

Zählt die Sterne

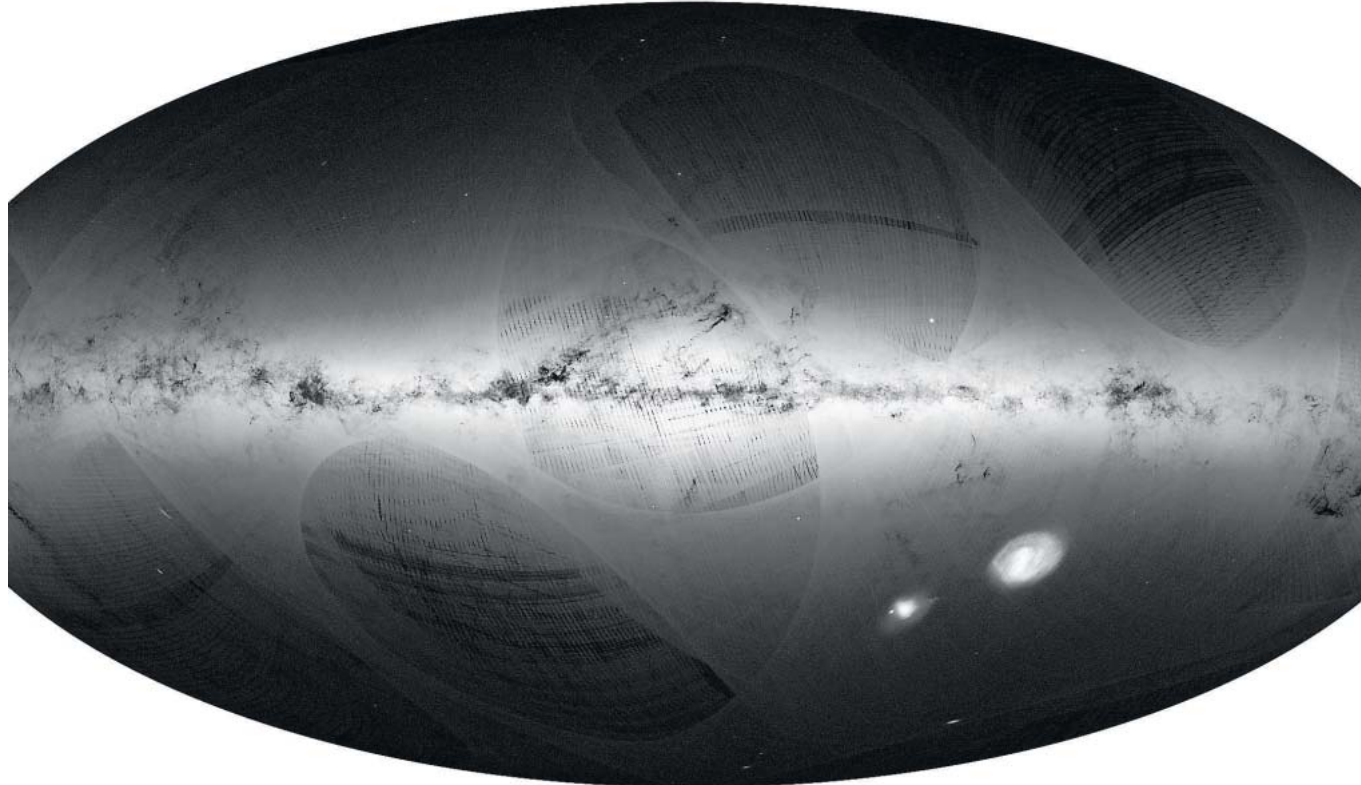
Das Weltraumteleskop Gaia soll eine 3D-Karte der Milchstraße erstellen. Der Anfang ist gemacht.

Von Hermann-Michael Hahn

Die exakten Positionen von mehr als 1,1 Milliarden Sternen der Milchstraße sowie Angaben zu deren Helligkeit bilden den Schwerpunkt des in der vergangenen Woche veröffentlichten ersten Datensatzes des europäischen Astrometrieteleskops „Gaia“. Nie zuvor hatten die Astronomen Zugang zu einer derart umfangreichen und präzisen Auflistung solch grundlegender Angaben, und dabei ist dieser erste Datensatz nach Aussagen der an der Gaia-Mission beteiligten Wissenschaftler der europäischen Weltraumbehörde Esa lediglich ein „Vorgeschmack“ auf das, was in den kommenden Jahren noch folgt.

Gaia war am 19. Dezember 2013 von Kourou in Französisch-Guayana aus gestartet. Drei Wochen später erreichte das Weltraumteleskop seine Betriebsposition im sogenannten Lagrange-Punkt 2, rund 1,5 Millionen Kilometer außerhalb der Erdbahn. Dort ermöglichen die überlegenen Anziehungskräfte von Erde und Sonne eine weitgehend stabile Bahn um die Sonne, die trotz des größeren Sonnenabstandes eine Umlaufzeit von einem Jahr besitzt. Gaia begleitet die Erde also auf der „Außenbahn“ wie ein quasistationärer Mond.

Nach einer längeren Kalibrationsphase konnten die eigentlichen Messungen im Juli 2014 beginnen. Dazu erfassen zwei große Spiegelteleskope je ein Himmelsareal von der vierfachen Größe des Vollmondes, die um einen starren Winkel von 106,5 Grad gegeneinander versetzt sind, aber gemeinsam auf die insgesamt etwa eine Milliarde Pixel umfassende Detektorfläche abgebildet werden. Durch die langsame Eigenrotation des Gaia-Satelliten wandern die Lichtpunkte zum einen nacheinander über verschiedene Bereiche des Detektors, die für unterschiedliche Messaufgaben genutzt werden; zugleich überstreichen die Teleskope nach und nach streifenweise den ge-



Die Milchstraße, so wie Gaia sie sieht. Links sind die Große und die Kleine Magellansche Wolke zu erkennen.

Foto Gaia, Esa, DAPC

samen Himmel und ermöglichen so eine komplette Bestandsaufnahme der Sterne in der Umgebung der Sonne. Das Prinzip astronomischer Positionsmessungen ist seit dem Altertum unverändert. Man vergleicht die Blickrichtungen zwischen einzelnen Sternen, bestimmt also ihre Winkelabstände untereinander. Unvermeidliche Messfehler, etwa durch ungenaues Ablesen oder auch durch äußere Störinflüsse, lassen sich durch eine möglichst große Zahl von Messungen verringern.

Vor der Erfindung des Fernrohrs – also mit bloßem Auge – waren so mit entsprechenden Winkelmessgeräten zuletzt Positionsangaben von besser als einer Bogenminute möglich. Zum Vergleich: Der Vollmond erscheint am Himmel unter einem Blickwinkel von rund 30 Bogenminuten. Die Sternpositionen des ersten Gaia-Katalogs sind dagegen im Schnitt auf 2,4 Millibogensekunden genau und damit 25 000 Mal so präzise wie bei der Bestimmung mit bloßem Auge vor gut 400 Jahren. Allerdings ist hierfür auch ein gewaltiger Rechenaufwand erforderlich, um aus den Rohdaten derart exakte Angaben abzuleiten. Während früher die Positionen der einzelnen Sterne nur relativ zu zwei oder drei Bezugsternen bestimmt wurden, geht es diesmal um eine sogenannte globale Lösung, bei der möglichst viele Winkelabstände unterschiedlicher Sterne untereinander verknüpft

werden. Und dabei müssen dann auch relativistische Effekte wie die Lichtablenkung im Schwerfeld nicht nur der Sonne, sondern auch von Jupiter und den übrigen Planeten, berücksichtigt werden.

Hinzu kommt, dass sowohl der Satellit als auch die Sterne sich relativ zueinander bewegen, die Winkelabstände zwischen den einzelnen Lichtpunkten am Himmel also nicht konstant bleiben. Dabei führt die Umlaufbewegung des Satelliten um die Sonne zu einer für alle Sterne ähnlichen „Pendelbewegung“, die umso kleiner ausfällt, je weiter ein Stern von der Satellitenposition entfernt ist. Dieses allgemeine, scheinbare „Wackeln“ des Himmels wiederholt sich im Jahresrhythmus und lässt sich zur Messung der Entfernung der einzelnen Sterne nutzen. Überlagert wird es durch die individuell verschiedenen Eigenbewegungen der Sterne am Himmel, die als zusätzliche „Erschweren“ die einmal gemessenen Sternpositionen fortwährend verändern. Rund 450 Wissenschaftler und Software-Spezialisten des Datenverarbeitungs- und -analyse-Konsortiums DPAC haben diese komplexe Aufgabe der Datenreduktion seit Jahren geplant und vorbereitet und jetzt den ersten Datensatz aus rund einem Jahr Messzeit veröffentlicht. Die für die Verarbeitung notwendigen Rechnerkapazitäten stehen in Frankreich, Italien, Spanien, der Schweiz und Großbritannien bereit.

Obwohl diese Messzeit eigentlich noch keine klare Trennung zwischen Parallaxen- und Eigenbewegung ermöglicht, enthält dieser erste Gaia-Katalog für rund zwei Millionen hellere Sterne bereits entsprechende Angaben. Dazu wurden die Sternpositionen aus dem Tycho-Katalog eingearbeitet, die der Vorgänger-Satellit Hipparcos zu Beginn der neunziger Jahre mit vergleichbarer Methodik ermittelt hatte. Der finale Katalog, der nach Aussage von Ulrich Bastian vom Zentrum für Astronomie der Universität Heidelberg (er ist langjähriges Vorstandsmitglied des Gaia-Konsortiums) etwa drei Jahre nach dem Ende der Mission vorliegen soll, verspricht diese Daten für die meisten der erfassten Sterne – und das mit einer nochmals deutlich gesteigerten Genauigkeit.

Die Kenntnis von Position, Eigenbewegung, Helligkeit und der – im weiteren Verlauf der zunächst auf fünf Jahre angelegten Messzeit des Esa-Satelliten ebenfalls vorliegenden – Temperaturdaten sowie eine grobe Abschätzung der jeweiligen Zusammensetzung von mehr als einer Milliarde Sternen ermöglicht es den Astronomen erstmals, fundierte Untersuchungen zur Entstehung, Entwicklung und Dynamik der Milchstraße durchzuführen. Und mit jedem zusätzlichen Messjahr vergrößert sich die Genauigkeit der einzelnen Werte.

Gefiederte Detektive

Mit GPS ausgerüstete Möwen spüren Müllkippen auf

Müll ordentlich zu recyceln, zu kompostieren oder bei einer Müllverbrennungsanlage abzuliefern, das ist häufig eine kostspielige Angelegenheit. Entsprechend groß ist der Gewinn, den das illegale Abladen von Müll verspricht. Kein Wunder also, dass etwa die Mafia dieses Geschäftsmodell für sich entdeckt hat, und das nicht nur in Süditalien. Will man solchen Kriminellen das Handwerk legen und Umweltschäden möglichst vermeiden, gilt es illegale Müllhalden rasch aufzuspüren. Dass möglicherweise Möwen für diese Arbeit besonders geeignet sind, glauben Wissenschaftler aus Spanien, Frankreich und den Niederlanden.

Im Südwesten von Spanien haben Joan Navarro von der Estación Biológica de Doñana in Sevilla und seine Kollegen einige Vögel aus einer Brutkolonie von Mittelmeermöwen gefangen und mit einem GPS-Logger ausgestattet. Die gesammelten Daten über Ausflüge in die Umgebung wurden jeweils automatisch ausgelesen, nachdem diese nahen Verwandten der Silbermöwe an ihren Brutplatz zurückkehrt waren. Wie erwartet, streiften die Möwen auf Nahrungssuche vor allem an der Küste umher, stöberten aber auch an Fischteichen und auf Feldern nach Essbarem. Ein paar Tiere tauchten außerdem immer wieder am Rand einer längst stillgelegten Mülldeponie auf. Eigentlich hätte es dort nichts mehr zu holen geben dürfen. Nachforschungen vor Ort zeigten jedoch, dass an der fraglichen Stelle eine illegale Deponie für Hausmüll existierte. Offene Müll-

halden, einst allgemein üblich und für die Anwohner ein Ärgernis, bieten Möwen, Raben, Störchen und diversen Greifvögeln einen reich gedeckten Tisch. Diese gefiederten Gäste finden im Abfall nahrhafte Happen, aber auch Ratten und andere Beutetiere, die dort von den Abfällen leben.

Nach Ansicht der Forscher von Navarro ist es ein großer Vorteil, dass ein Vogel bei seinen Ausflügen grenzenlose Bewegungsfreiheit genießt. Außerdem sprechen erfreulich geringe Kosten für die Idee, Vögel mit GPS-Loggern einzusetzen, um nach illegalen Müllkippen zu suchen. Mit Solarzellen betriebene Geräte können jahrelang funktionieren; und wenn der Datentransfer über Satelliten geschieht, lassen sie sich auch rund ums Jahr ablesen. Wo sich keine passenden Vogelarten tummeln, könnten vielleicht gezähmte Vögel die Überwachungsaufgabe übernehmen, schreiben die Forscher in der Online-Zeitschrift „Plus One“ (doi: 10.1371/journal.pone. 0159974). Dabei gilt es, die Bestimmungen von Tier- und Artenschutz natürlich ebenso zu beachten wie bei den wild lebenden Artgenossen. Inwieweit es tatsächlich praktikabel ist, routinemäßig gefiederte Umweltpolizei auf Streife zu schicken, wird sich zeigen. Auf jeden Fall suchen derartige Fahrer ausschließlich nach Abfällen, die zu einer Mahlzeit einladen. Bauschutt, Elektroschrott und andere gefährliche Abfälle werden ignoriert und bleiben damit unentdeckt. DIEMUT KLÄRNER



Spieglein, Spieglein, was versteckst du da vor mir?

Foto dpa

Ein Gespräch mit Lothar Wieler, Präsident des Robert-Koch-Instituts über Antibiotika

Wie soll das gehen: Resistent gegen Resistenzen?

Die Vereinten Nationen haben die Ära der Antibiotika noch nicht abgeschlossen. Diese Woche werden sie in New York beraten, was die Staaten tun können, um unsere wichtigsten Medikamente zu retten.

Herr Wieler, in vielen afrikanischen und asiatischen Ländern sind Antibiotika frei erhältlich und können dementsprechend weitergegeben werden. In Deutschland wird alles sehr stark überwacht, und doch kommt es zu Resistenzentwicklungen. Woran liegt das?

In Afrika und in Indien ist es tatsächlich so, dass Antibiotika frei verfügbar sind. In diesen Ländern ist aber das Spektrum der verfügbaren Antibiotika eingeschränkt, und oftmals werden Antibiotika eingesetzt, die für relevante Krankheiten nicht optimal passen. Das ist ein sehr komplexes Problem. In Deutschland gibt es mehrere Gründe für die Resistenzentwicklung: Zum einen haben wir – von Transplantationen bis hin zu Prothetik und Hüftgelenksersatz – eine moderne Hochleistungsmedizin. Patienten werden dabei unter Antibiotikaschutz gesetzt, um eine Bakteriämie zu vermeiden. Zudem finden die meisten Patienten in Deutschland Antibiotika gut, da sie „böse“ Infektionserreger abtöten oder deren Wachstum hemmen. Daher nimmt man eher ein Antibiotikum zu viel als zu wenig ein.

Auch das Arzt-Patienten-Verhältnis steht in einem Spannungsfeld. Antibiotika werden nicht selten bei milden Krankheiten, wie unkomplizierten Harnwegsinfektionen oder Infektionen der oberen Atemwege, verschrieben, obwohl sie medizinisch nicht indiziert sind. Und dadurch, dass der Antibiotikaeinsatz so hoch ist, folgt ein ganz natürliches Phänomen: Bakterien entwickeln Resistenzen. Die demographische Entwicklung der Altersstruktur führt ebenfalls dazu, dass es in unserer Gesellschaft immer mehr Menschen gibt, die bestimmte altersbedingte Grundkrankheiten aufweisen und häufiger im Krankenhaus behandelt werden. Auch deswegen steigt der Einsatz von Antibiotika zwangsläufig an.

Die Antibiotika-Resistenz-Surveillance übernimmt die Erhebung der Resistenzdaten in Deutschland. Wo stehen wir im internationalen Vergleich?

Deutschland steht im internationalen Vergleich im unteren Quartil, wir stehen also relativ gut da. Aber es gibt auch Länder, die noch weniger Probleme mit multiresistenten Erregern haben. Darunter fallen insbesondere die nordischen Länder Europas. In deutschen Krankenhäusern haben wir jährlich 400 000 bis 600 000 nosokomiale Infektionen, 6000 bis 15 000 dieser Vorkommnisse sind auf multiresistente Erreger zurückzuführen. Die Zahl der Menschen, die daran versterben, liegt geschätzt zwischen 1000 und 4000 Patienten.

Wie sehen die Übertragungswege zwischen Menschen und Tieren heute aus?

Beide Wege kommen vor, sowohl vom Mensch auf das Tier als auch vom Tier zum Menschen. Es gibt allerdings keine Zahlen, die die Häufigkeit klar belegen können. Sicher ist, dass die Mehrzahl der multiresistenten Infektionen in der Humanmedizin aus der Humanmedizin kommen, und genauso klar ist, dass in der Tiermedizin die Mehrzahl der multiresistenten Infektionen aus der Tiermedizin stammen. Es gibt jedoch Daten, die ganz klar belegen, dass es hin- und hergeht. Das Problem ist, dass die Erreger oft sehr vielfältig sind. Es gibt viele Faktoren, die beachtet werden müssen. Die Resistenzgene der Bakterien besitzen zum Beispiel eine bestimmte Mobilität, das heißt, die Antibiotikaresistenzen können untereinander übertragen werden. Darum ist es schwierig, zu bestimmen, wo diese ihren Ursprung haben.

Im Praxisalltag fällt die Diagnostik oft nicht gründlich genug aus. Führt die Devisen „zu viele Patienten und zu wenig Zeit“ dazu, dass Ärzte ein Rezept für ein Antibiotikum ausstellen, weil es wesentlich schneller über die Bühne geht, statt sich alternative Therapieansätze zu überlegen?

Dieser Aspekt spielt wahrscheinlich auch eine Rolle. Es gibt Untersuchungen, die zeigen, dass Patienten und Ärzte teilweise aneinander vorbeireden. Attila Altner von der Universitätsmedizin Rostock hat beispielsweise eine Studie mit Patienten mit oberen Atemwegsinfektionen durchgeführt, die zu niedrigeren Ärzten gegangen sind, um sich behandeln zu lassen. Die Mehrzahl der Ärzte hatten laut dieser Studie erwartet, dass der Patient zu ihnen kommt, um ein Antibiotikum verschrieben zu bekommen. Bei der Gegenprobe hat man festgestellt, dass dies bei über 80 Prozent der Patienten



Lothar H. Wieler ist Mikrobiologe und Veterinärmediziner. Seit März 2015 leitet er das RKI in Berlin. Foto Andrea Schnartendorff

aber gar nicht der Fall war. Diese Fehlkommunikation beruht auf einer falsch eingeschätzten Erwartungshaltung bei Arzt und Patienten. Eine Rolle spielt sicher auch, dass häufig zu wenig Diagnostik betrieben wird. Das ist unter anderem dem Abrechnungssystem geschuldet, denn eine detaillierte Labor-Diagnostik wird häufig nicht vergütet.

Auch die pharmazeutische Industrie sowie Apotheker dürfen nicht außer Acht gelassen werden, denn sie wollen diese Medikamente verkaufen. Alle Seiten müssen intensiv darüber nachdenken, ob es wirklich unentbehrlich ist, im konkreten Fall ein Antibiotikum zu verschreiben. Das Risikobewusstsein für dieses Medikament muss also wachsen.

Aber vielen Patienten fällt es sicherlich schwer, die Entscheidung des Arztes zu hinterfragen. Als Laie vertraut man dem Experten.

Der Patient ist dafür verantwortlich, die Entscheidung des Arztes kritisch zu

Die Weltbank macht die Rechnung des Antibiotika-Versagens auf

Die Bedrohung, die von „Superbugs“ ausgeht – resistenten Keimen –, wird an diesem Mittwoch auf der UN-Generalsammlung in New York diskutiert. Neben HIV, nichtübertragbaren Krankheiten und Ebola wird zum vierten Mal in der Geschichte der Vereinten Nationen ein Gesundheitsthema auf einer Generalsammlung besprochen werden. Immer öfter drängt sich das Problem der antimikrobiellen Resistenzen (AMR) in den Vordergrund. Wie essentiell es ist, kann man auch dem neuen Bericht der Weltbank entnehmen, der diese Woche veröffentlicht wird. Titel: „Arzneiresistente Infektionen – eine Bedrohung für unsere wirtschaftliche Zukunft“. Demnach werden heute 50 Prozent der Antibiotika weltweit falsch eingesetzt. Laut einer Studie der amerikanischen Centers for Disease Control and Prevention werden ein Drittel von 150 Millionen Antibiotika jährlich unnötigerweise verschrieben. Bei mehr als 60 Prozent der in Afrika und Asien erhältlichen Antibiotika handelt es sich um gefälschte Medikamente. Schätzungsweise 63 000 bis 240 000 Tonnen Antibiotika werden weltweit in der Landwirtschaft eingesetzt. Keine kurzlebigen Pläne oder gar „Wunderheilmittel“ könnten das Auftreten von antimikro-

biellen Resistenzen minimieren oder deren Ausbreitung eindämmen. Vielmehr sei ein globaler Plan über mehrere Jahrzehnte vonnöten, um effiziente Lösungen zu finden.

In Zusammenarbeit mit der Welttiergesundheitsorganisation (OIE) und der Welternährungsorganisation (FAO) hat man bereits früher einen „Global Action Plan“ aufgesetzt. Diesem Plan wurde zwar im Rahmen des World Health Assembly im Mai vergangenen Jahres zugestimmt, aber die Umsetzung der Maßnahmen liegt in der Verantwortung der einzelnen Regierungen. Die Weltgesundheitsorganisation OIE und FAO können zwar technische Dienstleistungen wie Kontrolldaten und Analysen zur Verfügung stellen, aber die Organisationen haben dem Bericht zufolge weder die Mittel noch die Befugnis, in einzelnen Ländern Maßnahmen zu ergreifen. Der Global Action Plan umfasst fünf Ziele, die weltweit koordiniert werden müssen: Daten über antimikrobielle Resistenzen sammeln und international teilen, Infektionen eindämmen (beispielsweise durch verstärkte Hygiene), den Gebrauch von Antibiotika optimieren (nur durch qualifizierte Fachkräfte anwenden), antimikrobielle Resistenzen besser verstehen (Öffentlichkeitsar-

beit) und wirtschaftliche Investitionen (Forschungskollaborationen mit Entwicklungsländern). In dem Bericht wird gefordert, dass Mediziner sich an Anwendungsstudien beteiligen, „graue“ medizinische Literatur und lokale Studien sollten veröffentlicht werden, um Wissenslücken zu schließen. Elektronisch-medizinische Datenpools sind das Ziel. Durch Zugriff auf die Datenbanken könne der Gebrauch und Missbrauch von Antibiotika erfasst und auf internationaler Ebene verglichen werden. Zudem sollten „Antimicrobial Stewardship Programme“ gefördert werden. Auch neue Gesetze und Verschreibungsrichtlinien werden im Kampf gegen Missbrauch – auch in Landwirtschaft und Tiermedizin – eingefordert.

Wird nichts unternommen, könnte das der Weltbank zufolge bis zum Jahr 2050 mit 1,2 Milliarden Dollar jährlich an Zusatzkosten zu Buche schlagen, bei einem niedrigen Resistenz-Niveau mit „lediglich“ 330 000 Millionen Dollar. Jede Verzögerung erhöht unvermeidlich die Kosten. In diesem Szenario wären am meisten die Länder mit niedrigem Einkommen betroffen, ihr Wirtschaftswachstum würde die größten Defizite erleiden. Die Kluft zwischen den Ländern würde damit weiter wachsen. (mica)

den erfreulichen Ergebnissen beigetragen haben. Allerdings werden wir vermutlich erst in ein paar Jahren belegen können, dass die Interventionen Grund für die positive Entwicklung sind und nicht andere Faktoren eine Rolle gespielt haben.

Was will das Projekt „Rationaler Antibiotikaeinsatz durch Befragungen und Kommunikation“ erreichen?

Dieses Projekt läuft seit gut anderthalb Jahren und beruht hauptsächlich darauf, dass wir informieren, weiterbilden und für das schwierige Thema sensibilisieren möchten. Zum ersten Mal in Deutschland werden verschiedene Akteure gemeinsam betrachtet: Landwirte, Tier-, Klinik- und Hausärzte, Patienten und Reisende sollen mit diesem Projekt landesweit erreicht werden. Mit Hilfe von Befragungen und Erhebungstools wollen wir verstehen, warum Antibiotika eingesetzt werden und woher sich die einzelnen Zielgruppen informieren. Dadurch, dass wir tier- und humanmedizinische sowie landwirtschaftliche Welten gemeinsam betrachten, können wir sie vergleichen und feststellen, ob Maßnahmen wirklich wirken. Wir gehen davon aus, dass wir über einen Zeitraum von mindestens zwei Jahren eine phantastische Informationsquelle gesammelt haben werden, die es in Europa bislang so nicht gegeben hat.

Oft hört man, dass wir in ein Zeitalter vor dem Penicillin fallen werden, falls sich an der globalen Antibiotika-Krise nichts ändert. Wie ernst sollten man demart düstere Prophezeiungen nehmen?

Es wird sicherlich Einzelfälle geben, in denen Menschen nicht mehr behandelt werden können. Die gibt es heute schon, und diese werden womöglich zunehmen. Es gibt allerdings eine ganz entscheidende Veränderung, und das sind die verschiedenen Pläne auf globaler Ebene. Immer mehr Staaten verpflichten sich, Maßnahmenkataloge zu entwerfen und ihr Verhalten zu verändern. In China war es beispielsweise bis vor kurzem so, dass der Einsatz von Antibiotika in der Landwirtschaft sehr wenig kontrolliert wurde. Inzwischen ist vielen Ländern bewusst geworden, dass es so nicht mehr weitergehen kann. Das ist wichtig, denn die Globalisierung beschleunigt die Ausbreitung multiresistenter Bakterien.

Das Problemwusstsein ist in den letzten Jahren dramatisch gewachsen. Bereits in den achtziger Jahren hat die Weltgesundheitsorganisation beschrieben, dass die Gesellschaft mit einem Resistenzproblem konfrontiert wird. Aber bis heute gab es noch nie so viele Reaktionen auf der Welt. Damit ist aus meiner Sicht ein Erfolg in Sichtweite.

Die Fragen stellte Miray Caliskan.