankheit genannt, den Anbau derart erschwerte, dass kaum noch eine ertragreiche Erzeugung für den Export möglich war.

Bekämpfungsmöglichkeiten gab es nicht. „Gros Michel“ wurde deshalb durch die Sorte „Cavendish“ ersetzt. Allerdings kann auch dieser Sorte eine Pilzkrankheit sehr gefährlich werden, die „Schwarze Sigatoka“. Dieser Pilz mit dem wissenschaftlichen Namen „Mycosphaerella fijiensis“ verursacht bräunlich-schwarze Flecken auf den Blättern der Bananenstauden. Die Blätter sterben letztlich ab, und der Ertrag sinkt um mehr als die Hälfte.

Eine Besonderheit ist dabei, dass Bananen der Sorte „Cavendish“ keine Samen ausbilden (die Stauden sind „jungfernfrüchtig“); sie werden deshalb vegetativ vermehrt, das heißt durch „Ableger“, die sich genetisch nicht unterscheiden. Daher konnten bislang auch noch keine Resistenzgene anderer Sorten eingekreuzt werden. Ohne moderne effektive Behandlungsstrategien



mit verschiedenen Pilzbekämpfungsmitteln (Fungiziden), die jeweils unterschiedliche Wirkmechanismen besitzen, könnte der geschmacklich herausragenden „Cavendish“ ein ähnliches Schicksal drohen wie der „Gros Michel“. Das wäre fatal, denn eine geschmacklich vergleichbare Alternative ist bislang nicht in Sicht.

HINWEIS

Ein Blick zurück:

Nach 1945 war die Banane die erste exotische Frucht, die den Speiseplan im Nachkriegsdeutschland wesentlich bereicherte. Mit ihren Gehalten vor allem an Kalium, Phosphor, Magnesium und den Vitaminen B1, B2, B6, Niacin und Folsäure ist sie ausgesprochen gesund, insbesondere für Kinder. Bis heute hat die Banane nichts von ihrer Bedeutung eingebüßt, im Gegenteil: Sie ist die beliebteste Frucht nach dem Apfel. Im Durchschnitt verspeist jeder Deutsche immerhin mehr als 15 Kilogramm Bananen pro Jahr.

ABBILDUNG 11

Sigatoka - Blattkrankheit der Banane



Auch der Reis bleibt nicht verschont

Neben Weizen und Mais ist Reis die wohl wichtigste Kulturpflanze der Welt: Er ist für die Mehrheit der Weltbevölkerung das wichtigste Grundnahrungsmittel. Unter den Schädlingen spielen verschiedene Arten von Reisstängelbohrern eine wichtige Rolle. Sie bohren sich in die Halme ein, höhlen sie aus und spätestens bei der Ausbildung der Rispen knicken die Pflanzen ab. Bedeutende Ernteausfälle treten auch heute noch in asiatischen Anbaugebieten auf, wenn nicht konsequent bekämpft wird. Daneben sind die Reiszikaden

Reis



von Bedeutung. Diese sehr beweglichen Schädlinge können den Pflanzen mit ihren saugenden Mundwerkzeugen so viele Nährstoffe entziehen, dass die Reispflanzen keine reifefähigen Rispen mehr ausbilden können. Die wirtschaftlich bedeutendste Pflanzenkrankheit beim Reis ist der Reisbrand. Er tritt epidemieartig auf und verursacht aufgrund der damit einhergehenden Ertragseinbrüche früher häufig Hungersnöte.

LEHRER-INFO

Beispiele für wichtige Schaderreger und deren wirtschaftliche und soziale Folgen für die Menschen. Wildkräuter und Wildgräser sind Konkurrenten der Kulturpflanzen

Arbeitsblätter 8 und 10



Leitbild Integrierter Pflanzenbau

Allen Landnutzungsformen ist gemein, dass sie in offenen Systemen wirtschaften. Sie alle wirken auf Boden, Wasser und Luft sowie auf die belebte Umwelt. Unterschiedliche geografische, klimatische, soziokulturelle und zum Teil auch politische Rahmenbedingungen in den verschiedenen Erdteilen und Ländern der Welt haben in der Vergangenheit zu ganz unterschiedlichen Formen der Landwirtschaft geführt. Das Spektrum reicht von der weitgehend nur auf Selbstversorgung ausgerichteten Subsistenzwirtschaft etwa in Teilen Afrikas und Südostasiens über die großflächige, schon hoch mechanisierte Landwirtschaft z. B. im „Weizengürtel“ Nordamerikas bis hin zu den intensiven, effizienten und ertragreichen Produktionsformen Westeuropas.

Besonders in den westlichen industrialisierten Gesellschaften ist in den letzten Jahren das Bewusstsein dafür gewachsen, dass Landwirtschaft nur dauerhaft möglich ist, wenn sie umweltschonend erfolgt und die natürlichen Lebensgrundlagen erhalten werden.

Deshalb ist im deutschen Pflanzenschutzrecht zum Beispiel verankert, dass die Landwirte Pflanzenschutz nur nach den Regeln der „guten fachlichen Praxis“ betreiben dürfen.

Um Pflanzenschutzmittel sachgerecht und verantwortungsbewusst einzusetzen, muss der Landwirt

- ☐ die Verordnungen zur Durchführung von Pflanzenschutzmaßnahmen kennen und beachten (Pflanzenschutzmittelverordnung, Gewässerschutzauflagen etc.), Berater, Forschung und Arbeitskreise unterstützen ihn dabei. Pflanzenschutzmittel dürfen nur von Personen ausgebracht werden, die über einen Sachkundenachweis verfügen.
- ☐ die Pflanzenschutzmittelanwendung auf das notwendige Maß beschränken, vermeiden, dass die Mittel bei zu starkem Wind abdriften und einen Mindestabstand von Gewässern einhalten – auch die Technik ist ein wichtiger Helfer, um Pflanzenschutzmittel punktgenau und exakt dosiert auszubringen. Die Geräte müssen im zweijährigen Turnus in einer Werkstatt

auf ordnungsgemäße Funktion geprüft werden und eine gültige Prüfplakette tragen.

Eine Voraussetzung für den Erhalt der EU-Direktzahlungen an die Landwirtschaft ist zum Beispiel die Dokumentation aller Pflanzenschutzmaßnahmen (Ort, Datum der Anwendung, Mittel, Aufwandmenge).

Zur guten fachlichen Praxis gehört auch, dass die Grundsätze des Integrierten Pflanzenschutzes zu berücksichtigen sind.

4.1 Die Grundelemente des Integrierten Pflanzenbaus

Das Leitbild des Integrierten Pflanzenbaus verbindet die Ansprüche an die Wirtschaftlichkeit, den Schutz der Umwelt und die Sozialverträglichkeit im Pflanzenbau miteinander. Integrierter Pflanzenbau ist damit ein Kernelement der Integrierten Landwirtschaft, die als übergeordneter Begriff auch die Tierhaltung mit einschließt.

Ein wesentlicher Grundgedanke des Integrierten Pflanzenbaus ist der systemische Ansatz. Das bedeutet, dass der Betrieb als eine Einheit verstanden wird, in der Änderungen in einem Teilbereich meist automatisch auch zu Wirkungen in anderen Teilbereichen des Systems führen, die entsprechend berücksichtigt werden müssen. Dabei werden Verfahren so aufeinander abgestimmt, dass die Umwelt geschont und dennoch gute Erträge erzielt werden. Außerdem hat der integrierte Pflanzenbau zum Ziel, typische Landschaftselemente zu erhalten und biologische Schädlingsbekämpfung beispielsweise durch Ackerrandstreifen und Feldgehölze zu begünstigen.

LEHRER-INFO

Elemente des Integrierten Pflanzenbaus

Arbeitsblatt 4

Beispiel für Systemwirkungen:

Maßnahme: Ein Landwirt entscheidet sich, zum Schutz des Bodens vor Erosion (Bodenabtrag durch Wasser oder Wind) auf den Pflug zu verzichten. Da der Boden nun nicht gewendet wird, ist er auch nach der Bearbeitung und Saatbettbereitung noch teilweise mit Ernterückständen der Vorfrucht wie etwa Stroh bedeckt. Das verhindert nicht nur wirksam ein Loslösen kleiner Bodenteilchen durch die aufprallenden Regentropfen, sondern gerade in Hanglagen auch, dass der Boden mit dem oberflächlich ablaufenden Niederschlagswasser weggespült wird.

Konsequenzen über den Bodenschutz hinaus:

Da nun das tiefe Durchmischen und Einarbeiten der Ernterückstände unterbleibt, ändert sich auch die Verteilung der organischen Substanz und der Nährstoffe in der Ackerkrume. Wenn nicht verstärkte Kalkgaben entgegenwirken, sinkt der pH-Wert und verändert so die Verfügbarkeit einzelner Pflanzennährstoffe. Das bedeutet: Wird die Bodenbearbeitung verändert, müssen auch die Düngungsstrategien angepasst werden.

Die pflanzlichen Rückstände auf der Bodenoberfläche können die Sägeräte verstopfen. Deshalb braucht der Landwirt eine geeignete „Mulchsaattechnik“*. Da der Bodenschutz durch die Bedeckung mit organischem Material auch in der Zeit zwischen der Saat und der vollständigen Bedeckung des Bodens durch die Kulturpflanzen gewährleistet bleiben soll, kann er Ackerwildkräuter nicht mechanisch, also mit der Maschinenhacke, bekämpfen. Mit Herbiziden (chemischen Mitteln zur Bekämpfung von Unkräutern und -gräsern) können die Kulturpflanzen aber dennoch wirksam geschützt werden.

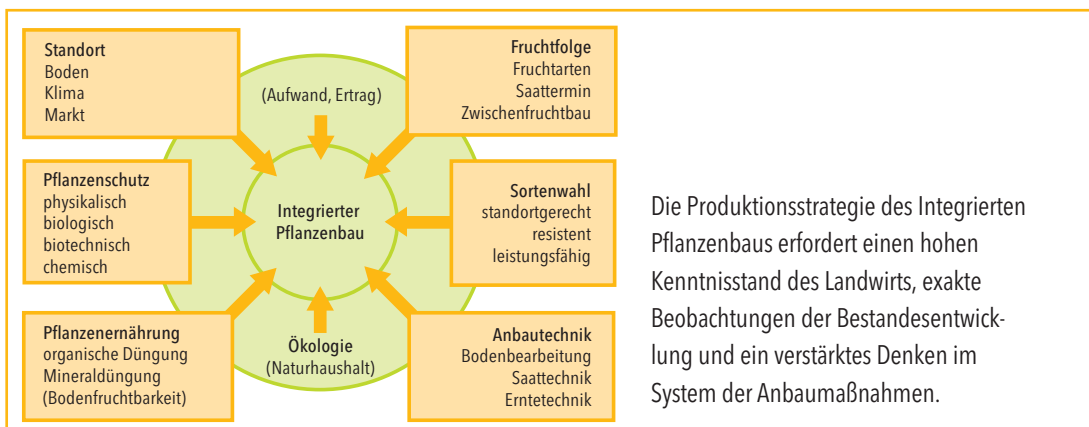
Pfluglose Bodenbearbeitung bedeutet, dass neben dem organischen Material auch daran anhaftende Krankheits- und Schaderreger sowie Unkrautsamen an der Bodenoberfläche verbleiben. Krankheits- und Unkrautdruck können dadurch in der Folgekultur höher ausfallen. Auf diese Effekte muss der Landwirt ebenfalls mit einer Anpassung seiner Fruchtfolgeplanung und Pflanzenschutzstrategien reagieren.

Das Bild vom Spinnennetz macht diese betrieblichen Zusammenhänge deutlich: Zieht man nämlich an einem der Fäden, an denen ein Spinnennetz aufgehängt ist, dann bewegt sich das gesamte Netz, und auch die anderen Fäden „geraten unter Spannung“. In dem ganzheitlich geführten Landwirtschaftsbetrieb ist das nicht anders: Änderungen in einem Bereich können nie nur isoliert und „monofaktoriell“ bewertet werden. Bleibt man bei dem Bild des Spinnennetzes, dann entsprechen die einzelnen Fäden, an denen das System aufgehängt ist, folgenden Grundelementen (Produktionsfaktoren) des Integrierten Pflanzenbaus:

- ◊ Standort (Boden, langfristiges Klima und kurzfristige Witterung),
- ◊ Sortenwahl (Ertrag, Qualität, Widerstandsfähigkeit etc.),
- ◊ Pflanzenernährung (pH-Wert, Nährstoffe und Spurenelemente),
- ◊ Fruchtfolge (Kulturpflanzenart und Sorte),
- ◊ Bodenbearbeitung (Saat, Pflege, Bodenwendung) und
- ◊ Pflanzenschutz (mechanisch, biologisch, physikalisch, chemisch).

GRAFIK 5

Integrierter Pflanzenbau



Die Produktionsstrategie des Integrierten Pflanzenbaus erfordert einen hohen Kenntnisstand des Landwirts, exakte Beobachtungen der Bestandesentwicklung und ein verstärktes Denken im System der Anbaumaßnahmen.

Standort:

Welche Kulturen mit welchen Methoden angebaut werden können, wird in erster Linie von der Bodenart und der Bodenstruktur sowie von den klimatischen Bedingungen am Standort des Betriebs bestimmt. Faktoren wie die Tiefgründigkeit eines Bodens oder die Topografie der Region, aber auch die regionalen klimatischen Gegebenheiten wie Niederschlagsmenge und -verteilung, Temperatur und Sonnenscheindauer sind weitgehend unveränderbar und geben vor, ob einzelne Kulturen angebaut werden können oder nicht.

Deshalb ist der Anbau von Wein, Obst, Hopfen, Kartoffeln und verschiedenen Gemüsearten auf bestimmte Regionen und Bodenarten konzentriert. Aber auch für alle anderen Kulturpflanzen wie Getreide, Mais, Raps und Zuckerrüben sind die jeweiligen Standortfaktoren zu beachten. Allerdings können die standortspezifischen Einschränkungen für den Anbau zum Beispiel dadurch verringert werden, dass etwa der Nährstoffmangel ärmerer Böden durch eine gezielte Düngung ausgeglichen wird.

Sortenwahl

Die Sortenwahl stellt eine der grundlegenden Entscheidungen in der Pflanzenproduktion dar. Die Sorte entscheidet nicht nur über Ertrag und Qualität des Ernteproduktes, sondern auch über Resistenzeigenschaften gegen Krankheiten und Schädlinge. Der Anbau widerstandsfähiger Kulturpflanzen ist eine wichtige vorbeugende Maßnahme im Integrierten Pflanzenschutz, denn die gezielte Sortenwahl kann dazu beitragen, die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln auf das notwendige Maß zu begrenzen.



Der Landwirt wählt geeignete Sorten außerdem in Abhängigkeit von den Standortbedingungen (zum Beispiel Wasserangebot, Bodenart, Klima) aus. In der Regel kauft er zertifiziertes Saatgut, das vor der Aussaat sorgfältig von Unkrautsamen und geschädigten Körnern gereinigt wurde.

Auf Antrag der Pflanzzüchter prüft das Bundessortenamt für jede neue Sorte in sorgfältigen Anbauprüfungen, ob die Voraussetzungen für die Erteilung des Sortenschutzes oder für die Sortenzulassung erfüllt sind. Ist eine Sorte zugelassen, muss das Saatgut vermehrt werden. Die 15 Saatanerkennungsstellen der Länder wachen darüber, dass das vermehrte Saatgut der zugelassenen Sorte genau entspricht.

Die bedeutendsten Kulturpflanzenarten im Ackerbau sind heute Getreide, Mais, Kartoffeln, Futter-, Öl- und Eiweißpflanzen sowie Zuckerrüben. Die Zahl der Sorten wächst stetig. Allein in Deutschland gibt es derzeit rund 2 800 zugelassene Kulturpflanzensorten: Zum Beispiel 379 Getreidesorten, 205 Kartoffelsorten und 256 Maissorten.





Pflanzenernährung

Die Pflanzenernährung folgt dem Liebig'schen Prinzip, dem Boden das zurückzugeben, was ihm entnommen wurde, bis heute, allerdings in verfeinerter Form: Gedüngt wird genau nach Bedarf und – insbesondere bei Stickstoff – aufgeteilt in Einzelgaben während der Vegetationsperiode. So können die Nährstoffgaben dem Wachstumsstadium der Pflanzen angepasst und unproduktive Nährstoffverluste, die Gewässer und Atmosphäre belasten können, weitgehend verhindert werden. Fehlt der Pflanze ein einziger Nährstoff, begrenzt das den Ertrag, auch wenn die anderen

Nährstoffe im Boden noch ausreichend verfügbar sind. Das Bild der „Minimumtonne“ nach Liebig macht diesen Zusammenhang deutlich.

LEHRER-INFO

Was das Gesetz vom Minimum von Justus von Liebig für den Pflanzenbau (Erträge, Düngungsstrategien etc.) bedeutet

Arbeitsblätter 5 und 6

GRAFIK 6

Gesetz vom Minimum von Justus von Liebig

Wie diese Tonne durch die ungleichen Höhen der Dauben nicht voll werden kann, so können auch die Pflanzen bei Mangel eines Wachstumsfaktors – z. B. Kalium – keine vollen Erträge bringen.





„Auf dem eigenen Mist gewachsen“

Wirtschaftsdünger wie Stallmist, Gülle, Stroh- und Gründüngung dienen seit jeher als „betriebseigene Dünger“ der Nährstoffversorgung der Pflanzen. Ihr Wert bemisst sich im Wesentlichen an ihren Gehalten von Stickstoff, Phosphat und Kalium. Bei Stallmist und Gülle schwankt der Gehalt an den genannten Nährstoffen je nach Art der Tierhaltung und Fütterung erheblich. Ein Teil der Nährstoffe liegt in organisch gebundener Form vor und muss erst durch Mikroorganismen im Boden freigesetzt werden, damit die Pflanzen sie aufnehmen können. Außerdem erfolgt die Nährstoffabgabe ungenau, zum Beispiel in Abhängigkeit von der Aktivität der Bodenorganismen.

Eine ausschließlich auf organischen Düngern beruhende Nährstoffversorgung kann also nie vollständig bedarfsgerecht sein. Deshalb werden zur Ergänzung Mineraldünger eingesetzt.

Bedarfsgerecht kombinierbar

Die Handelsdünger werden auch als Mineraldünger bezeichnet. Mit wenigen Ausnahmen bestehen sie aus anorganischen Salzen. Der Handel bezeichnet die verschiedenen Dünger, je nachdem, ob sie einen oder mehrere der Nährstoffe Stickstoff, Phosphor und Kalium enthalten, als Einzel- oder Mehrnährstoffdünger (NK-, NP-, PK- und NPK-Dünger = Stickstoff, Phosphat, Kalium-Dünger). Daneben gibt es weitere Düngerformen, die auch andere Nährstoffe enthalten.

Die einzelnen Kulturen stellen in den verschiedenen Wachstumsstadien unterschiedliche Ansprüche an die Nährstoffverfügbarkeit. Mit der Auswahl der Mineraldünger reagiert der Landwirt auf den jeweiligen Bedarf: Deren Nährstoffe sind nämlich, je nach Düngerform, entweder direkt verfügbar oder werden nach und nach über einen längeren Zeitraum abgegeben. Mineraldünger können so sehr gezielt eingesetzt werden. Dadurch kann die Kulturpflanze alle wichtigen wertgebenden Inhaltsstoffe optimal ausbilden. Eine robuste und



bedarfsgerecht mit Nährstoffen versorgte Pflanze ist auch widerstandsfähiger gegenüber Krankheiten und Schädlingen.

Fruchtfolge im Integrierten Pflanzenbau

In einer regulären Fruchtfolge – die heute übliche Fruchtfolgegestaltung hat sich aus der „Alten Dreifelderwirtschaft“ entwickelt – baut man Halmfrüchte wie Getreide nach Blattfrüchten wie Kartoffeln und Zuckerrüben an. Seit Mitte des 18. Jahrhunderts wurden zusätzlich auch Leguminosen (Hülsenfrüchtlern) angebaut, was eine deutliche Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit mit sich brachte, weil sie den Boden mit Stickstoffdünger anreichern, den sie mit Hilfe von Bakterien an ihren Wurzeln („Knöllchenbakterien“) aus der Luft gewinnen. Mit dem Anbau von Kartoffeln und Zuckerrüben erweiterten sich die Fruchtfolgesysteme. Allerdings führten erst die Forschungsergebnisse Julius Kühns (1825–1910) zu der Erkenntnis, dass Pilzkrankheiten und Bodenschädlinge erhebliche Ertragseinbußen verursachen, wenn man Kartoffeln, Zuckerrüben, Ackerbohnen, Hafer und andere Feldfrüchte jeweils in Selbstfolgen (zum Beispiel Zuckerrüben nach Zuckerrüben) auf derselben Fläche anbaut. Die „Stellung“ einer Kulturpflanzenart in der Fruchtfolge ist also keineswegs beliebig.

Aufgrund der veränderten Nachfragesituation auf der einen und der herausragenden Ertragsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit einzelner Kulturarten auf der anderen Seite haben sich heutige Fruchtfolgen verändert und eingengt. Hafer etwa, der früher als „Treibstoff“ für die Ackerpferde benötigt wurde, wird heute nur noch in deutlich geringerem Umfang als Futter für Sportpferde sowie für Müsli & Co. benötigt und angebaut. Auch für Kulturen wie Lein, Erbsen, Ackerbohnen etc. besteht heute nur noch ein geringer Bedarf, da die erzielbaren Energieerträge zum Beispiel bei Mais deutlich höher liegen.

Wenn die verbleibende Vegetationszeit und die Wasserversorgung des Bodens es zulassen, wird zur Auflockerung der Fruchtfolgen zwischen der Ernte einer Hauptfrucht und der Saat der nachfolgenden Kultur

eine Zwischenfrucht (Leguminosen, Phacelia, Weidelgras u. a.) eingesät. Besonders die Leguminosen wie etwa Klee oder Lupinen tragen mit ihrem hohen Stickstoffgehalt zur Humusbildung bei und bereichern das Bodenleben. Für Milchvieh haltende Betriebe stellen Zwischenfrüchte darüber hinaus im Spätsommer und Herbst eine wichtige Futterquelle dar.

Bodenbearbeitung

Bislang gehörte das jährliche Pflügen des Bodens zur sachgerechten Bodenbearbeitung. Mit dem sogenannten „reinen Tisch“ hält man Schädlinge, Krankheitserreger und Unkräuter von der Bodenoberfläche und somit von der neuen Saat fern. Heute setzen viele Praktiker auf Verfahren der konservierenden Bodenbearbeitung. Mit pflugloser Bearbeitung soll der Boden vor Erosion, also dem Abtrag der obersten fruchtbaren Schicht durch Wind oder oberflächlich ablaufendes Niederschlagswasser, geschützt werden. Daraus ergeben sich allerdings neue Herausforderungen unter anderem im Pflanzenschutz (vgl. Seite 27, Hinweis „Systemwirkungen“).

ABBILDUNG 13

Bauer mit Pferdeflug und moderner Pflug



Eine breite Palette an Maschinen steht für die Pflege der Bestände zur Verfügung. Dazu zählen zum Beispiel mechanische Hackmaschinen und Striegel, Düngestreuer und Pflanzenschutzgeräte. Schon aus Eigeninteresse ist der Landwirt gut beraten, Düngestreuer regelmäßig zu kalibrieren, damit weder zu viel noch zu wenig Nährstoffe ausgebracht werden. Im Fall der Pflanzenschutzgeräte ist es sogar im deutschen Fachrecht, den Grundsätzen der „guten landwirtschaftlichen Praxis“, festgelegt, dass nur amtlich anerkannte Pflanzenschutzgeräte zum Einsatz kommen dürfen. Alle zwei Jahre müssen sie zum „Spritzen-TÜV“. Amtlich anerkannte Kontrollstellen überprüfen die Funktionstüchtigkeit und Ausbringungsgenauigkeit der Geräte.

Zu der Ernte gehörten schließlich bis in die Fünfziger- und Sechzigerjahre des 20. Jahrhunderts mehrere Arbeitsgänge. Heute fasst moderne Erntetechnik alle Einzelschritte in einem Arbeitsgang zusammen. Dafür muss der Erntezeitpunkt sorgfältig ausgewählt werden: Kriterien sind unter anderem der richtige Reifegrad des Ernteguts, trockene Wetterbedingungen und die gute Befahrbarkeit der Ackerfläche.

Pflanzenschutz –

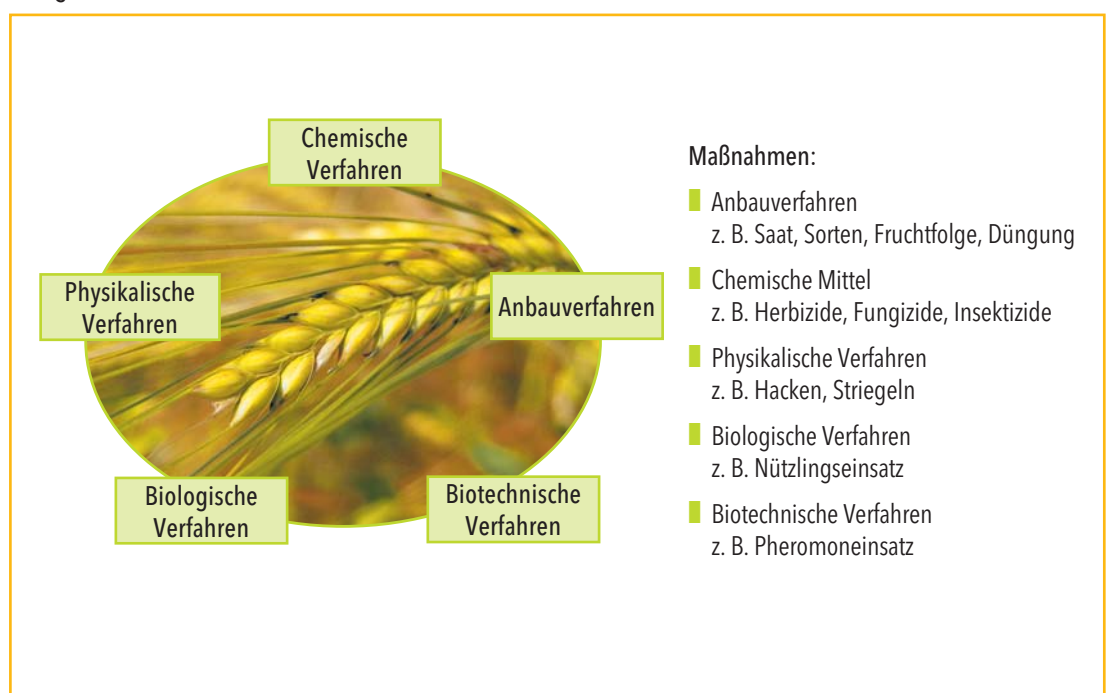
so viel wie nötig, so wenig wie möglich

Zum Pflanzenschutz als Teil des Integrierten Pflanzenbaus gehört – neben dem Einsatz chemischer Pflanzenschutzmittel – auch eine Reihe anderer Strategien. Hierzu zählen zum Beispiel die biologische und die biotechnische Schädlingsbekämpfung. Das breite Instrumentarium kommt je nach Bedarf und Eignung zur Anwendung.

Nach der Saat einer Kultur kann die Unkrautbekämpfung zum Teil mechanisch mit Hackmaschine, Fräse oder Striegel erfolgen. Während Hacken und Fräsen in Kulturen mit breiteren Reihenabständen üblich sind (Kartoffeln, Zuckerrüben, Mais), wird der Striegel, eine Art in sich flexibler, leichter Egge, meist in Getreide benutzt. Der zeitliche Aufwand ist vergleichsweise hoch, der Effekt – je nach Witterung – aber eher gering. Deshalb kommt diese Form der Unkrautbekämpfung insbesondere in Getreide heute nur noch für kleinere Betriebe oder für den ökologischen Anbau in Frage.

GRAFIK 7

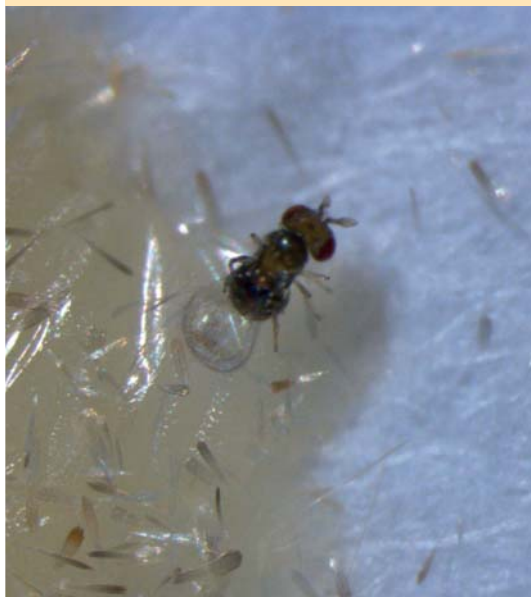
Integrierter Pflanzenschutz



Zu den physikalischen Maßnahmen zählen die Heißwasserbeize zur Bekämpfung von Pilzkrankheiten wie Gersten- oder Weizenflugbrand und das Erhitzen von Gewächshaus- oder Gartenerde zur Eindämmung von Bodenschädlingen, Krankheitserregern und Unkrautsamen. Das großtechnische Abflämmen von Unkräutern hat sich in der Landwirtschaft nicht bewährt, denn der Energiebedarf ist zu hoch und die Wirkung hält nicht lange an.

Einige Schädlinge können auch auf biologischem Wege bekämpft werden, indem beispielsweise räuberische Parasiten wie Marienkäfer und Marienkäferlarven ausgebracht werden, die Blattläuse im großen Stil vertilgen. Auch spezifisch wirkende Viren und Bakterien befallen nur die zu bekämpfenden Schadorganismen und töten diese ab. Sehr bekannt ist zum Beispiel die biologische Bekämpfung des Maiszünslers durch *Bacillus thuringiensis*-Präparate. Auch mit der Schlupfwespenart *Trichogramma evanescens* lässt sich der Maiszünsler bekämpfen. Abhängig von den Witterungsbedingungen werden beide Verfahren auch kombiniert angewendet.

ABBILDUNG 14



Ein Weibchen der *Trichogramma*-Schlupfwespe auf dem Eigelege des Maiszünslers, *Ostrinia nubilalis*. Die Schlupfwespe legt ihre Eier in die Eier des Maiszünslers; darin entwickelt sich dann nicht der Schädling, sondern eine neue Schlupfwespen-generation.

LEHRER-INFO

Integrierter Pflanzenbau: Unterschiedliche Strategien und das Wissen um die Zusammenhänge

Arbeitsblätter 4, 9 und 13

HINWEIS

Nützingseinsatz – Nicht immer ohne Risiko!

Der in Europa nicht heimische Asiatische Marienkäfer *Harmonia axyridis* wurde Ende des letzten Jahrhunderts erst in den USA und dann in Europa zur biologischen Bekämpfung von Schädlingen (Blattläusen) eingeführt.

Wissenschaftler der Biologischen Bundesanstalt befürchten aber, dass sich dieser „Neuankömmling“ aufgrund seiner Lebensweise und seiner hohen Vermehrungsrate auch in Deutschland rasch ausbreiten wird. Einige heimische Marienkäferarten, von denen es rund 80 in Deutschland gibt, könnten durch ihn langfristig verdrängt werden. Anders als der einheimische Siebenpunkt-Marienkäfer frisst *H. axyridis* nicht nur Blattläuse, sondern auch blattlausfressende Gallmücken-Larven, Larven konkurrierender Marienkäferarten und viele andere Insekten. Auf seinem Speiseplan steht auch erntereifes Obst wie Äpfel und Birnen. Feinde hat er ebenso wenig wie andere Marienkäfer, da er ziemlich ungenießbar ist.



Dass bereits eine starke Ausbreitung erfolgt ist, ist seit 2002 immer wieder in Städten wie Frankfurt und Hamburg zu beobachten: Die Tiere werden in Massen an Hauswänden gefunden und dringen über Ritzen auch in Häuser ein. (Nach: NACHTIGALL, 2003)

Zu den biotechnischen Maßnahmen gehört der Einsatz synthetisch hergestellter Pheromone. Dies sind nachgebildete Sexuallockstoffe, mit denen Schadinsekten in Fallen gelockt und dort festgehalten werden. Das bekannteste Beispiel für die Anwendung von Pheromonen ist die Borkenkäferbekämpfung. Darüber hinaus gibt es die sogenannten Juvenilhormone, mit deren Hilfe die Häutung von Raupen und anderen Larven gestört wird.

ABBILDUNG 15

Borkenkäferfalle



Auch die in Deutschland kontrovers diskutierte „Grüne Gentechnik“ gehört zu den biotechnischen Verfahren. Sie wird weltweit auf stetig wachsenden Anbauflächen genutzt; 2008 waren es bereits 125 Millionen Hektar (TRANSGEN, 2009).

Bisher vorliegende wissenschaftliche Erkenntnisse, etwa zum Anbau von Bt-Mais, zeigen, dass die Gentechnik nicht nur einen sehr wirksamen, sondern auch umweltverträglichen Schutz der Kulturpflanze vor Fraßinsekten ermöglicht. Im Fall von Bt-Mais ist es nämlich gelungen, ein Gen des natürlich vorkommenden Bodenbakteriums *Bacillus thuringiensis* (Bt) in die Erbanlagen der Pflanzen einzubringen. Dieses Gen bewirkt die Bildung eines bestimmten Proteins, das auf die Fraßschädlinge toxisch wirkt – d. h., die Pflanze schützt sich selbst. Die Sporen von *Bacillus thuringiensis* werden beispielsweise auch im ökologischen Landbau eingesetzt.

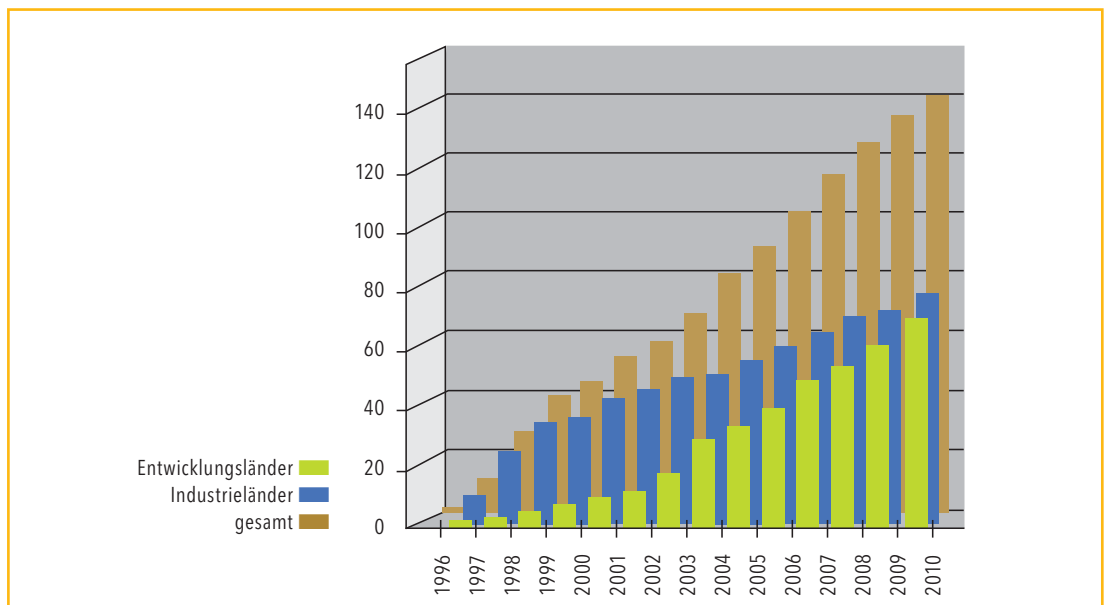
LEHRER-INFO

Gen- und Biotechnologie: Pro und Contra

Arbeitsblatt 7 – Zusatzaufgabe

GRAFIK 8

Gentechnisch veränderte Pflanzen: Anbau weltweit auf 140 Millionen Hektar



HINWEIS

Erst das Zusammenspiel von mechanischen, physikalischen, biologischen und biotechnischen Verfahren, ergänzt durch den chemischen Pflanzenschutz, ermöglicht es also dauerhaft, unser „tägliches Brot“ auf die quantitativ wie qualitativ so hochwertige und verlässliche Basis zu stellen, die für uns selbstverständlich ist.

Chemischer Pflanzenschutz ist nach dem Leitgedanken des Integrierten Pflanzenschutzes dann angezeigt, wenn die erforderliche Schutzwirkung mit anderen Verfahren nicht oder nicht zu vertretbaren Kosten erzielt werden kann. Dabei gilt, dass ein gewisser Befall (mit Insekten, Pilzen, Unkräutern etc.) durchaus toleriert werden kann. Erst wenn die durch den Ertrags- und Qualitätsausfall entstehenden Einbußen die Kosten der Bekämpfung

übersteigen, sind Abwehrmaßnahmen angezeigt. Man bezeichnet diese Vorgehensweise als „Schad-schwellenprinzip“.

Pflanzenschutzmittel müssen für Mensch, Tier und Natur unbedenklich sein. Ihr Einsatz (in welcher Kultur zugelassen, Aufwandmengen, Abstände zu Gewässern bei der Ausbringung, Wartezeiten zwischen Anwendung und Ernte der Pflanzen etc.) ist in Deutschland und Europa strengen und umfassenden Regelungen unterworfen (vgl. Kapitel 5-7).

Auf die strengen Anforderungen, denen chemische Pflanzenschutzmittel genügen müssen, um eine Zulassung zu erlangen, wird in den folgenden Kapiteln näher eingegangen.

HINWEIS

Grundprinzipien des ökologischen Landbaus

Viele der geschilderten Prozesse, Entscheidungen und Maßnahmen unterscheiden sich im ökologischen Landbau (als Sammelbegriff für die verschiedenen „alternativen Anbauverfahren“) nicht wesentlich vom Integrierten Landbau. Grundlegende Unterschiede bestehen allerdings bei der Nutzung von Mineraldüngern und im Pflanzenschutz.

Auch der ökologische Landbau basiert auf einem ganzheitlichen Konzept der Landbewirtschaftung. Auf dem Betrieb wird – soweit möglich – ein weitgehend geschlossener Stoffkreislauf angestrebt. Vielfältige, sich gegenseitig fördernde Wechselwirkungen sollen die Leistungsfähigkeit des landwirtschaftlichen Gesamtsystems optimieren. Zur Förderung der Bodenfruchtbarkeit beschränkt sich der Ökolandwirt im Wesentlichen auf Wirtschaftsdünger, auf den Anbau von Zwischenfrüchten, Feldfutter und Leguminosen und auf Fruchtfolgen, die an die geringere Nährstoffversorgung der Böden angepasst sind.

Auch der ökologische Landbau verzichtet nicht auf chemischen Pflanzenschutz. Neben Kupfer- und Schwefelpräparaten kommen Brühen oder Jauchen, die zum Beispiel aus Extrakten des indischen Neem-Baums, aus Brennnesseln oder Chrysanthemen hergestellt werden sowie *Bacillus thuringiensis*-Sporen zum Einsatz. Chemisch-synthetische Pflanzenschutzmittel sind im ökologischen Landbau allerdings nicht erlaubt.

Insgesamt setzt der ökologische Landbau deutlich stärker auf die „natürliche Selbstregulation“ und verzichtet bewusst auf den Einsatz synthetisch hergestellter Mineraldünger oder Pflanzenschutzmittel. Ein begrenzter Schädlingbefall wird toleriert. Er kann sich allerdings auf die Qualität des Ernteguts hinsichtlich Aussehen, Farbe, Größe und Haltbarkeit auswirken. Auch die geringeren Ernteerträge werden in Kauf genommen. Die Frage nach der Versorgung einer wachsenden Weltbevölkerung bleibt offen – oder wird mit der Forderung nach Änderungen der globalen Konsummuster beantwortet.

Forschung und Entwicklung, Anwendungsbereiche, Wirkmechanismen

Rund 10 Jahre vergehen von der Entdeckung einer neuen Substanz, die sich für den Pflanzenschutz eignet, bis zum verkaufsfertigen Produkt. Etwa 100 000 Verbindungen werden synthetisiert, um einen erfolgreichen Wirkstoff zu finden. 200 Millionen Euro müssen durchschnittlich investiert werden, um ein neues Produkt zur Zulassung und in wichtigen Kulturen und Ländern auf den Markt zu bringen. Nur fünf bis zehn neue Pflanzenschutzwirkstoffe erlangen weltweit jährlich die Marktreife. Bereits diese wenigen Kennzahlen verdeutlichen den hohen Aufwand, der hinter der Entwicklung eines neuen Pflanzenschutzmittels steht.

5.1 Pflanzenschutzforschung

Bei der Entwicklung von Pflanzenschutzmitteln geht es um anspruchsvolle Ziele: Einerseits gilt es, Wirkstoffe zu finden, mit denen Schädlinge, Pflanzenkrankheiten und Unkräuter gezielt eingedämmt werden können. Das heißt, die Substanzen müssen wirksam sein. Andererseits dürfen weder die Kulturen, in denen sie eingesetzt werden, noch Nützlinge oder die Umwelt beeinträchtigt oder gar Menschen geschädigt werden. Als weiterer Anspruch kommt hinzu: Die Wirkstoffe müssen sich schnell in Boden, Wasser und Luft sowie in der Kulturpflanze abbauen (vgl. Kapitel 6 und 7).

Die Wirkstoffe sind im Lauf der Zeit immer besser und spezifischer geworden. Waren in den 1960er-Jahren noch durchschnittliche Aufwandmengen von ein bis fünf Kilogramm pro Hektar Anbaufläche erforderlich, reichen heute meist Mengen von deutlich unter 100 Gramm je Hektar aus, um die gewünschte Wirkung zu erzielen. Die bessere Umweltverträglichkeit und die immer geringeren Nebenwirkungen konnten nicht zuletzt erreicht werden, weil moderne Pflanzenschutzmittel zum Teil auf naturidentischen Wirkstoffen basieren (RESCHKE, 2000).

5.2 Die Entwicklung eines Pflanzenschutzmittels

Fachwissen, Kombinationsgabe und Ausdauer sind bei der Suche nach einem neuen Wirkstoff oder einer neuen Substanzklasse zunehmend gefragt. Auch ein Quäntchen Glück ist nötig, um aus über einer Million Substanzen, die pro Jahr synthetisiert werden, die Erfolg versprechenden Stoffe zu identifizieren. Mit Hilfe eines Spektrums ausgewählter Testorganismen bemühen sich die Forscher, Substanzen zu finden, die hochwirksam und gleichzeitig verträglich für Kulturpflanzen und Nützlinge sowie Mensch, Tier und Umwelt sind.

GRAFIK 9

Anforderungen an ein Pflanzenschutzmittel

Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit

- ▶ sichere Wirkung
- ▶ schnell einsetzende Wirkung
- ▶ optimale Wirkdauer
- ▶ gute Pflanzenverträglichkeit
- ▶ geringes Resistenzrisiko
- ▶ breiter Anwendungsbereich
- ▶ innovative Produkteigenschaften
- ▶ Patentfähigkeit

Sicherheit für Mensch und Umwelt

- ▶ geringe Toxizität
- ▶ keine relevanten Rückstände
- ▶ problemlose Anwendung
- ▶ Umweltverträglichkeit
- ▶ Schonung für Nützlinge
- ▶ schneller Abbau
- ▶ Schutz des Grundwassers
- ▶ niedrige Aufwandmenge



ABBILDUNG 16

Syntheseroboter

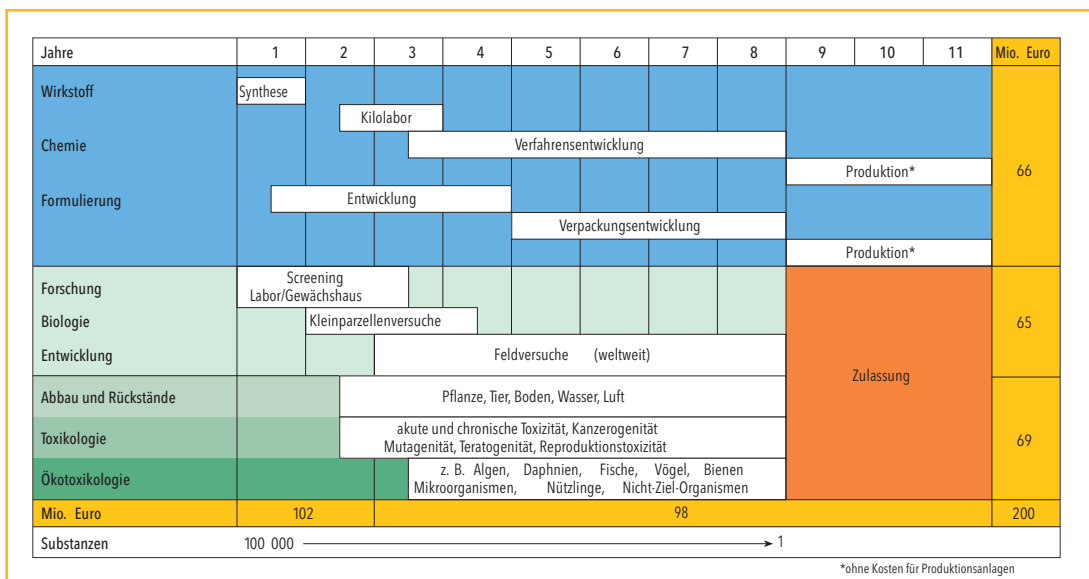


Modernste Syntheseroboter helfen, aus Kombinationen vorgegebener Chemikalien Hunderttausende von neuen Stoffen in kleinsten Mengen herzustellen. In weiteren Untersuchungsschritten (Screening, engl.: Überprüfung) werden einige wenige Wirkstoffe ausgewählt. Dann gilt es, Klarheit darüber zu gewinnen, welche dieser Substanzen weiterentwickelt werden sollen. In dem gesamten Entwicklungsprozess, von der Identifikation einer wirksamen Substanz bis zum Vertrieb des behördlich zugelassenen Pflanzenschutzmittels, müssen strenge gesetzliche Anforderungen erfüllt werden (vgl. Kapitel 8).

Zunächst wird in Vorversuchen getestet, ob eine „ausgewählte“ Substanz erbgutverändernde (mutagene) Nebenwirkungen zeigt und ob sie akut toxische oder allergene Effekte hervorruft. Die toxikologischen Langzeitstudien liefern wissenschaftlich abgesicherte Erkenntnisse über die Toxizität* einer Substanz bei lebenslanger täglicher Aufnahme. Außerdem wird untersucht, ob der Stoff die Entstehung von Krebs begünstigt (Kanzerogenität), ob er Fehlbildungen von Embryonen hervorrufen kann (Teratogenität) und ob er die Fortpflanzungsfähigkeit (Fruchtbarkeit = Fertilität) beeinträchtigt. Gleichzeitig beginnen die Untersuchungen zum Abbauverhalten des Wirkstoffs in Pflanze, Tier, Boden und Wasser. In Tierversuchen wird geprüft, wie sich die Substanz im Organismus verhält und was ausgeschlossen wird. Auf Basis dieser Erkenntnisse erfolgen die Versuche zum Rückstandsverhalten des Wirkstoffs in Pflanze, Tier, Boden, Wasser und Luft. Die ökotoxikologischen Untersuchungen beziehen die sogenannten Nichtzielorganismen wie Fische, Vögel, Nützlinge einschließlich der Honigbiene und Bodenmikroorganismen mit ein (vgl. Kapitel 6.2).

GRAFIK 10

Entwicklung eines Pflanzenschutzmittels



Erkenntnisse dazu, welche Aufwandmengen erforderlich sind und wie viele Anwendungen die beste Wirkung haben, werden zunächst in Gewächshaus-, dann in Kleinparzellenversuchen und schließlich in Feldversuchen erarbeitet. Spätestens zwei Jahre vor der geplanten Antragstellung auf Zulassung als Pflanzenschutzmittel beginnen die Feldversuche (Freilandversuche) des Herstellers sowie die Prüfungen durch die Behörden.

5.3 Anwendungsbereiche und Wirkprinzipien von Herbiziden, Fungiziden und Insektiziden

Die Erzeugung von Erntegut höchster Qualität steht beim Anbau von Getreide, Zuckerrüben, Raps und anderen Feldfrüchten im Vordergrund. Diese Zielsetzung lässt sich jedoch nur erreichen, wenn Schädlinge, Krankheiten und die Unkrautkonkurrenz auf ein tolerierbares Maß zurückgedrängt werden.

Herbizide: Mittel zur Bekämpfung von Unkräutern und Ungräsern

Viele Wildkräuter und -gräser konkurrieren mit den Kulturpflanzen um Licht, Wasser, Nährstoffe und Standraum. Auf unbehandelten Kontrollflächen wird leicht erkennbar, dass sie so stark überhandnehmen können, dass von der Kultur kaum noch etwas zu sehen ist.

Bei den Herbiziden unterscheidet man Mittel mit Kontaktbeziehungswise Blattwirkung (sie wirken direkt über die Blätter) von solchen mit systemischer Wirkung (hier werden die Wirkstoffe über die Blätter und Wurzeln der Unkräuter aufgenommen und mit dem „Saftstrom“ in der Pflanze verteilt). Unterschiedlich sind auch die Anwendungszeitpunkte. Sogenannte Voraufbauherbizide schädigen den keimenden Samen – sowohl bei Unkräutern als auch bei Kulturpflanzen. Sie können also nur vor dem Keimen der Kulturpflanze angewendet werden. Nachaufbauherbizide bekämpfen demgegenüber den bereits vorhandenen Unkrautwuchs.

Im Wein- und Obstbau werden Herbizide nur in der Reihe der Rebstöcke bzw. Obstbäume ausgebracht. Was zwischen den Reihen wächst, bleibt stehen bzw. wird von

Zeit zu Zeit gemäht oder gemulcht, damit der Bewuchs nicht überhandnimmt. Diese Begrünung dient vor allem in Hanglagen dem wichtigen Schutz vor Bodenerosion.

ABBILDUNG 17



Mais ist der „Spätzünder“ unter den Feldkulturen. Wildkräuter keimen früher und haben ein weitaus höheres Wachstumstempo. Mit Herbiziden kann man sie unter Kontrolle halten.



Nach den Vorstellungen des EU-Parlaments fielen wichtige Maisherbizide künftig weg. Sie würden als POP*s, als PBT** und als Gefahr für das Grundwasser eingestuft. Die Folge: Kamille, Gänsefuß, Melde und anderes Wildgewächs gewinnt schnell die Oberhand. Der Mais hungert und bleibt klein.

Fungizide:

Mittel zur Bekämpfung von Pilzkrankheiten

Für die Verwendung von Fungiziden gilt: Kein Fungizideinsatz, wenn keine Symptome sichtbar sind. Das ist oft in trockenen Jahren möglich, denn die meisten Pilzkrankungen werden durch feucht-warme Witterung ausgelöst oder zumindest begünstigt.

Fungizide unterteilt man nach ihren Wirkprinzipien: Kurative Fungizide (von lat. curare = pflegen, heilen) können eine Pilzkrankung im Frühstadium stoppen, während eradikative Fungizide (von lat. eradicare = ausrotten) in der Lage sind, eine ausgebrochene Infektion abzutöten.

Protektive Fungizide wirken vorbeugend und verhindern das Auftreten einer Pilzinfektion (protektiv von lat. protegere = schützen). Sie kommen erst zur Anwendung, wenn erste Anzeichen einer Pilzkrankung zu sehen sind.



Nur in sehr empfindlichen Kulturen, in denen ein Pilzbe- fall sofort einen dauerhaften Schaden verursachen würde, werden Fungizide vorsorglich eingesetzt, zum Beispiel bei Äpfeln gegen Apfelschorf. Da Apfelkulturen sehr häufig von dem pilzlichen Erreger *Venturia inaequalis* befallen werden, ist hier zumindest in feuchten Sommern eine vorbeugende Behandlung angezeigt. Vom Apfelschorf befallene Äpfel faulen schneller, sind nicht mehr lagerfä- hig und daher auch nicht verkäuflich.

ABBILDUNG 18

Apfelbaum mit Pilzkrankheit



Systemisch wirkende Insektizide nimmt die Pflanze zusammen mit Wasser und Nährstoffen über die Wurzeln auf und transportiert sie in ihrem Stoffwechselsystem. Diese Mittel bieten den Vorteil, dass nur diejenigen Insekten, die an der Kulturpflanze saugen oder fressen, mit dem Wirkstoff in Berührung kommen, nicht aber ihre natürlichen Gegenspieler. Systemische Insektizide werden zudem auch in neu hinzuwachsende Pflanzenteile transportiert, die damit geschützt werden, ohne dass erneut behandelt werden muss.

Insektizide, die in das Blattgewebe eindringen, ohne in der Pflanze transportiert zu werden, bezeichnet man als tiefenwirksame oder locosystemische Mittel. Darüber hinaus gibt es Wirkstoffe, die speziell gegen bestimmte Entwicklungsstadien von Insekten wirken: Ovizide gegen Eigelege, Larvizide gegen Larven und Adultizide gegen voll entwickelte Schadinsekten.

Insektizide: Mittel zur Bekämpfung von Insekten

Insektizide wirken über den Verdauungstrakt der Schad- insekten (Mittel mit sogenannten „fraßaktiven“ Wirkstof- fen), über das Nervensystem oder über die Atemwege der Schädlinge (Einsatz im Vorratsschutz in geschlossenen Räumen).

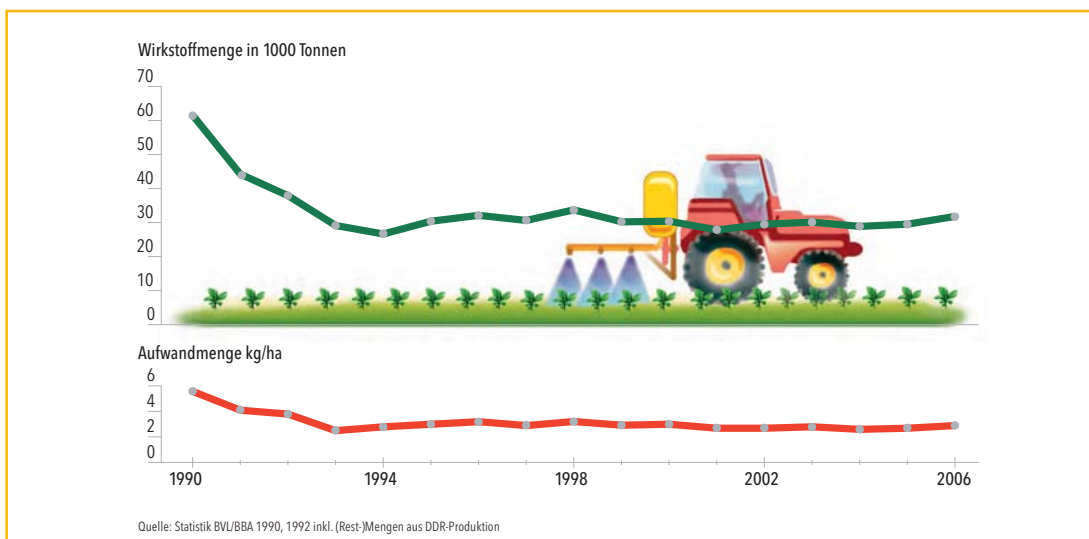
LEHRER-INFO

Entwicklung von Pflanzenschutzmitteln, Anwendungsbereiche und Wirkprinzipien
Arbeitsblätter 12 und 15

Eisensulfat aus Eisen und Schwefelsäure
Versuch 6

GRAFIK 11

Einsatz von Pflanzenschutzmitteln in Deutschland 1990 - 2006



Bewertung von Risiken für Lebewesen, Lebensgemeinschaften und die Umwelt

Untersucht werden die Auswirkungen eines Mittels zum Beispiel auf Wasserorganismen, auf Nützlinge oder Flora und Fauna in Rand- und Nachbarflächen behandelter Kulturen. Weitere Versuche geben Aufschluss über die Anreicherung von Rückständen in der Nahrungskette.

abgegeben. Dazu zählen auch Dünger sowie Pflanzenschutzmittel in Land- und Forstwirtschaft, Gartenbau und Ziergärten.

6.1 Hintergrund

Infolge seines Lebens und Wirtschaftens gibt der Mensch eine Vielzahl von Stoffen in die Umwelt ab. Zu den zwangsläufig emittierten Stoffen zählen beispielsweise die Abgase aus dem Straßen-, Schienen-, Schiffs- oder Flugverkehr, die Emissionen von Heizungsanlagen (im kleinen Maßstab) oder von Kraftwerken zur Stromerzeugung (im industriellen Maßstab). Demgegenüber werden andere Substanzen ganz bewusst und mit klaren Zielstellungen im Freien eingesetzt bzw. an die Umwelt

abgegeben. Der Anspruch an eine nachhaltige Entwicklung und das Bedürfnis, die menschliche Gesundheit und die belebte und unbelebte Umwelt zu erhalten, erfordern einen besonders sorgsam Umgang mit solchen Substanzen. Es gilt, die jeweiligen Wirkungen und Nebenwirkungen, das Abbau- und Verlagerungsverhalten sowie mögliche Akkumulationseffekte zu erfassen und zu bewerten. Genau diesem Anspruch stellt sich die Ökotoxikologie von Pflanzenschutzmitteln. Aufgabe ist es, ihre Auswirkungen auf frei lebende Organismen und die sich daraus ergebenden Wirkungen vorausschauend abzuschätzen sowie daraus resultierende Risiken (vgl. Hinweis „Gefahr oder Risiko“) zu bewerten.

HINWEIS

„Gefahr“ oder „Risiko“?

Gefahr: Die Art und Weise, wie etwas oder eine Situation Schaden kann. Eine Gefahr besteht etwa, wenn ein Gegenstand, eine Substanz oder eine Situation eine schädliche Wirkung haben kann. Gefahren gehen beispielsweise von einem Feuer in einem Gebäude aus.

Exposition: Die Exposition besagt, in welchem Ausmaß zum Beispiel eine Person einer Gefahr ausgesetzt oder von ihr betroffen ist. Ein Feuer in einem unbewohnten Haus wird zwar das Gebäude beschädigen, betrifft jedoch keine Menschen. Das heißt: Menschen sind dieser Gefahr im leer stehenden Haus nicht ausgesetzt, es besteht keine Exposition.

Risiko: Das Risiko ist ein Maß für die Wahrscheinlichkeit, dass tatsächlich ein Schaden entstehen wird. Ein Schaden kann jedoch nur eintreten – und das heißt: ein Risiko besteht nur dann – wenn etwa ein Mensch einer Gefahr unmittelbar ausgesetzt ist, sich also beispielsweise in einem brennenden Haus befindet. Erst Gefahr und Exposition zusammen ergeben ein Risiko:

$\text{Gefahr} \times \text{Exposition} \times \text{Höhe des zu erwartenden Schadens} = \text{Risiko}$ (nach CEFIC, 2008, verändert)

Wenn Sie morgens in einem dunklen Zimmer aufwachen, ist es für Sie selbstverständlich, zum Lichtschalter zu greifen und das Licht anzuschalten.

Gefahr: Niemand macht sich dabei bewusst, dass er etwas eigentlich Gefährliches tut. Es ist aber so. Sie gehen mit elektrischem Strom um, der dem Menschen, wenn er mit ihm in Berührung kommt, prinzipiell gefährlich werden kann.

Exposition: Die behördlichen Vorgaben und ihre handwerkliche Umsetzung garantieren Ihre Sicherheit: Die Kabel sind so verlegt, die Schalter so gebaut, dass die Gefahr problemlos handhabbar geworden ist – Sie kommen damit nicht in Berührung, also besteht keine Exposition.

Risiko: Da Ihr morgendlicher Griff zum Lichtschalter zwar prinzipiell gefährlich ist, Sie aber aufgrund der sicheren Installation nicht mit dem Strom in Berührung kommen, besteht praktisch kein Risiko.

Die intensive wissenschaftliche Erforschung dieses äußerst komplexen Bereiches hat die heutigen Pflanzenschutzmittel zu den am besten untersuchten chemischen Stoffen überhaupt werden lassen. Der Anspruch, die vielfältigen Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Gliedern von Ökosystemen zu erfassen, ist hoch. Denn die Natur beziehungsweise natürliche Prozesse sind fragile Systeme, deren Funktionen durch die Eingriffe des Menschen nicht generell und unumkehrbar außer Kraft gesetzt werden dürfen.

6.2 Arbeitsfelder der Ökotoxikologie

Exposition terrestrischer und aquatischer Systeme:

Ist ein neuer Wirkstoff gefunden, wird in verschiedenen Schritten unter anderem das Verhalten in Boden und Gewässern untersucht. Dabei berücksichtigen die Forscher bereits, dass Pflanzenschutzmittel neben der gezielten Ausbringung auch über Abdrift (Verwehen mit der Luft) oder Abschwemmen vom Boden mit ablaufendem Niederschlagswasser unbeabsichtigt vom Acker in angrenzende Umweltkompartimente verlagert werden können.

Grundlage für die umfassenden Versuche, Analysen und Modellierungen sind neben den eigentlichen Wirkstoffeigenschaften unter anderem die vorgesehene Formulierung des Mittels (flüssig, als Pulver oder Granulat) und

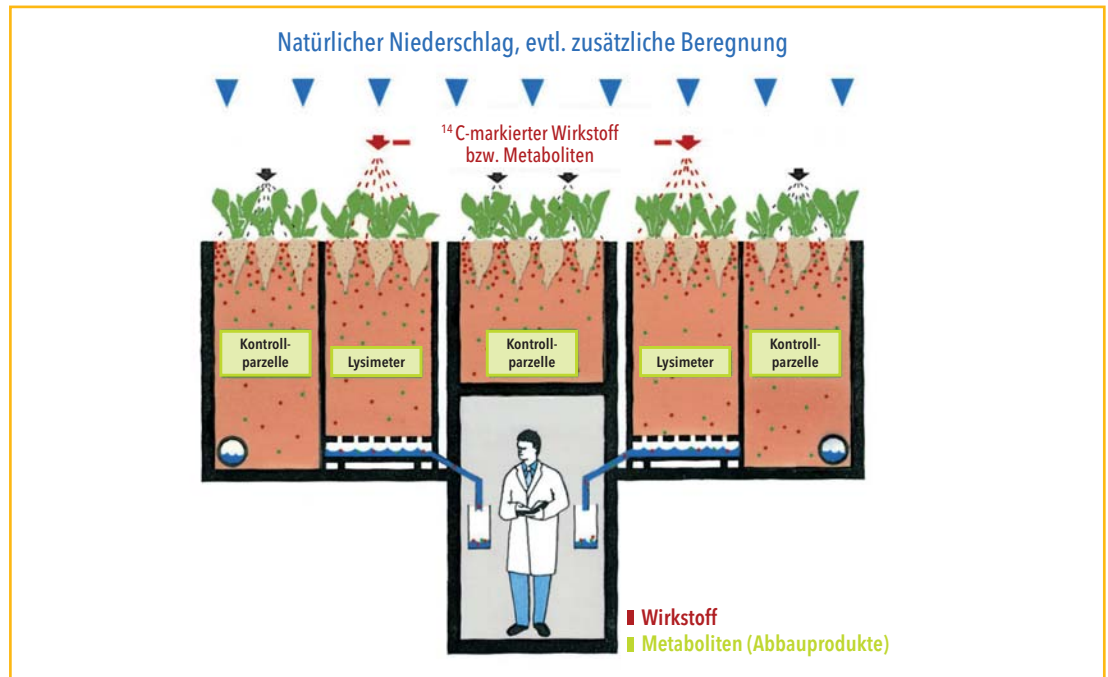
die vorgesehene Aufwandmenge, für die ein Pflanzenschutzmittel entwickelt werden soll.

Bei den Untersuchungen zum Verhalten eines Wirkstoffs im Boden geht es zunächst um den Abbau, also die Mineralisierung*, sowie um die Bindung des Wirkstoffs und seiner Abbauprodukte (Metabolite) an Bodenteilchen. Die Ergebnisse aus standardisierten Abbaueversuchen werden unter anderem mit Hilfe von Simulationsmodellen im Labor bei variierter Temperatur und Feuchtigkeit für verschiedene Bodenarten überprüft. Dabei wird auch der Frage nachgegangen, ob die gemessenen Rückstandswerte noch biologisch wirksam sind.

Der Gewässerschutz (Oberflächen- und Grundwasser) steht ebenfalls bei einer Vielzahl von Fragestellungen im Blickpunkt. Dazu zählen Eintragspfade (zum Beispiel an Bodenpartikel gebunden oder in Wasser gelöst), Gewässereigenschaften (stehendes oder Fließgewässer), aber auch Adsorption (Bindung an Sediment und Trübstoffe) sowie Absorption (Aufnahme durch Organismen) und die daraus jeweils resultierenden Abbauraten. Auf Basis verschiedener Untersuchungen erfolgen dann die Analyse und Abschätzung sowie die abschließende Bewertung der Exposition.



Querschnitt durch eine Lysimeteranlage



In sogenannten Lysimeteranlagen* und mit Hilfe von Simulationsmodellen werden Untersuchungen zur Sorption* im Boden bzw. zum Versickerungsverhalten des Wirkstoffs durchgeführt. Lysimeter sind bis zu mehrere Kubikmeter große Bodenwürfel in natürlicher Zusammensetzung, unter denen das gesamte Sickerwasser aufgefangen und analysiert werden kann. So lässt sich ein potenzielles Risiko für Grund- und Oberflächenwasser abschätzen.

Erfassung der Wirkungen auf terrestrische und aquatische Systeme:

Ökosysteme sind komplexe Wirkungsgefüge von Lebewesen (Organismen) beziehungsweise Lebensgemeinschaften (Biozöosen) und der charakteristischen, auf sie einwirkenden Umwelteinflüsse. Ökosysteme verändern sich ständig und sind bis zu einem gewissen Grad zur Selbstregulation fähig.

So sorgen beispielsweise Feind-Beute-Beziehungen für eine Abpufferung von Störungen und damit für eine gewisse Stabilität. Nehmen Fressfeinde überhand, dezimiert sich die Anzahl der Beutetiere so stark, dass die Population der Feinde wiederum abnimmt und

eine Trendumkehr bewirkt. Dies darf allerdings nicht mit einem „natürlichen Gleichgewicht“ als statischem Zustand verwechselt werden, der oft – aber fälschlicherweise – der vom Menschen unbeeinflussten Natur zugeschrieben wird.

LEHRER-INFO

Untersuchungen zum Verhalten von Pflanzenschutzmitteln in der Umwelt

Gefahr und Risiko

Arbeitsblatt 14

Als Prüfungen kommen aufgrund der Komplexität der Ökosysteme zunächst sogenannte Monospezies-Tests (Tests an einzelnen Arten) zur Anwendung. Sie stellen den ersten Schritt in einem mehrstufigen Prüfverfahren dar.

Testorganismen, an denen Wirkstoff und Pflanzenschutzmittel geprüft werden, sind beispielsweise:

- Boden: Bodenbakterien, Regenwürmer, Springschwänze (Collembolen);

Schutz der Umwelt







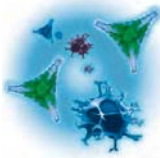


- ▶ Verhalten und Abbau in der Luft, im Boden und im Wasser
- ▶ akute Toxizität bei Einzelorganismen (Labor)
- ▶ Langzeitstudien zur Fruchtbarkeit, Vermehrung und Verhalten von ausgesuchten Organismen (Freiland/Labor)

Entwicklung von Nachweismethoden in Boden, Wasser und Luft

- Acker: Insekten, insbesondere nützliche Insekten wie z. B. Bienen, Marienkäfer, Laufkäfer;
- Feldflur: Vögel (Stellvertreterarten: Wachtel, Ente) und Nicht-Ziel-Pflanzen, das sind Pflanzen, die am Feldrand, in nicht kultivierten Arealen oder an Gewässern wachsen;
- Wasser: Fische (Stellvertreterarten: Forelle, Sonnenbarsch), Fischnährtiere wie zum Beispiel Wasserflöhe (Daphnien), Algen.

Zu den anderen Prüfverfahren zählen Modellökosysteme und Multispezies-tests sowie Prüfungen in Freilandssystemen und Biomonitorings*, die eine noch größere Realitätsnähe gewährleisten. Auf Basis der unterschiedlichen Ergebnisse lassen sich NOAEL-Werte* (Werte für die maximale Dosis, die keine schädlichen Effekte auf die untersuchten Spezies hat) ableiten.

Beispiele für ökotoxikologische Untersuchungen

<p>Nicht-Zielpflanzen an Land und in Gewässern</p> 	<p>Vögel z. B. Wachtel und Ente</p> 	<p>Insekten z. B. Bienen, Marienkäfer, Laufkäfer</p> 	<p>Boden-Lebewesen z. B. Bodenbakterien, Regenwürmer, Springschwänze</p> 
<p>Mikroorganismen Algen</p> 	<p>Fischnährtiere z. B. Wasserflöhe</p> 	<p>Fische z. B. Forelle, Sonnenbarsch</p> 	



Prüfung zum Schutz des Verbrauchers

Im Rahmen der Prüfung auf Unbedenklichkeit für den Menschen werden zwei Fälle unterschieden:

- ◊ die Unbedenklichkeit für den Anwender eines Pflanzenschutzmittels, der mit dem konzentrierten Mittel arbeitet (vgl. Kapitel 7.1);
- ◊ die Unbedenklichkeit für den Konsumenten, der die mit Hilfe von Pflanzenschutzmitteln erzeugten Produkte verbraucht (vgl. Kapitel 7.2).

Auf beide Bereiche wird bei der Untersuchung und Zulassung ein besonderes Augenmerk gerichtet.

7.1 Toxikologische Prüfungen zum Anwenderschutz

Um die Anwender von Pflanzenschutzmitteln zu schützen, werden die unverdünnten Wirkstoffe und Pflanzenschutzmittel auf ihre gesundheitliche Unbedenklichkeit untersucht. Diese Untersuchungen erfolgen, soweit das gesetzlich vorgeschrieben ist, durch Tierversuche. Die Methoden sind dabei international standardisiert. Auch die Bestimmungen der Tierschutzgesetze werden strikt eingehalten. Zunehmend kommen aber auch Alternativmethoden zum Einsatz, so etwa bei der Prüfung auf mutagene, also erbgutverändernde, Eigenschaften.

Akute und chronische Toxizität

Mit der akuten Toxizität wird die Giftwirkung einer Substanz bei einmaligem Kontakt geprüft. Nur wenige Prozent aller zugelassenen Pflanzenschutzmittel sind akut toxisch. Bei der chronischen Toxizitätsprüfung wird die Menge eines Wirkstoffs ermittelt, die über die gesamte Lebensdauer aufgenommen werden kann, ohne dass damit erkennbare schädliche Auswirkungen verbunden wären.


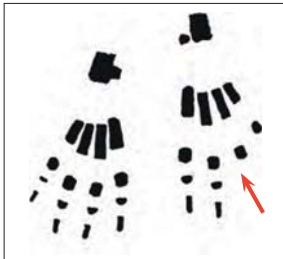
Die akute und chronische Toxizität sind Grundlage für die Festsetzung der zulässigen Höchstgehalte von Rückständen eines Pflanzenschutzmittels in der Nahrung.

Weitere Toxizitätsstudien

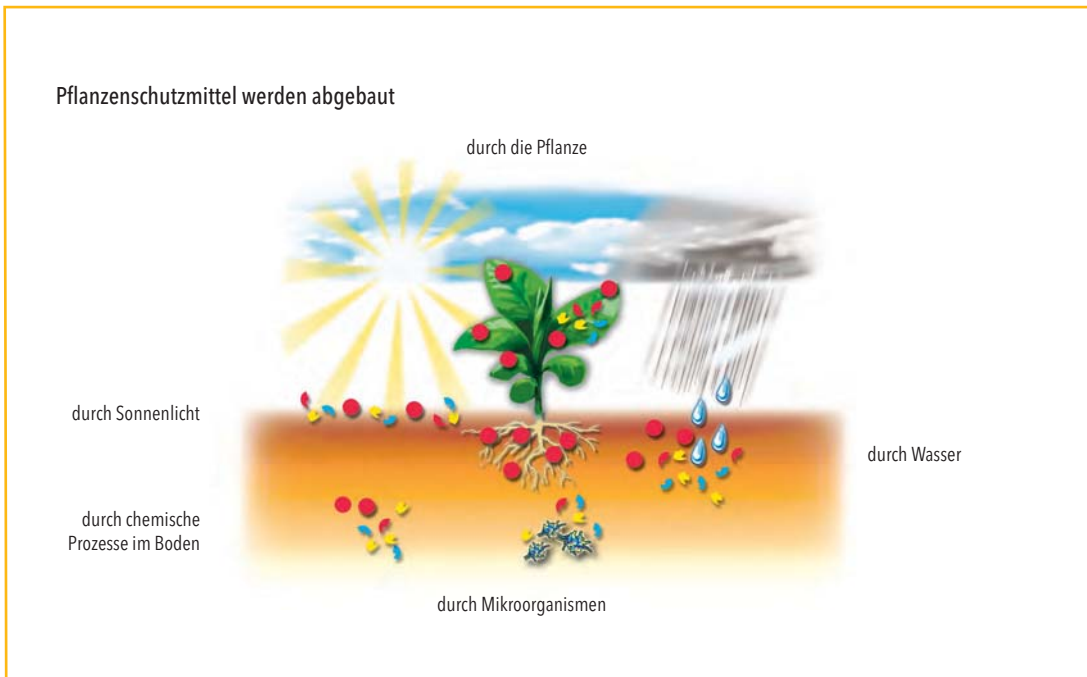
Die Reproduktionstoxikologie untersucht, wie sich eine Substanz auf die Fruchtbarkeit von Versuchstieren auswirkt. Gleichzeitig wird geprüft, ob sich die Zahl der Nachkommen in der ersten und zweiten Folgegeneration ändert und ob sich das Geschlechterverhältnis verschiebt. Untersucht wird ebenfalls, ob eine Substanz Krebs auslösen kann (Kanzerogenität), ob sie das Erbgut verändert (Mutagenität) und ob sie Missbildungen hervorruft (Teratogenität). Außerdem wird geprüft, ob der Wirkstoff das Hormonsystem, das Immunsystem oder das Nervensystem in irgendeiner Weise negativ beeinflusst. Schließlich wird untersucht, wie sich ein Wirkstoff im Körper

◊ GRAFIK 15

Beispiel für toxikologische Untersuchungen

<p>Kanzerogenität Untersuchung, ob ein Wirkstoff im Tierversuch Krebs erzeugen kann</p>  <p>Mikroskopische Prüfung auf krankhafte Zellveränderung</p>	<p>Mutagenität Prüfung auf ▶ Gen-Mutation ▶ Chromosomen-Mutation ▶ Störung der Zellteilung</p>  <p>Geschädigter Chromosomensatz bei einem chinesischen Hamster</p>	<p>Teratogenität Untersuchung auf Eigenschaften, die den Embryo schädigen können</p>  <p>Fehlende Zehnglieder bei einem Rattenembryo</p>
---	---	--

Pflanzenschutzwirkstoffe sind organische Verbindungen



verhält, wie er durch den Stoffwechsel abgebaut und wie schnell er wieder ausgeschieden wird.

Metabolismus-Untersuchungen

Die Wirkstoffe heutiger Pflanzenschutzmittel werden in relativ kurzer Zeit abgebaut. In der Fachsprache nennt man dies Metabolisierung. Dieser Abbau erfolgt im Wesentlichen durch physiologische Vorgänge in der behandelten Pflanze selbst. Der Abbau kann aber auch unter dem Einfluss von Licht (Photolyse) oder durch Wasser (Hydrolyse) erfolgen. Im Boden spielen chemische Abbauprozesse – verursacht durch Bodensäuren – ebenso wie der biologische Abbau durch Mikroorganismen eine Rolle.

Der Abbau eines Wirkstoffs erfolgt in mehreren Schritten. Dabei entstehen Teilstücke, die Metabolite genannt werden. Auch die Metabolite eines Wirkstoffs müssen genau identifiziert werden. Wenn sie beim Abbau in bedeutender Menge entstehen, werden sie wie der eigentliche Wirkstoff auf ihre Eigenschaften und mögliche Wirkungen auf Mensch und Umwelt untersucht. Diese Untersuchungen sind manchmal äußerst schwierig, zum Beispiel dann, wenn ein Metabolit sehr kurzlebig ist.

Am Ende eines Abbauprozesses finden sich in der Regel nur noch Verbindungen wie Wasser, Kohlendioxid, Schwefeldioxid oder molekularer Stickstoff wieder. Die Wirksubstanz wurde vollständig abgebaut. Metabolismus hat zur Folge, dass im Erntegut sehr oft keine Rückstände – oder nur sehr geringe Wirkstoffmengen – festgestellt werden, die bei sachgerechter Anwendung der Pflanzenschutzmittel unterhalb der gesetzlich zulässigen Höchstgehalte liegen.

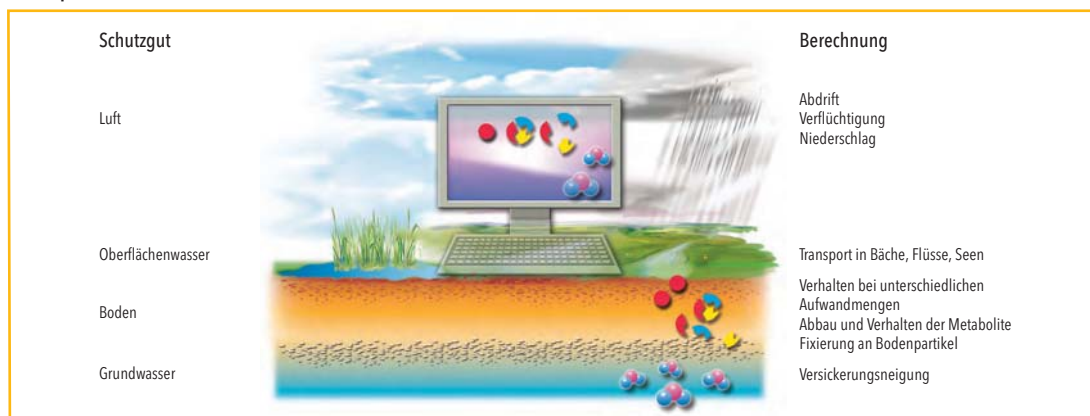
LEHRER-INFO

Abbauprozess am Beispiel der Hydrolyse von Stärke
Versuch 5

7.2 Rückstandsprüfung

Niemand will Rückstände. Wie aber kann man sie vermeiden oder möglichst gering halten? Die Grundvoraussetzungen dazu werden bei der Entwicklung, Prüfung und Zulassung der Pflanzenschutzmittel gelegt (vgl. Kapitel 6 und 8): Nur wenn der Nachweis gelingt, dass die in Rückstandsuntersuchungen gefundenen Werte deutlich

Computer berechnen das Umweltverhalten von Pflanzenschutzwirkstoffen



unter den toxikologischen Grenzwerten bleiben, ist eine Zulassung möglich. Aber auch der Landwirt, das schließt natürlich Obst- und Gemüseanbauer, Wein- und Hopfenanbauer und Anbauer weiterer Spezialkulturen ein, muss grundlegende Anwendungsprinzipien beachten.

In jedem Fall ist ein Pflanzenschutzmittel nur nach den bindenden Hinweisen der Gebrauchsanleitung anzuwenden: Dies bedeutet sowohl die Einhaltung der angegebenen Menge und die Beachtung der zulässigen Anzahl von Anwendungen wie auch der Wartezeiten, die zwischen der Anwendung und der Ernte eingehalten werden müssen. Pflanzenschutzmittel sind betriebswirtschaftlich ein großer Kostenfaktor. Deshalb prüfen Landwirte sehr genau, ob die Gefährdung durch Pilzbefall oder Insekten eine Anwendung erforderlich macht oder ob darauf verzichtet werden kann.

Wie erfolgt die Festsetzung des Höchstgehalts?

Für viele Verbraucher ist der Begriff „Höchstgehalt“ missverständlich. Per gesetzlicher Definition ist der Rückstandshöchstgehalt (RHG) die auf Grundlage der guten Agrarpraxis notwendige und unter Berücksichtigung des Verbraucherschutzes mögliche höchste zulässige Rückstandsmenge in oder auf Lebens- oder Futtermitteln (EU, 2005). Deren Festsetzung erfolgt in mehreren Schritten:

- 1. Schritt: Ermittlung des Werts für die zulässige tägliche Aufnahme

Hier wird die zulässige tägliche Dosis eines Wirkstoffs

ermittelt, die auch bei lebenslanger Aufnahme mit der Nahrung keinen schädigenden Einfluss hat. Dazu wird der betreffende Wirkstoff in gesetzlich vorgeschriebenen, bis zu 2-jährigen Tierversuchen dem Futter in unterschiedlichen Konzentrationen beigemischt. Über die gesamte Versuchsdauer hinweg und am Ende des Versuchs werden folgende Fragestellungen überprüft:

- Ergeben sich Auswirkungen auf Körpergewicht und Verhaltensweisen?
- Zeigen sich Krankheitszeichen oder sind Veränderungen an Organen und Körpergewebe zu beobachten?
- Werden Fortpflanzung und Nachkommenschaft in irgendeiner Weise beeinträchtigt?

Die Wirkstoffkonzentration der Versuchstiergruppe, die keinerlei Auswirkungen im Vergleich zur unbehandelten Kontrollgruppe zeigt, wird als „unschädliche Dosis“ bezeichnet. Der Fachbegriff hierfür lautet NOAEL* (No Observed Adverse Effect Level = keine beobachtete schädliche Wirkung). Er wird in Milligramm Wirkstoff pro Kilogramm Körpergewicht angegeben.

Der Wert des NOAEL wird für die Berechnung der „zulässigen täglichen Aufnahme“ beim Menschen um den Faktor 100 herabgesetzt. Dieser Faktor ergibt sich aus der Überlegung, dass der Mensch zehn Mal empfindlicher reagieren könnte als das empfindlichste Versuchstier und dass darüber hinaus besonders empfindliche Menschen

wie Kinder, Kranke und Senioren noch weitere zehn Mal empfindlicher reagieren könnten. Hieraus leiten sich zwei wichtige toxikologische Grenzwerte ab: der ADI-Wert (acceptable daily intake – duldbare tägliche Aufnahmemenge) und die ARfD (akute Referenzdosis). Die ARfD bezieht sich auf die akute, der ADI-Wert auf die chronische Wirkung einer Substanz.

HINWEIS

Die duldbare tägliche Aufnahmemenge (ADI-Wert; Definition der WHO, 1962)

Der ADI-Wert wird als Dosis definiert, die der Verbraucher unter Berücksichtigung aller vorhandenen Kenntnisse täglich und lebenslang ohne erkennbares Risiko für die Gesundheit aufnehmen kann. Der ADI-Wert wird in Milligramm Wirkstoff/Kilogramm Körpergewicht angegeben.

Die akute Referenzdosis (ARfD; Definition der WHO, 2002)

Die ARfD wird als diejenige Substanzmenge definiert, die ein Verbraucher innerhalb eines Tages ohne erkennbares Gesundheitsrisiko über die Nahrung (mit einer oder mehreren Mahlzeiten) aufnehmen kann.

LEHRER-INFO

Dosierungen, Rückstände und Lebensmittelsicherheit

Arbeitsblatt 16

2. Schritt: Ermittlung der Wirkstoffrückstände im Erntegut

Hier wird die Rückstandsmenge ermittelt, die bei sachgerechter Anwendung eines Pflanzenschutzmittels zum Erntezeitpunkt noch in beziehungsweise auf der Pflanze vorhanden ist. In der Regel wird ein neues Pflanzenschutzmittel in 2-jährigen Feldversuchen auf sein Rückstandsverhalten geprüft. Diese Versuche erfolgen in den Kulturen, in denen es später angewendet werden soll.

Dabei wird das betreffende Präparat mit der höchsten vorgesehenen Aufwandmenge und der maximalen Anzahl von Anwendungen mit der kürzesten erforderlichen Wartezeit an verschiedenen Versuchsstandorten geprüft. So können auch extreme Befallssituationen abgedeckt werden. Weil solche Extremsituationen nur selten eintreten, liegen die tatsächlich auftretenden Rückstandswerte

GRAFIK 18

Rückstandshöchstgehalte: So werden sie festgelegt

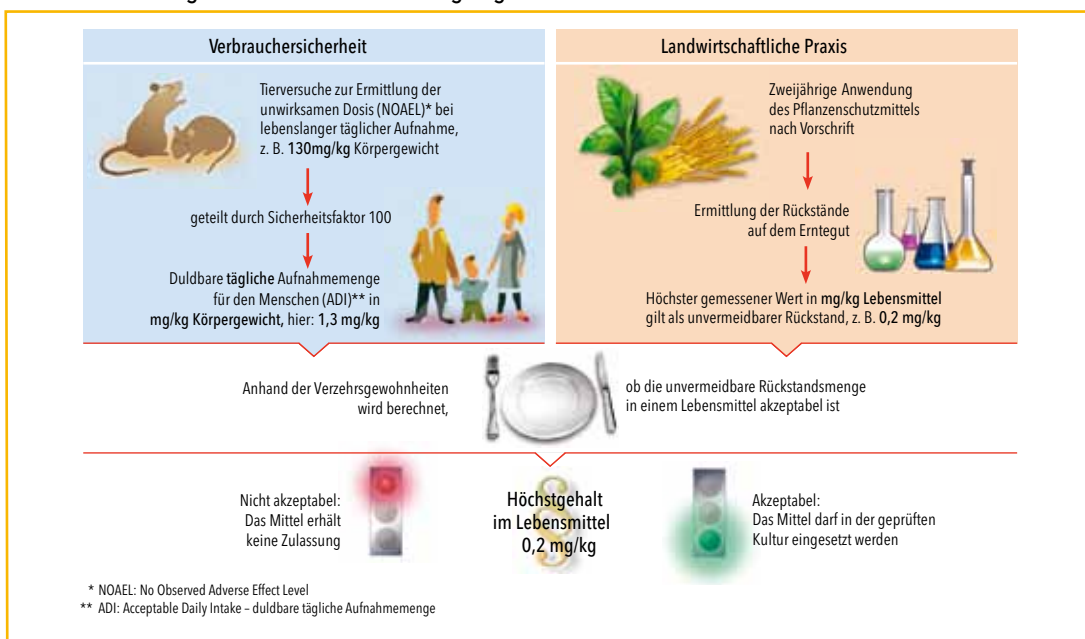


ABBILDUNG 19

Labor einer Behörde



in der Regel deutlich unterhalb der Werte aus den Freilandversuchen. Die Untersuchungen der Proben zum Erntezeitpunkt zeigen die tatsächlich verbliebenen Rückstandsmengen. Sie werden in Milligramm Wirkstoff pro Kilogramm Erntegut angegeben.

3. Schritt: Der gesetzlich festgelegte Höchstgehalt

Der Rückstandshöchstgehalt ist ein Handelsstandard, kein toxikologischer Wert.

„Ein Rückstands-Höchstgehalt (auch Rückstandshöchstmenge) gibt die maximal zulässige Konzentration eines Pflanzenschutzmittelwirkstoffs in oder auf einem

HINWEIS

Ein Sicherheitsfaktor von 100 – reicht das?

Ein Beispiel aus dem Straßenverkehr: Die Ermittlung des benötigten Bremswegs ergibt bei einer Geschwindigkeit von 120 km/h einen Wert von 60 Metern als erforderlichen Sicherheitsabstand zum Vordermann. Wollte man den Sicherheitsfaktor 100 anwenden, müssten wir bei Tempo 120 einen Abstand von 6 Kilometern zum vorausfahrenden Fahrzeug einhalten!

Lebensmittel an. Rückstandshöchstgehalte dienen als verbindliche Handelsstandards zur Gewährleistung des freien Warenverkehrs. Lebensmittel sind nur verkehrsfähig, wenn sie die Rückstandshöchstgehalte einhalten.“ (Bundesinstitut für Risikobewertung 2010).

Was besagt der gesetzlich festgelegte Höchstgehalt?

Höchstgehalte werden seit September 2008 europaweit einheitlich festgelegt. Derzeit existieren rund 170 000 Einzelwerte. Das hängt damit zusammen, dass für jeden zugelassenen Pflanzenschutzmittelwirkstoff und für jedes zugelassene Anwendungsgebiet (Anwendungsgebiet = Kulturart und Schadorganismus, zum Beispiel Winterweizen und Mehltau; wird auch als „Indikation“ bezeichnet) ein eigener Höchstgehalt festgelegt wird. Die europäische Verordnung über Höchstgehalte wird regelmäßig durch neu hinzugekommene Werte ergänzt und in größeren Abständen vollständig überarbeitet.

GRAFIK 19

Sicherheitsfaktor 100 – Was heißt das?



Gesetzliche Kontrollen

Die Verbraucher werden in der EU durch ein dreistufiges Kontrollsystem geschützt: durch die Verpflichtung der Händler zu Eigenkontrollen, durch die staatlichen Kontrollen und durch eine EU-Kontrolle der nationalstaatlichen Kontrollsysteme.

Die amtliche Lebensmittelüberwachung in Deutschland ist ein engmaschiges Netzwerk aus Bund, Ländern, Kreisen und Kommunen, die sich die Aufgaben teilen. Den Rahmen bestimmt der Bund. Die Umsetzung ist Ländersache: Jedes Bundesland hat eigene Landesgesetze, Durchführungsverordnungen und Verwaltungsvorschriften. Die Überwachung führen Behörden auf lokaler Ebene durch, zum Beispiel die Lebensmitteluntersuchungsämter. Kontrolliert werden „Betriebe, die Lebensmittel herstellen, bearbeiten oder verkaufen“ (BVL), und zwar regelmäßig. Hinzu kommen Kontrollen aufgrund von Anzeigen oder Verdachtsmomenten. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen werden jährlich vom Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL), in einem Bericht zusammengefasst und an die Europäische Kommission gemeldet, die daraus einen Jahresbericht über die Rückstandssituation in der gesamten EU erstellt.

Jedes Jahr stellt das BVL die Ergebnisse der „Nationalen Berichterstattung Pflanzenschutzmittel“ vor. Knapp 17 000 Proben wurden 2008 in Deutschland überprüft. Dabei hat sich der Trend bestätigt, dass Überschreitungen mit jedem Jahr weiter zurückgehen.

LEHRER-INFO

Unter www.bvl.bund.de › Lebensmittel › Sicherheit und Kontrollen › Nationale Berichterstattung Pflanzenschutzmittelrückstände finden Sie den jeweils aktuellen Jahresbericht und die deutschen Beiträge zu den Berichten der Europäischen Kommission sowie Hintergrundinformationen, z. B.:

- Wie läuft die Nationale Berichterstattung Pflanzenschutzmittelrückstände ab?
- Welche Daten fließen in die Berichterstattung ein?
- Qualitätssicherung
- Gesetzliche Grundlagen

Was bedeutet die Überschreitung eines Höchstgehalts?

Die zuständige Fachbehörde, das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR), stellt fest: „Die Überschreitung einer Höchstmenge ist kein Indiz für eine Beeinträchtigung der menschlichen Gesundheit, da die Höchstmenge nach dem Minimierungsprinzip ... festgesetzt wird.“ (Medizinauskunft 2005) Die Ergebnisse der ständigen Lebensmittelüberwachung zeigen, dass in etwa 95 Prozent aller untersuchten Proben entweder überhaupt keine Rückstände (die Werte liegen dann noch unter der niedrigsten analytisch erfassbaren Konzentration von 0,01 Milligramm/Kilogramm) oder Rückstände unterhalb des erlaubten Höchstgehalts gefunden werden. Je nach Obst- oder Gemüsesorte wird in 1–6 Prozent der untersuchten Proben eine Überschreitung des Höchstgehalts festgestellt. Die Überschreitung einer Rückstandshöchstmenge stellt einen Verstoß gegen geltendes Recht dar. Die entsprechende Ware ist nicht verkehrsfähig. Laut BfR muss dies aber nicht bedeuten, dass der gefundene Rückstand auch ein Risiko für Verbraucher darstellt, denn Rückstandshöchstmenge sind keine toxikologischen Grenzwerte“ (BfR, o. J.).

Auch im Hinblick auf das akute Risiko bei einmaligem Verzehr eines Lebensmittels urteilt die Fachbehörde ähnlich und weist darauf hin, dass selbst bei einer Überschreitung der Akuten Referenz Dosis nicht direkt auf eine gesundheitliche Gefährdung für den Verbraucher geschlossen werden kann. Zwischen der Dosis ohne erkennbare schädliche Wirkung (NOAEL) im Tierversuch und der ARfD liegt immer noch ein angemessener Sicherheitsfaktor von in der Regel 100. Die Deutsche Gesellschaft für Ernährung stellt dazu fest: „Hinsichtlich des Verzehrs von Obst und Gemüse einschließlich der Schale überwiegt der gesundheitliche Nutzen das mögliche Risiko.“ (DGE, 2007)

Was sind Mehrfachrückstände, und wie kommen sie zustande?

Ein Beispiel: Kernobst wie etwa Äpfel wird von einer Vielzahl unterschiedlicher Schaderreger heimgesucht. Aber erst wenn die wirtschaftliche Schadschwelle überschritten ist, kommen Pflanzenschutzmittel zum Einsatz. Im Sinne des nachhaltigen Pflanzenschutzes

HINWEIS

Gift: Alles und Nichts

Der bereits in Kapitel 2 erwähnte Satz des Paracelsus (1493–1541) „Alle Dinge sind Gift! Und nichts ist ohne Gift! Nur die Dosis macht, dass ein Ding kein Gift ist!“ bringt es auf den Punkt und gilt uneingeschränkt auch heute noch. Die Giftigkeit eines Stoffes hängt von folgenden Faktoren ab: von seinem chemischen Aufbau, der aufgenommenen Menge (der Dosis) und von der Dauer seiner Einwirkung auf den Organismus.

Das **Botulinustoxin** ist das stärkste Nervengift überhaupt. Ein Millionstel Gramm kann einen Menschen töten. Produziert wird es von einem Bakterium mit dem wissenschaftlichen Namen *Clostridium botulinum*. Dieses Naturgift tritt unter Umständen insbesondere in Fleisch- und Wurstwaren auf, es findet sich aber auch in Gemüsekonserven. Das Botulinustoxin ist gleichzeitig aber auch ein sehr gutes Beispiel für die Allgemeingültigkeit des Lehrsatzes von Paracelsus. In der richtigen Dosierung wird das Nervengift erfolgreich in der Schmerztherapie eingesetzt.

Wie schmal der Grat zwischen einer tödlichen Dosis und einer lebensnotwendigen Menge sein kann, lässt sich am Beispiel **Kochsalz** zeigen. Im Durchschnitt nehmen wir davon 5 Gramm täglich zu uns. Bei einem Menschen mit einem Körpergewicht von 50 Kilogramm bedeutet diese aufgenommene Menge umgerechnet eine Dosis von 0,1 Gramm je Kilogramm Körpergewicht. Die niedrigste tödliche Dosis, über die in der wissenschaftlichen Literatur berichtet wird, liegt bei etwa 0,5 Gramm je Kilogramm Körpergewicht. Das heißt, dass die einmalige Zufuhr von zwei Esslöffeln Salz bereits tödlich wirken kann.

Beispiel Himbeere: Sie enthält das in hoher Dosis sehr giftige Cumarin. Cumarin hemmt die Blutgerinnung und kann zu Nesselsucht und Nekrosen* führen. Dennoch kann man Himbeeren auch in größeren Mengen essen, da Cumarin nur in winzigen Konzentrationen in der Himbeere enthalten ist.

Beispiel Kartoffel: In entsprechend hoher Dosis kann Solanin zu Nervstörungen und zu Atemlähmungen führen. Durch Ausschneiden von grünen Stellen, Ausstechen der Keimlinge, Kochen und Abschütten des Kochwassers wird dieser Giftstoff jedoch entfernt.

wirken die Pflanzenschutzmittel selektiv, das heißt, sie treffen punktgenau den Schaderreger, für den sie zugelassen sind, und schonen Nützlinge. Die Vielfalt der Schaderreger macht verschiedene, spezifisch wirkende Präparate nötig.

Wenn aber immer dasselbe Mittel gegen einen Schaderreger eingesetzt wird, kann dieser mit der Zeit dagegen resistent werden. Um das zu vermeiden, sollten unterschiedlich wirkende Mittel abwechselnd eingesetzt werden. Das geht nur mit einer ausreichend breiten Palette an zugelassenen Wirkstoffen. Wenn mehrere Anwendungen mit unterschiedlichen Wirkstoffen notwendig sind, verbleiben auch unterschiedliche Rückstände auf den Früchten.

Nach allen bislang vorliegenden Erkenntnissen – und Pflanzenschutzmittel zählen zu den am besten untersuchten chemischen Substanzen – haben einzelne erlaubte Rückstandshöchstwerte keine gesundheitliche Relevanz. Das gilt auch für Mehrfachrückstände, die innerhalb der jeweils zulässigen Höchstwerte liegen.

Analytik: Gekonnte Suche nach der Stecknadel im Heuhaufen

Die chemische Analytik befasst sich mit der qualitativen und quantitativen Bestimmung von (Wirk-)Stoffen in Substanzgemischen. Dabei ist für die Forscher die Suche nach der Stecknadel im Heuhaufen längst Alltagsroutine. So können heute Rückstandsmengen im Bereich von einem Millionstel Gramm je Kilogramm bestimmt werden. Das ist wie das Auffinden eines einzigen Roggenkorns in einer Milliarde Weizenkörner. Zur Verdeutlichung: Für den Transport von einer Milliarde Weizenkörner werden knapp zwei gefüllte Schüttgutwaggons benötigt, in denen dann das eine Roggenkorn gefunden werden müsste!

Die Methodik zur Bestimmung solch kleiner Mengen ist hoch kompliziert. Zunächst muss der gesuchte Wirkstoff aus dem Pflanzenmaterial extrahiert werden. Der Extrakt muss von Begleitstoffen gereinigt werden, um genaue Aussagen über die Menge des gesuchten Wirkstoffs treffen zu können. Die gesuchte Substanz ist dabei gegebenenfalls nur mit wenigen Millionstel



ABBILDUNG 20

Getreidelager



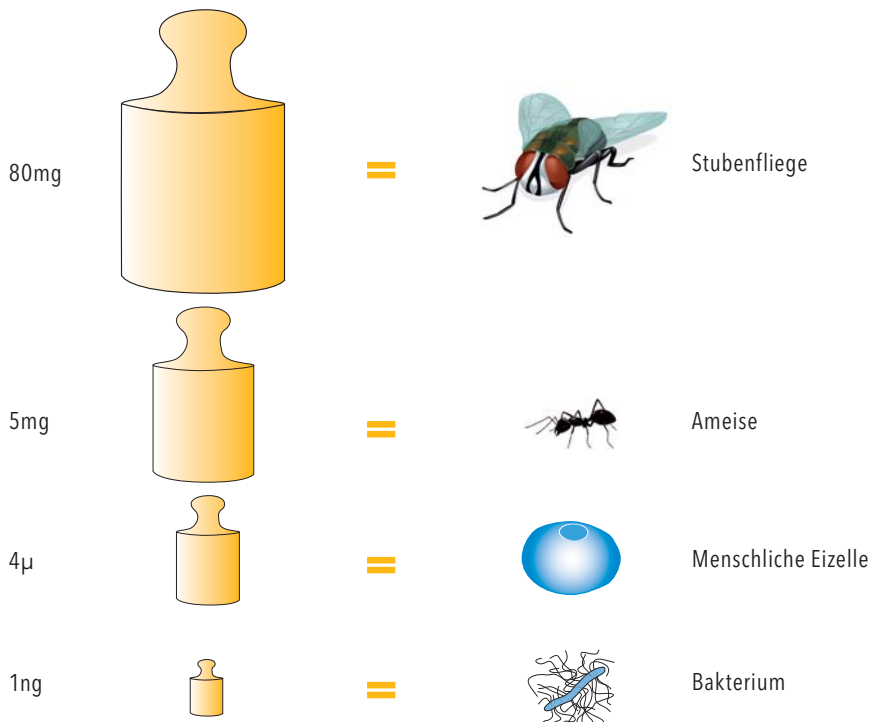
Gramm, die störenden Begleitstoffe aber mit der 100- bis 1 000-fachen Menge enthalten. Die Bestimmung der gesuchten Substanz erfolgt dann in Gas- oder Flüssigkeitschromatographen. Mit den besten Analyseverfahren ist die Bestimmung von bis zu mehreren hundert Wirkstoffen in einer einzigen Probe möglich.

Damit das Ergebnis einer Analyse als sicher gelten kann, muss die Richtigkeit, Reproduzierbarkeit (Wiederholbarkeit) und die Robustheit (Störanfälligkeit) von analytischen Methoden in umfassenden Versuchen abgesichert werden.

GRAFIK 20

„Mengenlehre“

1 Gramm [g]	=	0,001 Kilogramm [kg]
1 Milligramm [mg]	=	0,000001 Kilogramm [kg]
1 Mikrogramm [μ g]	=	0,000000001 Kilogramm [kg]
1 Nanogramm [ng]	=	0,000000000001 Kilogramm [kg]



Kein Pflanzenschutzmittel ohne behördliche Prüfung

Nach allem Aufwand für Forschung und Entwicklung gilt es für die Hersteller, noch eine entscheidende Hürde zu nehmen: die amtliche Zulassung!

Mit der Veröffentlichung der EU-Richtlinie 91/414/EWG gibt es seit 1991 in Europa die Grundlage für eine harmonisierte Zulassung von Pflanzenschutzwirkstoffen. Ein Pflanzenschutzmittel kann in einem EU-Mitgliedsstaat erst dann zugelassen werden, wenn sein Wirkstoff in einem EU-weiten Verfahren geprüft und in die sogenannte Positivliste aufgenommen wurde. Diese Richtlinie wird ab dem 14. Juni 2011 von der Verordnung (EG) Nr. 1107/2009 abgelöst.

8.1 Wirkstoffzulassung auf europäischer Ebene

Jeweils ein Mitgliedsstaat prüft einen neuen Wirkstoff und erstattet den übrigen EU-Mitgliedsstaaten sowie der EU-Kommission darüber Bericht. Diese vorläufige Bewertung wird den übrigen Mitgliedsstaaten zur Kommentierung übermittelt und dann zusammen mit den Kommentaren an die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA: European Food Safety Authority) mit Sitz in Parma weitergeleitet. Die EFSA führt ihrerseits eine wissenschaftliche Bewertung durch. Das Ergebnis wird dem „Ständigen Ausschuss

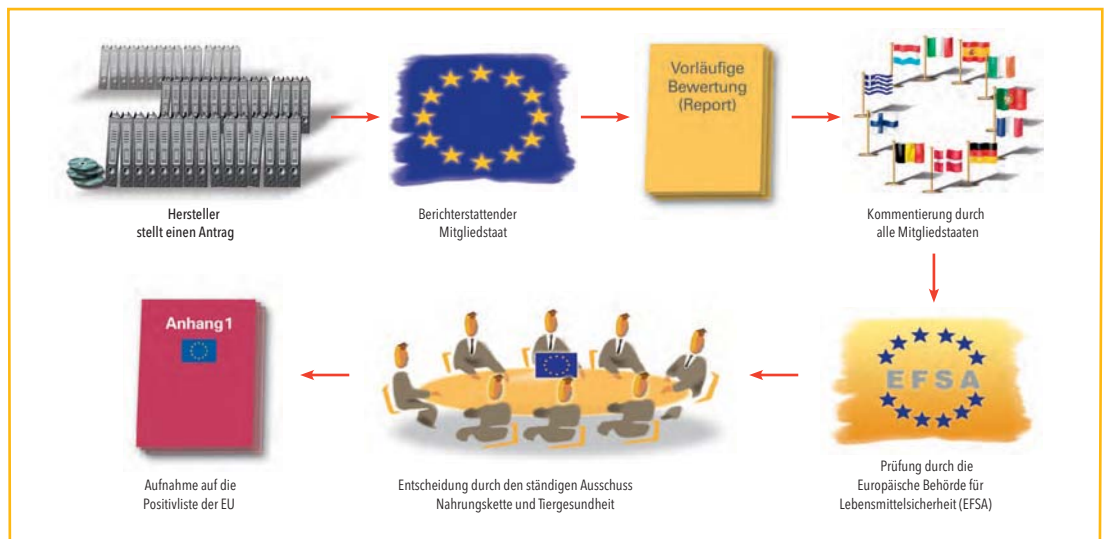
Nahrungskette und Tiergesundheit“ vorgelegt, der dazu Stellung nimmt. In einem weiteren Bearbeitungsschritt erfolgt die Diskussion im „Europäischen Sachverständigenausschuss“. Dieser Ausschuss spricht gegenüber der EU-Kommission die Empfehlung aus, ob ein Wirkstoff in die eingangs erwähnte Positivliste aufgenommen werden soll oder nicht. Die letzte Entscheidung über die Aufnahme oder Nicht-Aufnahme eines Wirkstoffs trifft dann die EU-Kommission. Dieses Verfahren ändert sich durch die neue Verordnung nicht wesentlich. Die Positivliste soll allerdings in Zukunft als Datenbank weitergeführt werden.

8.2 Das nationale Zulassungsverfahren für Pflanzenschutzmittel

Wer die Zulassung für ein Pflanzenschutzmittel anstrebt, muss bei den nationalen Behörden einen Zulassungsantrag stellen. Die Unterlagen, die dazu vorgelegt werden müssen, umfassen meist deutlich über 50 Aktenordner. In Deutschland ist für die Zulassung von Pflanzenschutzmitteln das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) mit Sitz in Braunschweig federführend zuständig. Für die am Zulassungsverfahren beteiligten Behörden müssen zusätzlich komplette Kopien der Antragsunterlagen eingereicht werden.

GRAFIK 21

Wirkstoffzulassung in der Europäischen Union



◊ Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) – prüft, ob die Unterlagen vollständig sind und leitet sie nach positivem Prüfergebnis an das

◊ Bundesamt für Risikobewertung (BfR) – prüft, ob das betreffende Pflanzenschutzmittel ohne Auswirkungen für die Gesundheit von Mensch und Tier eingesetzt werden kann.

◊ Julius-Kühn-Institut (JKI) – prüft die Wirksamkeit und Pflanzenverträglichkeit eines Mittels und seinen Nutzen für die Landwirtschaft.

◊ Umweltbundesamt (UBA) – bewertet schließlich das Verhalten eines Mittels in Boden, Wasser und Luft, seine Auswirkungen auf freilebende Tiere einschließlich Bienen und nützliche Insekten, Fische und Fischnährtiere, Vögel, Nichtkulturpflanzen sowie auf den Naturhaushalt insgesamt.

Die Bewertungen aller drei Behörden gehen an das BVL. Nach Anhörung eines Sachverständigenausschusses aus unabhängigen Wissenschaftlern (staatliche Landwirtschaftsberatung, Universitäten, Forschungseinrichtungen) entscheidet das BVL auf der Grundlage der Stellungnahmen der Bewertungsbehörden über die Zulassung des Pflanzenschutzmittels.



Bisher läuft dieses Zulassungsverfahren rein national, also in jedem Mitgliedstaat der EU getrennt ab. Die neue Verordnung führt ab 14. Juni 2011 ein sogenanntes

zonales Verfahren ein: Europa wird in drei Zonen – Nord, Mitte und Süd – eingeteilt, die ein vergleichbares Klima aufweisen. Deutschland liegt, zusammen mit 12 anderen Ländern, in der mittleren Zone. Künftig sollen Zulassungsanträge in jeder Zone von einem Mitgliedstaat stellvertretend für alle bewertet werden.

Innerhalb von 120 Tagen nach der Zulassung durch den berichterstattenden Mitgliedstaat erfolgen dann auch die Zulassungen in den übrigen Staaten der Zone.

◊ LEHRER-INFO

Hohe Hürden für die Zulassung
Arbeitsblatt 15



Agar-Agar

Geliermittel, guter Nährboden für Mikroorganismen

Alkaloide

natürlich vorkommende, chemisch heterogene, meist basische, stickstoffhaltige organische Verbindungen, meist giftig und bitter schmeckend

Beize

Es gibt verschiedene Beizen, die die am Saatgut haftenden pilzlichen Krankheitserreger vernichten und die Saat im Boden vor tierischen Schädlingen schützen. Es gibt Trocken-, Feucht-, Nass- und Schlammbeizen.

Biomonitoring

Prüfung der Wirkung von Stoffkombinationen auf die Umwelt, um daraus Risiken für Mensch und Umwelt abschätzen zu können

Bodendegradation

Herabsetzung der Funktionsfähigkeit und Fruchtbarkeit von Böden (z. B. durch Verdichtung, Versalzung, Erosion etc.)

Epidemiologie

„Seuchenkunde“ ist eine wissenschaftliche Disziplin, die vor allem nach der Häufigkeitsverteilung von Krankheiten (deskriptive Epidemiologie), ihren Entstehungsursachen (analytische Epidemiologie) und nach wissenschaftlich begründeten Handlungsmöglichkeiten (interventionelle Epidemiologie) fragt, um Krankheiten erfolgreich zu bekämpfen und zu überwinden.

Fangpflanzenmethode

Methode zur Regulierung des Schädlingsbefalls durch Anlage von Fangpflanzenstreifen oder Mischanbau mit Fangpflanzen. Wird zur Ablenkung oder Reduzierung der Schädlingsdichten eingesetzt, insbesondere bei starkem Befallsdruck.

Fertilität

Fruchtbarkeit

Intoxikation

Vergiftung

Kanzerogenität

Krebsauslösende Eigenschaft eines Stoffes

Katalysator

Stoff, der durch seine Anwesenheit chemische Reaktionen herbeiführt oder in ihrem Verlauf beeinflusst, selbst aber unverändert bleibt

Lysimeter

Gerät zur Erfassung von Wechselwirkungen bzw. Stofftransporten zwischen der Atmosphäre, den Pflanzen, dem Boden, der Tierwelt und dem Grundwasser

Meristem

Bildungsgewebe – Gewebetyp der Pflanzen, der aus undifferenzierten Zellen besteht

Mineralisierung

Freisetzung der organisch gebundenen, chemischen Elemente und Umwandlung in anorganische Verbindungen

Mulchsaat

Je nach Zielsetzung und standortspezifischen Bedingungen dienen Stroh oder verschiedene Zwischenfrüchte als Mulchmaterial. Mulchsaat belässt Pflanzenreste nahe an oder auf der Bodenoberfläche mit dem Ziel, eine möglichst ganzjährige Bodenbedeckung als vorbeugenden Schutz gegen Verschlämmung und Erosion zu erzielen.

Mutagenität

Erbgutverändernde Eigenschaft eines Stoffes

Nekrose

Am lebenden Organismus stattfindender, pathologischer Untergang einzelner oder mehrerer Zellen

NOEL – No Observed Effect Level

Konzentration (eines Stoffes), bei dem keine statistisch signifikante Wirkung beobachtet werden kann

NOAEL – No Observed Adverse Effect Level

Konzentration (eines Stoffes), bei dem keine signifikant erhöhten schädigenden Befunde zu beobachtet sind

Schlagkräftige Ernteverfahren

Moderne Maschinen ermöglichen große Arbeitserleichterungen.

Sorption

Sammelbezeichnung für Anreicherungsverfahren; Adsorption äußerlich, Absorption innerlich (durch Aufnahme)

Systemische Verteilung

Nach der Aufnahme über Wurzel oder Blatt erfolgt eine Verlagerung mit dem Saftstrom in der Pflanze.

Tausendkorngewicht

Ist definiert als die Masse von genau 1000 trockenen Samenkörnern. Je höher die TKM ist, desto besser ist das Verhältnis von Kornmasse und Schalenanteilen – bei einer höheren TKM kann der Müller eine höhere Mehlausbeute erzielen.

Teratogenität

Missbildungen des Skeletts verursachende Eigenschaft eines Stoffes

Toxizität

Giftigkeit eines Stoffes

Translaminare Verteilung

langsame Durchdringung des Blattgewebes

Umweltkompartiment

Homogener Bereich in der Umwelt, beispielsweise Boden, Wasser, Luft

Unkraut

Als Unkraut (Ungras) bezeichnet man Wildkräuter (und -gräser), die an einem unerwünschten Ort auftreten und mit der Kulturpflanze konkurrieren, zum Beispiel um Nährstoffe. Das am Feldrand gern gesehene Wildkraut kann auf der kultivierten Fläche Ertragseinbußen verursachen, das Erntegut verunreinigen oder die Ernte erschweren.

Wettlauf „Storch gegen Pflug“

Wettlauf zwischen wachsender Weltbevölkerung und Sicherstellung der Welternährung

- Anonym, 2003: Haus und Hof – Die Geschichte der Kartoffel. Arbeitsblatt 2, Schulfernsehen SÜDWEST, Heft 2 (November/Dezember/Januar), Schuljahr 2003/2004 http://www.planet-schule.de/wissenspool/fileadmin/dam_media/swr/zeitsprung_schwarzwaldhaus_1902/pdf/sh01b.pdf
- Anonym, 2008: Plagenserie in China – Algen, Smog und Heuschrecken bedrohen Olympische Spiele. Spiegel online, <http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/0,1518,563416,00.html>
- BfR, o. J.: Rückstände und Kontaminanten, Bundesinstitut für Risikobewertung. <http://www.bfr.bund.de/cd/431>
- BfR, 2010: Fragen und Antworten zu Pflanzenschutzmittel-Rückständen in Lebensmitteln. Bundesinstitut für Risikobewertung. <http://www.bfr.bund.de/cd/8823#a53180>
- BMELV, 2010: Gute fachliche Praxis im Pflanzenschutz – Grundsätze für die Durchführung. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV), Berlin. http://www.bmelv.de/cdn_154/SharedDocs/Downloads/Broschueren/GutePraxisPflanzenschutz.pdf?__blob=publicationFile
- Dechet, F., Gefahr oder Risiko? Jahresbericht 2006/2007, Industrieverband Agrar e. V., Frankfurt/Main.
- DGE, 2007: Obst und Gemüse – Gesundheitlicher Wert versus mögliches gesundheitliches Risiko. Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE), DGEInfo 11/2007 – Beratungspraxis. <http://www.dge.de/modules.php?name=News&file=article&sid=789>
- EU, 2005: Verordnung (EG) Nr. 396/2005 des europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Februar 2005 über Höchstgehalte an Pestizidrückständen in oder auf Lebens- und Futtermitteln pflanzlichen und tierischen Ursprungs und zur Änderung der Richtlinie 91/414/EWG des Rates. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2005:070:0001:0016:DE:PDF>
- FAO, 2002: World Agriculture: Towards 2015/2030, Summary Report. <http://www.fao.org/docrep/004/y3557e/y3557e08.htm>
- Gommes, R., 1999: Production variability and losses. Special: Agroclimatic concepts. <http://www.fao.org/sd/eidirect/agroclim/losses.htm>
- Medizinauskunft 2005: Lebensmittelrisiko: Überschreitung der Rückstands-Höchstmengen, nach BfR, 2005. http://www.medizinauskunft.de/artikel/gesund/Essen_Trinken/22_11_pflanzenschutzmittel.php
- Nachtigall, G., 2003: Asiatischer Marienkäfer macht Probleme. Innovations-Report. http://www.innovations-report.de/html/berichte/umwelt_naturschutz/bericht-18697.html
- IVA, 2000: Industrieverband Agrar e.V., Nach der Ernte – Vorratsschutz. Arbeitsblatt 10. <http://www.profil.iva.de/files/ab-10-nach-der-ernte-vorratsschutz-ab10>
- Köhler, H., 2002: Mykotoxine und ihr Einfluss auf die Immunreaktion. In: Fortbildungsveranstaltung für den öffentlichen Gesundheitsdienst, 13. bis 15. März 2002, Berlin. http://www.bfr.bund.de/cm/235/oegd_2002_abstracts.pdf

Oerke, E.C., Dehne, H.-W., Schönbeck, F., und Weber, A., 1994: Crop Production and Crop Protection. Estimated Losses in Mayor Food and Cash Crops. Elsevier, Amsterdam, Lausanne, New York, Oxford, Shannon, Tokyo.

Reschke, M., 2000: Chemischer Pflanzenschutz als Produktionsfaktor in der modernen Pflanzenproduktion an der Schwelle zum 3. Jahrtausend. In: Gutsche, V., 2000: Brauchen wir den chemischen Pflanzenschutz? Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Berlin-Dahlem, Heft 371, S. 52-67.

Transgen, 2009: Globale Anbauflächen 2008 – Tendenzen steigend: Gentechnisch veränderte Pflanzen weltweit auf 125 Millionen Hektar. http://www.transgen.de/anbau/eu_international/531.doku.html

Impressum

Herausgeber

Fonds der Chemischen Industrie im Verband der Chemischen Industrie e. V. (FCI),
Mainzer Landstraße 55, 60329 Frankfurt am Main
www.fonds.vci.de, Tel. 069 2556-0

In Kooperation mit

Industrieverband Agrar e. V.
Mainzer Landstraße 55, 60329 Frankfurt
www.iva.de, Tel. 069 2556-1281

Erstauflage

März 2011
26 000 Exemplare
Alle Rechte vorbehalten

Das vorliegende Textheft zur Informationsserie „Pflanzenschutz“ ist zusammen mit einer interaktiven CD-ROM erschienen. Auf dieser CD-ROM sind alle Abbildungen nochmals separat als ppt- und pdf-Dateien gespeichert. Außerdem enthält die CD-ROM Arbeitsblätter und Versuchsbeschreibungen.

Die gesamte Informationsserie ist außerdem über das Internet abrufbar (<http://fonds.vci.de>).

Fachliche Beratung

Prof. Dr. Jens Friedrich, Pädagogische Hochschule Freiburg
Prof. Dr. Bernd Ralle, Technische Universität Dortmund
Dr. Andreas Frangenberg, Factum est
John Krüger, Realschule plus, Sinzig
Dr. Friedrich Dechet, Dr. Regina Fischer,
Dr. Hagen Trott, Industrieverband Agrar e. V.

Autoren

Dr. Andreas Frangenberg, Factum est
Dr. Hans-Ulrich Reuß, freier Autor

Redaktion

Marie-Luise Kinzinger,
Industrieverband Agrar e. V. (IVA)
Birgit Kullmann, Dr. Annette Vielfort, Fonds der Chemischen Industrie im Verband der Chemischen Industrie e. V.

Gesamtkoordination

Birgit Kullmann, Fonds der Chemischen Industrie im Verband der Chemischen Industrie e. V. (IVA)

Bildnachweis

Adpic (Seite 32)
Andreas Rolof, Baum des Jahres e. V. (Seite 17)
BASF SE (Seiten 20, 21, 23, 24, 53)
Bayer CorpScience (Seiten 14, 15, 19, 20, 21, 22, 23, 25, 37)
Bayerische Gartenakademie (Seite 12)
Bay. Landesanstalt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit, Erlangen (Seite 48)
Bernhard Perny, BFW Wien (Seite 34)
Biopix (Seite 17)
DuPont de Nemours (Seiten 17, 38)
Hans H. Weißer (Seite 41)
istockphoto (Titelseite, Seiten 2, 5, 6, 7, 9, 10, 12, 14, 16, 18, 24, 25, 28, 29, 30, 31, 50, 51, 53)
IVA (Seiten 8, 11, 13, 22, 27, 39, 32, 36, 37, 38, 39, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 51, 52)
JKI Darmstadt (Seite 33)
Landwirtschaftskammer NRW (Seite 33)
M. Lehmann, LVL Frankfurt/Oder (Seite 34)
Musée d'Unterlinden, Colmar (Seite 19)
Obstbauseite Mainfranken (Seite 39)
Reiner Pospischil (Seite 16)
TransGen (Seite 34)
Wiedenau-pr (Seite 21)
Marcus Stüben (Dipl.-Biol.), BEEgroup Würzburg (Illustration der Honigbiene, Versuch 7)

Gestaltung

Seippel & Weihe
Kommunikationsberatung GmbH
Bernardstraße 14-16, 63067 Offenbach am Main
www.seippel-weihe.com

Produktion

bk betterkonsult
Doppestrasse 5
61476 Kronberg im Taunus

