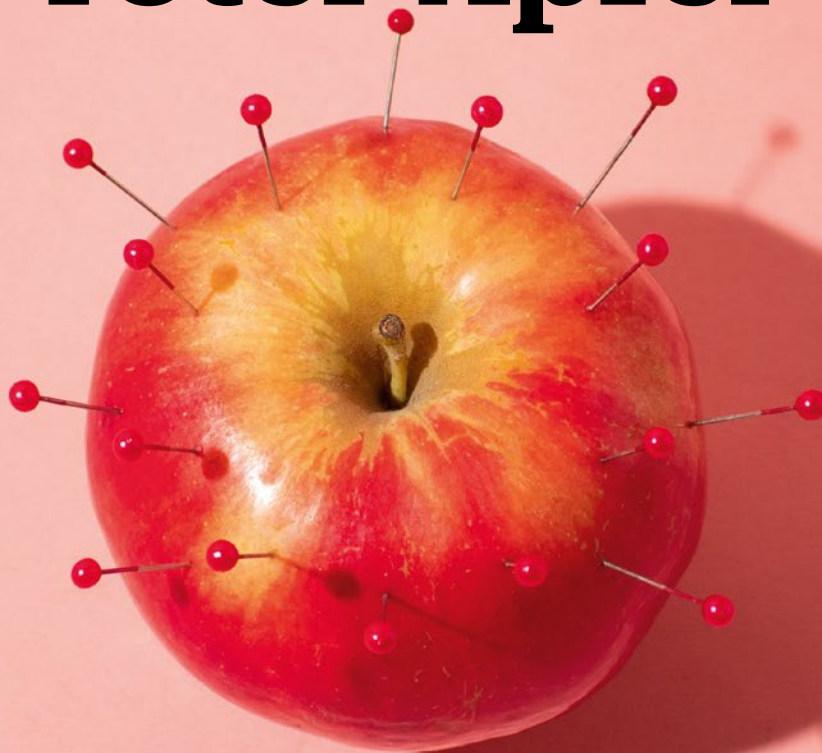


Schneewittchens roter Apfel



Was sind Gifte und wie wirken sie?
Ein kleiner Streifzug durch die
Toxikologie.

Der Neid auf das schöne Schneewittchen zerfrisst die böse Stiefmutter. Und so greift die Gekränkte zu einer List und vergiftet einen roten Apfel. Als das arglose Schneewittchen diesen isst, fällt es in einen todesähnlichen Schlaf. „Schneewittchen und die sieben Zwerge“ ist eines der beliebtesten Märchen der Brüder Grimm und die Episode vom Apfel enthält vieles von dem, was die Bedeutung von Giften auszumachen scheint: Täuschung, Heimtücke, Gefahr. „Giftig“ – das Wort jagt seit Grimms Zeiten noch immer einen Schrecken ein.

Die Wissenschaft von den Giften, die Toxikologie, sieht ihren Gegenstand dagegen eher nüchtern als dämonisch. Sie definiert ein Gift (oder Toxin) als einen Stoff, der Lebewesen meist schon in einer geringen Dosis Schaden zufügen kann. Das Reich der Gifte ist groß. Die Aufmerksamkeit der Öffentlichkeit konzentriert sich meist auf „menschengemachte“ potenzielle Gifte. Das sind etwa Verunreinigungen (Kontaminationen) durch Mikroplastik, per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS) und Dioxin oder Rückstände von Chemikalien oder Pflanzenschutzmittelwirkstoffen, etwa Glyphosat.

NATUR ALS GIFTMISCHERIN

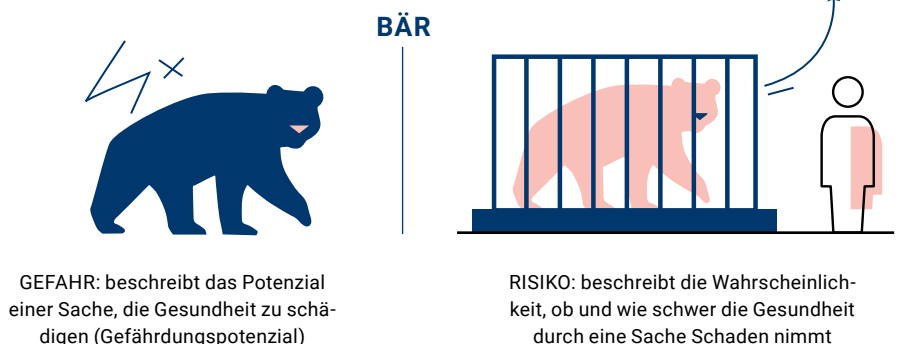
Dabei wird leicht übersehen, dass eine große (wenn nicht gar die größte) Gruppe von Giften aus der Natur selbst stammt. Diese chemischen Verbindungen werden von Tieren, Pflanzen und Mikroorganismen gebildet, um Feinde abzuwehren oder selbst Beute zu machen. Es handelt sich um Stoffe, die im Laufe der Evolution „verfeinert“ und perfektioniert wurden, um gezielt anderen Lebewesen zu schaden. Das erklärt ihre mitunter immense Giftigkeit. So ist das vom Bakterium *Clostridium botulinum* abgesonderte Botulinumtoxin das stärkste bekannte Gift. In die Vene oder den Muskel gespritzt, sind weniger als ein Millionstel Gramm (Mikrogramm) tödlich. Und wenig bekannt ist, dass jedes Jahr geschätzt zwischen 81.000 und 138.000 Menschen durch Giftschlangenbisse ums Leben kommen.

DIE DOSIS MACHT'S HEIKEL

Intuitiv neigen wir dazu, Stoffe in gute und schlechte einzuteilen, in nützliche und schädliche, gesunde und krankmachende. Wer sich jedoch mit Toxikologie beschäftigt, dem wird schnell klar: Die Welt der Gifte zerfällt nicht in gut oder gefährlich, sondern in hoch oder niedrig dosiert. Diese wissenschaftlich fundamentale Erkenntnis geht auf den Arzt Paracelsus zurück, der bereits im 16. Jahrhundert feststellte: „Allein die Dosis macht, dass ein Ding kein Gift sei.“ Demnach gibt es streng genommen kein Gift an sich. „Alles kann giftig sein, umgekehrt kann auch alles unschädlich sein“, erläutert der Toxikologe Dr. Tewes Tralau. Er leitet die Abteilung „Sicherheit von Pestiziden“ am Bundesinstitut

Gefahr oder Risiko?

In unserer Alltagssprache nutzen wir die beiden Begriffe oft synonym. Die wissenschaftliche Risikobewertung unterscheidet hingegen streng. Ob eine mögliche Gefahr mit einem Risiko verbunden ist, hängt vom „Ausgesetztsein“ (Exposition) ab (wie viel/lange/oft).



für Risikobewertung (BfR). Entscheidend ist die Menge eines Stoffs, mit der ein Mensch in Kontakt kommt. Der toxikologische Fachausdruck dafür lautet Exposition.

Dazu ein paar Beispiele. Unser Organismus besteht zu zwei Dritteln aus Wasser – und dennoch kann übermäßiges Wassertrinken lebensgefährlich sein, weil es zu einer Schwellung des Gehirns führen kann, einem Hirnödem. Und das wie Wasser lebensnotwendige Kochsalz – der Körper enthält ein halbes Pfund – ist bei einer zusätzlich aufgenommenen Dosis von 100 bis

150 Gramm am Tag (etwa zehn Esslöffel) tödlich. Auf der anderen Seite dient das schon erwähnte „Ultragift“ Botulinumtoxin in extrem geringer Dosis zur Behandlung von Nervenleiden und Bewegungsstörungen (und als Mittel zur Faltenglättung).

WAS DRIN IST – UND WIE VIEL

Viele Methoden existieren, um Toxine etwa in Umweltproben, Lebensmitteln oder Körperflüssigkeiten nachzuweisen. Mit ihnen beschäftigt sich die Analytik, ein Teilgebiet der Toxikologie. Lange erprobt ist der Immunoassay, bei dem sich ein passender Antikörper an das gesuchte Molekül koppelt und dieses damit „erkennt“ wird. Mit der Chromatographie lassen sich Substanzgemische in einer Flüssigkeit aufspalten. Damit werden die einzelnen Bestandteile sichtbar gemacht. Das fortschrittlichste Verfahren ist die Massenspektrometrie. Bei einer Messung wird eine Untersuchungsprobe zunächst elektrisch aufgeladen (ionisiert). Ein elektrisches Feld trennt dann ihre einzelnen Bestandteile auf. Das daraus resultierende „Massenspektrum“ gibt einen präzisen Aufschluss über die Zusammensetzung der Probe.

Solche modernen Verfahren weisen geringste Stoffmengen nach. Eine Toxikologin oder ein Toxikologe an Schneewittchens Seite hätte keine Probleme, das Gift der Stiefmutter selbst in winzigsten Spuren an deren Fingern festzu-

DABEI WIRD LEICHT ÜBERSEHEN, DASS EINE GROSSE (WENN NICHT GAR DIE GRÖSSTE) GRUPPE VON GIFTEN AUS DER NATUR SELBST STAMMT.

stellen (und sie so zu überführen). Im Umkehrschluss bedeutet das jedoch auch: Der Nachweis einer Substanz an sich besagt noch nichts, wenn es um sein Risikopotenzial geht. Entscheidend ist auch hier stets die Dosis (die Exposition). Selbst im heutigen Nanozeitalter mit seinem Nachweis von milliardstel oder billionstel Gramm-Mengen bedeutet dies: Nicht jedes Mikrogramm ist ein Makrorisiko.

Unser Organismus besteht zu zwei Dritteln aus Wasser – und dennoch kann übermäßiges Wassertrinken lebensgefährlich sein.



© showcake/adobestock

WIE DER KÖRPER SICH WEHRT

In aller Regel kann sich der menschliche Organismus gut gegen potenziell giftige Stoffe zur Wehr setzen. Das liegt daran, dass er im Lauf der Evolution wirksame „Detox“-Methoden entwickelt hat. Das wohl beste Beispiel ist die Enzymfamilie der Cytochrom-P450-haltigen Monooxygenasen. Diese Eiweiße sorgen in der Regel dafür, dass Toxine leichter auszuscheiden sind, in Wirbeltieren etwa über die Nieren oder die Galle.

lischen Getränken: Dessen chronische hochdosierte Zufuhr mündet nicht selten ebenfalls in einen irreversiblen Organschaden.

Neben der Leber können potenzielle Giftstoffe weitere wichtige Organe und Prozesse einem Risiko aussetzen: Atemwege (etwa Asbestfasern), Nieren (einige Arzneimittel), Knochenmark (zum Beispiel Benzol, ein Kohlenwasserstoff), Haut (Nickel) und Nerven

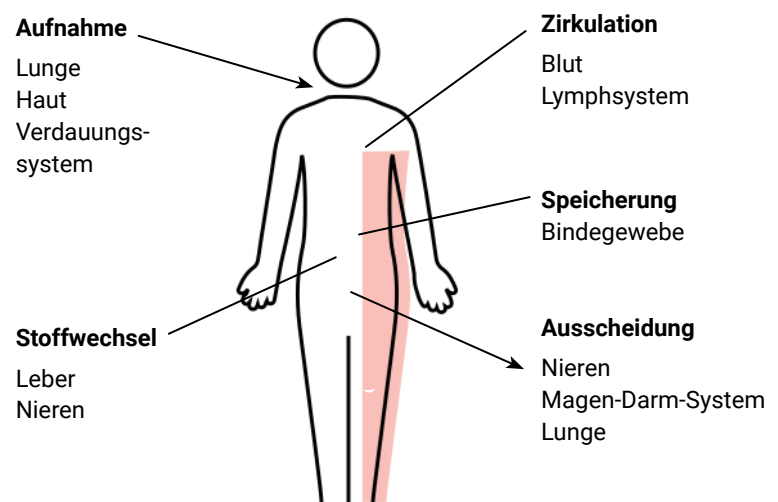
(Methylquecksilber) sowie Blutbildung (Blei), Fortpflanzungsfähigkeit und vorgeburtliche Entwicklung (etwa der Wirkstoff Thalidomid, „Contergan“).

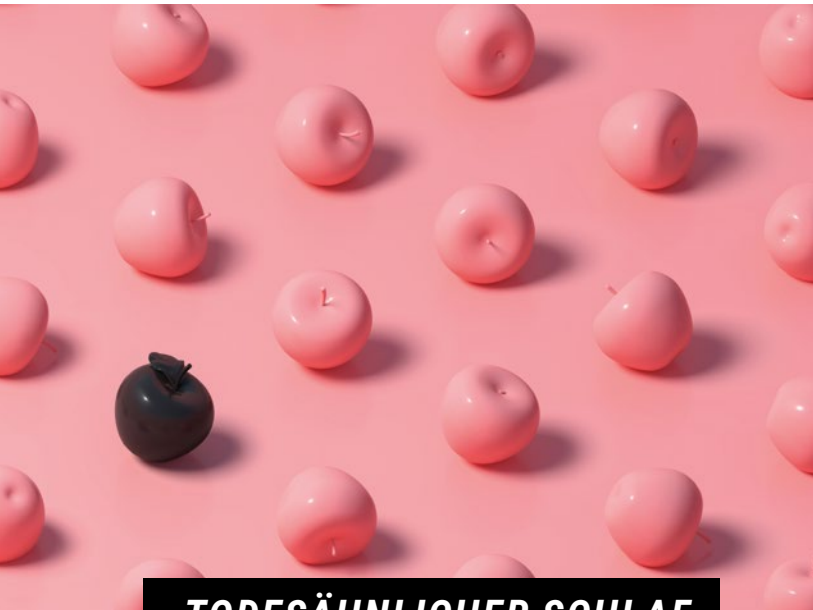
AUF LEBER UND NIEREN GEPRÜFT

Es gibt verschiedene Methoden, um das mögliche Risiko eines Toxins zu ermitteln. Neben Tierversuchen als dem der biologischen Realität am nächsten stehenden Modell

Die „Entgiftungszentrale“ des Körpers ist die Leber. Als zentrales Organ des Stoffwechsels wird sie in jeder Minute von 1,5 Liter Blut durchströmt. Fast alles, was giftig sein kann, muss die Leber passieren. Ihre rund 200 Milliarden Leberzellen verfügen über ein großes Arsenal an „Detox“-Enzymen. Auf der anderen Seite bringt ihre Aufgabe das Organ auch in Gefahr, selbst Schaden zu nehmen. Das Toxin des Knollenblätterpilzes beispielsweise kann die Leber innerhalb weniger Tage zerstören. Oder das Ethanol in alkoholo-

Gift im Körper – welche Prozesse sind betroffen?





© owillyowl/adobestock

TODESÄHNLICHER SCHLAF

Ein Fall für die Toxikologie

Ein vergifteter Apfel versetzt Schneewittchen in tiefe Bewusstlosigkeit, medizinisch Koma genannt. Welche Substanzen können einen solchen Zustand hervorrufen? Aus Sicht der Toxikologie kommen dafür mehrere in Frage. Nicht wenige Naturstoffe und Chemikalien haben die Eigenschaft, entsprechend dosiert auf das Nervensystem wirken zu können. So zum Beispiel das lange als Narkosemittel gebräuchliche Chloroform. Zwar wurde Chloroform erst rund 20 Jahre nach der Veröffentlichung von Grimms Märchen erstmals künstlich hergestellt, doch bilden auch Seetang und Bodenpilze die betäubende Chemikalie. Die königliche Giftmischerin könnte sich aus diesen natürlichen Quellen bedient haben. Eine weitere Möglichkeit ist Tetrodotoxin (TTX), das hochgefährliche Gift des Kugelfischs. Es lähmt Nerven und Muskeln und ist etwa 100 Mal toxischer als Chloroform. Für den Menschen ist schon ein Tausendstel Gramm tödlich. Zwar sind Kugelfische in unseren Breiten selten. Doch enthalten auch Würmer, Frösche, Eidechsen und viele andere Tierarten TTX – nicht selten produziert von Bakterien, die eine Lebensgemeinschaft mit ihren Wirten bilden. Nach dem Motto: Gibst du mir Gift, darfst du bei mir wohnen. Die lähmende Wirkung von TTX etwa als Folge von Vergiftungen durch oder mit TTX-enthaltenden Meerestieren ist Menschen bereits lange bekannt und beim Genuss des Kugelfischs (Fugu) in Japan Teil des Nervenkitzels. Falls Schneewittchen TTX ausgesetzt war, schwebte sie in höchster Lebensgefahr – dass sie den Giftapfel nicht hinunterschluckte, rettete ihr höchstwahrscheinlich das Leben.

existieren tierversuchsfreie Verfahren, zum Beispiel Zellkulturen oder komplexere Zellsysteme. Eine wachsende Bedeutung haben epidemiologische Studien (Bevölkerungsstudien). Gut gemacht können sie Hinweise auf mögliche Krankheitsursachen geben.

Neue Arzneimittelwirkstoffe und Chemikalien werden toxikologisch auf gesundheitliche Risiken geprüft, bevor sie verwendet, genehmigt oder zugelassen werden können. Die Tests sind gesetzlich vorgeschrieben und die Hersteller müssen sie den Behörden vorlegen. Das gleiche gilt für Pflanzenschutzmittelwirkstoffe. „Diese Substanzen sind entwickelt worden, um zum Beispiel bestimmte Pilze oder Insekten zu schädigen“, sagt der BfR-Toxikologe Tralau. „Auch wegen dieses Potenzials müssen wir sie uns sehr genau ansehen.“

Geprüft wird unter anderem, ob ein Wirkstoff das Erbgut schädigt, Krebs auslösen und akut oder auf lange Sicht toxisch wirken kann. Ebenso untersucht wird, ob die Fruchtbarkeit oder die Nachkommen geschädigt werden, ob hormonartige Wirkungen möglich sind, das Nervensystem angegriffen oder die Haut gereizt wird. Es ist ein dichtes Netz, das die Toxikologie aufgespannt hat, um sicherzustellen, dass sich für den Menschen (oder die Umwelt) riskante Substanzen darin frühzeitig verfangen. Kein Zweifel: Böse Stiefmütter hätten es heute sehr viel schwerer. —

Mehr erfahren



BfR-Informationen
„Pflanzenschutzmittel“



BfR-FAQ
„Unterschied Risiko
und Gefahr“



BfR2GO 1/2024
„Toxikologische Risikobewertung
bei Pflanzenschutzmitteln“ (pdf)