Die dunkle Seite des Diesel

Tödliche Folgen aufgrund zusätzlicher Stickoxid-Belastung

Rund 38 000 Menschen sind einer Hochrechnung zufolge allein im Jahr 2015 weltweit vorzeitig gestorben, weil Dieselfahrzeuge gesetzliche Abgasgrenzwerte nicht einhalten. Mit 11 400 Todesfällen betrifft demnach ein erheblicher Teil die EU, wie ein internationales Team um Susan Anenberg vom Beratungsunternehmen Environmental Health Analytics (LLC) in Washington im Fachmagazin *Nature* berichtet.

Die Wissenschaftler errechneten, dass Dieselfahrzeuge jährlich rund 4,6 Millionen Tonnen Stickoxide mehr ausstoßen, als die Abgasgrenzwerte erlauben. Im Jahr 2015 habe der globale Gesamtausstoß bei 13,1 Millionen Tonnen gelegen, schreiben die Forscher, was insgesamt mehr als 100 000 Menschen vorzeitig das Leben gekostet hat. Würden Dieselfahrzeuge die gesetzlichen Grenzwerte einhalten, hätte es 38 000 weniger Todesopfer gegeben.

Aus Stickoxiden entsteht bei starker Sonneneinstrahlung Ozon. Zudem tragen die Moleküle zur Feinstaubbelastung bei. Seit Beginn des Volkswagen-Abgasskandals vor zwei Jahren war bekannt geworden, dass viele Dieselfahrzeuge – nicht nur von VW – im Alltag mehr Schadstoffe ausstoßen als auf dem Abgas-Prüfstand. Mithilfe von Systemen, die Abgase direkt im Straßenverkehr messen, wurde in einer Reihe von Untersuchungen festgestellt, wie groß der Mehrausstoß ist. Anenberg und ihre Kollegen nutzten diese Daten sowie anerkannte Modelle zur Ausbreitung von Schadstoffen, um den grenzwertüberschreitenden Ausstoß für die elf größten Diesel-Märkte abzuschätzen, in denen rund 80 Prozent aller Dieselfahrzeuge verkauft werden.

Die Forscher konzentrierten sich auf Stickstoffmonoxid, chemisch NO, und Stickstoffdioxid (NO_2). Insgesamt entfallen demnach allein auf Brasilien, China, die EU, Indien und die USA 90 Prozent des Ausstoßes, der die Grenzwerte überschreitet. „Der Schwerlastverkehr – größere Lkw und Busse – trug (global) bei Weitem am meisten zu den überschüssigen Stickoxiden bei, nämlich zu 76 Prozent“, sagt Josh Miller vom International Council on Clean Transportation (ICCT) in Washington, Mitautor der Studie.

In Europa sind die Folgen besonders gravierend. Ursache sind die vielen Diesel-Pkw

In der EU hingegen sind Diesel-Pkw stärker verbreitet: Dort verursachen sie etwa 60 Prozent des Mehrausstoßes an Stickoxiden. „Europa trägt unter den größten Automärkten die größte Gesundheitslast durch zusätzliche Stickoxid-Emmissionen“, sagte ICCT-Experte und Mitautor Ray Minjares. Als „überfällig“ bezeichnet Benjamin Stephan von Greenpeace die Studie: „Sie stellt Daten zur Verfügung, die wir bisher in der Diskussion vermisst haben“. Die Studie sei solide durchgeführt, allerdings fehlten genauere Angaben zu Autoklassen und Marken. „Jetzt wird klar, welche Auswirkungen der Skandal auf die Umwelt und die Gesundheit der Menschen hat.“

Die Studie dürfte inhaltlich deutlich dem Abschlussbericht des Untersuchungsausschusses des Deutschen Bundestags zum Abgasskandal widersprechen, der in Kürze veröffentlicht werden soll. In einem Entwurf heißt es: „Epidemiologisch ist ein Zusammenhang zwischen Todesfällen und bestimmten NO_2-Expositionen im Sinne einer adäquaten Kausalität nicht erwiesen“. Das sehen viele wissenschaftliche Experten anders: Tatsächlich sei eine solche Kausalität nicht nachgewiesen, weil das methodisch schlicht unmöglich sei, sagt etwa Dietrich Plaß vom Umweltbundesamt – aber der Zusammenhang sei doch „als sehr naheliegend zu beurteilen“. Hinzu kommt, dass Stickoxide auf zweierlei Weise wirken; nicht nur direkt, sondern auch über die zweifelsfrei erwiesene Umwandlung in die Schadstoffe Ozon und Feinstaub. SZ

FOTO: IMAGO STOCK&PEOPLE

Ein Vulkan erwacht

Im Vergleich zum majestätischen Vesuv in der Nähe sind die Phlegräischen Felder fast unspektakulär; wie der Name vermuten lässt, ist die Landschaft mit ihren Kratern und Geysiren westlich von Neapel eher flach als hoch. Aber darunter schlummert ein riesiger Vulkan, dessen Ausbruch weit mehr als eine Million Menschen im Großraum Neapel bedrohen würde. Seit 1950 hat er sich immer wieder ein paar Jahre lang geregt, zuletzt Anfang der Achtzigerjahre. Es gab lokale Erdbeben, und der Boden hob sich insgesamt um einige Meter. Zu einem Ausbruch kam es nicht, aber womöglich war dieses Gerumpel bereits Vorbote einer kommenden Katastrophe: Die Erschütterungen könnten in der Kruste des Vulkans Spannung aufgebaut haben, so dass sie künftig leichter nachgibt, wenn Magma aus der Tiefe nach oben drückt. Das berichten Forscher um Christopher Kilburn vom University College London im Fachblatt *Nature Communications*. Dafür sprächen auch historische Aufzeichnungen: Die letzte ähnlich ruhelose Phase der Phlegräischen Felder sei im 15. und 16. Jahrhundert gewesen – bevor der Vulkan im Jahr 1538 das bislang einzige Mal in der jüngeren Geschichte ausbrach und dabei den 133 Meter hohen Monte Nuovo auftürmte. Die Wissenschaftler warnen auch vor weiteren, stärkeren Beben, wenn der Vulkan sich wieder meldet. „Wir müssen auf einen neuen Notfall vorbereitet sein, ob er zu einem Ausbruch führt oder nicht“, sagte Co-Autor Giuseppe de Natale vom italienischen Vesuv-Observatorium. WEIS

Mannomann

Testosteron macht angeblich aggressiv, egoistisch und gilt als Treibstoff für Machos. Neuere Studien zeigen, dass das männliche Sexualhormon seinen schlechten Ruf zu Unrecht hat

VON TINA BAIER

Männer wären längst ausgestorben, würde das Testosteron in ihrem Blut sie tatsächlich so aggressiv, egoistisch und draufgängerisch machen, wie oft behauptet wird. Zumindest müssten sie ihr Dasein als sozial inkompatible Einzelgänger fristen, mit denen niemand etwas zu tun haben will. Dass das männliche Sexualhormon nicht nur körperliche Auswirkungen hat – es sorgt zum Beispiel in der Pubertät für den Beginn der Spermienproduktion und fördert das Muskelwachstum –, sondern auch das Sozialverhalten beeinflusst, ist unbestritten. Die Forschung dazu steht aber noch ganz am Anfang. Eins ist allerdings jetzt schon klar: Testosteron hat seinen schlechten Ruf zu Unrecht.

„Wir haben festgestellt, dass viele Klischees nicht stimmen“, sagt Markus Heinrichs, Psychologe an der Albert-Ludwigs-Universität in Freiburg. Testosteron, dessen Konzentration bei Männern etwa zehnmal so hoch ist wie bei Frauen, mache nicht antisozial – im Gegenteil: „Menschen mit hohem Testosteronspiegel sind oft sehr generös, fair und zuvorkommend.“ Zusammen mit Kollegen der Universität Zürich und der Royal Holloway in London hat Heinrichs vor einiger Zeit erstmals nachgewiesen, dass das Hormon solche positiven Verhaltensweisen fördert.

An der Untersuchung, die in der Fachzeitschrift *Nature* veröffentlicht wurde, beteiligten sich mehr als 120 Probanden. Die Hälfte von ihnen bekam vor Beginn des Experiments 0,5 Milligramm Testosteron, die anderen ein Placebo. Anschließend spielten jeweils zwei Versuchsteilnehmer miteinander ein sogenanntes Ultimatumspiel: Einer der beiden bekam zehn Ein-Dollar-Scheine und sollte dem anderen einen Teil des Geldes anbieten. Nahm dieser die Offerte an, bekamen beide ihren Anteil. Lehnte er dagegen ab, gingen beide Spieler leer aus. Je fairer in solchen Experimenten das Angebot ist, desto unwahrscheinlicher wird es, dass der Verhandlungspartner ablehnt. „Wäre die gängige Meinung über die Auswirkungen von Testosteron richtig, müssten Teilnehmer, die das Hormon bekommen haben, eine aggressive, egoistische und riskante Strategie wählen – ungeachtet der möglichen negativen Auswirkungen auf die Verhandlungen“, sagt Heinrichs. Das Gegenteil war aber der Fall: Probanden unter Testosteron boten ihrem

Am unfairsten waren Probanden, die ein Placebo bekommen hatten und dachten, es sei Testosteron

Spielpartner durchschnittlich 3,90 Dollar von den zehn Dollar an. Bei den Placebo-Probanden waren es dagegen im Schnitt nur 3,40 Dollar. „Durch ihr faireres Angebot reduzierten die Versuchsteilnehmer unter Testosteron das Risiko einer Zurückweisung stärker als diejenigen mit Placebo“, sagt Heinrichs. Dieses Resultat widerlege das Vorurteil, wonach Testosteron egoistisch macht.

Wie tief dieses Vorurteil sitzt, zeigte das Experiment ebenfalls. Die mit Abstand unfairsten Angebote machten nämlich Versuchspersonen, die überzeugt waren, Testosteron bekommen zu haben, obwohl sie in Wahrheit das Placebo geschluckt hatten. Die Forscher waren selbst überrascht, dass offensichtlich allein der Glaube an die negativen Auswirkungen des Hormons bewirkte, dass sich die Probanden weniger sozial verhielten, obwohl das Testosteron in Wahrheit eine positive Auswirkung auf das Sozialverhalten hatte.

Das Klischee speist sich unter anderem aus Ergebnissen von Tierversuchen, die fälschlicherweise auf den Menschen übertragen wurden: Tatsächlich werden nämlich zum Beispiel Hamster, die Testosteron bekommen haben, aggressiv und attackieren Artgenossen, die man zu ihnen in den Käfig setzt, viel häufiger als nicht-gedopte Nager. Eine andere, mittlerweile als wenig aussagekräftig geltende Studie zeigte, dass Gefängnisinsassen, die wegen Vergewaltigung oder Mord verurteilt wurden, höhere Testosteronspiegel haben als Diebe oder Drogenabhängige. Die Experimentatoren blieben aber den Beweis schuldig, dass wirklich das Sexualhormon Ursache der höheren Aggressionsbereitschaft war.

Die meisten Wissenschaftler, die sich mit den verhaltensbiologischen Auswirkungen von Testosteron beschäftigen, gehen mittlerweile davon aus, dass das Hormon das Statusbewusstsein erhöht und Verhaltensweisen fördert, die einen höheren Platz in der Hierarchie sichern. Vereinfacht ausgedrückt: Wer viel Testosteron

Testosteron macht muskulös, doch es weckt auch sanfte Seiten. FOTO: AFP

im Blut hat, will Anführer sein. „Bei vielen Tierarten ist Aggression die einzige Möglichkeit, in der Hierarchie aufzusteigen“, sagt Matthias Wibral, Neuroökonom an der School of Business and Economics der Universität Maastricht. Beim Menschen gibt es dagegen viele verschiedene Wege, einen hohen Status zu erlangen, was die Sache deutlich komplizierter macht. Besonders angesehen sind nicht unbedingt die aggressivsten Individuen, sondern diejenigen mit Eigenschaften, die in einem bestimmten Umfeld oder in einer Gesellschaft einen hohen Stellenwert haben. Das

Die Teilnehmer durften hemmungslos lügen. Doch das Hormon machte sie ehrlich

kann zum Beispiel Großzügigkeit sein, Integrität oder Gerechtigkeitssinn. Manchmal ist es unter Menschen auch wie bei manchen Affenarten: Chef wird, wer die meisten Freunde hat.

Auch Ehrlichkeit kann eine statusfördernde Eigenschaft sein. „Wenn Freunde oder Ihr Partner Sie beim Lügen erwischen, verlieren Sie dadurch erheblich an Ansehen“, sagt Matthias Wibral, der gemeinsam mit Kollegen von der Universität Bonn entdeckt hat, dass Testosteron auch ehrlich macht (*Plos One*). Die Wissenschaftler behandelten 46 von 91 Versuchsteilnehmern mit Testosteron, 45 bekamen lediglich ein Placebo. Danach sollte jeder Proband in einer separaten Kabine einen Würfel werfen und anschließend die gewürfelte Zahl in einen Computer eintragen. Am Ende des Versuchs bekamen alle Teilnehmer eine Geldsumme, die der Zahl der Augen entsprach, die sie eingegeben hatten. „Das Experiment war so konzipiert, dass die Probanden lügen konnten“, sagt Wibral. Niemand wusste, ob sie in ihrer Kabine die gewürfelte Zahl in den Computer eintrugen oder eine höhere, um mehr Geld zu bekommen. Allerdings konnten die Wissenschaftler im Nachhinein feststellen, ob die hormonbehandelte Gruppe oder die Placebo-Gruppe im Schnitt mehr geschummelt hatte. „Statistisch ist die Wahrscheinlichkeit für alle Zahlen gleich hoch“, sagt Wibral. Wenn also in einer der beiden Gruppen Ausreißer nach oben vorkommen, lasse dies erkennen, dass Mitglieder dieser Gruppe gelogen haben. Der Versuch zeigte, dass die mit Testosteron behandelten Probanden ehrlicher waren.

Auch andere Untersuchungen demonstrieren, dass Testosteron positive soziale Eigenschaften fördert. Menschen verhielten sich unter dem Einfluss des Hormons kooperativer, revanchierten sich großzügiger für entgegengebrachtes Vertrauen und verzichteten bereitwilliger auf persönliche Vorteile, um einer Gruppe zu nutzen.

Macht Testosteron Männer also zu selbstlosen Softies statt zu aggressiven Machos? Ganz so einfach ist es auch wieder nicht. Testosteron sei kein Mutter-Theresa-Hormon, sagt Heinrichs. Wenn es die Situation erfordert und es dem Statuserhalt dient, kann das Hormon zum Beispiel auch die Bereitschaft erhöhen, Menschen für vermeintliche Regelverstöße zu bestrafen. „Die Vorstellung, dass ein bestimmtes Hormon eine bestimmte Verhaltensweise auslöst, ist grundsätzlich falsch“, sagt Heinrichs. Dazu kommt, dass sich sogar die Testosteronwerte ein und derselben Person ständig verändern. Morgens sind sie höher als abends, und selbst banale Situationen können einen Anstieg des Hormons verursachen. Schauen zum Beispiel Sportler ein Video, das den Sieg ihrer Mannschaft zeigt, steigt die Konzentration von Testosteron in ihrem Speichel um etwa ein Drittel an. Was dann irgendwie doch wieder das Typisch-Mann-Klischee erfüllt.

EXKLUSIV FÜR SZ ABONNENTEN

Jede Woche direkt aus der Chefredaktion!

Aus der Chefredaktion: der **SZ-Abonnentenbrief.**

- Jede Woche per E-Mail von unseren Chefredakteuren
- Spannende Einblicke in die Arbeit der SZ-Journalisten
- Themen, die die Redaktion bewegen
- Ausgewählte Lesetipps für die Wochenend-Ausgabe

Ein Angebot der Süddeutsche Zeitung GmbH, Hultschiner Str. 8, 81677 München.

Jetzt anmelden unter:
sz.de/abonnentenbrief
089 / 21 83 – 80 80

Seien Sie anspruchsvoll.
Süddeutsche Zeitung

DIZdigital: Alle Rechte vorbehalten – Süddeutsche Zeitung GmbH, München
Jegliche Veröffentlichung und nicht-private Nutzung exklusiv über www.sz-content.de
nhaberland
SZ20170516S3995413