

Mikroplastik in Lebensmitteln

## **Kleine Teile – große Wirkung?**



Lebensmittel  
**Zusatzstoffe  
unter der Lupe**

Textilien  
**Weniger Risiken  
auf der Haut**

Tierversuche  
**Transparenz durch  
Studienregister**



# Liebe Leserinnen und Leser!

**Deutsche Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sind eher zurückhaltend, wenn es um öffentliche Debatten geht. Das führt nicht selten dazu, dass Lautstärke über Vernunft obsiegt. Wer schweigt, wird untergebuttert. Mir fallen dazu typische Reizthemen wie Tierversuche oder Pestizide ein.**

Jemand, der sich nicht den Mund verbieten lässt, ist die deutsche Medizin-Nobelpreisträgerin Christiane Nüsslein-Volhard. Immer wieder tritt sie für die Freiheit der Forschung ein. Im BfR2GO-Interview bezieht sie klar Stellung zu den neuen Genscheren, von denen die bekannteste CRISPR/Cas9 ist. Zu diesem hochaktuellen Thema richtete das BfR im August und September 2019 übrigens eine Verbraucherkonferenz aus.

Wohlgemerkt: Es geht nicht darum, dass die Wissenschaft immer recht hat. Irren ist menschlich. Auch Forscher irren selbstverständlich. Es geht vielmehr darum, dass ihre Stimme gehört und bei politischen Entscheidungen berücksichtigt wird. Erst recht in einer Wissenschaftsgesellschaft wie der unseren und erst recht dann, wenn es um Themen geht, die die Forscherinnen und Forscher in ihrer Arbeit direkt betreffen.

Wie steht es überhaupt um die Rolle der Wissenschaft in der Gesellschaft? Reiner Wittkowski, bis September 2019 BfR-Vizepräsident, wirft im Gespräch mit BfR2GO einen nicht ganz ungetrübbten Blick in die Zukunft. Das politische Gerangel um die gesundheitliche Bewertung von Glyphosat habe die Wissenschaft Vertrauen gekostet und damit letztlich dem gesundheitlichen Verbraucherschutz geschadet. Dennoch, das Modell der unparteiischen wissenschaftlichen Politikberatung, wie es das BfR verkörpert, hat sich aus Wittkowskis Sicht bewährt. Das wiederum haben auch unabhängige Gremien wie der Wissenschaftsrat bestätigt.

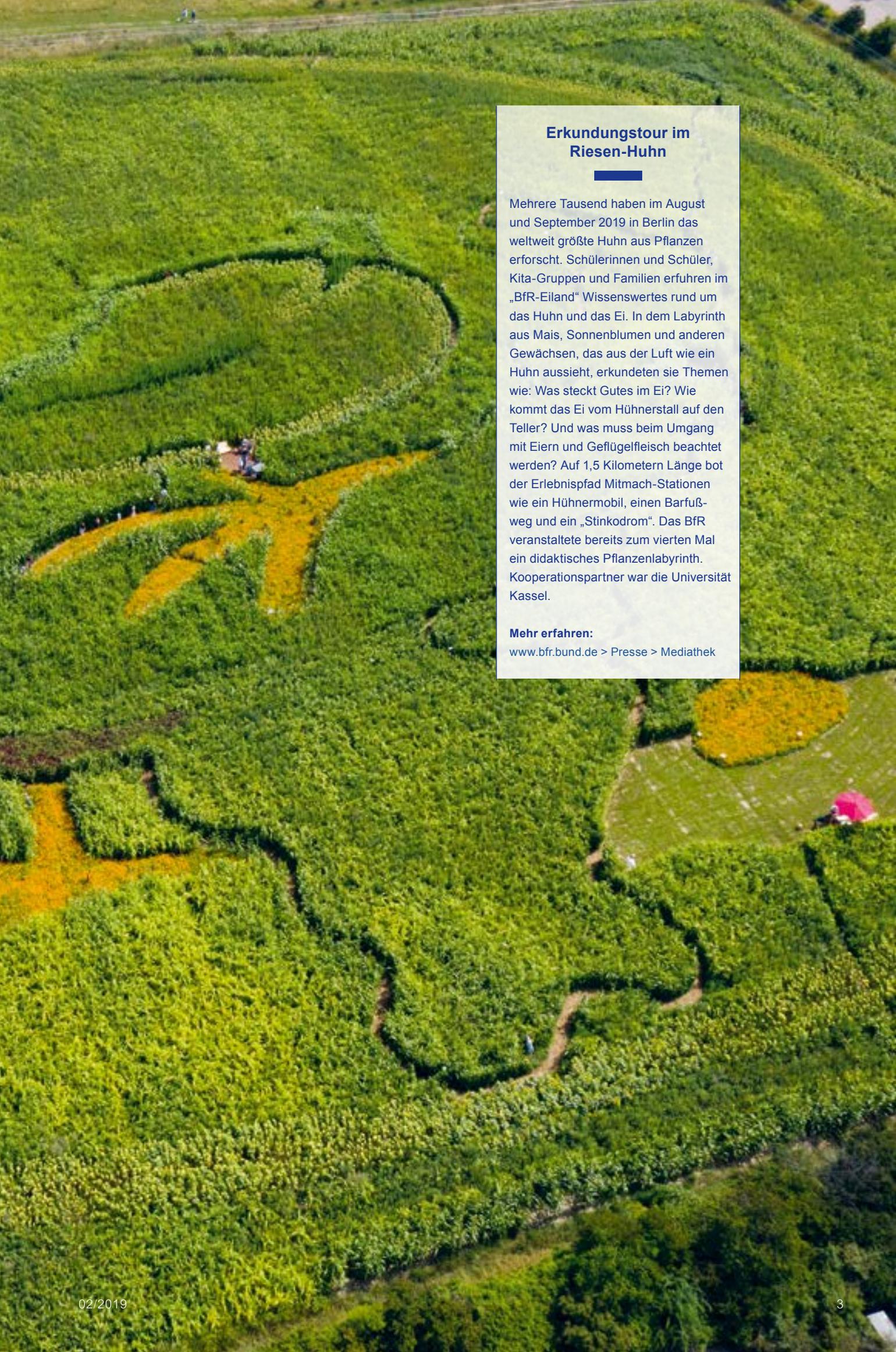
Was haben übrigens Glyphosat und Kupfer gemeinsam? Die Antwort dürfte viele überraschen: Beides sind Pestizidwirkstoffe. Aber während der Glyphosatausstieg Deutschlands (und bald Europas?) beschlossene Sache ist, wurde der Einsatz des Schwermetalls Kupfer ohne große öffentliche Anteilnahme Ende 2018 um weitere sieben Jahre verlängert. Ein Kupferausstieg liegt in weiter Ferne – Grund genug für eine Gesamtbewertung durch das BfR. Mehr dazu – und selbstverständlich zu vielen weiteren spannenden Themen – in diesem Heft.

Eine anregende Lektüre wünscht

**Professor Dr. Dr. Andreas Hensel**  
Präsident des BfR







## Erkundungstour im Riesen-Huhn

Mehrere Tausend haben im August und September 2019 in Berlin das weltweit größte Huhn aus Pflanzen erforscht. Schülerinnen und Schüler, Kita-Gruppen und Familien erfuhren im „BfR-Eiland“ Wissenswertes rund um das Huhn und das Ei. In dem Labyrinth aus Mais, Sonnenblumen und anderen Gewächsen, das aus der Luft wie ein Huhn aussieht, erkundeten sie Themen wie: Was steckt Gutes im Ei? Wie kommt das Ei vom Hühnerstall auf den Teller? Und was muss beim Umgang mit Eiern und Geflügelfleisch beachtet werden? Auf 1,5 Kilometern Länge bot der Erlebnispfad Mitmach-Stationen wie ein Hühnermobil, einen Barfußweg und ein „Stinkodrom“. Das BfR veranstaltete bereits zum vierten Mal ein didaktisches Pflanzenlabyrinth. Kooperationspartner war die Universität Kassel.

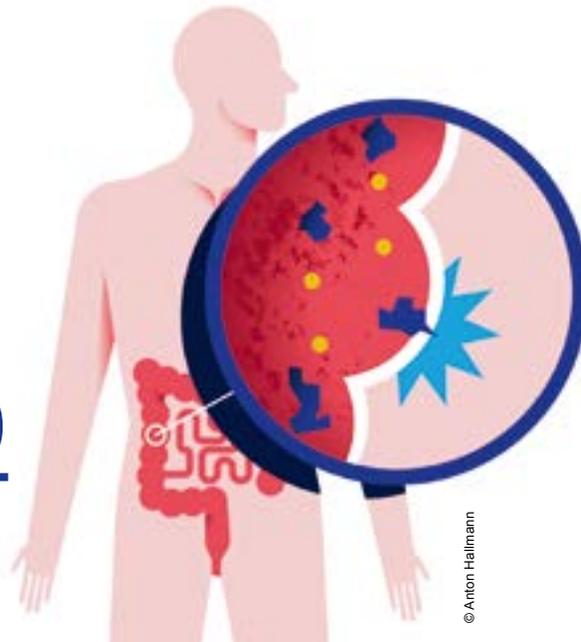
### **Mehr erfahren:**

[www.bfr.bund.de](http://www.bfr.bund.de) > Presse > Mediathek

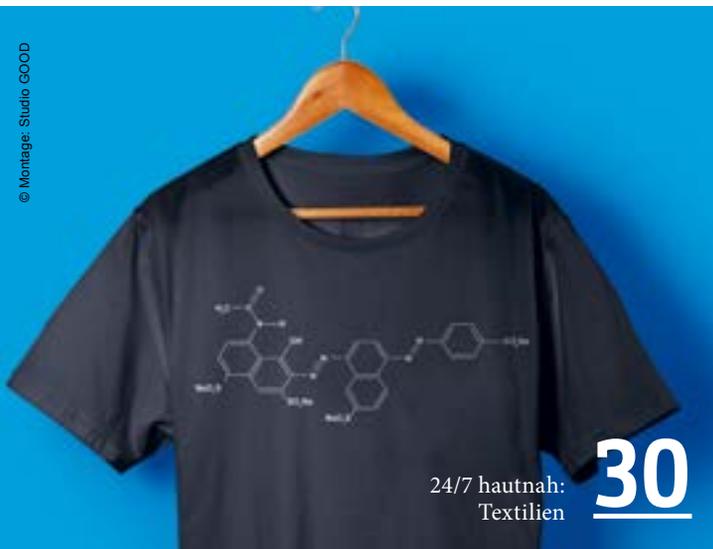
# INHALT

Schwerpunkt:  
Mikroplastik

**6**



© Anton Hallmann



24/7 hautnah:  
Textilien

**30**

**14**

Alles eine Frage  
des Risikos

© Marazze/shutterstock.com



**Bewerten.  
Forschen.  
Kommunizieren.**

**22**

Unbedenklich?  
Zusatzstoffe in Lebensmitteln

© picturepartners/shutterstock.com



**38**

Durchblick durch  
den Wurm

© BfR



## 06 Schwerpunkt

- 06 **Mikroplastik in Lebensmitteln**  
Kleine Teile – große Wirkung?
- 12 **„Nanoplastik wird uns noch lange beschäftigen“**  
Interview mit Dr. Holger Sieg

## 14 Risikowahrnehmung

- 14 **Alles eine Frage des Risikos**  
EU-Barometer Lebensmittelsicherheit
- 16 **„Angst aus Mangel an Kenntnissen“**  
Interview mit Professorin Christiane Nüsslein-Volhard
- 18 **KO durch CO**  
Infografik Kohlenmonoxid

## 20 Institutsleben

„Der Wissenschaft droht ein Vertrauensverlust“  
Interview mit Professor Reiner Wittkowski

## 22 Lebensmittelsicherheit

- 22 **Unbedenklich?**  
Zusatzstoffe in Lebensmitteln
- 26 **„Süßstoffe werden in der Bevölkerung heiß diskutiert“**  
Interview mit Professor Maged Younes
- 27 **Spektrum**  
Giftige Pflanzensamen, Keime im Keksteig, gefälschte Futtermittel
- 28 **Wald, Wild, Parasiten**  
Verbreitung von Parasiten in Wildfleisch

## 30 Produkt- und Chemikaliensicherheit

- 30 **24/7 hautnah: Textilien**  
Gesundheitsrisiko Bekleidung?
- 33 **Spektrum**  
Hautmikroben, Tattoonadeln, Kombinationswirkungen
- 34 **Dicke Luft**  
Flüchtige Substanzen in Spielzeug & Co.
- 36 **Das blaue Wunder von Bordeaux**  
Kupfer als Pflanzenschutzmittel

## 38 Schutz von Versuchstieren

- 38 **Durchblick durch den Wurm**  
Fadenwurm *C. elegans* im Portrait
- 41 **Spektrum**  
Tierschutz auf Twitter, Fördersymposium, fast forward Alternativen
- 42 **Besser für Mensch und Maus**  
Animal Study Registry
- 44 **Institutsleben**

## Impressum

BfR2GO – Ausgabe 02/2019

### Herausgeber:

Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR)  
Anstalt des öffentlichen Rechts

vertreten durch den Präsidenten,  
Professor Dr. Dr. Andreas Hensel  
V.i.S.d.P.: Dr. Suzan Fiack

### Redaktionsanschrift:

Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR)  
Max-Dohrn-Straße 8–10  
10589 Berlin  
www.bfr.bund.de  
publikationen@bfr.bund.de

### Redaktion:

BfR Presse- und Öffentlichkeitsarbeit

### Gestaltung, Grafiken & Bildbearbeitung:

Studio GOOD, Berlin

### Druck:

Druckerei Weidner, Rostock  
gedruckt auf PEFC-zertifiziertem Papier

### Auflage:

4.000 (Deutsch) 1.500 (Englisch)

Print-ISSN 2567-3858

Online-ISSN 2567-3866

DOI 10.17590/20191112-142703

© Bundesinstitut für Risikobewertung. Alle Rechte vorbehalten. Wenn Sie einen Nachdruck einzelner Artikel zu nicht kommerziellen Zwecken wünschen, wenden Sie sich bitte an die Redaktion unter: publikationen@bfr.bund.de

In den Interviews des BfR2GO geäußerte Meinungen externer Interviewpartnerinnen und -partner geben deren eigene Auffassungen wieder.

---

Das BfR-Wissenschaftsmagazin BfR2GO  
erscheint zweimal jährlich.

Kostenfreies Abonnement über:  
[www.bfr.bund.de/de/bfr2go\\_abo.html](http://www.bfr.bund.de/de/bfr2go_abo.html)

---



Bundesinstitut für Risikobewertung

Folgen Sie uns:





# Kleine Teile – große Wirkung?

Wir leben in einer Welt voller Plastik. Durch chemische und physikalische Prozesse zerfällt es in winzige Teilchen zu Mikroplastik. Als gesichert gilt, dass Mikroplastik in Lebensmitteln vorkommt. Die Forschung ist aber noch sehr lückenhaft. Erste Studien am BfR haben begonnen.



**M**anchmal ist Forschung unappetitlich. Zum Beispiel, wenn es um Mikroplastik im Menschen geht – konkret: um Mikroplastik in seinem Darm. In einer Pilotstudie im Jahr 2018 untersuchte ein Forschungsteam des österreichischen Umweltbundesamtes und der Medizinischen Universität Wien erstmals Stuhlproben von Testpersonen aus Europa und Japan. Diese schrieben eine Woche lang ein Ernährungstagebuch und schickten eine Stuhlprobe nach Wien. Alle Proben enthielten Mikroplastik. Das Medienecho war gewaltig – auch im BfR. Denn es war der Beweis: Mikroplastik bleibt nicht in der Umwelt. Es gelangt auch zum Menschen.

### Kunststoffe altern und zerfallen

Kunststoffe sind heutzutage nahezu überall im Umfeld des Menschen präsent. Die Weltproduktion wächst, es gelangt immer mehr Plastik in die Umwelt. Somit wird auch Mikroplastik immer häufiger nachgewiesen. Aber schon bei der Definition wird es schwierig. Der Begriff wird für kleine Kunststoffpartikel unterschiedlicher Herkunft, Größe, Form und chemischer Zusammensetzung verwendet. Die Größenangaben sind nicht einheitlich definiert und schwanken meist zwischen 0,0001 Millimeter (mm) und kleiner als 5 mm. Dabei unterscheidet die Wissenschaft zwischen absichtlich hergestelltem und durch Zerfallsprozesse entstehendem Mikroplastik (siehe Kasten).

Wie viele andere Forschungseinrichtungen befasst sich auch das BfR mit dem Thema. Im Fokus stehen die Risiken für die menschliche Gesundheit, wenn Lebensmittel Mikroplastik enthalten und gegessen oder getrunken werden. Für das BfR bestehen in vielen Forschungsbereichen noch große Unsicherheiten und

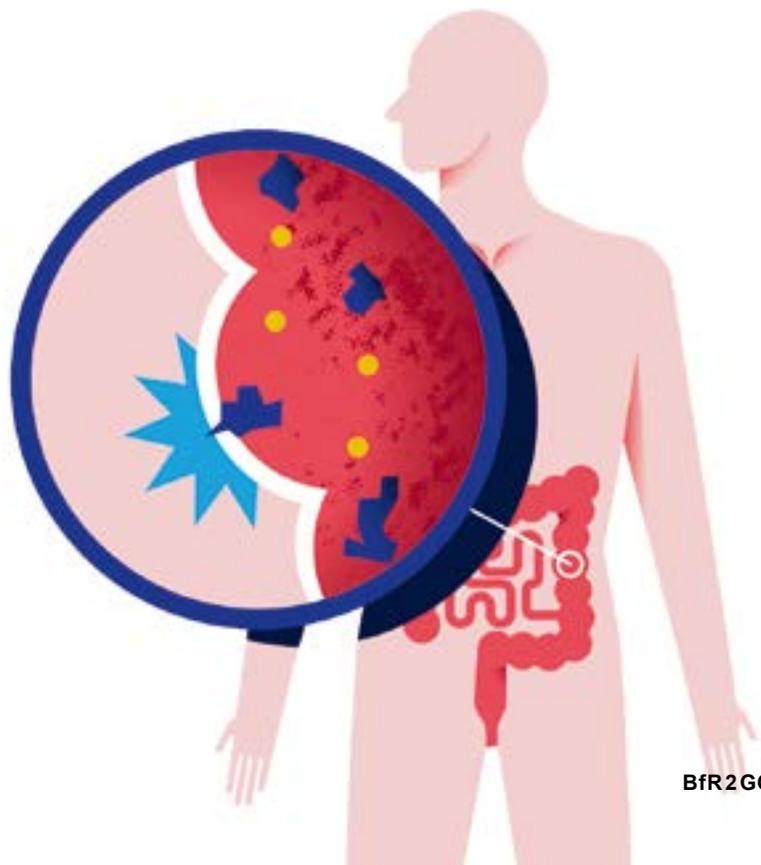
Datenlücken. „Erste Untersuchungen zu Mikroplastik haben erst vor kurzer Zeit begonnen. Dementsprechend fehlt uns die Grundlage zu einer umfassenden gesundheitlichen Risikobewertung“, sagt Professor Alfonso Lampen. Der Biochemiker und Veterinärmediziner leitet am BfR die Abteilung Lebensmittelsicherheit. Es fehlten vor allem Daten zur Aufnahme, zur Analytik und zu den Wirkungen von Mikroplastik auf den Menschen.

### Mikroplastik in Lebensmitteln – ja, aber wie viel?

Mikroplastik ist überall. Das sei wissenschaftlich gut belegt, so Lampen. Grundsätzlich kann es über die Luft, über Meer-, Süß- und Grundwasser in die Nahrung gelangen. Unsicher ist allerdings, wie viel davon wirklich in Lebensmitteln landet. Darüber hinaus gibt es keine zuverlässigen Daten, welche Kunststoffarten der Mensch als Mikroplastik über die Nahrung aufnimmt. Es gibt zwar immer wieder Berichte über Nachweise in Honig, Muscheln oder auch Salz. Doch Angaben zur Menge und Kunststoffart fehlen bisher fast immer. Beispiel Fisch: Hier werden die Teilchen vor allem im Magen-Darm-Trakt der Fische gefunden, den die meisten Menschen aber nicht essen. Ob sie auch in die essbaren Teile wandern und sich dort anlagern – die Wissenschaft weiß es schlicht noch nicht. Beispiel Mineralwasser: Das Bayerische Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit hat Mikroplastik in Mineralwasser nachgewiesen – und zwar nicht nur in Wasser aus Plastikflaschen, sondern auch, wenn es in Glasflaschen abgefüllt war. Mikroplastik könnte also auch durch Reinigungsprozesse, durch Farbpigmente vom Papieretikett, durch den Plastikdeckel oder auch aus der Luft in die Flasche gelangen.

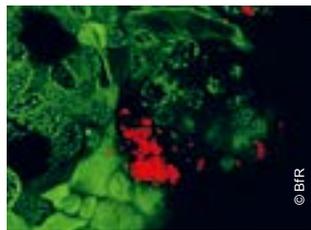
99

**Mikroplastik ist überall und gelangt über Luft und Wasser auch in die Nahrung – und so zum Menschen.**





Es gibt unzählige Kunststoffarten. Im Mikrometerbereich sind sie analytisch schwer zu erkennen.



Während des Kochens und Essens kann Mikroplastik ebenfalls in die Lebensmittel gelangen. Denn aus kunststoffhaltigen Textilien wie Fleece oder Nylon lösen sich durch das Tragen kleinste Fasern, die als Mikroplastik betrachtet werden, und geraten so ins Essen.

Zur Aufnahme könnten auch kosmetische Mittel beitragen: Hier wird es unter anderem in Duschgels oder Peelings eingesetzt. Dass die Teilchen über die Haut in den Körper gelangen, ist nach aktuellem Stand der Forschung aber unwahrscheinlich. "Bedeutender scheint die Aufnahme über die Atmung zu sein", sagt Lampen. Der Abrieb von Autoreifen beispielsweise sei eine bedeutende Quelle für Mikroplastik in der Umwelt. Über die Luft kommt es in die Lunge. "Was wir von all diesem Mikroplastik wirklich aufnehmen und wie lange es bei uns im Körper bleibt, dazu fehlen uns valide Daten", resümiert Lampen.

### Herausforderung Analytik

Wenn schon die Aufnahme kompliziert zu erforschen ist, gilt dies erst recht für die Analytik. Es gibt zwar bildgebende und spektroskopische Verfahren, um Mikroplastik in Lebensmitteln zu bestimmen. Aber allgemein anerkannte und validierte Methoden zur Identifizierung und quantitativen Analyse fehlen. Das liegt zum einen daran, dass es unzählige Kunststoffarten gibt. Zum anderen stelle die Probenaufarbeitung die Wissenschaft vor große Herausforderungen, so Dr. Harald Jungnickel. Der Chemiker ist Experte im Bereich der Produktanalytik am BfR. „Bei Mineralwasser ist das noch relativ überschaubar, da es kein zusammengesetztes Lebensmittel ist. Richtig kompliziert wird es bei Boden- oder Tierproben, die komplexe Gemische aus vielen verschiedenen Stoffen sind.“ Hier muss die Analytik zwischen organischem Material aus Pflanzen und Mikroplastik unterscheiden. „Und da wird es im Mikrometerbereich

### Entstehung von Mikroplastik

Primäres Mikroplastik wird in Form von kunststoffbasierten Granulaten bzw. Pellets gezielt industriell hergestellt. Dabei kommen unterschiedliche Kunststoffe wie Polyethylen (PE), Polypropylen (PP), Polystyrol (PS), Polyethylenterephthalat (PET), Polyvinylchlorid (PVC), Polyamid (Nylon) und Ethylvinylacetat (EVA) zum Einsatz.

Sekundäres Mikroplastik entsteht durch chemische und physikalische Alterungs- und Zerfallsprozesse aus beispielsweise Plastiktüten, -flaschen oder Reifenabrieb, aber auch durch das Waschen kunststoffhaltiger Textilfasern wie Fleece. Nach heutigem Kenntnisstand entsteht das in der Umwelt vorgefundene Mikroplastik hauptsächlich über diesen Weg.



sehr schwer.“ Verschiedene analytische Ansätze zur Bestimmung und Quantifizierung von Mikroplastik werden derzeit wissenschaftlich diskutiert. Das BfR kooperiert dazu mit anderen Einrichtungen wie dem Max Rubner-Institut, den Schwesterbehörden in Dänemark (DTU) und Frankreich (ANSES), der Universität Leipzig sowie dem Umweltbundesamt und der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung. Mit ihnen diskutiert das BfR die aktuellen Entwicklungen und stimmt das weitere gemeinsame Vorgehen ab.

### Viele offene Fragen zur Wirkung

Auch zur gesundheitlichen Wirkung von Mikroplastik gibt es kaum belastbare Zahlen. Wenige Studien heißt: wenige Daten zur Risikobewertung. Eine der wenigen Untersuchungen hat 2018 das BfR durchgeführt (siehe Kasten). Die Fachgruppe des Biochemikers und Toxikologen Albert Braeuning untersuchte die Wirkung von Mikroplastik auf Mäuse und menschliche Darmzellen. „Wir haben zwar festgestellt, dass von Polystyrolteilchen wahrscheinlich keine Darmschäden ausgehen. Dies können wir aber nicht für andere Kunststoffarten wie PVC, Polypropylen oder Polyamid belegen. Hierfür brauchen wir experimentelle Daten.“ Verschiedene Partikel, unterschiedlich in Aufbau, Größe oder Form, müssen dementsprechend untersucht werden. Darüber hinaus müsse man sich die Teilchen anschauen, die noch kleiner sind als Mikroplastik, so Privatdozent Dr. Braeuning: Nanopartikel aus Kunststoff.

In der Abteilung Lebensmittelsicherheit des BfR wurde daher im Jahr 2017 eine Nachwuchsgruppe Nanotoxi-

kologie gegründet, die sich sowohl mit mikro- als auch mit nanoskaligen Kunststoffpartikeln befasst (siehe Interview, Seite 12). Zu den offenen Fragen zählt unter anderem die Wirkung von zugesetzten Stoffen (Additive), die Kunststoffe weich, fest und farbig machen oder vor UV-Strahlung schützen. Einige davon sind gesundheitsgefährdend. Ein weiteres Forschungsfeld: An Mikroplastik könnten sich Stoffe aus der Umwelt wie Polychlorierte Biphenyle oder Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe binden. Auch sie könnten eine Bedrohung für den Körper sein. Darüber hinaus fehlen Daten zu Mikroorganismen wie Bakterien oder Viren, die Mikroplastik in der Umwelt als Biofilm „bedecken“. Einige können gesundheitsgefährdend sein.

### Mit der Bekanntheit steigt die Beunruhigung

Forschungen zu Mikroplastik stehen also erst am Anfang. In den nächsten Jahren ist es das Ziel, verlässliche Daten zu erhalten und das gesundheitliche Risiko besser einzuschätzen. Das Thema ist dennoch bei Medien und der Bevölkerung aktuell sehr präsent. Für Dr. Mark Lohmann, Leiter der Fachgruppe Risikozoologie und Risiko-Nutzen-Beurteilung, ist das Interesse an Forschungsergebnissen zu Mikroplastik keine Überraschung. „Wir sehen in unseren Befragungen seit mehreren Jahren, dass das Thema Verbraucherinnen und Verbraucher immer stärker bewegt. Das nehmen die Medien auf und suchen nach Antworten.“ Unter Lohmanns Verantwortung veröffentlicht das BfR jedes Halbjahr den Verbrauchermonitor. Er liefert als repräsentative Bevölkerungsbefragung Antworten auf die Frage, wie die Öffentlichkeit zu Themen aus dem Be-

reich des gesundheitlichen Verbraucherschutzes steht. In den Ergebnissen zeigt sich deutlich: Die Bekanntheit von Mikroplastik als Verbraucherthema steigt. Und mit der Bekanntheit steigt die Beunruhigung. Waren im Februar 2017 44 Prozent über Mikroplastik beunruhigt, so war es im Februar 2019 mit einem Anstieg von zwölf Prozentpunkten mehr als die Hälfte der Befragten.

Trotz aller wissenschaftlichen Unsicherheiten: Das BfR geht nach derzeitigem Stand des Wissens davon aus, dass von Mikroplastik in Lebensmitteln wahrscheinlich keine gesundheitlichen Risiken für den Menschen

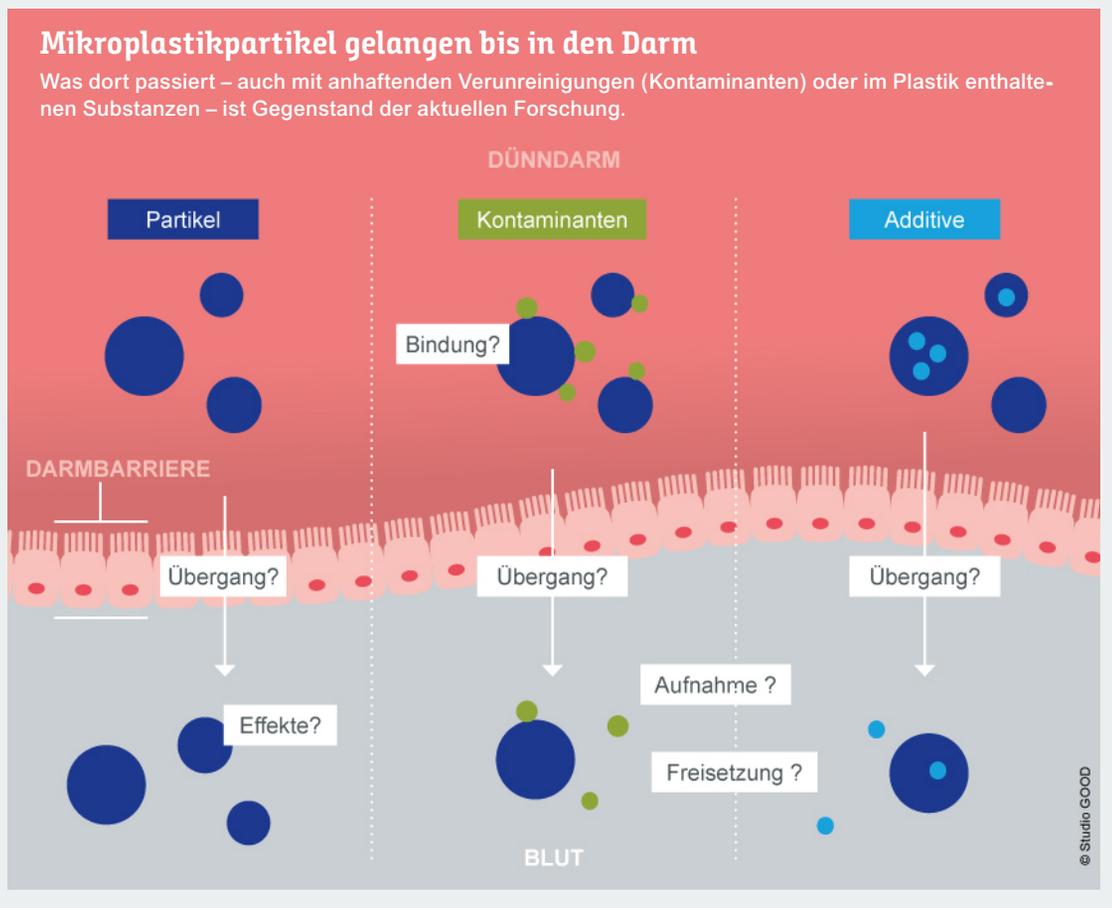
ausgehen. Ähnlich sieht es die Weltgesundheitsorganisation WHO in Bezug auf Trinkwasser: Basierend auf den bisherigen Informationen gehe sie davon aus, dass Mikroplastik in Trinkwasser kein gesundheitliches Risiko darstellt. Die Organisation, die im Auftrag der Vereinten Nationen das Gesundheitsgeschehen weltweit beobachtet und wissenschaftlich bewertet, fordert aber auch: noch mehr Forschung und verlässlichere Daten. ■

Mehr erfahren:  
[www.bfr.bund.de](http://www.bfr.bund.de) > A-Z-Index: Mikroplastik

## Mikroplastikversuche im Labor

Das BfR hat die Wirkung von Mikroplastik aus Polystyrol untersucht, einem der weltweit am häufigsten eingesetzten Kunststoffe. Er wird unter anderem für die Herstellung von Styropor, Lebensmittelverpackungen und Alltagsgegenständen wie Fahrradhelmen verwendet. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des BfR setzten zwei Methoden ein: Einerseits gingen sie mithilfe von Kulturen menschlicher Darmgewebezellen der Frage nach, ob Polystyrolpartikel unterschiedlicher Größe in die Zellen aufgenommen werden können. Des Weiteren wurden Mäuse 28 Tage lang mit den Teilchen gefüttert. „Wir hatten keine

klare Vorstellung, was die Partikel machen können“, sagt Albert Braeuning, der mit seiner Fachgruppe zur Lebensmittelsicherheit forschet. „Eine Entzündungsreaktion? Oxidativer Stress? Hier müssen noch ganz grundlegende Fragen erforscht werden.“ Das Ergebnis der Studie: Zwar nehmen Darmzellen die Polystyrolteilchen grundsätzlich auf. Bei den Mäusen zeigte sich jedoch, dass diese trotz sehr großer verabreichter Mengen nur vereinzelt in den untersuchten Darmepithelzellen nachzuweisen waren. Die Mengen lagen dabei weit oberhalb dessen, was als Aufnahme für den Menschen realistisch erscheint.





## „Nanoplastik wird uns noch lange beschäftigen“

### Herr Sieg, warum ist es so schwierig, Mikroplastik in Lebensmitteln aufzuspüren?

Lebensmittel sind komplexe Gemische. Die verschiedenen Arten von Mikroplastik darin zu untersuchen und ihre Menge zu bestimmen, ist analytisch sehr schwierig. Der Dichteunterschied zwischen Plastikteilchen und dem umgebenden Lebensmittelmaterial ist nur gering. Standardmethoden wie spektroskopische Verfahren sind kaum einsetzbar. Einfach weil die üblichen Messprinzipien nicht funktionieren. Die aktuell diskutierten Studien wurden daher bislang nur mit sehr einfachen Lebensmitteln wie Mineralwasser oder Tafelsalz durchgeführt.

### Dabei ist davon auszugehen: Mikroplastik steckt in vielen Lebensmitteln.

Mikroplastik ist in der Luft, in Wasser und Boden – in

allen Kompartimenten der Umwelt. Die Frage ist nur, wie viel? Und: Geht es in die Nahrungskette über? Studien haben gezeigt, dass Mikroplastik vor allem in Muscheln und Seafood vorkommt. Was damit zu tun haben kann, dass Mikroplastik sich aus der Umwelt im Meer anreichert. Solange es nur im Darm von Fischen & Co. bleibt, gelangt es aber nicht in die Nahrungskette. Den Darm der Tiere isst man ja in der Regel nicht mit.

### Welche Forschungsansätze sind Erfolg versprechend, um Mikroplastik in Lebensmitteln aufzuspüren?

Es gibt keine Universalmethode. Mit thermoanalytischen Verfahren werden die Proben mithilfe von Hitze verdampft und analysiert. So lässt sich aber nur die Menge an Kunststoff bestimmen. Mit spektroskopischen Verfahren kann man die Partikel charakterisieren – ihre



Der Biochemiker **Dr. Holger Sieg** arbeitet seit 2014 am BfR. Hier untersucht er als Leiter der Nachwuchsgruppe Nanotoxikologie und der Arbeitsgruppe Mikroplastik, ob winzige Plastikteilchen ein Gesundheitsrisiko sind.

Größe, Form und Struktur. Beispiele sind die Mikroraman-Spektroskopie und die Mikro-FTIR-Spektroskopie – beides Infrarot-Verfahren, die auch sehr kleine Partikel abbilden können.

**Spektroskopie basiert auf der Streuung von Licht.**

Wenn ein Lichtstrahl auf Material fällt, wie beispielsweise auf Lebensmittel, Zellschichten oder eben Plastikpartikel, dann passiert etwas mit ihm: Er wird absorbiert, gebeugt oder weggestrahlt. Das entstehende Streulicht kann man messen und so Rückschlüsse auf die Beschaffenheit dieses Materials ziehen. Bei Lichtwellen, die man sehen kann, spricht man von optischer Spektroskopie. Infrarotspektroskopie nutzt Infrarotlicht. Röntgenspektroskopie gibt es auch. Mit jeder Wellenlänge kann man unterschiedliche Messungen machen.

**Führen Sie selbst Messungen durch?**

Wir arbeiten mehr toxikologisch als analytisch: Unsere

Nachwuchsgruppe untersucht die Effekte im Körper, die Kunststoffe verursachen können. Wir experimentieren hauptsächlich mit zellbasierten Systemen. Damit lässt sich zum Beispiel der menschliche Dünndarm simulieren. Daran sehen wir, ob Plastikpartikel von den Zellen aufgenommen werden, sie verändern oder von dort ins Blut gelangen – und so systemisch verteilt werden.

**Es gibt noch kleinere Teilchen: Nanoplastik. Sind diese Teilchen problematischer als Mikroplastik?**

Partikel im Nanobereich sind kleiner als 100 Nanometer. Zu diesen Partikeln ist sehr wenig bekannt. Die Befürchtung ist, dass Nanoplastik eher in der Lage sein könnte, zelluläre Barrieren zu überwinden und sich im Körper zu verteilen. Aber über die möglichen Effekte weiß man noch nichts. Für die Forschung selbst ist Nanoplastik auch ein Problem.

**Inwiefern?**

Man kommt nur schwer zu Ergebnissen. Zum einen sind die Teilchen mit optischen Mikroskopen nicht zu erkennen – sie sind einfach zu klein. Außerdem können wir noch nicht mit ihnen experimentieren. Dazu bräuchten wir genormte Partikel, Referenzpartikel. Das sind Teilchen, die immer die gleiche Größe und chemischen Eigenschaften aufweisen. Nano-Referenzpartikel sind noch schwerer herzustellen und im Labor zu bearbeiten als Mikroplastikpartikel. Wir versuchen gerade, an Material zu kommen. Die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung kann Nanoplastik synthetisieren.

**Wie kann man sich das vorstellen?**

Ziemlich futuristisch: Um einen sehr winzigen Kern wird eine Polymerhülle herum synthetisiert. Um das hinzubekommen, ist viel chemische Entwicklungsarbeit notwendig. Von einem plexiglasähnlichen Material gibt es bereits Kern-Schale-Partikel. Mit ihnen wollen wir testen, ob unsere Systeme auf Nanopartikel anwendbar sind.

**Was weiß man über Nanoplastikpartikel?**

Weil sie so schwer zu untersuchen sind, weiß man auch nur so wenig über sie. Von Nano-Polystyrol ist bislang am meisten bekannt. In Zellexperimenten mit Partikeln von 20 und 100 Nanometer Größe – das zählt gerade noch so zum Nanobereich – haben wir die Lebensfähigkeit von Zellen bestimmt. Toxisch wirken die Partikel in Overload-Situationen, in denen die Zellen überschüttet werden und irgendwann kollabieren. Diese Mengen sind deutlich höher als jede zu erwartende Exposition beim Menschen.

**Für Nano-Polystyrol heißt es also: kein Problem?**

Vom Material selbst ist wenig zu erwarten. Es gilt als relativ unreaktiv. Problematischer könnte sein, dass sich Additive herauslösen oder Umweltkontaminanten am Polystyrol binden – und dann mit den Partikeln zusammen in den Körper gelangen. Hierzu sind Projekte in Planung. Viele Forschungsgruppen haben erst einmal zu Mikroplastik geforscht; nun kommt Nanoplastik. Das wird uns noch länger verfolgen. ■

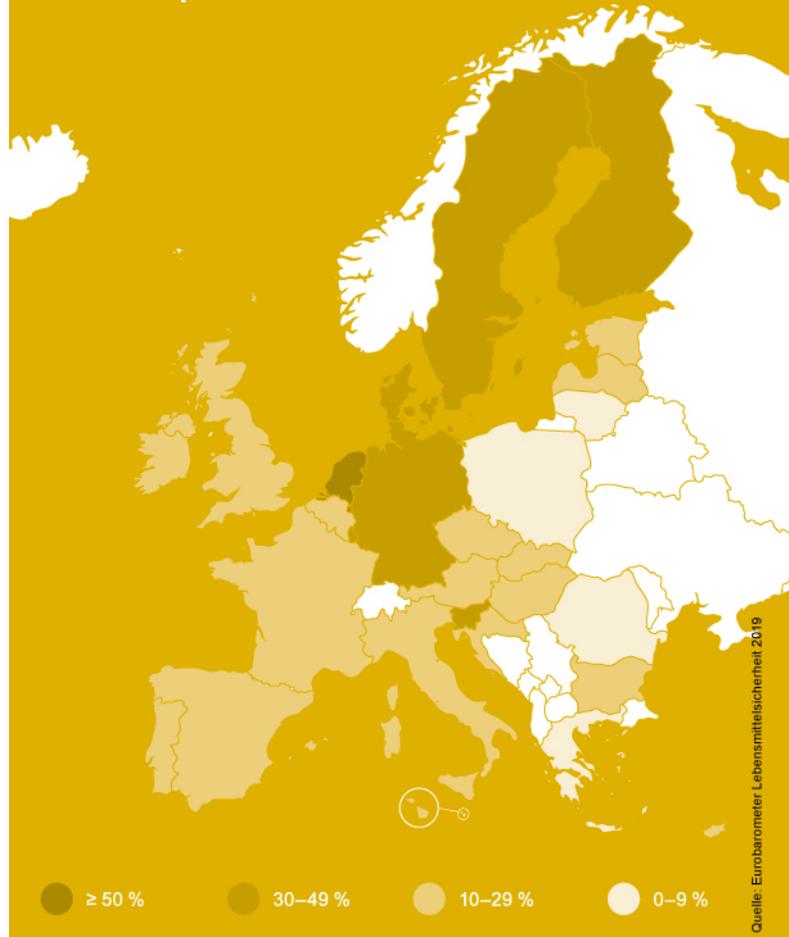
## Wie viele Menschen in Europa machen sich Sorgen um diese Lebensmittel-Themen?

© Marazeshutterstock.com



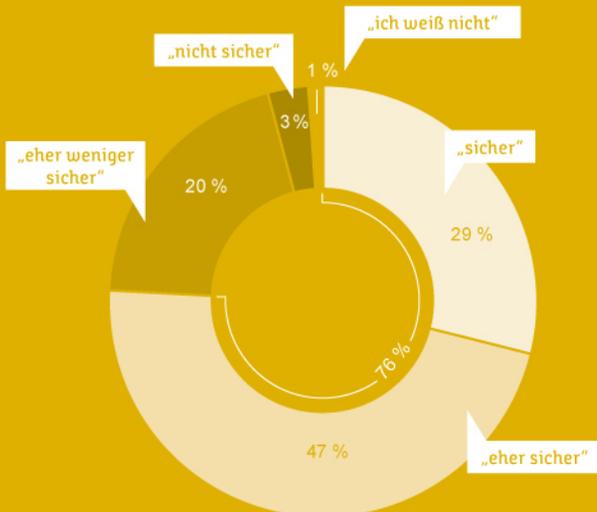
Quelle: Eurobarometer Lebensmittelsicherheit 2019

## Wie groß ist in Europa die Sorge über Mikroplastik in Lebensmitteln?



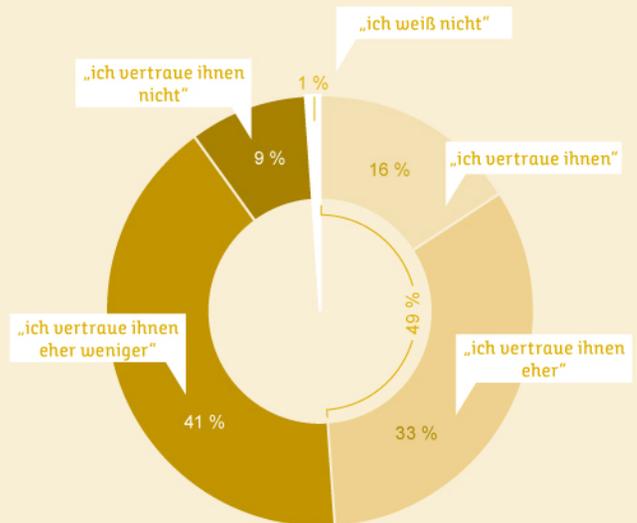
# Alles eine Frage des Risikos

## Wie schätzen Sie die Sicherheit der in Deutschland angebotenen Lebensmittel ein?



Quelle: BfR-Verbrauchermonitor 8/2019

## Vertrauen Sie staatlichen Stellen beim Schutz der Gesundheit?



Quelle: BfR-Verbrauchermonitor 8/2019

## **Wovor fürchten sich Verbraucherinnen und Verbraucher? Welche Gesundheitsrisiken sehen sie? Damit Aufklärung und gesundheitlicher Verbraucherschutz wirken, erforschen das BfR und andere wissenschaftliche Institutionen die Wahrnehmung von Risiken. Sogar europaweit.**

**R**ückstände von Antibiotika und Hormonen in Fleisch. Künstliche Zusätze und bedenkliche Umweltsubstanzen in Lebensmitteln. Stoffe, die aus Verpackungen auf die Nahrung übergehen. Die Bandbreite an Themen, aus denen sich der Oberbegriff „Lebensmittelsicherheit“ zusammensetzt, ist groß und komplex. Nach der BSE-Krise wurden daher im Jahr 2002 nationale Behörden wie das BfR und auf EU-Ebene die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) gegründet, die sich mit diesen Themen befassen. Neben der wissenschaftlichen Bewertung gesundheitlicher Risiken zählt die Kommunikation darüber zu den Hauptaufgaben dieser Institutionen. Ihr Prinzip: Um wirksam zu kommunizieren, erforschen sie vorab die Einstellungen und Wahrnehmungen der Adressaten.

### **Von „German Angst“ keine Spur**

Die EU-Kommission führte im Auftrag der EFSA erstmals nach 2010 wieder eine repräsentative Bevölkerungsumfrage in den EU-Mitgliedstaaten durch. Insgesamt 27.655 EU-Bürgerinnen und -Bürger wurden im Frühjahr 2019 persönlich interviewt, 1.539 davon in Deutschland. Entstanden ist das Spezial-Barometer „Lebensmittelsicherheit in der EU“.

Die Länderauswertung für Deutschland ergab: Die Deutschen zeigen sich im europäischen Vergleich durchschnittlich interessierter und informierter. Ihre größere Offenheit zieht sich dabei durch alle Bildungs- und Gesellschaftsschichten. Mit fast allen in der Umfrage genannten Lebensmittellrisiken sind sie – teils deutlich – vertrauter als der EU-Durchschnitt. Bemerkenswert ist, dass die Deutschen beim Kauf von Lebensmitteln nicht zuerst auf den Preis achten. Viel wichtiger ist ihnen die Herkunft der Produkte. Ob Lebensmittel den persönlichen und ethischen Überzeugungen standhalten – der Kauf also mit Blick auf das Tierwohl, den Umweltschutz oder religiöse Aspekte vertretbar ist –, ist ebenfalls ein Kriterium mit überdurchschnittlicher Relevanz.

### **Aufklärung und Qualitätskontrolle als Ruhekissen?**

Die deutsche Bevölkerung zeigt sich auch offener dafür, persönliche Konsequenzen aus den erlangten Informationen zu ziehen. So gaben 38 Prozent der Befragten an, ihr Konsumverhalten (z. B. die Ernährung, das Kochverhalten oder die Art, Lebensmittel zu lagern) aufgrund

von gelernten Erkenntnissen mindestens einmal in ihrem Leben dauerhaft geändert zu haben. Dabei finden sie die Informationen zur Lebensmittelsicherheit zwar häufiger „sehr technisch und komplex“, was aber nicht mit einem stärkeren Vertrauensverlust in die Informationsquelle einhergeht.

Ein im Vergleich zum EU-Durchschnitt höheres Vertrauen setzen die Deutschen in die europaweite Überwachung der Lebensmittelsicherheit. Hierbei sind sie häufiger der Überzeugung, dass diese durch Behörden unter Berücksichtigung wissenschaftlicher Forschung sichergestellt wird. Womöglich ist das ein Grund, warum hierzulande dieses Thema nicht als die größte Sorge bei der Auswahl von Lebensmitteln angesehen wird. Die deutsche Bevölkerung hält es sogar für selbstverständlicher, dass Nahrung sicher ist.

### **Öffentliche Wahrnehmung als Gradmesser für die Kommunikation**

Diese Entwicklung ist auch ein Verdienst einer gelingenden Risikokommunikation der Institutionen – und von ihrer Wahrnehmungsforschung. Am BfR werden die Werte, Einstellung und Kenntnisse zu gesundheitlichen Risiken der deutschen Bevölkerung gegenüber spezifischen Themen im gesundheitlichen Verbraucherschutz ebenfalls erforscht. Seit 2017 erscheint halbjährlich der BfR-Verbrauchermonitor. Neben Lebensmittelsicherheit adressiert das BfR weitere Themen aus seinem Zuständigkeitsbereich, etwa die Sicherheit von Verbraucherprodukten wie Kosmetika, Textilien und Spielzeug. Spezialausgaben widmeten sich bereits Schwerpunktthemen wie Antibiotikaresistenzen, Pflanzenschutzmittel, Tätowierungen und Mikroplastik. Privatdozentin Dr. Gaby-Fleur Böl, Leiterin der Abteilung Risikokommunikation am BfR, unterstreicht die Bedeutung der regelmäßigen Datenerhebung: „Unsere Zielgruppe sind fast 83 Millionen Bürgerinnen und Bürger. Ein aktuelles Meinungsbild ihrer Kenntnisse, Interessen und Sorgen über gesundheitliche Risiken ist für unseren Kommunikationsauftrag von essenzieller Bedeutung.“ ■

---

#### **Mehr erfahren:**

[www.efsa.europa.eu](http://www.efsa.europa.eu) > About > Documents > Corporate Publications > EU-Food-Safety-Barometer (in Englisch)

[www.bfr.bund.de](http://www.bfr.bund.de) > Publikationen > Broschüren > BfR-Verbrauchermonitor

# „Angst aus Mangel an Kenntnissen“

**Streitfall Genschere: Die Biologin Christiane Nüsslein-Volhard bezieht im Interview Stellung zur Risikodebatte um neue biotechnische Methoden. In ihrem Labor am Max-Planck-Institut für Entwicklungsbiologie in Tübingen studiert die Nobelpreisträgerin an Zebrafischen, wie sich Farbmuster herausbilden.**

**Frau Nüsslein-Volhard, woran liegt es, dass die Deutschen beim Thema Gentechnik von Befürchtungen umgetrieben werden?**

Also mich treibt da nichts um! Im Wesentlichen liegt den Ängsten ein Mangel an Kenntnissen zugrunde. Die Leute haben keine Ahnung von Genetik und hören auf die Falschen. Das gilt auch für die Politiker. Da wird eher Greenpeace als den Wissenschaftlern geglaubt, und es werden allerlei längst widerlegte Geschichten erzählt und damit Ängste geschürt.

**Mehr Wissen – in dem Fall über Biologie – ist das nicht auch eine Bildungsaufgabe?**

Eigentlich schon. Aber die Schüler müssen schon jetzt so viele Fächer über sich ergehen lassen. Und man darf nicht vergessen, dass Lebewesen unglaublich komplex sind. Komplizierter als ein Computer oder ein Auto, und die versteht ja auch schon keiner. Aber es wäre schon nötig. Es ist erschütternd, wie wenig die Menschen darüber wissen, wo ihre Nahrung herkommt, wie Sorten gezüchtet werden oder wie der Boden so bearbeitet wird, damit überhaupt etwas wächst. Auch der Widerstand gegen das Herbizid Glyphosat beruht auf krasser Unkenntnis. Glyphosat führt viel schonender zu einem unkrautfreien Acker als jedes Pflügen und Eggen. Das weiß nur keiner.

**Einen besonders guten Ruf genießt die Wissenschaft in Deutschland nicht gerade.**

Man trifft sogar häufig auf eine ausgeprägte Wissenschaftsfeindlichkeit. Die „Alternativen“ stehen hoch im Kurs, zum Beispiel die Alternativmedizin oder der Bio-Anbau, der unheimlich propagiert wird. Wenn sie Bio-Produkte kaufen, fühlen sich die Leute einfach besser. Aber das ist im Grunde gar nicht gerechtfertigt. Bio-Lebensmittel sind ja weder gesünder noch umweltchonender oder energiesparender.

**Muss die Wissenschaft mehr informieren?**

Deutschland hat keine lange Tradition in der wissenschaftlichen Politikberatung, anders als etwa die USA, wo die „National Academy of Sciences“ eine tragende Rolle spielt. Ich hoffe auf die Nationalakademie Leo-

poldina. Sie hat zum Beispiel Stellungnahmen zur grünen Gentechnik und zur Genchirurgie mit CRISPR veröffentlicht. Da wird der Sachverhalt gut und wissenschaftlich verlässlich zusammengefasst. Es wäre schön, wenn die Politiker der Leopoldina einfach mal vertrauen würden.

**Genschere wie CRISPR/Cas9 erlauben präzise Eingriffe in das Erbgut und sorgen deshalb für Furore. Wie bewerten Sie die Methode?**

Ich finde sie fabelhaft. Für die Forschung ist CRISPR/Cas9 segensreich. Wir kommen schneller und mit weniger Aufwand zu genaueren und besseren Ergebnissen.

**Sie setzen Genschere selbst ein?**

Wir erforschen mit ihnen die Biodiversität und Evolution von Organismen. Da gibt es Fortschritte, die früher undenkbar waren.

**Sehen Sie Risiken durch CRISPR/Cas9?**

Wenn man alle entsprechenden Gesetze befolgt, von denen es bei uns ja reichlich gibt, dann besteht überhaupt kein Risiko. Natürlich gibt es Leute, die nicht wollen, dass die Natur genetisch verändert wird und die deshalb solche Werkzeuge ganz allgemein ablehnen. Und es gibt die Angst vor der genetischen Manipulation des Menschen, wie sie in vielen Science-Fiction-Romanen Thema ist.

**In China hat das ein Forscher bereits gemacht.**

Das war ein Einzelfall ohne weitreichende Bedeutung.

**Der Europäische Gerichtshof hat im Juni 2018 CRISPR/Cas9 als Gentechnik eingestuft und damit den bestehenden gesetzlichen Regelungen unterworfen.**

Total falsch! Es wäre besser gewesen, die Gentechnik-Gesetzgebung zu lockern, sodass man diese Methoden in der Landwirtschaft leichter anwenden kann. Das ist heute in Deutschland dermaßen erschwert, dass keine einzige gentechnisch veränderte Pflanze auf dem Acker ist.



**Professorin Dr. Dr. Christiane Nüsslein-Volhard** im Fischhaus des Max-Planck-Instituts für Entwicklungsbiologie in Tübingen. Hier erforscht die Biologin die embryonale Entwicklung bei Tieren, insbesondere beim Zebrafisch.

**Laut Umfragen haben die Deutschen für die „grüne“ Pflanzen-Biotechnik nicht viel übrig. Vermutlich würde Ihr Vorschlag ein geteiltes Echo finden**

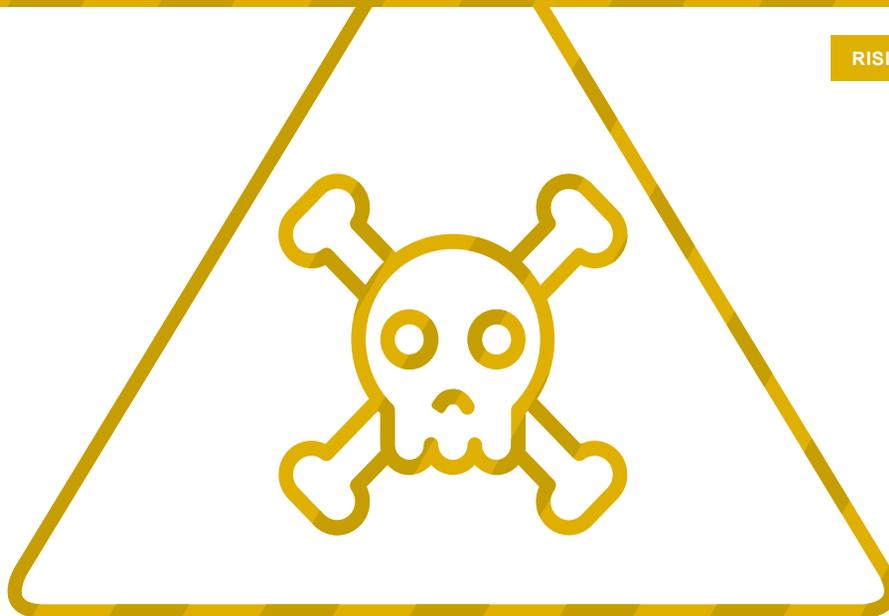
Das Gesetz ist so streng, weil die Politiker glauben, dass die Bevölkerung es so will. Aber damit blockiert man die gesamte Entwicklung. Das sollte man wirklich überdenken, denn gentechnische Methoden sind unglaublich erfolgreich bei der Züchtung neuer Sorten, die umweltverträglicher, ertragreicher und wirtschaftlicher sind. Es wäre wünschenswert, wenn wir die auch bei uns hätten.

**Würden Sie denn zustimmen, dass CRISPR gleichbedeutend mit herkömmlicher Gentechnik ist, wie der Europäische Gerichtshof meint?**

Diese Logik kann ich nicht nachvollziehen, denn man kann die gleichen Ergebnisse wie mit der CRISPR-Methode auch mit konventioneller Züchtung erreichen. Da gibt es keinen Unterschied. Deshalb ist es falsch, ein Produkt danach rechtlich einzustufen, wie es hergestellt worden ist. Zumal die herkömmliche Züchtung sehr viel brutaler vonstattengeht. Da werden die Pflanzen mit ionisierender Strahlung oder Chemikalien regelrecht vollgeballert, um genetische Veränderungen zu erzeugen, zufällig und ungezielt. ■

99

**In Deutschland trifft man auf eine ausgeprägte Wissenschaftsfeindlichkeit.**



# KO durch CO

**Kohlenmonoxid (CO) aus defekten Öfen und Gastermen kann tödliche Vergiftungen verursachen – wenn es sich in Räumen ansammelt und eingeatmet wird. Wie bekannt dieses Risiko in der Bevölkerung ist, zeigt eine aktuelle Umfrage des BfR.**

© Sky Designs/shutterstock.com



verstopfter Ofen oder  
Kaminabzug  
– kennen

**99%**

## Risikosituationen

Die meisten Situationen, in denen Vergiftungen durch Kohlenmonoxid auftreten können, sind bekannt. Wissenslücken gibt es beim Shisha-Rauchen und der Lagerung von Holzpellets.

© A-spring/shutterstock.com



defekte gasbetriebene  
Geräte  
– kennen

**89%**



falsche Lagerung  
von Pellets  
– kennen

**20%**



Shisha-Rauchen in  
geschlossenen Räumen  
– kennen

**59%**

### Zugrunde liegende Studie:

Telefonische Repräsentativbefragung von 1.012 Personen (deutschsprachige Bevölkerung in Deutschland ab 14 Jahren) im Zeitraum Februar bis März 2019

### Mehr erfahren:

Jungnickel, K. et al. 2019. Kohlenmonoxid – ein unterschätztes Risiko? Bekanntheit, Wahrnehmung, Wissen und Präventionsverhalten. Bundesgesundheitsblatt, 62: 11, 1324–1331

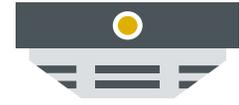
## Wie bemerkt man CO?

Fast allen ist bekannt, dass man den Austritt von Kohlenmonoxid am Alarm des Kohlenmonoxid-Melders sowie an Kopfschmerzen, Schwindel oder Übelkeit erkennt. Mehr als ein Drittel der Befragten hat jedoch falsche Vorstellungen:



**44%**

denken, man könnte Kohlenmonoxid riechen



**41%**

denken, Rauchmelder alarmieren über Kohlenmonoxid in der Umgebungsluft

Icon made by Smashicons (Nase) und Freepik (Rauchmelder) from www.flaticon.com



## Bekannte Problematik

82 Prozent der Befragten haben schon einmal von Vergiftungen durch Kohlenmonoxid gehört.

Rauch © Vagengeim/shutterstock.com

## Kaum Wissen über Vorbeugung

Nur 9 Prozent nennen die Installation eines Kohlenmonoxid-Melders und 8 Prozent die regelmäßige Prüfung von Heizungen, Öfen oder Kaminen als Schutzmaßnahmen. Am häufigsten wird Frischluftzufuhr genannt. 13 Prozent der Befragten kennen keine Schutzmaßnahmen.

## Gefährdete Gruppen

Wer „Risikogeräte“ besitzt, weiß in der Regel um das Risiko von Vergiftungen durch Kohlenmonoxid. Die Ausnahme sind Shisha-Besitzer und Befragte mit Holzpellet-Heizung – nur 38 Prozent wissen, dass ausgasende Holzpellets zu Vergiftungen führen können.



**33%**

der Befragten, die eine Shisha besitzen, kennen das Risiko von Shisha-Rauchen in geschlossenen Räumen nicht

Icon (Shisha) made by Freepik from www.flaticon.com



## „Der Wissenschaft droht ein Vertrauensverlust“

Als Vizepräsident hat der Lebensmittelchemiker Professor Reiner Wittkowski die Entwicklung des BfR entscheidend mitbestimmt. Im Interview spricht der Experte für die Echtheitsprüfung von Lebensmitteln und Weinfachmann über Verdienste und Herausforderungen für das BfR und den gesundheitlichen Verbraucherschutz.



**Herr Wittkowski, Sie waren beim BfR von Anfang an dabei, seit 2002. Und Sie sind Weinkenner. Machen wir ein Gedankenspiel: Wenn Sie sich vorstellen, dass das BfR in 17 Jahren herangereift ist wie ein guter Wein: Wie mundet Ihnen dieser Tropfen, nennen wir ihn „BfR-Wein“?**

Es gibt durchaus Parallelen zwischen Wein und Wissenschaft. Für einen guten Wein brauchen Sie hochwertige Trauben und einen guten Most. Und ein geeignetes Instrumentarium, um am Ende ein Qualitätsprodukt zu erzeugen. Beim BfR ist das ganz ähnlich. Aus den Vorgängereinrichtungen wurden zunächst die für seine Aufgaben wesentlichen Bereiche extrahiert. Durch die Berufung eines externen Präsidenten ist dann etwas gelungen, was im Wein selten ist: eine Symbiose von präsidialer Spontanvergärung und institutioneller Reinzuchtheife. Das Instrumentarium umfasste unter anderem Qualitätssicherung, Clearing, Kosten-Leistungsrechnung und Elemente wie Unparteilichkeit und Transparenz. Dann galt es, all diese Komponenten gemeinsam heranreifen zu lassen und zu einem harmonischen Ganzen zu formen. Keine Frage, der BfR-Wein würde bei einer Verkostung ganz sicher großes Gold erringen!

**Ein Weinkenner besitzt nicht nur Wissen, sondern auch Intuition. Gilt nicht Ähnliches für die Risikobewertung? Benötigt man nicht auch hier neben Faktenwissen ein Bauchgefühl, eine Art Risikoinstinkt?**

Eigentlich ist es umgekehrt: Unsere Risikobewertung beruht auf wissenschaftlichen Studien und Fakten und eben nicht auf politischen, gesellschaftlichen oder persönlichen Vorlieben. Mit Intuition hat das nichts zu tun. Die Risiken, die wir bewerten, ergeben sich aus neuen Stoffen, Technologien, mikrobiologischen Bedingungen, Ernährungsweisen und vielem mehr. Ich würde es sogar für schädlich halten, ein persönliches oder institutionelles Bauchgefühl mit einer Risikoeinschätzung zu verknüpfen.

**Mit seinen Risikobewertungen hat das BfR erheblichen Einfluss auf Politik, Verbraucher und Wirtschaft. Entsprechend groß ist die Verantwortung. Wie schafft man den Spagat zwischen Lauflassen und Verbotsdenken?**

Zunächst einmal belegt die Präsenz des BfR in den Medien und auch in den politischen und gesellschaftlichen Debatten die Relevanz unserer Arbeit und damit auch, dass wir eine erhebliche Verantwortung tragen. Dessen sind wir uns natürlich bewusst und versuchen, dem Rechnung zu tragen. Aber den Spagat, von dem Sie sprechen, sehe ich nicht. Das BfR kann nicht „Laufenlassen“ und es hat auch kein Verbotsdenken.

**Worin sehen Sie das größte Verdienst des BfR?**

Bei der Gründung des BfR wie bei der seiner europäischen Schwesterbehörde EFSA war intendiert, dass man die wissenschaftsbasierte Risikobewertung fernhalten möchte von gesellschaftlichen, politischen und wirtschaftlichen Einflüssen, um so eine objektive Grundlage für Entscheidungen zu haben. Heute kann man feststel-

len, dass sich das bewährt hat. Das BfR ist ein Vorzeigemodell für wissenschaftsbasierte Politikberatung. Es ist das große Verdienst des Instituts, Orientierungswissen zur Verfügung zu stellen. Es vertritt keine Eigeninteressen und hängt sein Mäntelchen nicht in den Wind. Das ist wertvoll für die Politik, denn es hilft, Debatten zu versachlichen. Aber es ist natürlich auch der Grund, weshalb wir kritisiert werden – unsere Befunde kontrastieren mitunter mit ideologischen, politischen oder persönlichen Zielen und Lebensvorstellungen.

**Sie spielen auf Glyphosat an. Die Risikobewertung des Instituts hat dem BfR eine Menge Kritik eingetragen.**

Glyphosat war und ist ein Sonderfall und zugleich ein Sündenfall. Es war das erste Mal, dass auf einen unabhängigen wissenschaftlichen Bewertungsprozess massiver politischer Druck ausgeübt wurde. Man hat einen wissenschaftlichen Bewertungsprozess noch im Stadium des wissenschaftlichen Diskurses quasi demokratisiert und gesellschaftlich geöffnet. Das hat zu Auseinandersetzungen bis hin zum Europäischen Parlament geführt. Dabei hat man auch einen Vertrauensverlust der Wissenschaft in Kauf genommen.

**Die Wissenschaft zu demokratisieren – das klingt doch erstmal gut.**

Gegen Demokratisierung ist nichts einzuwenden. Wenn es etwa um Transparenz geht, um die Offenlegung unseres Vorgehens. Aber Wissenschaft hat auch mit Expertise zu tun. Stellen Sie sich vor, jemand platzt in die Orchesterprobe der Berliner Philharmoniker und sagt: „Liebe Leute, ich habe auch mal Musikunterricht gehabt, ab jetzt gebe ich den Ton an!“ Das wäre unvorstellbar. Nur bei der Wissenschaft will plötzlich jeder mitreden. Da stehen Einrichtungen wie das BfR oder die EFSA vor einer schwierigen Zukunft. Hier sind auch die Wissenschafts- und Fachgesellschaften gefragt.

**Wo muss das BfR noch besser werden?**

Das BfR funktioniert schon ziemlich gut. Aber wir tun uns immer noch schwer damit, wissenschaftliche Erkenntnisse so aufzubereiten, dass die Öffentlichkeit sie auch versteht. Wir sind offensichtlich immer noch zu kompliziert. Doch unser Ziel muss es sein, möglichst alle gesellschaftlichen Kreise zu erreichen. Es ist eine erhebliche Herausforderung, hochkomplexe Sachverhalte stark unterkomplex kommunizieren zu müssen. Die Menschen wollen aber einfache Botschaften, das sieht man auch in der Politik. ■

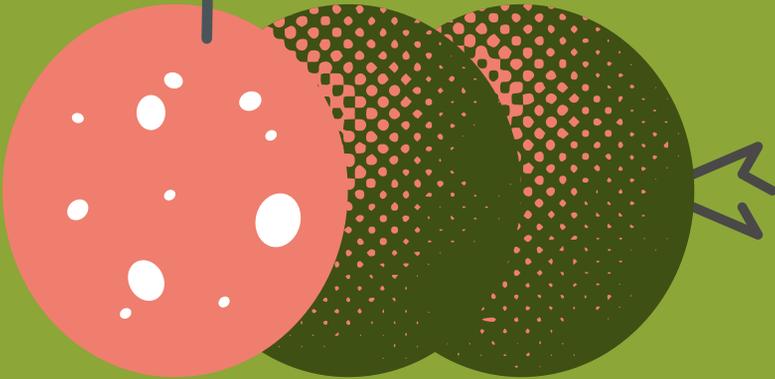
E 101, E 160,  
E 432, E450,  
E 473



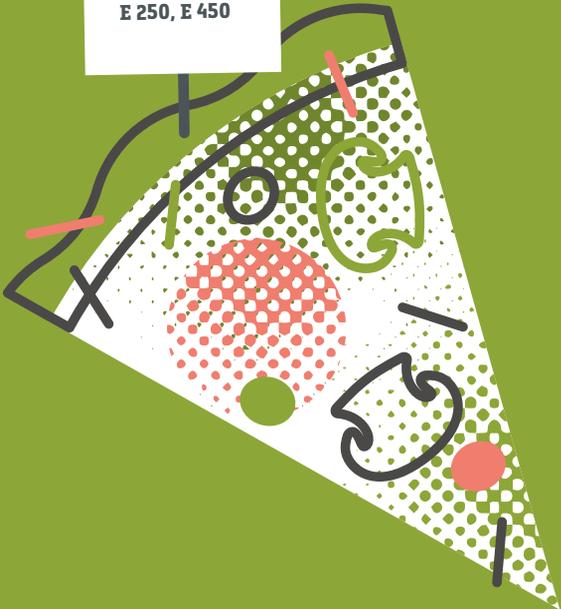
E 235, E 1105, E 160a,  
E 170, E 234, E 251,  
E 252, E 504, E 509



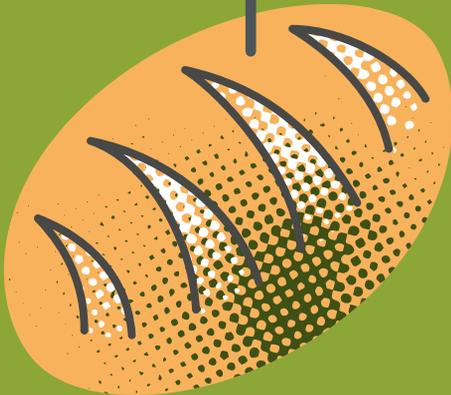
E 211, E 249,  
E 120



E 200, E 120,  
E 250, E 450



E 262, E 301,  
E 326, E 472



# Zusatzstoffe in Lebensmitteln: Unbedenklich?



© picturepartners/shutterstock.com

**Mit Zusatzstoffen werden Lebensmittel gefärbt, gesüßt, geformt oder länger haltbar gemacht. Die Substanzen stecken in vielen industriell hergestellten Lebensmitteln. Obwohl nur gesundheitlich unbedenkliche Zusatzstoffe verwendet werden dürfen, haben sie einen schlechten Ruf.**

**D**as „Chinarestaurant-Syndrom“: Davon haben viele schon gehört, wissenschaftlich bewiesen ist dieses Phänomen allerdings nicht. Es beschreibt Beschwerden wie Kopfschmerzen und Juckreiz nach einem Essen im Lokal. Insbesondere asiatische Restaurants stehen in der Öffentlichkeit im Verdacht, Speisen mit zu viel Geschmacksverstärker Glutamat aufzutischen. Dieser soll die Symptome hervorrufen – und ist deswegen umstritten. Einige Firmen werben inzwischen damit, ohne Glutamat auszukommen. „Dafür wird nun oft Hefeextrakt genutzt. Dieser enthält natürlicherweise Glutaminsäure und andere Bestandteile, die ebenfalls geschmacksverstärkend wirken“, sagt Lebensmitteltoxikologe Dr. Rainer Gürtler, der am BfR die Sicherheit von Lebensmittelinhaltsstoffen bewertet.

## **Zugelassene Stoffe bekommen E-Nummern**

Mit Zusatzstoffen bekommen Lebensmittel bestimmte Eigenschaften. Sie sollen beispielsweise den Geschmack und das Aussehen von Lebensmitteln verbessern oder ihre Haltbarkeit verlängern. Sprich: Sie erfüllen eine technologische Funktion. So sorgen Verdickungsmittel dafür, dass Pudding fester wird. Mit Emulgatoren werden in Margarine wasser- und ölhaltige Bestandteile vermischt, die ohne



Ob Schaummittel in Sahne oder Emulgatoren in Margarine – Zusatzstoffe haben eine technologische Funktion.

Aromen und Enzyme gelten nicht als Lebensmittelzusatzstoffe und sind gesetzlich separat geregelt. Auch Verarbeitungshilfsstoffe gelten nicht als Lebensmittelzusatzstoffe. Sie werden bei der Verarbeitung von Rohstoffen, Lebensmitteln oder deren Zutaten verwendet und können unbeabsichtigte und technisch unvermeidbare Rückstände im Enderzeugnis hinterlassen, die aber gesundheitlich unbedenklich sein müssen und sich technologisch nicht auf das Enderzeugnis auswirken dürfen. Zu Verarbeitungshilfsstoffen zählen beispielsweise Flockungsmittel, Filtrierhilfen und Formtrennmittel. Anders als Lebensmittelzusatzstoffe, Aromen und Lebensmittelenzyme sind Verarbeitungshilfsstoffe nicht zulassungspflichtig. Für ihre Verwendung sind somit allein die Anwender verantwortlich.

Emulgator nicht mischbar wären. Viele Zusatzstoffe werden zum Färben genutzt oder um die Herstellung und Verarbeitung oder Handhabung eines Lebensmittels zu erleichtern. Beispiele dafür sind Backtriebmittel in Teig oder Schaummittel in Sahne. Weitere häufig verwendete Zusatzstoffe sind Stabilisatoren, Gelier- und Verdickungsmittel sowie Konservierungs- und Süßungsmittel.

Lebensmittelzusatzstoffe dürfen in der Europäischen Union nur verwendet werden, wenn die betreffende Verwendung zugelassen wurde. Die gesundheitliche Unbedenklichkeit muss belegt sein; genauso die technologische Notwendigkeit, die Substanz einzusetzen. Beides wird im Zulassungsverfahren geprüft, das die EU-Kommission gemeinsam mit den Mitgliedstaaten vollzieht. Die Bewertung der Sicherheit von Lebensmittelzusatzstoffen übernimmt die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA; siehe Interview). Wird ein Zusatzstoff von der EU-Kommission zugelassen, erhält er eine drei- bis vierstellige Zahl: die E-Nummer. Außerdem wird angegeben, für welche Lebensmittelkategorien – zum Beispiel Fleischerzeugnisse, Backwaren oder Speiseeis – der Stoff in welchen Höchstmengen zugelassen ist.

### Prüfung aus Sicht der Risikobewertung

Bevor neue Substanzen in die Verordnung (EG) Nr. 1333/2008 aufgenommen werden, beauftragt das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) das BfR in der Regel, den betreffenden Entwurf der EU-Kommission wissenschaftlich zu prüfen. Als Bundesinstitut ist das BfR in Deutschland zuständig für die Bewertung gesundheitlicher Risiken von Lebens-

mittelzusatzstoffen. „Wir überprüfen und bewerten den Verordnungsentwurf aus nationaler Sicht – also insbesondere die Frage, wie viel von dem Stoff Verbraucher in Deutschland unter den vorgesehenen Verwendungsbedingungen aufnehmen würden“, sagt Gürtler. „Diese Menge vergleichen wir mit der akzeptablen täglichen Aufnahmemenge.“ Dieser sogenannte ADI-Wert ist die Menge eines Stoffes, die nach aktuellem Stand des Wissens lebenslang täglich aufgenommen werden kann, ohne dass gesundheitliche Beeinträchtigungen zu erwarten sind. Kommt das BfR zu der Einschätzung, dass der ADI-Wert überschritten würde, informiert das BMEL die EU-Kommission.

### BfR wird auch von sich aus aktiv

Auf anderem Weg löste eine Frage aus der Bevölkerung zu Sucralose (E 955) die Prüfung einer bestimmten Verwendung des Süßungsmittels aus. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler am BfR fanden heraus: Werden Lebensmittel mit Sucralose, die etwa in Gemüsekonserven enthalten sein kann, im Backofen auf Temperaturen höher als 120 Grad Celsius erhitzt, können chlorierte organische Verbindungen mit gesundheitsschädlichem Potenzial entstehen, wie polychlorierte Dibenzo-p-dioxine bzw. Dibenzofurane oder Chlorpropanole. Für eine abschließende Risikobewertung fehlen derzeit noch Daten. „Dennoch haben wir die EFSA, die die zugelassenen Süßungsmittel aktuell neu bewertet, darauf aufmerksam gemacht“, erinnert sich Gürtler. Vorerst empfiehlt das BfR, Lebensmittel mit dem Süßstoff nicht zu backen, zu frittieren oder zu braten.

### Aspartam im Fokus

Während viele der rund 320 Lebensmittelzusatzstoffe in der Öffentlichkeit kaum bekannt sind, rücken einzelne Substanzen umso mehr in den Fokus der Aufmerksamkeit. Dies wirkt sich auch auf die Forschung aus. Gürtler nennt ein Beispiel: „Aspartam ist einer der am besten untersuchten Zusatzstoffe überhaupt.“ Der Grund: Dem Süßstoff, der in Cola oder Kaugummi zu finden ist, wird seit Langem unterstellt, krebserzeugend zu sein, weswegen immer neue Studien angefertigt worden seien. Keine von ihnen, so der Lebensmitteltoxikologe, habe die unterstellte schädliche Wirkung bestätigt.

### Gibt es gute und schlechte Zusatzstoffe?

Die Sicherheit von Lebensmittelzusatzstoffen steht für den Experten außer Frage. Schließlich dürften nur Zusatzstoffe zugelassen werden, die bei der vorgeschlagenen Dosis gesundheitlich unbedenklich sind – soweit die verfügbaren wissenschaftlichen Daten ein Urteil hierüber erlauben. Und: „Die EFSA-Bewertungen haben mit den höchsten Standard weltweit.“ Gürtler vermutet, dass die Zweifel gegenüber Lebensmittelzusatzstoffen mit einer Fehlannahme zusammenhängen könnten. „Viele glauben, dass künstliche Stoffe gesundheitsschädlich und natürliche Substanzen gesund seien.“ Dies sei falsch, auch in der Natur gebe es Gifte. „Ob ein Stoff natürlich oder synthetisch ist, sagt nichts über sein

## Häufig verwendete Zusatzstoffgruppen

**Konservierungsstoffe** hemmen das Wachstum von Bakterien oder Schimmelpilzen und verlängern so die Haltbarkeit von Lebensmitteln. Beispiele: Schwefeldioxid bei Trockenfrüchten, Essigsäure in Marinaden.

**Antioxidationsmittel** verzögern die Reaktion von Lebensmittelinhaltsstoffen wie Vitaminen mit Luftsauerstoff. Beispiele: Ascorbinsäure in Obstkonserven, Tocopherol in Speiseölen.

**Geschmacksverstärker** verstärken den Geschmack verarbeiteter Lebensmittel. Beispiele: Glutamate in Würzen.

**Süßstoffe** ersetzen Zucker zum Süßen. Beispiele: Aspartam in zuckerfreiem Kaugummi, Sucralose in zuckerreduzierten Konfitüren.

**Farbstoffe:** Verbessern das Aussehen von Lebensmitteln. Beispiele: Beta-Carotin in Margarine, Kurkumin in Kartoffelflocken

**Verdickungsmittel** verändern die Konsistenz von Lebensmitteln und machen wässrige Lösungen zum Beispiel cremig oder dickflüssig. Beispiele: modifizierte Stärke im Pudding, Pektin in Soßen.

Gefährdungspotenzial aus“, so Gürtler. Zitronensäure etwa ließe sich herstellen, indem Zitronen ausgepresst werden. Die Industrie produziert den Stoff jedoch als Zusatzstoff mit der Bezeichnung Citronensäure (E 330) überwiegend mit mikrobiologischen (fermentativen) Verfahren, weil enorme Mengen davon benötigt werden. „Das Herstellungsverfahren wird bei der Risikobewertung von Zusatzstoffen allerdings berücksichtigt, weil sich daraus Hinweise auf mögliche Verunreinigungen ergeben könnten.“

Nichtsdestotrotz: Wer auf Lebensmittelzusatzstoffe verzichten möchte, kann dies tun. Die Verwendung von Zusatzstoffen ist kennzeichnungspflichtig, das heißt, sie müssen bei verpackten Lebensmitteln in der Zutatenliste angegeben sein. Es gibt auch im industriellen Maßstab hergestellte Lebensmittel, die keine Lebensmittelzusatzstoffe enthalten – zum Beispiel Honig. Und: Unbehandelte Lebensmittel sind in der Regel frei von Zusatzstoffen. ■

Mehr erfahren:

[www.bfr.bund.de](http://www.bfr.bund.de) > A-Z-Index: Lebensmittelzusatzstoffe

BfR-Stellungnahme Nr. 012/2019 vom 9. April 2019

# „Süßstoffe werden in der Bevölkerung heiß diskutiert“

**Professor Maged Younes leitet das Gremium „Lebensmittelzusatzstoffe und Aromastoffe“ der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA). Der Ausschuss bewertet für alle Länder der EU die gesundheitlichen Risiken von Lebensmittelzusatzstoffen. Darunter sind umstrittene Substanzen wie Titandioxid oder Phosphate.**



**Professor Dr. Maged Younes** ist Chemiker und Toxikologe. 2018 wurde er zum Vorsitzenden des EFSA-Panels „Lebensmittelzusatzstoffe und Aromastoffe“ gewählt. Er ist gleichzeitig Mitglied des Wissenschaftlichen Ausschusses der EFSA.

**Herr Younes, damit ein Lebensmittelzusatzstoff in der EU verwendet werden darf, benötigt er eine Zulassung. Gegenwärtig besitzen 316 Stoffe eine Erlaubnis. Wie läuft das Zulassungsverfahren ab?**

Zuerst muss der Hersteller bei der EU-Kommission einen Antrag einreichen, der dann an die EFSA geht. Unser Gremium bewertet die Exposition und die gesundheitlichen Risiken anhand der mitgelieferten wissenschaftlichen Daten zur Toxizität. Auf Grundlage unserer Bewertung entscheidet die EU-Kommission, ob ein Stoff zugelassen wird und ob es Einschränkungen bei dessen Anwendung gibt. Wir können etwa eine maximale tägliche Aufnahmemenge – einen ADI-Wert – vorschlagen, der nicht überschritten werden sollte.

**Das Gremium beschäftigt sich auch mit bereits zugelassenen Substanzen, die bis zum Jahr 2020 neu bewertet werden müssen. Warum eigentlich?**

Die Zulassung einiger Lebensmittelzusatzstoffe liegt Jahrzehnte zurück. Die EU beschloss deshalb im Jahr 2008, dass alle Zusatzstoffe, die vor dem 20. Januar 2009 genehmigt wurden, auf den Prüfstand müssen. Seitdem werden die Substanzen nach den neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen untersucht. Wir prüfen, ob die wissenschaftliche Grundlage für die Verwendung dieser Stoffe weiter besteht oder ob es möglicherweise ein Risiko gibt. Rund 60 Prozent der Lebensmittelzusatzstoffe haben wir neu bewertet. Die restlichen 40 Prozent müssen bis 2020 geschafft sein. Ich hoffe, dass dies gelingt. Mir ist die Gruppe der Süßstoffe wichtig, weil diese Substanzen in der Bevölkerung heiß diskutiert werden.

**Im Gespräch sind genauso Phosphate, die das Gremium kürzlich erneut bewertet hat. Erstmals wurde ein ADI-Wert bestimmt. Wie kam es dazu?**

Die Beurteilung von Phosphaten war schwierig. Phosphate kommen im menschlichen Körper vor. Sie sind natürliche Bestandteile von Lebensmitteln, zum Beispiel von Käse, Wurst und Fisch. Und es gibt sie als Zusatzstoffe für die technologische Anwendung etwa in Cola, Milchpulver oder Fleischprodukten. Das Problem: Ein Mangel an Phosphaten ist schädlich für die Gesundheit, ein Überschuss möglicherweise genauso. Dem Ausschuss gelang es schließlich, eine täglich akzeptable Aufnahmemenge zu kalkulieren. Diese berücksichtigt die Aufnahme von Phosphat über Zusatzstoffe und über Lebensmittel.

**Kontrovers diskutiert wird auch Titandioxid – ein weißes Farbpigment für Backwaren oder Kaugummi. In der EU ist es als E171 zugelassen. Der Stoff wird verdächtig, krebserregend zu sein. Muss man sich Sorgen machen?**

In unserer Neubewertung 2016 sind wir zu dem Ergebnis gekommen, dass die toxikologischen Daten keine Hinweise auf gesundheitliche Bedenken beinhalten. Es gibt allerdings leichte Unsicherheiten, wie sich der Stoff auf das Fortpflanzungssystem auswirkt. Wir haben daher weitere Studien empfohlen, um die Datenlücken zu schließen. Titandioxid ist für die Forschung eine interessante Substanz. Denn: Sie gibt es auch in Form kleinster Nanopartikel. Neue Daten deuten darauf hin, dass die Zahl der Nanoteilchen wesentlich höher ist als erwartet. ■

© wasanajalshutterstock.com



## Schön und gefährlich zugleich

Rund, bunt, exotisch – wegen ihrer ansprechenden Optik werden Pflanzensamen in manchen Reiseländern zur Herstellung von Schmuck oder zur Dekoration von Musikinstrumenten verwendet. Das Problem: Die „Naturperlen“ von Pflanzen wie Rizinus oder Paternostererbse (siehe Bild) enthalten giftige Substanzen. Werden sie zerkaut oder beschädigte Samen verzehrt, sind schwere Erkrankungen möglich. Abrin beispielsweise ist eines der stärksten bekannten Pflanzengifte und in den Samen der Paternostererbse enthalten, die auch schon auf Basaren versehentlich in Gewürzmischungen auftauchten. Rizin steckt in den Samen der Rizinuspflanze, die oft in Parks oder Gärten als Zierpflanze anzutreffen ist. Schon geringe Dosen von Abrin und Rizin verursachen schwere Vergiftungen. Ein einzelner Samen der Paternostererbse kann für Kleinkinder tödliche Mengen Abrin enthalten. Das BfR rät zu besonderer Achtsamkeit beim Kauf von Produkten in exotischen Ländern, die mit derartigen Pflanzensamen hergestellt oder damit verziert wurden.

Mehr erfahren:  
Mitteilung Nr. 024/2019 des BfR vom 3. Juli 2019

## Keime im Keksteig

„Cookie dough“, roher Keksteig, ist momentan sprichwörtlich in aller Munde. Und seit jeher wird Plätzchenteig gerne auch schon vor dem Backen genascht. Doch roher Teig birgt gesundheitliche Risiken – auch ohne Ei. Mehl kann Krankheitserreger wie Shigatoxin-bildende *Escherichia coli*, kurz STEC, enthalten. Es ist ein nur geringfügig verarbeitetes Naturprodukt, das vor dem Verzehr erhitzt werden sollte. Deshalb nutzen professionelle Cookie-Dough-Hersteller speziell behandeltes, zum Rohverzehr geeignetes Mehl. In Nordamerika wurden bereits mehrere Ausbrüche beschrieben, die auf STEC in Mehl zurückzuführen sind. Auch in Deutschland wurde STEC bei Routinekontrollen in Mehl gefunden. Das BfR untersucht solche Isolate und ist dabei auf STEC gestoßen, die mit Erkrankungen in Verbindung gebracht werden. Momentan werden diese STEC am BfR genauer analysiert und genetisch charakterisiert. Dies soll aufklären, woher die STEC im Mehl stammen und wie eine Kontamination verhindert werden kann.

Mehr erfahren:  
Mäde, D. et al. 2017. Detection and isolation of Shiga-toxin producing *Escherichia coli* in flour in Germany between 2014 and 2017. *J Verbrauch Lebensm* 12, 245–253



© John Brueske/shutterstock.com



© Deward Kirsten/shutterstock.com

## Futtermittel-Fälschungen im Visier

Mit Dioxinen belastetes Futterfett 1999 in Belgien und 2010 in Deutschland, vorgetäuschte hohe Futterqualität durch Zusatz von Melamin 2007 in China: Manipulierte Futtermittel können potenziell gesundheitsschädliche Folgen für die Nahrungskette haben. Deshalb ist die Aufdeckung von Verfälschungen umso wichtiger. Zur Detektion unbekannter, gegebenenfalls gesundheitsschädlicher Zusätze eignen sich nicht-zielgerichtete Analyseverfahren. Ein Team der BfR-Abteilung „Sicherheit in der Nahrungskette“ erarbeitet dazu im Rahmen eines Projektes die Voraussetzungen für eine Datenbank. Deren Grundlage bilden Daten, mit denen die „normale“ Zusammensetzung eines Futtermittels anhand von Spektren beschrieben wird. In einem Ereignisfall können diese Vergleichsdaten herangezogen werden, um Auffälligkeiten festzustellen und mögliche Eintrittspfade von Verfälschungen oder Kontaminationen aufzudecken. Das Ziel: ein erweiterbares Instrument für die Überwachungsbehörden der Bundesländer, um mögliche Risiken zu bestimmen.

# Wald, Wild und Parasiten

**Wildfleisch wird immer beliebter. Wenige wissen, dass darin auch Parasiten vorkommen können. Das BfR untersucht die Verbreitung der Krankheitserreger bei Reh, Hirsch und Wildschwein.**

Die Wildstudien sind ein Forschungsschwerpunkt im BfR-Studienzentrum „Landnutzungsbezogene Bewertungsverfahren und One Health-Konzepte“ (LaBeOH). Hier werden unter anderem Themen zu Wald, Wild und Bienen bearbeitet. Geforscht wird dafür vor allem auf Bundesforstflächen. Bei den Jagden genommene Proben von Wildtieren nutzt das BfR vielfach: neben Studien zum Vorkommen von Parasiten etwa auch für Untersuchungen auf Kontaminanten oder Pflanzenschutzmittel.

Sechs Uhr morgens, es ist dunkel und kalt, ein Jagdrevier in Brandenburg. Dick angezogen lauscht BfR-Wissenschaftlerin Kaya Stollberg den Anweisungen des Jagdleiters. Um sie herum 15 Jäger, die gleich ihrer Arbeit nachgehen. Sie jagen zur Pflege des Reviers. Stollberg, in Warnweste, geht mit den anderen geräuschvoll durch den Busch, um so Wildschweine, Rehe und Rotwild aufzuschrecken. Wann der erste und letzte Schuss fallen darf, ist vorgegeben. Mit dabei sind Transportboxen und leere Röhrchen, die die ausgebildete Tierärztin später mit Proben von erlegtem Wild füllt. Wenn am Nachmittag das Halali aus den Hörnern der Jäger schallt und damit die Jagd zu Ende ist, fahren sie und ihre Kolleginnen und Kollegen ins BfR-Labor und bereiten die Proben für die Untersuchungen vor. Wonach das Team im Labor sucht, sind Parasiten.

### BfR erforscht Verbreitung

Rehe, Wildschweine und Hirsche können Parasiten in sich tragen, wie Toxoplasmen, den Dunkerschen Muskelegel, Trichinellen oder Sarkosporidien. Das Problem: Wildfleisch wird zwar nicht häufig gegessen, dennoch ist es eine beliebte Delikatesse – vor allem in der Weihnachtszeit. Enthält das Fleisch Parasiten, die beim Garen nicht abgetötet werden, können sie auf den Menschen übergehen und ihn krank machen.

Um mehr über die Verbreitung und die gesundheitlichen Risiken von Parasiten in Wildfleisch zu erfahren, beschäftigt sich das BfR mit diesen in einem Forschungsprojekt. „Bisher wurde kaum systematisch nach Parasiten in Wildtieren gesucht. Wir schauen jetzt gezielt danach“, sagt Dr. Martin Richter. Der Pharmazeut leitet am BfR die Fachgruppe „Diagnostik, Erregercharakterisierung und Parasiten in Lebensmitteln“. Die „Wildstudien“ am BfR sind langfristig angelegt. „Da wir immer wieder die gleichen Flächen beproben, können wir feststellen, ob die Tiere über die Jahre vermehrt oder geringer mit potenziell krankmachenden Erregern befallen sind.“ Ein Abgleich mit Klimadaten lässt zudem Auswertungen zu, inwieweit etwa ein regenreiches Jahr oder ein trockener Sommer den Befall der Tiere beeinflussen. Je mehr Daten über die Jahre erhoben und ausgewertet werden, desto besser lassen sich mögliche gesundheitliche Risiken durch den Verzehr von Wildfleisch oder daraus hergestellten Lebensmitteln abschätzen.

### Toxoplasmen und Muskelegel im Wild

Erste Ergebnisse aus dem Labor von Martin Richter zeigen: Rund 25 Prozent der erlegten Wildschweine, 16 Prozent der Rehe und 4 Prozent der Hirsche tragen Antikörper gegen *Toxoplasma gondii*, den Erreger der To-



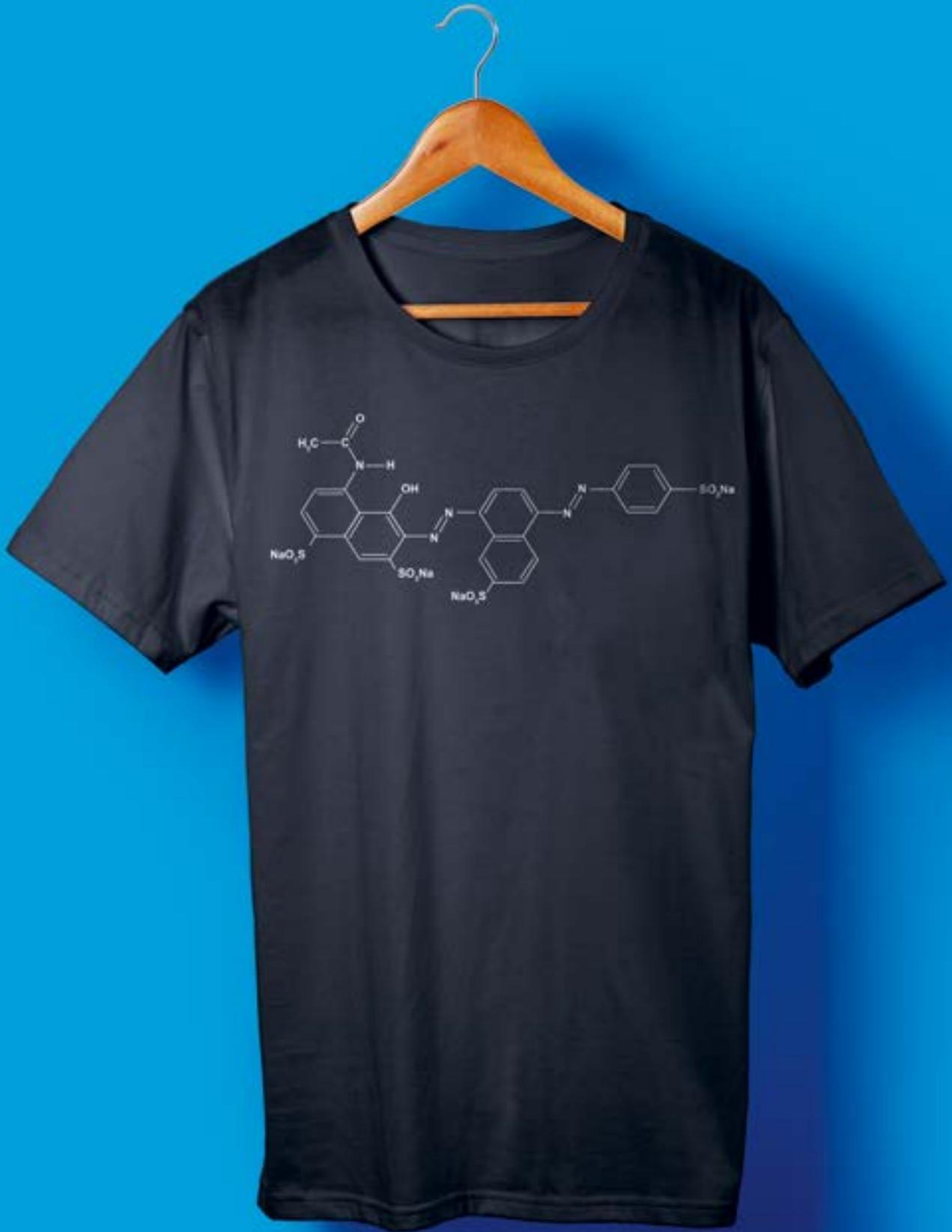
### Wie schützen?

Für alle Wildbret-Genießer, die sich vor Erkrankungen durch Parasiten schützen möchten, insbesondere aber für immungeschwächte Personen gilt: Wildfleisch und auch daraus hergestellte Rohwürste und Rohfleischprodukte wie etwa Schinken sollten nur vollständig durchgegart verzehrt werden: mindestens zwei Minuten bei 72 Grad Celsius im Kern.

xoplasmose. Ein weiterer Parasit, der im BfR-Labor in untersuchten Wildschweinen gefunden wurde, ist der Dunckersche Muskelegel – ein Entwicklungsstadium des Saugwurms *Alaria alata*, bisher bekannt als Zufallsbefund bei der Trichinenuntersuchung im Wildschwein. Ob er den Menschen krank machen kann, ist für ihn noch nicht erwiesen. Bei der verwandten Art *Alaria americana*, die in Europa bisher nicht nachgewiesen wurde, sind vereinzelt schwere Erkrankungsfälle bestätigt. Die Schweiz hat den Dunckerschen Muskelegel vorsorglich als Zoonoseerreger eingestuft. Richters Laborteam entwickelt neue Methoden, um das Spektrum der Nachweismöglichkeiten zu erweitern. So will man einen Beitrag leisten, um zukünftig besser herauszufinden, welches gesundheitliche Risiko von den Parasiten ausgeht.

Kaya Stollberg ist nun schon die zweite Jagdsaison mit dabei, um im Team Proben zu sammeln. Außer für das Überwachen von Parasiten nutzt das BfR die Proben für zahlreiche andere Forschungen (siehe Kasten). Da Parasiten regional sehr unterschiedlich verbreitet sind, sollen künftig weitere Regionen in Deutschland einbezogen werden. ■

**Mehr erfahren:**  
Stellungnahme Nr. 045/2018 des BfR vom 21. Dezember 2018



# 24/7 hautnah: Textilien

**Textilien sind unsere zweite Haut: Wir schlafen und kleiden uns in ihnen. Wir sind täglich 24 Stunden, an sieben Tagen pro Woche mit ihnen in Kontakt. Sie sollten also sicher sein. Eine neue Verordnung erlässt jetzt Grenzwerte für bestimmte Chemikalien in Textilien.**

**K**leidung soll uns vor Kälte, Wärme und Blicken schützen. Wir mögen sie weich, bequem und formstabil. Dabei auch schick mit unterschiedlichen Farben, Stoffen und Funktionen. Wie dies erreicht wird, darüber machen wir uns weniger Gedanken. Ob aus Baumwolle, Wolle, Polyester – beim Kauf ist nicht zu erkennen, welche chemischen Substanzen in dem Gewebe enthalten sind. Hersteller müssen zwar die Textilfaser nennen. Eine Kennzeichnung aller Inhaltsstoffe eines Bettlakens, Frotteehandtuchs oder Pullovers ist vom Gesetzgeber aber nicht vorgesehen.

## Textilien enthalten Chemikalien

Hemden in leuchtenden Trendfarben, knitterfreie Hosen, wasserfeste Outdoorjacken, Sportkleidung, die nicht nach Schweiß riecht – damit die Modewelt dies alles bieten kann, braucht sie für die Textilherstellung Farb-, Ausrüstungs- und Hilfsmittel (siehe Übersicht). „Bekleidungstextilien ohne Chemie herzustellen ist nicht möglich“, sagt Dr. Ralph Pirow. Der Biologe beschäftigt sich am BfR mit der Sicherheit von Textilien. „Umso wichtiger ist es, den Einsatz von bedenklichen Substanzen einzuschränken und zu versuchen, diese zu ersetzen.“ Dies betrifft insbesondere Substanzen, die karzinogen, mutagen oder reproduktionstoxisch sind, also Krebs erzeugen, das Erbgut verändern, die Fruchtbarkeit beeinträchtigen oder die Schwangerschaft gefährden. Sie werden als CMR-Stoffe bezeichnet.

## Neue Grenzwerte für bestimmte CMR-Substanzen

Es gibt keine einheitlichen und umfassenden gesetzlichen Regelungen für Bekleidungstextilien. Als Bedarfsgegenstände unterliegen sie in Deutschland dem

### Ab 2020 beschränkte CMR-Substanzen in Textilien

- chlorierte aromatische Kohlenwasserstoffe (Lösungsmittel für Dispersionsfarbstoffe)
- bestimmte Phthalate (Weichmacher für Kunststoffe wie PVC)
- Formaldehyd (Grundstoff für Kunstharze zur Knitter- bzw. Bügelfreiausrüstung)
- polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (Verunreinigungen in z. B. Spinn-, Zwirn- und Strickölen, die in der Herstellung verwendet werden)
- Schwermetallverbindungen mit Cadmium, Chrom(VI), Arsen, Blei (u.a. in Farbmitteln, als Stabilisator in Kunststoffen)
- polare aprotische Lösungsmittel (zum Spinnen von Kunstfasern)
- die Farbstoffe Disperse Blue 1, Basic Red 9 und Basic Violet 3
- bestimmte aromatische Amine und Chinolin (u.a. Rückstände aus der Farbstoffherstellung)

Lebensmittel-, Bedarfsgegenstände- und Futtermittelgesetzbuch. Dieses verbietet, Bedarfsgegenstände derart herzustellen oder zu behandeln, dass sie die Gesundheit schädigen können. Darüber hinaus gibt es einzelne gesetzliche Bestimmungen, die die Verwendung bestimmter Chemikalien für Bedarfsgegenstände aus Textilien und Leder regeln. Diese sind zum Beispiel in der Europäischen Verordnung zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung von Chemikalien (REACH) niedergelegt, die seit 2007 gilt.

## Chemikalien in Textilien

<b>Farbstoffe</b>	Sie sind die am häufigsten vorkommenden Chemikalien in Textilien.
<b>Hilfsmittel</b>	Sie werden zur Herstellung benötigt und im Laufe des Herstellungsprozesses wieder entfernt. Es können jedoch Reste auf dem Textil zurückbleiben.
<b>Ausrüstungsmittel</b>	Sie sollen auf dem Textil verbleiben und ihm während des Gebrauchs eine bestimmte Eigenschaft verleihen (z. B. wasserabweisend, UV-Schutz, knitterfrei).
<b>Biozid-Ausrüstungen</b>	Sie sollen das Textil vor Befall mit Insekten, Zecken, Milben (Fraßschutz, Repellent) schützen. Andere Biozide wie Silber wirken antimikrobiell und dadurch der Geruchsbildung durch mikrobielle Zersetzung von Schweiß entgegen.

Die Verordnung ermöglichte es, dass nunmehr zeitgleich Grenzwerte für 33 CMR-Stoffe festgelegt wurden: Zusammen mit anderen EU-Mitgliedstaaten hat das BfR daran mitgewirkt. „Wir haben eine Liste der EU-Kommission mit 286 CMR-Stoffen überprüft und kommentiert: Werden die Substanzen in Textilien verwendet? Gibt es Methoden zu ihrer Analyse?“, sagt Pirow. „Danach wurden die Vorschläge aller Mitgliedstaaten und die Expertenmeinungen von Fachverbänden und Prüfinstituten mit der EU-Kommission diskutiert und 2018 die Verordnung (EU) 2018/1513 erlassen.“ Damit ist der Einsatz dieser CMR-Substanzen in Bekleidung, Sportkleidung, Taschen und Schuhen ab November 2020 beschränkt. „Für die meisten dieser Substanzen sind die Grenzwerte so niedrig, dass diese de facto einem Verwendungsverbot gleichkommen“, sagt Pirow. Die Grenzwerte gelten auch für importierte Textilien aus Drittstaaten, die nicht zur EU gehören.

### Black-Box Farbmittel

Farbmittel sind hinsichtlich der gesundheitlichen Risiken die bedeutendsten Substanzen bei Textilien. „Von etwa 4.000 existierenden Farbstoffen sind die Hälfte Azofarbstoffe“, sagt Suna Nicolai, die sich zusammen mit Ralph Pirow am BfR mit dieser Stoffgruppe beschäftigt. Einige dieser Verbindungen können unter anderem durch Enzyme körpereigener Bakterien auf der Haut oder im Darm in krebserzeugende aromatische Amine aufgespalten werden.

Das Dilemma: „Es gibt hunderte Azofarbstoffe, von denen nicht bekannt ist, wie sie wirken, wenn sie in den Körper gelangen“, erklärt Biotechnologin Nicolai. Unter REACH sind 22 aromatische Amine bereits gelistet. Die Regulierung besagt, dass Azofarbstoffe, die diese aromatischen Amine abspalten können, quasi nicht verwendet werden dürfen, da der Grenzwert so niedrig ist. Doch welche weiteren spaltbaren Azofarbstoffe finden sich in Textilien?

### BfR-Forschungsprojekt zu registrierten Azofarbstoffen

Seit 2018 gibt es in Europa erstmals einen vollständigen Überblick darüber, welche Chemikalien in der EU verwendet werden. Denn erst durch REACH mussten Her-

steller alle Chemikalien, die in der EU eingesetzt werden sollen, bei der Europäischen Agentur für Chemikaliensicherheit (ECHA) registrieren. Die letzte Frist zur Registrierung von Chemikalien endete 2018.

In einem Forschungsprojekt bewertet das BfR mit weiteren Projektpartnern nun die für die Verwendung in Textilien registrierten, relevanten Azofarbstoffe. Ziel ist es, sowohl die Farbstoffe als auch deren Spaltprodukte auf ihre mögliche erbgutverändernde Wirkung hin zu überprüfen. „Wir haben schon rund 400 Farbstoffe und über 500 Spaltprodukte identifiziert“, so Nicolai. Für eine gesundheitliche Risikobewertung fehlen allerdings häufig Daten. Als Nächstes werden Fachgespräche mit Verbänden und behördlichen Projektpartnern geführt, um die vorhandenen Daten zusammenzutragen. „Je nach Datendichte wird dann über das weitere Vorgehen entschieden“, erklärt Nicolai. ■



© Monkey Business Images/shutterstock.com

### Wie schützen?

**Bekleidung vor dem ersten Tragen waschen:** Das entfernt vorhandene Reste von freisetzbaren Chemikalien. Hinweise wie „separat waschen“ oder „mit ähnlichen Farben waschen“ deuten darauf hin, dass während des Waschens Farbstoffe freigesetzt werden – und somit auch während des Tragens. Auf geprüfte Produkte mit Textilgütesiegel zurückgreifen: Diese müssen bestimmten Anforderungen genügen, die teilweise über die gesetzlichen Regelungen hinausgehen.

Mehr erfahren:  
[www.bfr.bund.de](http://www.bfr.bund.de) > Textilien



## Neue Prüfmethode bei Mischungen

Wie das gesundheitliche Risiko von Stoffgemischen untersucht und bewertet werden kann, haben 26 europäische Institutionen im EU-Forschungsprojekt EuroMix erarbeitet, darunter auch das BfR. Neben Pflanzenschutzmittelwirkstoffen lag der Fokus auf Kontaminanten und potenziell gesundheitsschädlichen Inhaltsstoffen in Lebensmitteln. Das BfR zeigte zum erfolgreichen EuroMix-Abschluss im Mai 2019, dass Tierversuche in der Bewertung von Stoffgemischen reduziert werden können – durch die Anwendung einer neuen Methode, die verschiedene *In-vitro*-Tests kombiniert. Das BfR analysierte zudem rechtliche Grundlagen und Bewertungsansätze und formulierte Empfehlungen zur Umsetzung der neuen Prüfstrategie. Alternative Testmethoden und harmonisierte Verfahren sollen die Risikobewertung von Stoffgemischen weiter verbessern.

Mehr erfahren:  
[www.euromixproject.eu](http://www.euromixproject.eu)

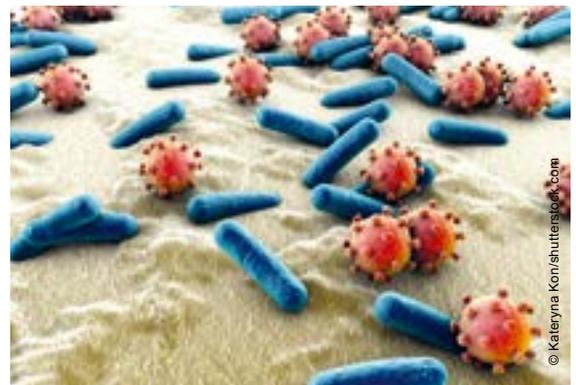
Rotter, S. et al. 2019. Overview on legislation and scientific approaches for risk assessment of combined exposure to multiple chemicals: the potential EuroMix contribution. *Crit. Rev. Toxicol.* 48: 796–814

Luckert, C. et al. 2018. Adverse outcome pathway-driven analysis of liver steatosis in vitro: a case study with cyproconazole. *Chemical Research in Toxicology* 31(8): 784–798

## Wenn Hautmikroben giftig werden

Mikroben auf der Haut beeinflussen die Giftigkeit von Substanzen, mit denen Menschen in Berührung kommen. Das bestätigen Untersuchungen mit einem neuartigen Kokultursystem des BfR. Erstmals kann damit der Einfluss des Hautmikrobioms auf toxische Effekte von Substanzen auf der Haut unmittelbar analysiert werden. Mikroben leben auf allen Oberflächen in- und außerhalb des Körpers und schaden ihm im Normalfall nicht. Ihre Stoffwechselvielfalt ist deutlich größer als beim Menschen und kann sowohl im Darm als auch auf der Haut zur Toxifizierung von Fremdstoffen führen, auch aus verbrauchernahen Produkten. Dies zeigten Studien am BfR bereits. Mögliche Gesundheitsrisiken daraus ließen sich wegen mangelnder Modelle bisher unzulänglich einschätzen. Auch Tiermodelle sind nur begrenzt geeignet. Erste Untersuchungen mit dem am BfR entwickelten 3D-Kokulturmodell zeigen nun einen deutlichen Einfluss des Mikrobioms auf Beschaffenheit, Immunologie und Biologie der Haut.

Mehr erfahren:  
 Tralau, T. et al. 2015. Insights on the human microbiome and its xenobiotic metabolism: what is known about its effects on human physiology? *Expert Opin. Drug Metab. Toxicol.* 11(3): 411–425



## Metall-Tätowierung

Aus Tätowiernadeln können sich Metall-Mikro- und -Nanoteilchen in der Haut und in den Lymphknoten ablagern. Zu diesem Ergebnis kommt das BfR zusammen mit internationalen Partnern. Tätowiernadeln bestehen aus Stahl, enthalten daher auch Nickel und Chrom. Das Forscherteam hat nachgewiesen, dass während des Tätowierens Metallteilchen von der Nadel abgeschliffen werden – wenn das Tätowiermittel das Weißpigment Titandioxid enthält. Nickel und Chrom werden mechanisch aus der Nadel herausgelöst und gelangen in die Haut. Anschließend können die Partikel in die Lymphknoten wandern. Bislang wurde angenommen, dass hauptsächlich mit Nickel und Chrom verunreinigte Farbpigmente Allergien verursachen. Die Studie zeigt, dass auch von Tätowiernadeln ein gesundheitliches Risiko ausgehen kann. Künftige Studien sollen untersuchen, ob die zusätzliche Aufnahme von Nickel und Chrom die Wahrscheinlichkeit von Allergien erhöht.

Mehr erfahren:  
 Presseinformation Nr. 33/2019 des BfR vom 27. August 2019

# Dicke Luft

Wir verbringen viel Zeit in Räumen. Ausgasende Substanzen aus Teppichen, Farben, Putzmitteln, aber auch aus Dekoration und Spielzeug erreichen ständig unsere Nase. Wie viel – das hat das BfR nun erstmals bestimmt.



Wissenschaftlerin Even misst am BfR flüchtige organische Substanzen in verschieden großen Messkammern.



Menschen in westlichen Industrieländern verbringen heutzutage im Durchschnitt 80 bis 90 Prozent ihrer Zeit in geschlossenen Räumen. Effiziente Wärmedämmungen und Isolierungen von Gebäuden halten die Luft in den Räumen. Die Folge: Aus Materialien ausgasende flüchtige organische Verbindungen, kurz VOCs, reichern sich in der Raumluft an. Am häufigsten setzen Baumaterialien, Kochen oder das Putzen mit Reinigungsmitteln diese Substanzen frei. Doch auch Spielzeug oder Dekorationsmittel sind mögliche Quellen. Problematisch ist, dass die Chemikalien nicht nur schlecht riechen, sondern auch die Gesundheit beeinträchtigen können. „Bisher gibt es nur unzureichende Daten, um die Menge an freigesetzten VOCs aus Verbraucherprodukten abzuschätzen“, sagt Morgane Even aus der Abteilung Chemikalien- und Produktsicherheit, die entsprechende Versuche am BfR durchführt. Das erschwere die Bewertung der gesundheitlichen Risiken.

### Praxistaugliche Methode gesucht

Ziel eines Forschungsvorhabens der Chemikerin Even war daher die Entwicklung von Analysenverfahren zur Bestimmung von flüchtigen Chemikalien aus Gebrauchsgegenständen des täglichen Bedarfs. „Die neuen Verfahren basieren auf Methoden, mit denen normalerweise Emissionen von Baumaterialien gemessen werden – die aber für die Untersuchung von Verbraucherprodukten angepasst werden mussten“, sagt Even.

Emissionen werden normalerweise in geschlossenen Kammern aus Edelstahl oder Glas bestimmt – Materialien also, die selbst keine oder nur geringe Mengen an flüchtigen Verbindungen abgeben oder aufnehmen. Im Inneren der Kammern können Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Luftwechsel variiert werden, um die Bedingungen in einem realen Innenraum nachzubilden. Emissionskammern gibt es in verschiedenen Größen: Für Baumaterialien sind es meist sehr großvolumige, für Messungen von Quietsche-Enten, Handyhüllen oder Designer-Lampen braucht es kleinere. Der Vorteil von kleinen Kammern: Es können mehrere Proben parallel untersucht werden, und sie sind günstiger in der Anschaffung – für Überwachungsämter, die die neue Analysenmethode später nutzen sollen, wichtige Kriterien.

### Kleine Messkammern liefern genaue Ergebnisse

Aber erzeugen die „Mikro-Kammern“ auch realitätsnahe Ergebnisse? Morgane Even hat in ihrer Studie verschiedene Größen getestet. Dazu legte sie Kunststoffplatten mit gleichen VOC-Mengen 28 Tage lang in die Kammern. Das Ergebnis: Emissionskammern mit einem Größenvolumen von 44 Millilitern, 24 oder 203 Litern liefern ähnliche Ergebnisse, wenn das Verhältnis aus Luftwechsel und Beladung konstant gehalten wird. Ihr Fazit: „Kleine Messkammern sind eine Alternative für die Ermittlung von Emissionen aus Verbraucherprodukten.“

### VOCs entweichen leichter aus weichen Kunststoffen

In weiteren Versuchen – dieses Mal mit echten Spielzeug-Proben – zeigte Even, dass Spielwaren aus weichen Kunststoffen wie Polyvinylchlorid (PVC) oder Polyethylen (PE) mehr flüchtige Substanzen in die Umgebung abgeben als solche aus härterem Kunststoff wie Polypropylen (PP). Die Emissionen nahmen in den ersten Stunden nach dem Auspacken stark ab, wie zeitabhängige Messungen ergaben. Spielzeug vor der ersten Verwendung für einige Zeit im Freien zu belüften scheint somit sinnvoll. Umgerechnet auf Raumluftkonzentrationen lagen die gemessenen Emissionswerte in allen Fällen deutlich unterhalb der bisher existierenden nationalen und europäischen Richtwerte für Innenraumluft. Bei mehreren Spielzeugen oder einem deutlich kleineren Luftvolumen sind Überschreitungen allerdings durchaus möglich. „Das wäre bei kleinen Kinderzimmern mit reichlich Spielwaren der Fall“, so Even. Oder wenn Kinder, wie üblich, mit geringem Abstand zum Spielzeug spielen. ▣

#### Mehr erfahren:

Even, M. et al. 2019. Emissions of VOCs from polymer-based consumer products: from emission data of real samples to the assessment of inhalation exposure. *Front Public Health* 7: 202. doi: 10.3389/fpubh.2019.00202

Even, M. et al. 2019. Emissions of volatile organic compounds from polymer-based consumer products: comparison of three emission chamber sizes. *Indoor Air*. 00: 1–9. <https://doi.org/10.1111/ina.12605>

# Das blaue Wunder von Bordeaux

**Kupferverbindungen bekämpfen Pilzbefall in der Landwirtschaft – aber gesundheitlich unbedenklich sind sie nicht.**

Der Botaniker Pierre Millardet war ein aufmerksamer Mann. Als er im Oktober des Jahres 1882 durch die Weinberge von St. Julien in Bordeaux kutscherte, bot sich ihm wegen des Mehltaus der traurige Anblick kümmerlicher Weinstöcke. Mit einer Ausnahme: An der Straße fanden sich auf einem Grundstück prächtige Blätter und Trauben. Die Pflanzen waren jedoch mit blauem Puder bedeckt. Der Winzer erzählte Millardet, er habe den Wein an der Straße eingefärbt, um Diebe durch die Farbe und den unangenehmen Geschmack abzuhalten. Damit war er zufällig auf eine Substanz gestoßen, die auch Pilze fernhielt. Millardet griff die Idee auf und entwickelte die „Bordeauxbrühe“. Das Gemisch aus gebranntem Kalk und Kupfersulfat war das erste erfolgreiche Anti-Pilzmittel (Fungizid).

Zurück in die Gegenwart. Millardets Bordeauxbrühe und andere Kupferverbindungen sind als Pflanzen-

schutzmittel gegen Pilz- und Bakterienbefall im Wein-, Acker- (zum Beispiel Kartoffeln) und Gemüsebau (etwa Tomaten) sowie im Zierpflanzenbau noch immer sehr gefragt. Daneben wird Kupfer als Biozidprodukt gegen Algen, Schnecken und Krebse eingesetzt. Es ist für Kleinlebewesen schon in geringer Menge giftig. Kupfer blockiert lebenswichtige Eiweißmoleküle (Proteine), hemmt die Photosynthese (Energiegewinnung aus Licht) bei Algen und Pflanzen, erzeugt Zellschäden und macht Zellhüllen durchlässig.

In Deutschland werden Kupferverbindungen überwiegend als Anti-Pilzmittel bei Hopfen, Wein, Obst und Kartoffeln angewendet. Vor allem im Bio-Landbau ist Kupfer unersetzlich. Während Landwirte im integrierten und konventionellen Anbau auf alle zugelassenen Pflanzenschutzmittel zurückgreifen können, ist das aufgrund der Regeln im Öko-Anbau nicht möglich.



Manchen mag überraschen, dass auch in der „chemiefreien“ Landwirtschaft gespritzt wird – ausgerechnet das Schwermetall Kupfer. Begründet wird das damit, dass Kupfer ein „Naturstoff“ ist, also kein vom Menschen entwickeltes künstliches Mittel darstellt.

### Zwei Gesichter eines Schwermetalls

Natürlich ja, aber harmlos? Kupfer hat zwei Gesichter. Als Spurenelement ist es lebenswichtig. Auf der anderen Seite kann zu viel Kupfer schaden. Hohe Dosen können zu Leberschäden führen. „Auch die Nieren und die Blutbildung werden beeinträchtigt“, berichtet Dr. Jens Schubert, Kupfer-Experte am BfR, das für die gesundheitliche Bewertung des Pflanzenschutzmittels Kupfer zuständig ist. Diskutiert wird auch, ob das als Pestizid eingesetzte Schwermetall Antibiotikaresistenzen erzeugt. Zudem reichern sich Kupferverbindungen im Boden an und können Bodenorganismen schädigen. Da reines Kupfer ein Element ist, kann es nicht abgebaut werden.

Gemäß der EU-Chemikalienverordnung REACH ist ein Stoff besorgniserregend, wenn er die PBT-Kriterien erfüllt. PBT steht für persistent (nicht abbaubar), bioakkumulierbar (reichert sich im Organismus an) sowie toxisch (giftig). Kupferverbindungen wie die „Bordeauxbrühe“ sind persistent und toxisch. Deshalb ist es das erklärte langfristige Ziel, sie durch verträglichere Substanzen zu ersetzen. Kupfer ist für die EU ein „Substitutionskandidat“ im Pflanzenschutz. Auch die Bundesregierung hat bereits 1998 eine Strategie zum Kupferausstieg vorgelegt.

### „Ausstieg“ vorerst verschoben

Gespannt blickten deshalb Bio-Bauern 2018 nach Brüssel. Dort ging es um die Frage, ob man die Genehmigung des „Substitutionskandidaten“ verlängern sollte. Ende des Jahres fiel die Entscheidung: Kupferverbindungen wurden von der EU-Kommission für den Einsatz in Pflanzenschutzmitteln für weitere sieben Jahre genehmigt. Während dieser Zeit dürfen Betriebe insgesamt höchstens 28 Kilogramm reines Kupfer pro Hektar ausbringen.

Der Mensch nimmt Kupfer über Lebensmittel und Trinkwasser auf. Kupferreich sind etwa Nüsse, Kakao und tierische Leber. Ein Erwachsener benötigt täglich ein Milligramm (mg), zugeführt werden etwa 2 mg. Ohne Risiko für den Körper sind bis zu 10 mg am Tag, schädlich für die Gesundheit ist eine längere Belastung mit 30 mg und mehr.

„Momentan sehen wir kein gesundheitlich unvertretbares Risiko für die Allgemeinbevölkerung“, sagt Jens Schubert. „Allerdings haben wir nicht allzu viel Luft nach oben, eine Überschreitung des zuträglichen Höchstwertes ist möglich.“ Das gilt etwa für Landwirte, die Kupfer einsetzen. Am BfR wird nun an einer Gesamtbewertung von Kupfer aus Sicht des gesundheitlichen Verbraucherschutzes gearbeitet. Keine leichte Aufgabe, auch weil das Metall über ganz verschiedene Wege in den Menschen kommt – nicht nur über die blauen Trauben des Bordeaux. ■



Ein Fadenwurm der Art *Caenorhabditis elegans*. Im Deutschen Zentrum zum Schutz von Versuchstieren am BfR wird *C. elegans* erforscht, um Alternativen zu herkömmlichen Tierversuchen zu finden. Seine Erbanlagen stimmen in großen Teilen mit denen von Säugetieren überein.

© BfR

# Durchblick durch den Wurm

**Der Fadenwurm *C. elegans* ist durchsichtig und nur winzig klein. In freier Wildbahn lebt er auf dem Kompost. Im Labor kann er helfen, aufwendige Tierversuche zu ersetzen.**

Wenn man die Petrischale gegen das Licht hält, kann man sie sehen. Gerade so. Winzige weißliche Kommas. Feinste Flusen, wenig größer als ein Millimeter. Aber der Staub ist lebendig. Was sich da bei genauem Hinsehen windet, sind Fadenwürmer. Nematoden. Sie gehören zur Art *Caenorhabditis elegans*, kurz *C. elegans* genannt. In den Laboren des Deutschen Zentrums zum Schutz von Versuchstieren in Berlin-Marienfelde werden sie erforscht, um weitere Alternativen zu herkömmlichen Tierversuchen zu finden. Das Zentrum ist Teil des BfR.

„Das Coole an den Würmern ist, dass sie komplett durchsichtig sind“, sagt die Projektleiterin Dr. Silvia Vogl. Eine Doktorandin bugsiert einige Würmer unter das Mikroskop. Wer die unter dem Objektiv zuckenden Kreaturen studiert, versteht sofort, was Silvia Vogl meint. Und ist fasziniert vom eleganten Wurm. Seine gesamte Anatomie ist sichtbar, wie unter einem Röntgenschirm. Das Tier besteht im Wesentlichen aus einem Darmschlauch, der sich bakterienschlürfend durch seine kleine Welt futtert, Komposthaufen etwa oder verwesendes Laub. Sein länglicher Leib ist ausgefüllt mit Eiern in verschiedenen Reifungsstadien. Sie sind wie auf einer Perlenschnur aufgereiht. In seinem dreiwöchigen Leben bringt es der Wurm auf 300 Nachkommen.

## Selbstbefruchtung als Prinzip

*C. elegans* befruchtet seine Eier praktischerweise gleich selber. Der Wurm ist Hermaphrodit, ein männlich-weibliches Mischwesen. Reine Männchen gibt es auch noch. Aber sie sind rar und machen nur 0,2 Prozent aller Exemplare aus. Es sei eigentlich „mehr ein Unfall, wenn sie entstehen“, wie Vogl schmunzelnd berichtet. Wichtig seien sie dennoch, denn die sexuelle Vermehrung „frischt“ das Erbgut des Wurms auf und bewahrt es vor dem Niedergang.

Lungen, Nieren, Leber, Herz, Augen? Fehlanzeige. All das braucht *C. elegans* nicht. Er besitzt exakt 959 Zellen (das Männchen 1.031), und jede einzelne dieser Zellen hat einen festgelegten Entwicklungsplan. Transparent, genügsam, harmlos, sich rasch vermehrend, preiswert in der Haltung, gut zu studieren – es gibt viele Gründe, warum der Fadenwurm der wohl besterforschte mehrzellige Organismus wurde. Und auch der Erste, dessen komplettes Erbgut 1998 entziffert wurde.

Doch da ist mehr. Der Wurm zieht die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in seinen Bann, lässt sie nicht mehr los. „*C. elegans*-Forscher sind eine internationale Gemeinschaft“, sagt Vogl. Alle zwei Jahre trifft man sich zum Weltkongress. Online stehen fast alle zum Züchten benötigten Informationen im „Wormbook“ kostenlos zur Verfügung. Erfinderische Lösungen für das eine oder andere Wurmproblem werden gern in der „Worm Breeder’s Gazette“ veröffentlicht. Ein bisschen Augenzwinkern ist dabei, die Wurm-Szene sieht nicht alles so verbissen. Aber die Forschung hat es in sich: Bisher sechs Wissenschaftler erhielten für ihre Arbeit mit *C. elegans* Nobelpreise.

## Der Weg zum „Modellorganismus“

Einer der Nobelpreisträger war der britische Biologe Sidney Brenner. Brenner suchte Anfang der 1960er-Jahre nach einem möglichst einfachen mehrzelligen Lebewesen, um dessen Entwicklung bis ins kleinste Detail zu studieren. Bei *C. elegans* wurde er fündig. Im Dezember 1963 begann er, das Tier zu erforschen. Seitdem haben Entwicklungsbiologie, Genetik, Neurowissenschaft und Zellforschung an und mit *C. elegans* gelernt. Der Wurm wurde zum „Modellorganismus“.

Die gut vernetzte und vielfältige Szene der *C. elegans*-Forschung macht es für Silvia Vogl und ihren Kollegen Dr. Paul Wittkowski einfach, mit genau jenen



## 99

### Der Fadenwurm kann helfen, Wirkungen von Chemikalien zu erforschen.

Tiervarianten zu arbeiten, die sie für ihre Fragestellungen benötigen. Der Ansatz, mithilfe des Fadenwurms die Wirkung potenziell giftiger Substanzen zu erforschen, ist noch neu. Die Toxikologie – die „Wissenschaft von den Giften“ – tut sich bisher etwas schwer damit, *C. elegans* als Test-Tier zu akzeptieren.

#### Genau verstehen, wie ein Gift wirkt

Traditionell arbeiten Toxikologinnen und Toxikologen mit Versuchstieren wie Ratte und Maus, die wie der Mensch zu den Säugetieren zählen. Dieses Vorgehen ist häufig gesetzlich vorgeschrieben. Aber das Fachgebiet wandelt sich. Experimente mit Zellkulturen („*in vitro*“) oder Computerberechnungen („*in silico*“) ergänzen den herkömmlichen Tierversuch („*in vivo*“). Man will heute detailliert verstehen, wie bestimmte Stoffe auf den Organismus, die Zelle oder gar einzelne Gene wirken. Hinzu kommt, dass das Prüfen von Stoffmischungen, etwa von Pflanzenschutzmitteln, von hormonell wirksamen Substanzen oder von geringen Giftmengen, eine besondere Herausforderung darstellen. Und schließ-

lich ist da das 3R-Prinzip, das es in der Wissenschaft zu beachten gilt. Es beschreibt das Ziel, die Anzahl an Tieren im Versuch zu reduzieren („*reduce*“), Leiden im Versuch zu vermindern („*refine*“) oder Tierversuche ganz zu ersetzen („*replace*“).

Auftritt *C. elegans*. Zwar besitzt er längst nicht alle Organe, die Säugetiere auszeichnen. Aber den Wurm verbindet weit mehr mit dem Menschen, als Fachfremde vielleicht erwarten würden. Der Nematode verfügt über Nerven, einen (wenn auch schlichten) Verdauungstrakt, Muskeln und ein Fortpflanzungssystem, dazu Hormone und ein mithilfe einfacher Sinnesreize gesteuertes Verhalten. „Das Tier kann sogar lernen“, sagt Silvia Vogl. „Zum Beispiel bestimmte Wege in einer labyrinthähnlichen Umgebung zu bevorzugen oder zu meiden.“

Hinzu kommt, dass die Erbanlagen von *C. elegans* in großen Teilen mit denen von Säugetieren (wie dem Menschen) übereinstimmen. Das betrifft zum Beispiel Gene, die für Stoffwechsel, Kommunikation zwischen Zellen sowie Entgiftung zuständig sind. Kurze Generationsspanne und rasche Vermehrung tun ein Übriges, um Experimente rascher und einfacher als im herkömmlichen Tierversuch zu gestalten. Als sehr kleiner Organismus füllt *C. elegans* eine Lücke zwischen Tests an Zellen und Versuchen mit Wirbeltieren.

#### Schneller Test, viel Information

Am BfR wird bereits seit einigen Jahren mit dem Fadenwurm gearbeitet. Paul Wittkowski entwickelte hier einen automatisierten Vier-Tage-Test für *C. elegans*. Dieser ermöglicht es, schnell und umfassend viele Chemikalien und Mischungen von Chemikalien zu prüfen. Am Beispiel von fünf verschiedenen Azolfungiziden, pilzabtötenden Wirkstoffen, studierte Wittkowski, wie potenziell giftige Substanzen Wachstum und Fruchtbarkeit des Wurms beeinflussten. Zugleich konnte er bestimmen, ob sich Rückstände der Azolfungizide im Tier angereichert hatten und welche Gene die Substanzen im Erbgut aktivierten. Dabei stimmten einige Reaktionen mit denen von Säugetieren überein. Zudem werden von der Arbeitsgruppe unter anderem chemische Stoffe getestet, die im Körper quasi als unerwünschte Nebenwirkung hormonähnliche Effekte entfalten.

*C. elegans* wird künftig helfen, Wirkungsmechanismen von Chemikalien zu ermitteln, so die Hoffnung in der Wissenschaft. Dieses Vorgehen kann zudem Leiden verringern, weil bestimmte Tests in herkömmlichen Tierversuchen möglicherweise nicht mehr erforderlich sind. Allerdings wird nicht „ein Wurmversuch genau einen genehmigungspflichtigen Tierversuch“ ersetzen, schränkt Silvia Vogl ein. Diese einfache Gleichung geht so nicht auf. Eher ist es denkbar, dass eine Verknüpfung von *C. elegans*-Tests mit *In-vitro*- und *In-silico*-Methoden zum Ziel führt. In jedem Fall gilt: Der Wurm hat Zukunft. ■



© dra\_schwartz/istockphoto.com

## Alternativen zu Tierversuchen: Evolution oder Revolution?

Wie kann man Alternativmethoden zu herkömmlichen Tierversuchen weiterentwickeln, mit denen potenziell giftige Substanzen geprüft werden? Eine Möglichkeit besteht darin, in kleinen Schritten („evolutionär“) und ausgehend vom bisherigen Tierversuch neue Wege zu beschreiten. „Revolutionär“ dagegen ist ein zweiter Ansatz, der die grundsätzlichen Abläufe im menschlichen Organismus zum Maßstab macht. Über beide Vorgehensweisen haben internationale Fachleute in einem Workshop des BfR und des niederländischen Nationalen Instituts für öffentliche Gesundheit und Umwelt diskutiert. Ein Ergebnis: Zwar müssen die neuartigen Verfahrensweisen noch weiter erforscht und überprüft werden. Doch können sie nicht nur helfen, Tierversuche zu vermeiden, sondern werden zukünftig auch zu tieferen Einsichten über die Wirkung chemischer Stoffe auf den Körper verhelfen.

### Mehr erfahren:

Burgdorf, T. et al. 2019. Workshop on the validation and regulatory acceptance of innovative 3R approaches in regulatory toxicology – Evolution versus revolution. *Toxicol In Vitro* 59: 1–11



© BfR

## Symposium zur Forschungsförderung

In der biomedizinischen Forschung gewinnen Alternativmethoden zum Tierversuch immer mehr an Bedeutung. Verschiedene Förderprogramme mit dem Ziel, Versuche zu ersetzen, zu reduzieren und zu verbessern („3R-Prinzip“), treiben die Entwicklung und Akzeptanz von Alternativmethoden voran. Um den wissenschaftlichen Tierschutz für noch mehr Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in den Fokus zu rücken, informierte das Deutsche Zentrum zum Schutz von Versuchstieren am BfR im Herbst mit einem Symposium in Berlin über bundesweite Fördermöglichkeiten. Best-practice-Projekte wurden vorgestellt sowie aktuelle strategische Herausforderungen beim Wissenstransfer bei Verlagen. Unterstützt haben die Veranstaltung mit 150 Teilnehmenden: das Bundesministerium für Bildung und Forschung, vertreten durch den Projektträger Jülich, die Deutsche Forschungsgemeinschaft, die Stiftung set, das Bundesland Baden-Württemberg sowie das Bundesland Rheinland-Pfalz.

@Bf3R\_centre

### @Bf3R\_centre

Für mehr Hashtags zum Thema Tierschutz: Seit Frühjahr informiert das Deutsche Zentrum zum Schutz von Versuchstieren am BfR unter dem Twitter-Account @Bf3R\_centre über seine Aktivitäten und über Innovationen in der Entwicklung von Alternativmethoden zum Tierversuch.

### Mehr erfahren:

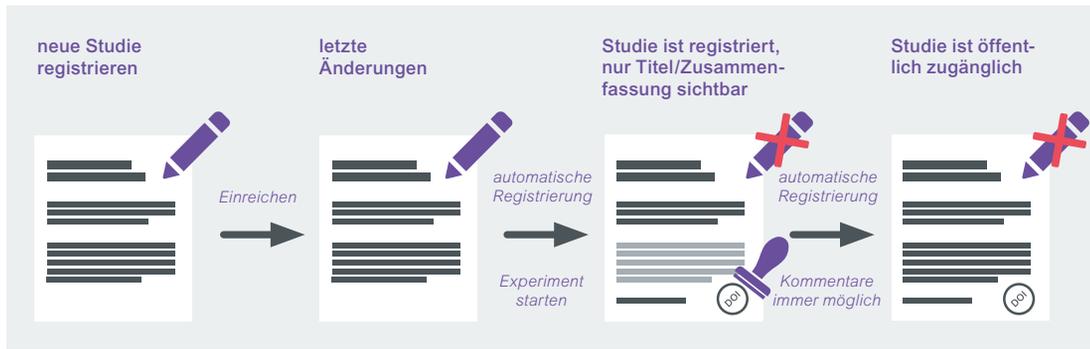
Twitter: @Bf3R\_centre

# Besser für Mensch und Maus

Die „Animal Study Registry“ soll Wissenschaft transparenter machen und den Schutz von Versuchstieren erhöhen.



© NazAr/shutterstock.com und Irina Strelnikova/shutterstock.com  
Montage: Studio GOOD



Studien sind die Früchte, die am Baum der Wissenschaft reifen. Aber nicht alle sind wirklich genießbar. Manche sind – auf ihre Art – verdorben und mit Schimmel besetzt. Anders als echtem Obst sieht man es wissenschaftlichen Studien jedoch nicht auf den ersten Blick an, ob sie von guter Qualität sind. Doch die Diskussion um die Güte der Forschung ist in vollem Gange.

Zur Mängelliste gehört die Tatsache, dass sich wissenschaftliche Ergebnisse häufig nicht bestätigen lassen. Unerwünschte Resultate verschwinden in der Schublade oder werden geschönt. Eine Möglichkeit, die Situation zu verbessern, sind Studienregister – ein neues für Tierversuche ist im Januar 2019 am Deutschen Zentrum zum Schutz von Versuchstieren am BfR online gegangen.

### Eintrag ins Register hilft, Gedanken zu ordnen

In der digitalen und weltweit verfügbaren „Animal Study Registry“ (ASR) kann eine Forscherin oder ein Forscher einen geplanten Tierversuch rasch, unentgeltlich und urheberrechtlich geschützt eintragen. Ein Formular mit detaillierten Fragen hilft, Ideen zu sortieren, das Studiendesign zu entwickeln und die richtigen Methoden und statistischen Verfahren zu wählen. Zum Schutz des geistigen Eigentums können Studien auf Wunsch bis zu fünf Jahre gesperrt werden, bevor sie veröffentlicht werden. „Wir unterstützen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler gern bei der Planung ihrer Studie“, sagt die Tierärztin Dr. Bettina Bert, verantwortlich für das Studienregister. „Es geht nicht darum, zu kontrollieren, sondern darum, verlässliche Ergebnisse zu erzielen.“

### Wer registriert, ist glaubwürdiger

Das Studienregister ist nicht nur eine Hilfe, wenn es um die technischen Feinheiten eines Versuchs geht. Wer sein Experiment registriert, steigert damit auch seine Glaubwürdigkeit. „Die Studie ist dadurch vertrauenswürdig und gewinnt an Wert“, sagt Dr. Céline Heintz, die zusammen mit Bettina Bert die ASR betreut. Bert und Heintz hoffen, dass die ASR die Qualität der wissenschaftlichen Arbeit erhöht und dazu beiträgt, dass auch vermeintlich unliebsame Ergebnisse veröffentlicht werden. Denn gerade Experimente, die nicht das erwünschte Resultat bringen, können für andere wichtige Hinweise enthalten. Wenn sie denn publiziert werden. Bessere und transparentere – also nachvollziehbare – Forschung ist das eine Ziel der ASR. Das andere ist der Schutz von Versuchstieren. Beides ist nicht voneinander zu trennen.

Schätzungsweise zwischen einem Drittel und der Hälfte aller Tierversuche werden niemals veröffentlicht, wie das Magazin „Nature“ in einem Beitrag über Tierversuchs-Register schreibt. Dieses „große Verschweigen“ verzerrt nicht nur die wissenschaftliche Wahrnehmung. Es bedeutet auch, dass Tiere sinnlos in Experimenten verbraucht werden.

### Tierwohl und gute Wissenschaft Hand in Hand

Dagegen kann eine in der ASR verzeichnete Untersuchung nicht verheimlicht werden. Wer einen Tierversuch in der ASR registriert, bekennt sich zum Tierwohl – auch weil das Thema Tierhaltung in der ASR eine wichtige Rolle spielt. Grundlage sind Richtlinien für Tierversuche, die vom National Centre for the 3Rs (NC3Rs) aufgestellt wurden, der britischen wissenschaftlichen Organisation, die dem Ersatz und der Reduktion von Tierversuchen und der Verminderung der Belastung der Tiere im Versuch verpflichtet ist.

Register für biomedizinische Studien machen längst Schule. Das größte ist das amerikanische „Clinicaltrials.gov“. Es ging 2000 an den Start und verzeichnet mittlerweile mehr als 300.000 Einträge für klinische Studien. Untersuchungen also, an denen menschliche Versuchspersonen teilnehmen.

### Keine Pflicht zum Eintrag

Ganz anders sieht es bisher bei Tierversuchen aus. Der Eintrag in der ASR ist freiwillig. Es gibt kein Druckmittel, um die Registrierung zu erzwingen. Dennoch: „Als Bundesinstitut, das mit Tierschutz befasst ist, sind wir die richtige Institution, um langfristig und verlässlich ein solches Studienregister aufzubauen“, sagt Bettina Bert.

Jetzt geht es darum, das Verzeichnis in der wissenschaftlichen Welt bekannt zu machen und mit seinem Nutzen zu überzeugen. Ein langer Weg – aber nicht ohne Aussicht auf Erfolg. Das ebenfalls freiwillige Studienregister „Open Science Framework“ verzeichnet seit seiner Gründung 2012 bereits mehr als 30.000 Einträge. „Es ist vor allem bei Psychologen und Sozialwissenschaftlern angesehen“, so Bert. Wer sagt, dass die ASR nicht in der Forschung, die mit Tieren arbeitet, ähnlich beliebt werden kann? ■

Mehr erfahren:  
[www.animalstudyregistry.org](http://www.animalstudyregistry.org)

INTERNATIONALES



**Risikobewertung in Lateinamerika**

Gemeinsam mit dem uruguayischen Landwirtschaftsministerium richtete das BfR im August das erste Latin American Risk Assessment Symposium (LARAS) aus. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sowie politische Entscheidungsträgerinnen und -träger aus der Region und Europa berieten in Montevideo, Uruguay, über die Bewertung und Kommunikation mikrobiologischer und chemischer Risiken. Die Tagung lieferte Ansätze für den Ausbau der Risikobewertung und Risikokommunikation in Lateinamerika.



**Auf der Spur von Campylobacter**

*Campylobacter* ist die häufigste Ursache für lebensmittelbedingte bakterielle Erkrankungen. Doch die bisherigen Nachweismethoden sind aufwendig und fehleranfällig. Deshalb förderte das Bundesministerium für Bildung und Forschung das Projekt CAMPY-TRACE für vier Jahre. Mit nationalen und internationalen Partnern entwickelte das BfR hier eine Nachweismethode für die Lebensmittelkette Huhn, die ohne Kultivierung zwischen toten und lebendigen Erregern unterscheidet. Die Methode wird gerade in einem internationalen Ringversuch validiert.

**Im Dialog mit japanischen Partnern**

Der wissenschaftliche Austausch mit japanischen Partnerbehörden stand im Mittelpunkt der Delegationsreise nach Japan im Juli. Beim Landwirtschaftsministerium ging es um die Anwendungssicherheit bei Pflanzenschutzmitteln. Zu marinen Biotoxinen tauschten sich die BfR-Delegierten in den Japan Food Research Laboratories aus. Mit der japanischen Kommission für Lebensmittelsicherheit wurde die Bewertung der Toxizität von Stoffgemischen diskutiert.

**Kleine Fische mit großer Wirkung**

Verarbeitete kleine Fische in Ghana, Uganda und Kenia stehen im Fokus des Verbundprojektes „SmallFishFood – Kleine Fische und Lebensmittelsicherheit“. Das Projekt wird vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft gefördert. Ziel sind verbesserte Produktionsprozesse für eine höhere Qualität und Sicherheit sowie längere Haltbarkeit der gewonnenen Produkte. Das BfR untersucht als Projektpartner vor allem getrocknete und geräucherter Fische. Im ersten von drei Projektjahren wurden Proben aus Ghana analysiert.

Mehr erfahren:  
[www.bfr.bund.de](http://www.bfr.bund.de) > Forschung > Drittmittelprojekte



**Tiergesundheit und Lebensmittelsicherheit in Uganda**

One Health, Gesundheit von Mensch, Tier und Umwelt, in Uganda und Kenia ist der Schwerpunkt des Projektes „BuildUganda“, das vom International Livestock Research Institute geleitet wird. Im Juni fand das Auftakttreffen in Uganda statt. Themen, in denen das BfR involviert ist, sind: Antibiotikaresistenzen, Lebensmittelhygiene beim Schlachtprozess, Krankheiten bei Ziegen und Schafen. Das Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung fördert dieses internationale Projekt.

## INTERNA

### Deutscher Studienpreis für BfR-Wissenschaftlerin

Wie verhalten sich die Pigmente von Tätowierfarben im Körper? Diese Frage – ganz wesentlich für Millionen Tätowierte weltweit – stellte sich die BfR-Wissenschaftlerin Dr. Ines Schreiber in ihrer Dissertation, mit der sie an der Freien Universität in Berlin den Dokortitel erwarb. Ihre Antwort darauf war so gut, dass sie dafür den zweiten Preis des Deutschen Studienpreises für Nachwuchswissenschaftlerinnen und Nachwuchswissenschaftler in der Sektion Natur- und Technikwissenschaften erhielt. Der Deutsche Studienpreis zählt zu den höchstdotierten wissenschaftlichen Nachwuchspreisen in der Bundesrepublik Deutschland. Mit ihm zeichnet die Körber-Stiftung jährlich fachlich herausragende Dissertationen aus, die besondere gesellschaftliche Bedeutung haben.

Mehr erfahren:  
Mitteilung Nr. 033/2019 des BfR vom 28. August 2019



### Amt des Vizepräsidenten am BfR

Seit 1. Oktober 2019 nimmt Dr. Roland Solecki die Aufgaben des Vizepräsidenten des BfR wahr. Er hat das Amt von Professor Reiner Wittkowski übernommen, der Ende September in den Ruhestand ging. Solecki wird in dieser Funktion zwischenzeitlich, bis 29.02.2020, tätig sein. Das offizielle Besetzungsverfahren für die Vizepräsidentenstelle läuft noch.

## VERANSTALTUNG



### Internationale Grüne Woche Berlin 2020

Nachhaltig essen und konsumieren beschäftigt unsere Gesellschaft. Das BfR greift das Thema auf seinem Stand auf der Internationalen Grünen Woche auf. Vom 17. bis 26. Januar 2020 informiert das BfR über Gesundheitsrisiken beim nachhaltigen Umgang mit Lebensmitteln im Alltag: Muss man schimmelbefallenes Essen wegwerfen? Wie sicher sind Verpackungsalternativen wie Bambusbecher? Wie verändern sich Inhaltsstoffe beim Einwecken und Fermentieren? Der Stand des BfR befindet sich in der Messehalle 3.2, auf den Flächen des Erlebnisbauernhofs. Geöffnet von 10 bis 18 Uhr.

Mehr über diese und andere BfR-Veranstaltungen:  
[www.bfr-akademie.de](http://www.bfr-akademie.de)



Das Wissenschaftsmagazin des Bundesinstituts für Risikobewertung Ausgabe 2/2018

Hitzebedingte Kontaminanten  
**Verkohlt – Warum falsches Rosten riskant ist**

Öffentliches Sollen  
**Gehört sich das?**

Koffein  
**Lässt Herzen höher schlagen**

Hochauflösende Mikroskopie  
**Hormonspuren in die Nanowelt**



Das Wissenschaftsmagazin des Bundesinstituts für Risikobewertung Ausgabe 1/2019

**BfR 2 GO**

Antibiotikaresistente Bakterien  
**Den Gegner kennen und bekämpfen**

Fake Science  
**Stürmische Zeiten für die Wissenschaft**



Das Wissenschaftsmagazin des Bundesinstituts für Risikobewertung Ausgabe 2/2019

**BfR 2 GO**

Mikroplastik in Lebensmitteln  
**Kleine Teile – große Wirkung?**

Lebensmittel  
**Zusatzstoffe unter der Lupe**

Textile  
**Weniger auf**

IM ABO:  
**Verbraucherschutz zum Mitnehmen**



**BfR 2 GO**

Das Wissenschaftsmagazin BfR2GO liefert zweimal im Jahr, kompakt und bis zum Rand gefüllt mit Wissen, aktuelle und fundierte Informationen über die Forschung und Bewertung möglicher gesundheitlicher Risiken von Lebens- und Futtermitteln, Chemikalien und Verbraucherprodukten.

Das Magazin kostenlos bestellen, abonnieren oder herunterladen:  
[www.bfr.bund.de](http://www.bfr.bund.de)