

Den Hormonen im Trinkwasser auf der Spur

Forscher des KIT entwickeln chemisches Verfahren, um Steroide mit Sonnenlicht zu eliminieren

Von BT-Redakteurin
Janina Fortenbacher

Karlsruhe – Kaum ein anderes Lebensmittel unterliegt so strengen und regelmäßigen Kontrollen wie das deutsche Trinkwasser. Und dennoch spielt Wasserverschmutzung eine große Rolle. Vor allem Hormonrückstände lassen sich nur schwer oder gar nicht aus dem Wasser entfernen. Wissenschaftler des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) haben jetzt ein neues chemisches Verfahren zur Elimination von Hormonen entwickelt.

Egal ob Nahrung, Putzmittel oder Kosmetika – alles, was der Mensch im Alltag benutzt, landet früher oder später im Abwasser. Arzneimittel oder Abbauprodukte etwa gelangen nicht nur aufgrund falscher Entsorgung in die Gewässer, sondern in manchen Fällen auch über den Urin. Ein großes Problem dabei sind Hormone, die etwa über den Urin von Menschen ausgeschieden werden, die mit der „Antibabypille“ verhüten, erklärt Roman Lyubimenko, Forscher des Instituts für Advanced Membrane Technology (IAMT) und des Instituts für Mikrostrukturtechnologie (IMT) am KIT. Insbesondere Steroidhormone würden in den Antibabypillen in sehr hoher Konzentration verwendet und könnten im Körper nicht komplett abgebaut werden. „Über die Toilette gelangen sie dann in die Kläranlagen“, erklärt der Forscher.

Der zweite Weg, über den Hormone in das Trinkwasser gelangen, ist die Landwirtschaft, wie Lyubimenko hinzufügt. Insbesondere in Tierfarmen sei die Konzentration der Steroidhormone im Wasser sehr hoch, weil das Vieh aus

wirtschaftlichen Gründen oft mit Hormonen behandelt wird – etwa um ein schnelleres Wachstum zu erzielen. „Und auch diese Hormone werden im Körper der Tiere nicht komplett metabolisiert, sondern teilweise ausgeschieden.“

Verweiblichung von Fröschen als Folge

Der große Anteil der Hormone würde in der Natur zwar abgebaut, sagt der Experte. Aber organische Schadstoffe – Arzneimittel, Pestizide und Hormone – kontaminieren das Trinkwasser bereits in einer Konzentration im Nanobereich so, dass erhebliche Risiken für Menschen, Tiere und Umwelt entstehen. Vor allem die Steroidhormone Estron,

Estradiol, Progesteron und Testosteron könnten bei Menschen und Wildtieren den Hormonhaushalt beeinflussen und biologische Schäden verursachen, schreibt das KIT. „Das mit Hormonen verunreinigte Wasser führt etwa bei Fröschen oder Fischen zur Feminisierung“, nennt Lyubimenko ein Beispiel. „Und möglicherweise kann es sogar zur Unfruchtbarkeit beim Menschen führen.“ Das sei auch ein Grund, weshalb es in der Natur immer mehr weibliche Frösche gebe. „Es kann also gefährlich sein, wenn wir diese Stoffe frei in der Umwelt laufen lassen.“

Deshalb musste ein Weg gefunden werden, diese geringen Mengen an „Mikroschadstoffen“ zu finden und gleichzeitig zu entfernen. Das Hauptproblem dabei: Steroidhor-

mone sind im Wasser sehr schwer nachweisbar. So komme auf eine Trillion Wassermoleküle ein Hormonmolekül, also eine extrem niedrige Konzentration. Mit herkömmlichen Technologien der Wasseraufbereitung können Kläranlagen die Mikroschadstoffe weder finden noch beseitigen. Forschende des KIT arbeiten deswegen an neuen Methoden, mit deren Hilfe sie Mikroschadstoffe nicht nur aufspüren und messen, sondern auch entfernen können. Als erfolgversprechend erweist sich ein neues, photokatalytisches Verfahren.

Bei dieser Methode nutzen Wissenschaftler großporige Polymere Membranen. „Mann kann sich eine solche Membran als eine Art modifizierten Sieb vorstellen“, erklärt Lyubimenko. Dieser Sieb – also die Membran – wird mit einem palladiumhaltigen, lichtempfindlichen Molekül namens Porphyrin beschichtet, das sichtbare Strahlen absorbiert. „Durch diese Beschichtung können Membranen Sonnenlicht für den chemischen Abbau von Schadstoffen nutzen“, fügt der Forscher an.

Im Detail funktioniert das folgendermaßen: Die Bestrahlung mit simuliertem Sonnenlicht setzt einen chemischen Prozess in Gang, bei dem sogenannter Singulett-Sauerstoff, eine hochreaktive Sauerstoff-Spezies, entsteht. Der Singulett-Sauerstoff „angreift“ gezielt die Hormon-Moleküle und wandelt sie in potenziell sichere Oxidationsprodukte um. Diese sind weniger schädlich. „Entscheidend ist, dass wir die Oberfläche jeder einzelnen Pore mit dem Photosensibilisator-Molekül beschichten und so die Angriffsfläche vergrößern“, erläutert Lyubimenko.

Der chemische Abbau von



Roman Lyubimenko forscht am KIT zu Membrantechnologie und Mikrostrukturtechnologie. Foto: IAMT/KIT

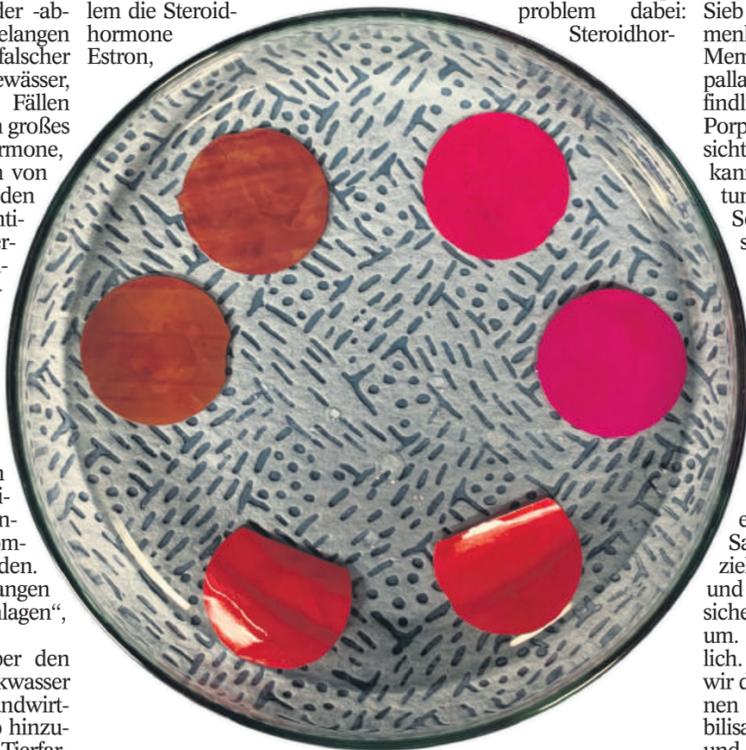
Steroidhormonen und die Filtration anderer Mikroverunreinigungen könnten dabei in einem Modul realisiert werden, schreibt das KIT in einem Bericht. „Das macht dieses Verfahren zu etwas Besonderem“, ist Lyubimenko überzeugt.

Prozess soll weiter optimiert werden

Es ermögliche die Filtration von 60 bis 600 Litern Wasser pro Quadratmeter Membran in einer Stunde. Die Konzentration von Estradiol, dem biologisch aktivsten Steroidhormon, können die Wissenschaftler dabei um 98 Prozent von 100 auf zwei Nanogramm pro Liter reduzieren. „Damit kommen wir dem EU-Zielwert von einem Nanogramm pro Liter schon sehr nahe“, betont Lyubimenko gegenüber dem BT. Das Ziel des Forschungsteams ist es

jetzt, den photokatalytischen Prozess weiter zu optimieren und in einen größeren Maßstab zu übertragen. „Der Preis für das organische Porphyrin-Molekül, das wir für die Beschichtung benutzen, ist relativ hoch, aber wir suchen derzeit nach günstigeren und erneuerbaren Alternativen“, kündigt Lyubimenko an.

Der Wissenschaftler ist überzeugt, dass in Zukunft einige vorhandene Technologien zur Wasseraufbereitung entweder verbessert oder sogar ersetzt werden. „Das unser photokatalytisches Verfahren schon in einem Jahr zum Einsatz kommt, ist zwar unwahrscheinlich, weil es sich dabei um eine ganz neue Technologie handelt. Aber in etwa zehn Jahren könnte ich mir durchaus vorstellen, dass diese Technologie in manchen Kläranlagen Anwendung findet“, blickt Lyubimenko in die Zukunft.



Photokatalytische Membranen kann man sich als eine Art Sieb vorstellen, das Hormone aus dem Trinkwasser filtert und eliminiert. Foto: IMT/IAMT/KIT

Vom Hoffnungsträger zum Pannenprojekt

„Dreamliner“-Jubiläum: Langstreckenjet 787 macht Boeing auch zehn Jahre nach der ersten Auslieferung noch Probleme

Von Hannes Breustedt

Seattle – Vor zehn Jahren lieferte Boeing seinen ersten Langstreckenjet vom Typ 787 „Dreamliner“ aus – nach großen Anlaufschwierigkeiten und mehrfachen Verschiebungen erreichte der US-Flugzeugbauer damit einen Meilenstein. Aktuell bereitet das Modell dem Airbus-Rivalen aber wieder Probleme: Wegen technischer Mängel können viele 787 seit Monaten nicht mehr an die Kundschaft gebracht werden.

Im Juli musste Boeing deshalb sogar die Produktion drosseln. Es ist jedoch nur das jüngste Kapitel einer jahrelangen Pannenserie. Schon bevor der erste „Dreamliner“ am 26. September 2011 feierlich an die japanische Fluggesellschaft All Nippon Airways übergeben wurde, hatte Boeing viel Ärger mit der Baureihe. Über drei Jahre verzögerte sich die erste Auslieferung des Hoffnungsträgers, mit dem die Amerikaner nach der großen Branchenkrise im Zuge der Anschläge vom 11. September 2001 wieder zu geschäftlichem Erfolg zurückfinden und den aufstrebenden Rivalen Airbus auf Distanz halten wollten.

Doch statt Boeing die Vormachtstellung am Himmel zu

sichern und zum Symbol einer neuen Ära hypermoderner Langstreckenjets mit höherem Komfort und geringerem Spritverbrauch zu werden, entwickelte sich der „Dreamliner“ schon nach kurzer Zeit zu einem milliardenteuren Pannenprojekt. Boeing lagerte zunächst umfangreiche Teile des Fertigungsprozesses an Zulieferer aus, was sich als teurer Fehler entpuppte. Einen Teil der Arbeiten holte der Konzern später wieder zu sich, weil die Partner überfordert waren.

Boeing musste die Verzögerungen im Zeitplan teuer bezahlen – angesichts Hunderter Bestellungen für die 787 muss-

ten die wartenden Fluggesellschaften für viel Geld entschädigt werden. Das jahrelange Hickhack kratzte schon damals am Image des einstigen US-Vorzeigekonzerne. Entsprechend groß war die Erleichterung, als die erste Maschine endlich übergeben werden konnte. „Jetzt, da das Flugzeug fertig zur Auslieferung ist, kann das ganze Team feiern“, sagte „Dreamliner“-Programmmann Scott Fancher 2011.

Doch es sollte noch dicker kommen. Anfang 2013 zogen die Aufsichtsbehörden den „Dreamliner“ wieder aus dem Verkehr, weil gleich in zwei Fällen die neuartigen Batterien

schmorten, die die Bordsysteme mit Strom versorgten. Die US-Luftfahrtbehörde FAA verhängte ein Flugverbot für die Boeing 787, dem sich Regulierer weltweit anschlossen. Schon damals kamen erhebliche Bedenken am Zulassungsverfahren der FAA und an den engen Verbindungen zwischen Boeing und Aufsehern auf, die später im Zusammenhang mit dem Debakel rund um den Absturzflieger 737 Max für viel Kritik sorgen sollten.

Angesichts der pannenreichen Vorgeschichte scheint es fast konsequent, dass der „Dreamliner“ aktuell schon wieder ganz oben auf der Problemliste

von Boeing steht. Während der Krise rund um den Bestseller 737 Max – der wegen zwei Abstürzen mit 346 Toten ab März 2019 rund 20 Monate am Boden bleiben musste – war die 787 noch eine wichtige Ertragsstütze für Boeing gewesen. Doch seit 2020 gibt es auch hier nichts als Ärger. Nach Berichten über Produktionsmängel stellte die FAA eine Reihe neuer Probleme fest.

Im Juli teilte Boeing mit, dass weitere Inspektionen und Reparaturen bei etlichen 787-Fliegern nötig seien, die noch nicht an Kunden übergeben wurden. Das Unternehmen rechne damit, dieses Jahr weniger als die

Hälfte seiner derzeit gelagerten 787-Maschinen ausliefern zu können. Deshalb werde auch die Produktion des Modelltyps vorübergehend gedrosselt. Anfang September berichtete das „Wall Street Journal“, dass sich der Lieferstopp noch bis zum späten Oktober hinziehen dürfte, da die FAA Boeings Plänen zur Mängelbeseitigung nicht zugestimmt habe.

Für den US-Konzern wird die Situation damit immer kritischer. Zuletzt hatte Boeing rund 100 „Dreamliner“ auf Lager, der Listenpreis pro Maschine liegt bei rund 250 Millionen Dollar. Was konkret im Argen liegt, dazu halten sich sowohl Boeing als auch die FAA relativ bedeckt. Seit über einem Jahr gibt es Berichte über Untersuchungen der Aufsicht aufgrund möglicher Produktionspannen und Kontrolldefizite.

Im Februar ordnete die FAA Überprüfungen von 222 „Dreamlinern“ an, weil die Gefahr von Schäden an sogenannten Dekompressionspaneelen zur Abtrennung des Passagierbereiches bestehe. Der Defekt könnte der Behörde zufolge fatale Folgen haben, etwa wenn Luftfracht Feuer fängt. Inzwischen soll es jedoch auch um Konflikte beim Inspektionsverfahren zur Freigabe der Jets durch die FAA gehen.



Wegen technischer Mängel können viele 787 derzeit nicht mehr an die Kundschaft gebracht werden. Foto: Robert Schlesinger/dpa