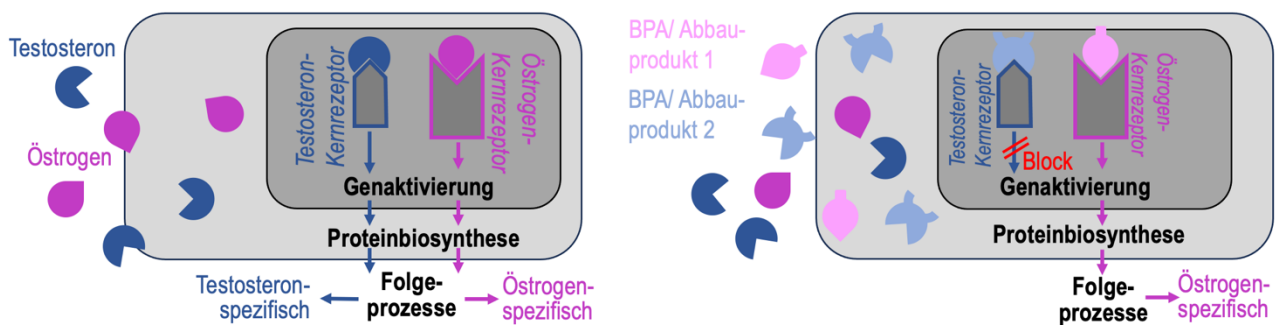


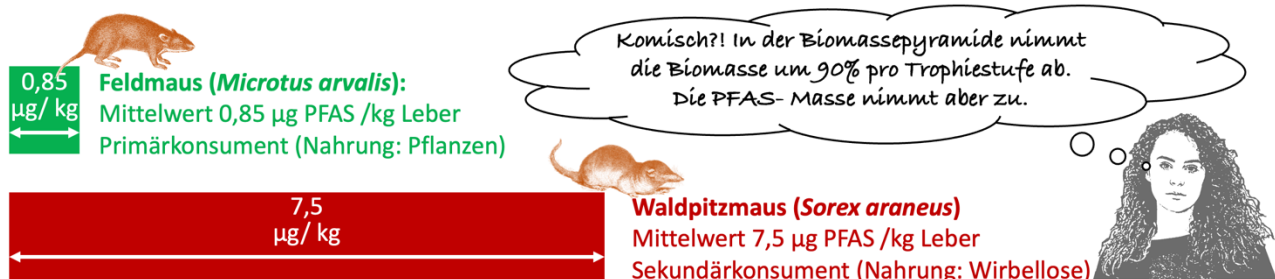
## Hormonartig wirkende Stoffe gefährden den Menschen und bestimmte Tierarten

Der Stoff Bisphenol A (BPA) ist Bestandteil vieler Alltagsprodukte (z.B. Plastikflaschen, Plastikspielzeug, Thermopapier, Innenbeschichtung von Schraubdeckeln und Konservendosen). Er sorgt wiederholt für Schlagzeilen: 2011 hat die EU BPA für die Herstellung von Kunststoffflaschen für Säuglinge verboten. Kassenbelege aus Thermopapier, mit denen Kassenpersonal ständig in Kontakt kommt, dürfen seit 2020 kein BPA mehr enthalten. Sie sind seither blaugrau statt weiß.

Was veranlasste diese Verbote? BPA ist ein hormonartig wirkender Stoff, der negativ auf das körpereigene Hormonsystem, das endokrine System, einwirkt (Abb. 1). Er kann bei regelmäßigem Kontakt schon in kleinsten Konzentrationen schädigend auf Menschen wirken, insbesondere auf anfällige Gruppen wie Säuglinge, aber auch auf Tierpopulationen, wenn er in die Umwelt gelangt. Schätzungen zufolge können etwa 1000 Industriechemikalien auf unterschiedliche Weise ins Hormonsystem eingreifen. Manche sind sogar doppelt tückisch, wie z.B. per- und polyfluorierte Alkylverbindungen (PFAS). Sie sind z.B. in Outdoorbekleidung, Pfannenbeschichtungen, Imprägniersprays oder Burger-Verpackungen enthalten. Sie gelangen auf verschiedenen Wegen in den Boden und die Oberflächenwasser. Auf ihrem Weg werden sie aufgrund ihrer chemischen Stabilität kaum zerlegt. Studien zeigen, dass sich PFAS im Gewebe mancher Tierarten anreichern kann und zwar in Abhängigkeit von ihrer Ernährungsweise (Abb. 2). Man bezeichnet dies als Bioakkumulation.



1 Durch „Umwelthormone“ (hier BPA) oder seine Abbauprodukte wird das normale Zellgeschehen (linke Darstellung) verändert (rechte Darstellung). Testosteron bzw. Östrogen sind männlich bzw. weiblich wirkende Sexualhormone.



2 Messungen zu PFAS: Der Gehalt mancher Stoffe reichert sich entlang der Trophiestufen an (Bioakkumulation).

- A1 Definieren Sie die synonymen Begriffe „Umwelthormon“ bzw. „endokriner Disruptor“ (engl: disruptor= Störer), unter denen die Weltgesundheitsorganisation Stoffe wie BPA auflistet.
- A2 Erläutern Sie auf molekularer Ebene und auf der Ebene des Organismus, wie „Umwelthormone“ wirken können, auch bereits in kleinsten Konzentrationen und wie sie am Beispiel von BPA (Abb. 1) zu verringerter Spermienqualität und Verweiblichung führen können.
- A3 Erklären Sie das Phänomen der Bioakkumulation (Abb. 2), das die hohen PFAS- Messwerte bei der Waldpitzmaus anzeigen. Formulieren Sie eine präzisere Überschrift für diese Seite.

## Lösungsvorschläge

**Hormonartig wirkende Stoffe gefährden den Menschen und bestimmte Tierarten**

- A1** Definieren Sie die synonymen Begriffe „Umwelthormon“ bzw. „endogener Disruptor“ (engl: disruptor= Störer), unter denen die Weltgesundheitsorganisation Stoffe wie BPA auflistet.

sinngemäß: Endokrine Disruptoren sind Stoffe (oder deren Abbauprodukte im Körper), die die molekulare Wirkungsweise von Hormonen stören (z.B. Hormonblockade) und bei regelmäßigem Kontakt schon in kleinen Mengen schädliche Effekte (z.B. Verweiblichung) hervorrufen können.

- A2** Erläutern Sie auf molekularer Ebene und auf der Ebene des Organismus, wie „Umwelthormone“ wirken können, auch bereits in kleinsten Konzentrationen und wie sie am Beispiel von BPA (Abb. 1) zu verringerter Spermienqualität und Verweiblichung führen können.

Reguläre Wirkungsweise von Hormonen (links): Die Hormone Östrogen bzw. Testosteron bewirken durch Anlagerung an Kernrezeptoren eine spezifische Genaktivierung und damit eine spezifische Proteinausstattung. In der Folge kommt es einerseits zu Testosteron-spezifischen Prozessen und zu Östrogen-spezifischen Prozessen.

Beeinträchtigung durch „Umwelthormone“ (hier BPA): Die Moleküle von BPA bzw. seiner Abbauprodukte haben eine ähnliche räumliche Struktur wie Östrogen bzw. Testosteron. Die Abbildung zeigt, dass BPA bzw. seine Abbauprodukte den Östrogen-spezifischen Weg auch auslösen, im Falle des Testosteron -spezifischen Weges jedoch eine Blockade der Genaktivierung hervorrufen. Damit entfallen die Testosteron-spezifischen Folgeprozesse. Wenn allein Östrogen-spezifischen Folgeprozessen ablaufen, ließen sich daraus die verringerte Spermienqualität und Verweiblichung erklären. Eine geringe Konzentration reicht aus, da mit der Blockade des Gens die Produktion der zigfachen Menge an Genprodukten unterbunden ist.

- A3** Erklären Sie das Phänomen der Bioakkumulation (Abb. 2), das die hohen PFAS- Messwerte bei der Waldspitzmaus anzeigen. Formulieren Sie eine präzisere Überschrift für diese Seite.

Die Biomasse nimmt von einer Trophiestufe zur nächstfolgenden um ca. 90% ab. Grundlage dafür ist, dass die Stoffe, die bei einem Fressvorgang von einer zur nächsten Trophiestufe übergehen abgebaut werden. Sie dienen vor allem zur Energiebereitstellung in Form von ATP. Die dazu nutzbaren Kohlenhydrate (und auch Fette und Proteine) sind dann zerlegt, als Wasser und Kohlenstoffdioxid ausgeschieden und fallen als Biomasse nicht mehr ins Gewicht.

Die schwer abbaubaren „Umwelthormone“ verbleiben jedoch im Körper. Da die anderen Stoffe größtenteils abgebaut werden und für die Gesamtbiomasse nicht mehr ins Gewicht fallen, fallen die „Umwelthormone“ automatisch stärker ins Gewicht. Ihr relativer Anteil steigt. Man erkennt die am Gehalt PFAS bei der Waldspitzmaus (7,5 µg/kg Leber; Sekundärkonsument) gegenüber der Feldmaus (0,85 µg/kg Leber; Primärkonsument).

Präzisierte Überschrift, z.B. „Hormonartig wirkende Stoffe gefährden den Menschen und Tierarten höherer Trophiestufen“ oder „Umwelthormone aus Alltagsprodukten gefährden den Menschen und die Endglieder der Nahrungsketten“

## Die Risiken durch hormonartig wirkende Stoffe sind schwer abschätzbar

Für manche hormonartig wirkende Stoffe sind bereits Verbote wirksam (z.B. BPA), für andere (z.B. PFAS) wird das kontrovers diskutiert. Im Mittelpunkt stehen dabei Sachaussagen zu Risiken und Nutzen der Stoffe (Abb. 1). Diese Sachaussagen berühren verschiedene Werte, zwischen denen es abzuwägen oder zu vermitteln gilt. Trotzdem ist man vielfach noch zu keiner Entscheidung gelangt, weil unklar ist, wie umfänglich die Sachaussagen auf den Menschen übertragbar sind (Abb. 2). Auf der Sachebene bleibt also vieles vage. Trotzdem muss eine Entscheidung her. Letztlich entscheidet man zwischen zwei Prinzipien, dem Belegprinzip oder dem Vorsorgeprinzip (Abb. 3).

Sachaussagen zu Risiken	Sachaussagen zu Nutzen	Werte
Laboruntersuchungen an Mäusen oder Fischen bzw. Messungen an Wildtieren konnten zeigen, dass manche Stoffe (z.B. BPS, PFAS)... • die Fruchtbarkeit verringern • auf Embryonen stärkere Effekte als auf erwachsene Tiere haben • sich im Laufe des Lebens im Körpergewebe anreichern	Stoffe wie BPA oder PFAS sind derzeit unverzichtbar z.B. für die Herstellung von... : • Alltagsprodukten: Kunststoffgefäße, Outdoorbekleidung, hitzebeständige Beschichtungen von Pfannen oder Kochgeschirr • technischen Produkten: Batterien (E-Autos); Brennstoffzellen (grüne Wasserstofftechnologie)	Artenschutz Fortschritt Wohlstand Freiheit Verantwortung Gesundheit

1 Sachaussagen zu Risiken und Nutzen von Umwelthormonen und ein Pool von möglicherweise berührten Werten.



2 Positionen: Wie gut lassen sich Gefahren von Umwelthormonen für den Menschen einschätzen?

Solange nicht bewiesen ist, dass wir hier gekocht werden, sollten wir sitzen bleiben.

Lass uns bloß raus, solange unklar ist, ob wir gekocht werden.



3 Entscheidungen kann man nach dem Belegprinzip oder dem Vorsorgeprinzip treffen.

- A1** Formulieren Sie den Wertekonflikt für ein mögliches Stoffverbot. Ordnen sie den Sachaussagen dazu jeweils berührte Werte zu (Abb.1) und prüfen sie, ob diese erfüllt oder verletzt werden.
- A2** Leiten Sie aus den Aussagen in Abb. 2 ab, ob die Sachaussagen zu den Risiken von Stoffen (Abb. 1) auf den Menschen oder andere Arten im natürlichen Lebensraum übertragbar sind.
- A3** Erläutern Sie ein Handeln nach dem Belegprinzip und dem Vorsorgeprinzip mithilfe des Cartoons in Abb. 3. Ordnen Sie dem Vorsorgeprinzip passende Werte aus Abb. 1 zu.

## Lösungsvorschläge

**Die Risiken durch hormonartig wirkende Umweltgifte sind schwer abschätzbar**

- A1** *Formulieren Sie den Wertekonflikt für ein mögliches Stoffverbot. Ordnen sie den Sachaussagen dazu jeweils berührte Werte zu (Abb.1) und prüfen sie, ob diese erfüllt oder verletzt werden.*

Sachaussage „Verringerung der Fruchtbarkeit“: verletzter Wert Gesundheit

Sachaussage „Effekte auf Embryonen“: verletzter Werte Verantwortung (für Kinder), Gesundheit

Sachaussage „Anreicherung im Körpergewebe“: verletzter Wert Gesundheit, Artenschutz (bei Gefährdung durch Belastung)

Sachaussage „Nutzen in Alltagsprodukten oder Technik“: erfüllte Werte Fortschritt, Wohlstand, (Freiheit)

Fazit: Es besteht ein Konflikt zwischen Werten „Verantwortung, Gesundheit, Artenschutz“ einerseits und „Fortschritt, Wohlstand, (Freiheit)“ andererseits.

- A2** *Leiten Sie aus den Aussagen in Abb. 2 ab, ob die Sachaussagen zu den Risiken von Stoffen (Abb. 1) auf den Menschen oder andere Arten im natürlichen Lebensraum übertragbar sind.*

Die Übertragbarkeit ist eingeschränkt. Gründe dafür sind:

Es werden nur die Effekte bei Tieren mit kurzer Lebensspanne gemessen. Vielleicht sind die Effekte bei langlebigen Individuen oder bei Wildtierarten (z.B. Insekten) drastischer? (ableitbar aus Sprechblase 1)

Es werden nur die Effekte bei Labortieren gemessen. Vielleicht reagieren die aber anders (schlimmer oder weniger schlimm) als der Mensch oder Wildtierarten? (ableitbar aus Sprechblase 2)

Es werden nur die Effekte eines Stoffes gemessen. Aber im Alltag ist man mit vielen Stoffen konfrontiert. Vielleicht verstärkt sich deren Wirkung gegenseitig? (ableitbar aus Sprechblase 3)

„Umwelthormone“ kommen zusätzlich zu Hormonpräparaten ins Spiel. Ob das einen Effekt hat, wird bei den Laborversuchen nicht berücksichtigt (ableitbar aus Sprechblase 4)

- A3** *Erläutern Sie ein Handeln nach dem Belegprinzip und dem Vorsorgeprinzip mithilfe des Cartoons in Abb. 3. Ordnen Sie dem Vorsorgeprinzip passende Werte aus Abb. 1 zu.*

Nach dem Belegprinzip (obere Sprechblase) ist ein Handeln solange zulässig, bis ein Beleg für die Schädigung durch das Handeln nicht eindeutig vorliegt. Das Handeln wird erst unterlassen, wenn sich erste Schadwirkungen belegen lassen. Nach dem Vorsorgeprinzip (untere Sprechblase) wird ein Handeln unterlassen, solange nicht einwandfrei belegt ist, dass es für den Menschen unschädlich ist.

Wertezuordnung Vorsorgeprinzip: Wenn man das Vorsorgeprinzip befolgt, dann will man damit insbesondere den Werten „Verantwortung, Gesundheit, Artenschutz“ (vgl. A1) gerecht werden.