

## Die Tonlage des Eisprungs

Frauenstimmen variieren mit dem Zyklus – Männern verrät das wenig

Die menschliche Stimme hat viele Funktionen. Sie dient dazu, Wörter zu formulieren oder zu singen. Sie informiert den Zuhörer aber auch ohne gezielte Absicht über Geschlecht, Alter und Stimmung des Sprechenden. Eine neuere Studie kalifornischer Wissenschaftler stellte sogar heraus, dass die Stimme von Frauen in der Zeit um den Eisprung anders klingt als in der unfruchtbaren Phase des Menstruationszyklus. Davor, dass der Mann die Empfängnisverhütung vom Klang der weiblichen Stimme abhängig macht, warnt nun aber ein Team von Wissenschaftlern um die Kognitionsforscherin Julia Fischer vom Deutschen Primatenzentrum Göttingen (PLoS One, online). Die Stimme lasse keine eindeutigen Rückschlüsse auf die fruchtbare Tage einer Frau zu.

Die Wissenschaftler analysierten die Stimmen von 23 Frauen an jedem einzelnen Tag ihres Monatszyklus und maßen gleichzeitig die Konzentrationen von Sexualhormonen im Urin der Frauen. Sexualhormone könnten die Stimme beeinflussen, da es für sie spezielle Empfänger in der Schleimhaut der Stimmlippen gibt. Zudem verändern Hormontherapien nachweislich die Stimme einer Frau. Die Wissenschaftler entdeckten, dass die Frequenzen der Stimmen tatsächlich im Lauf des Menstruationszyklus variierten. Direkt vor dem Eisprung sprachen die Frauen mit besonders hoher Stimme – allerdings stieg die Tonlage auch direkt nach dem Eisprung wieder an. Einen Zusammenhang zwischen Hormonspiegel und Stimme fanden die Forscher allerdings nicht. Zudem zeigten Männer, denen eine Reihe von Stimmaufnahmen vorgespielt wurden, keine klare Vorliebe für Aufnahmen aus der fruchtbaren Zeit.

„Die Stimme einer Frau verrät den Eisprung nicht“, schlussfolgert Julia Fischer. Interessant sei aber, dass Frauenstimmen während der Menstruation rauher und ungleichmäßiger seien. „Dies erklärt, warum weibliche Opernsängerinnen eine dreitägige Gnadenfrist während ihrer Periodenblutung gewährt wird“, so die Forscherin. Männer sollten allerdings nicht daran verzweifeln, dass Frauen ihre Empfängnisbereitschaft akustisch so unpräzise anzeigen. Denn andere Studien weisen darauf hin, dass Männer auch anhand von Gesicht und Geruch Rückschlüsse auf die weibliche Fruchtbarkeit ziehen können. Zudem kleiden sich Frauen in der Zeit um den Eisprung attraktiver. LENNART PYRITZ

## Und sie altern doch

Proteine halten Würmer nicht jung

Sirtuine verhelfen Lebewesen wohl nicht zu einem längeren Leben, wie bisher angenommen. Den Einfluss dieser Proteine bezweifeln Wissenschaftler um Camilla Burnett jetzt im Fachmagazin *Nature* (Bd. 477, S. 408, 2011). Damit widerlegen sie Forscher vom MIT, die einer verstärkten Produktion dieser Stoffe im Zellkern eine lebensverlängernde Wirkung zugeschrieben hatten. Burnett zeigte, dass stattdessen Mutationen im Erbgut die Fadenwürmer und Fruchtfliegen der anderen Forscher um bis zu 50 Prozent länger leben ließen als gewöhnlich. Eine dieser Mutationen war für die Bildung von Nervenzellen verantwortlich. Als die Forscher diese Veränderung ausschalteten, starben die Organismen genauso schnell. Auch kann der Stoff Resveratrol, der in Weintrauben, Nüssen und einigen Hautcremes enthalten ist, die Sirtuine nicht aktivieren, wie es die Hersteller der Cremes teilweise behaupten. Auch eine bestimmte Diät kann die Produktion der Proteine nicht anregen, wie vermutet. Die Forscher vom MIT räumen ein, den Effekt überschätzt zu haben, bleiben aber bei einer lebensverlängernden Wirkung für Fadenwürmer von rund zehn Prozent. Ob sich das auf Menschen übertragen lässt, ist jedoch fraglich. Andere Forscher weisen in einem Kommentar darauf hin, dass Sirtuine dennoch den Stoffwechsel von Zellen verbessern und sie resistenter gegen Giftstoffe machen können. chrb

## Haltlos

Oberfläche stößt Wasser und Öl ab

Wenn Insekten auf den Kelchblättern einer Kannenpflanze landen, sind sie des Todes. Unweigerlich rutschen sie in die Tiefe und landen in einer Flüssigkeit, mit der die fleischfressende Pflanze ihre Beute verdaut. Nach diesem Vorbild haben Forscher nun eine Oberfläche entwickelt, an der nichts haftet, weder wässrige noch ölige Substanzen. Sie hat damit entscheidende Vorteile gegenüber Lotusblättern oder nach ihrem Vorbild entwickelten Lacken, die zwar Wasser und Dreck abstoßen, nicht aber organische Flüssigkeiten. Das neue System besteht aus einem porösen Festkörper, der mit verschiedenen glitschigen Flüssigkeiten getränkt wird. Das schwammartige Trägermaterial, ein Gewir aus Nanofasern, dient dazu, das jeweilige Gleitmittel festzuhalten und für Nachschub zu sorgen: Kratzer in der Oberfläche verschließen sich den Versuchen der Forscher von der Harvard University zufolge in Sekundenbruchteilen (*Nature*, Bd. 477, S. 443, 2011). Wasser, Eis, Rohöl, Blut und Marmelade glitten von der Beschichtung spurlos ab, selbst unter hohem Druck und bei tiefen Temperaturen. Ameisen konnten nicht aus behandelten Glasgefäßen klettern. cris

SZdigital: Alle Rechte vorbehalten – Süddeutsche Zeitung GmbH, München  
Jede Veröffentlichung und nicht-private Nutzung exklusiv über www.sz-content.de



Am fliegenden Observatorium „Sofia“ fällt vor allem der Buckel mit der Klappe hinter den Tragflächen auf. Drückt die Cockpitbesatzung einen Knopf, öffnet sich hier ein Rolltor, damit das eingebaute Infrarot-Teleskop freie Sicht hat. Trotz des Lochs im Rumpf fliegt die umgebaute Boeing 747 aber sehr stabil. Foto: Jim Ross / Nasa

## Sternwarte im Jumbojet

Unterwegs mit einem fliegenden Observatorium: Die zum Teleskop umgebaute Boeing 747 „Sofia“ macht Detailaufnahmen des Weltalls

„Noch 45 Minuten und nicht länger!“ Charlie Kaminski ist gnadenlos. Er weiß genau, dass das Flugzeug, das unter seinem Kommando steht, noch genau eine Dreiviertelstunde seinen Kurs beibehalten kann. Dann muss es abdrehen, in einer scharfen Linkskurve. Und dann werden einige Passagiere ziemlich bedröppelt dreinschauen.

Die Passagiere sind Wissenschaftler, und das Flugzeug, das Kaminski kommandiert, ist keine normale Maschine: Es ist eine fliegende Sternwarte.

„Sofia“ heißt die umgebaute Boeing 747, in deren Heck ein großes Teleskop steckt. Sofia, das steht für „Stratosphären-Observatorium für Infrarot-Astronomie“. Das Gemeinschaftsprojekt der amerikanischen Raumfahrtbehörde Nasa und des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) hat es sich zum Ziel gesetzt, die unsichtbare Wärmestrahlung des Universums zu ergundern – Strahlen, die Einblicke in die Kinderstube von Sternen und Planeten geben können. Da diese Signale am Erdboden nicht ankommen, müssen die Astronomen in die Luft gehen. Bislang haben sie das in den USA getan. Am vergangenen Freitag jedoch hat sich Sofia erstmals auf den Weg über den Atlantik gemacht: zu ihrem Antrittsbesuch in Deutschland. Ihr Kurs führte sie weit nach Norden, höher hinauf als die Routen der Luftlinien, die von Kalifornien nach Europa fliegen.

Charlie Kaminski, ein Ingenieur in einem beigen, nicht wirklich körperbetont geschnittenen Overall, hat dazu den exakten Flugplan ausgearbeitet. Er hat berechnet, in welcher Richtung die kosmischen Objekte liegen, die die Astronomen während des Überflugsflugs beobachten wollen. Er hat Windprognosen und Flugverbotszonen berücksichtigt. Da das Teleskop nur starr nach links aus dem Rumpf hinausschauen kann, ergibt sich daraus zwangsläufig der Kurs, den die Maschine zu steuern hat – und der Punkt, an dem die Beobachtung abgebrochen und in Richtung des nächsten Forschungsobjekts gedreht werden muss. 44 Minuten sind es noch bis dahin.

Kaminskis Flugplan ist keine gerade Linie, nicht einmal nach den Regeln der sphärischen Geometrie: Das Flugzeug bewegt sich, der Himmel wandert im Lauf der Nacht über das Teleskop hinweg, oder genauer: die Erde und mit ihr die Atmosphäre drehen sich unter dem Leuchteppich der Fixsterne. Langsam fallen die Beobachtungsobjekte dadurch aus dem Sichtfeld des Teleskops. Alle zehn Minuten muss Sofia ihren Kurs anpassen. „Ein Grad nach rechts“, murmelt Kaminski ins Mikrofon des Bordfunks.

Ob das Tor im Rumpf geöffnet ist, spürt niemand an Bord.

Ein Stockwerk höher, im Cockpit des Jumbojets, dreht Pilot Troy Asher behutsam am Knopf des Autopiloten. Fast unmerklich legt sich das Flugzeug zur Seite. Es stammt aus dem Jahr 1977 – und sieht auch so aus: Schalter, Knöpfe, Rundinstrumente dominieren die Pilotenkabine. Digitalanzeigen gibt es kaum. Der Flugingenieur, der schräg hinter Asher sitzt, benutzt noch Papier und Bleistift, um den Treibstoffverbrauch der vier Triebwerke zu ermitteln.

140 Tonnen Kerosin hat Sofia heute Morgen getankt. Mit einem Startgewicht von 361 Tonnen ist sie über Runway 25 des Flughafens im kalifornischen Palmdale gebettet – um nach einer gefühlten Ewigkeit endlich in Richtung Europa abzuheben. Schwerer war die fliegende Sternwarte nur bei den Flugtests im vergangenen Jahr, bei denen Asher die Maschine an die Grenzen ihrer Belastbar-

keit gebracht hat. „Am Anfang hatte uns Sofia ein bisschen nervös gemacht, weil wir nicht wussten, was auf uns zukommt“, sagt der erfahrene Testpilot. „Aber die Maschine fliegt sich klasse.“

Vor eineinhalb Stunden, über Somerset Island in der kanadischen Arktis, hat Asher die Rolltür geöffnet, die das Teleskop während Start und Landung verdeckt. Sie ist größer als ein Fußballtor, trotzdem hat niemand etwas davon mitbekommen. „Die Aerodynamik ist so gut, dass selbst wir auf die Anzeige schauen müssen, ob da hinten ein Loch im Flieger ist“, sagt Asher. Eine Sache gibt es allerdings, die macht sogar einem erfahrenen Piloten wie Troy Asher Sorgen: der dichte Luftverkehr über Europa. „Das wird wirklich verrückt.“

„Noch 30 Minuten“, meldet sich Missionsdirektor Kaminski über den Bordfunk, freundlich aber bestimmt. Leichte Turbulenzen erfassen die 56 Meter lange Maschine. Der Teil des Teleskops, der in die Kabine ragt, tänzelt hin und her, auf und ab. Wobei der Eindruck täuscht: Eigentlich bewegt sich das Flugzeug, das Teleskop steht still. Insgesamt 17 Tonnen wiegt die hantelförmige Konstruktion. Auf der einen Seite hängt der 2,7 Meter große Spiegel. Er füllt das Loch im Rumpf fast komplett aus, hat mit der Kälte und der dünnen Luft zu kämpfen. Auf der anderen Seite des Druckschotts, im Flugzeuginnern, hängt „Great“, das in Deutschland gebaute Messinstrument, das die vom Teleskop aufgefangenen Strahlen aufzeichnet. Great steht für „German Receiver for Astronomy at Terahertz Frequencies“.

Nur ein zwanzigstel Millimeter dick ist der Ölfilm, auf dem die Hantelstange schwimmt, die die beiden Teile miteinander verbindet. Das reicht, um das Teleskop mit dem kleinen Finger bewegen und auf ein Ziel ausrichten zu können. Im Flug, besonders jetzt, bei leichten Turbulenzen, übernehmen allerdings Magnetsensoren diese Aufgabe. Sie erhalten Daten von einem anvisierten Leitstern



Vom Teleskop sehen die mitreisenden Forscher nur den blauen Ring am Ende der Kabine. Der Physiker Urs Graf kontrolliert während des Fluges die Elektronik. Der Spiegel der fliegenden Sternwarte (re.) ist hinter einem Rolltor in der Wand des Rumpfs eingebaut. Fotos: A. Stirn, Nasa

und von drei Gyroskopen, und sie sorgen dafür, dass das Teleskop stets auf sein Ziel fixiert bleibt. Die Stabilität ist dabei so gut, dass die Forscher eine Ein-Cent-Münze in acht bis zehn Kilometern Entfernung anpeilen könnten, falls sie das Geldstück interessiert. Zumindest dann, wenn optimale Bedingungen für die Beobachtung herrschen.

„Der Wasserdampf liegt bei 35 Mikrometern“, meldet sich jemand an der Wissenschaftskonsolens zu Wort. Keine gute Nachricht: Wasser ist der natürliche Feind der Infrarot-Astronomen. Seine Moleküle schlucken die Wellenlängen,

mit denen die Forscher ihre kosmischen Ziele beobachten wollen. Am Erdboden, zum Beispiel in der kalifornischen Wüste, liegt sein Wert bei etwa zwei Millimetern – das heißt, in kondensierter Form würde der gesamte Dampf aus der darüber liegenden Atmosphäre einen zwei Millimeter dicken Wasserfilm bilden. Selbst in der chilenischen Atacama-Wüste, einem der trockensten Orte der Welt, ergeben Messungen noch einen Wassergehalt von 0,3 Millimetern oder 300 Mikrometern. Ein Horror für Infrarot-Astronomen. Selbst die gerade gemessenen 35 Mikrometer sind alles andere als ideal.

Das Teleskop gleicht die Bewegungen des Flugzeugs aus.

Erst mit zunehmender Entfernung vom Boden nimmt der Wasserdampf rapide ab – was auch der Grund ist, warum die Wissenschaftler ihr Teleskop in einen Jumbojet eingebaut haben: Gerade ist Sofia in einer Höhe von 41 000 Fuß (etwa 12,5 Kilometern) unterwegs. „Ein Wasserdampfwert von fünf Mikrometern wäre in diesen Schichten optimal“, sagt Jürgen Stutzki, Physiker an der Universität Köln und einer der wissenschaftlichen Leiter der Great-Mission. „Aber das hängt stark vom Wetter ab, da muss man einfach Glück haben.“

Bislang ist das Wetter den Forschern nicht hold: Der vorgegebene Beobachtungskurs führt an den Überresten des ehemaligen Hurrikans Maria vorbei, der Feuchtigkeit in die Höhe schleudert. Tiefrot erscheinen die Luftwirbel auf der Wasserdampfkarte, die über den Monitor des Flugplaners flimmert. Plötzlich sackt die Maschine kurz durch. Die Temperatur sinkt schlagartig um zehn Grad, der Wasserdampf geht auf 22,6 Mikrometer zurück. Eine neue Luftschicht ist erreicht. Die Mienen der Forscher hellen sich auf. Jedenfalls für einen kurzen Moment.

sind, dass die Passagiere nur über Kopfhörer und Mikrofon kommunizieren können, sodass die Entfernung voneinander eigentlich keine Rolle spielt, sucht Güsten bei jedem Funkspruch den Blickkontakt mit dem Gegenüber. Bei Problemen mit der Technik geht er sogar die paar Schritte zu Teleskop-Operateur Randy Grashuis, unterhält sich übers Headset, schaut ihm direkt in die Augen.

IC342 heißt das extragalaktische Objekt, das den Astronomen heute zu schaffen macht. Sie wollen kein Bild der Spiralgalaxie aufnehmen, sie wollen vielmehr das Spektrum seiner infraroten Strahlung vermessen. „Jedes Atom und jedes Molekül – egal ob auf der Erde oder im Weltraum – hinterlässt einen eindeutigen spektralen Fingerabdruck“, erklärt Rolf Güsten. Die Teilchen absorbieren Strahlung, geben sie wieder ab und erzeugen dabei charakteristische Spuren im weit aufgefächerten Spektrum. Aus der Breite, Stärke und Form dieser Linien lassen sich Rückschlüsse auf die Temperatur in elf Millionen Lichtjahren Entfernung ziehen, aber auch auf die Geschwindigkeit der rotierenden Gase und auf Stoßprozesse in den Wolken.

„IC342 ist eine Galaxie, in deren Innerem überproportional viele Sterne entstehen“, sagt Jürgen Stutzki. „Dank der hohen spektralen Auflösung des Great-Instruments hoffen wir, mehr über die Bedingungen in diesen Regionen herausfinden zu können.“ Da die Strahlung aber so schwach ist, müssen die Astronomen pro Messpunkt bis zu einer halben Stunde lang Daten sammeln – sofern die Bedingungen an Bord das zulassen.

„Noch zehn Minuten.“ Kaminski betont jetzt jedes Wort besonders deutlich. Diese Frist immerhin können die Kölner offenbar noch voll nutzen, scheint es. Denn mit dem Messinstrument Great ist „alles wunderbar, kein Grund etwas zu ändern“, sagt Urs Graf, Physiker von der Universität Köln. Der Schwabe, den so leicht nichts aus der Ruhe bringen kann, ist einer der Erbauer des Detektors. Graf

dem sofort, ob das Instrument neu eingestellt werden muss oder ob die Ergebnisse mit den Erwartungen übereinstimmen. Sie können ihre Pläne ändern und nochmals messen. „Im Weltall, wo man sein Beobachtungsprogramm ein halbes Jahr vorher abgeben muss, ist es abgeklappt und vergessen“, sagt Rolf Güsten.

Die Flexibilität hat allerdings ihren Preis. Etwa eine Milliarde Dollar hat das Sofia-Programm bislang gekostet, Deutschland ist daran mit 20 Prozent beteiligt. Derzeit überweist das DLR jährlich 4,5 Millionen Euro nach Palmdale, die Basis der fliegenden Sternwarte. Noch bis zum Jahr 2014 können Kinderkrankheiten beseitigt werden, dann soll Sofia ihren auf 20 Jahre angelegten Dienst antreten: mit 130 Flügen pro Jahr und 1000 Stunden Wissenschaft.

„Noch fünf Minuten“, sagt Kaminski Stimme im Kopfhörer. Jürgen Stutzki stöhnt. Zwei Messungen stehen noch aus, und die Funksetzungen vom Teleskop-Operateur klingen nicht gut. Er hatte schon zuvor geklagt, dass er den Blick auf den

Sogar die Schrauben hat der Physiker selbst entworfen.

Leitstern verliere, an dem sich das Teleskop orientiert. „Was zum Teufel ist das“, flucht Randy Grashuis nun. „Irgendwas Seltsames passiert hier gerade.“ Die Beobachtungen ruhen, die Forscher versuchen, von ihrer Zeit zu retten, was zu retten ist.

Kaminski macht jetzt einen Countdown. „Noch eine Minute.“ – „Noch 30 Sekunden.“ Güsten gibt auf: „Drück den roten Knopf!“, sagt er mit ruhiger Stimme. Es ist vorbei, die Messung wird abgebrochen, das Teleskop fährt in seine Parkposition. „Wir sind bereit für den neuen Kurs“, funkt Charlie Kaminski nach oben ins Cockpit. Sekunden später legt sich der Jumbo in die lange angekündigte Linkskurve.



kennt nicht nur jede Schraube, er hat auch – wie er sagt – bestimmt ein Drittel der Schrauben selbst entworfen.

Das hilft, besonders wenn es Probleme gibt: Vor einigen Tagen hat einer der Oszillatoren des 500 Kilogramm schweren Messinstruments herumgezickt. Graf ging in den örtlichen Elektroladen, kaufte Ersatzteile, reparierte den Schaden. „Wäre Great auf einem Infrarotsatelliten unterwegs, wäre das nicht möglich gewesen – genauso wenig wie der Austausch und die fortwährende Verbesserung unserer Kameras“, sagt Graf. An Bord von Sofia sehen die Astronomen zu-

„Ein bisschen Zeitnot gehört einfach dazu“, sagt Rolf Güsten und schmunzelt. „Wir bereiten absichtlich zu viele Messungen vor – es wäre schließlich blöd, wenn uns die Arbeit ausgehen würde.“ Ein weiterer Beobachtungsabschnitt bleibt den Astronomen noch auf dem Flug nach Deutschland, dann muss sich Pilot Asher in den verrückten europäischen Flugverkehr einfügen. Zuvor hat er für die wasserscheuen, stets nach Höherem strebenden Infrarot-Astronomen aber noch gute Nachrichten parat: „Wir steigen“, funkt Asher nach unten. „Auf 43 000 Fuß.“ ALEXANDER STRIN