

Leben ohne Tag und Nacht

Ein Leben ohne Uhr ist für manche ein Traum: Rund 300 Testpersonen lebten in einem Schlafbunker am Max-Planck-Institut für Verhaltensphysiologie teilweise wochenlang ohne Zeitmesser – nur ihre innere Uhr blieb ihnen. Wie dieser Zeitgeber unseren Schlaf- und Wachzyklus regelt, erforschten Gustav Kramer und Jürgen Aschoff schon in den 1950er-Jahren. Sie gelten als Mitbegründer der Chronobiologie.

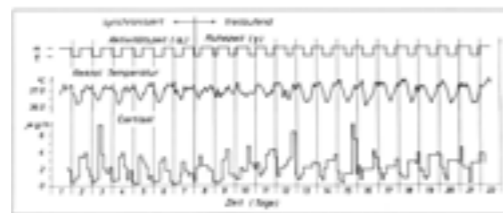
Die Entdeckungsgeschichte der inneren Uhr beginnt mit Zugvögeln: Der Physiologe Gustav Kramer untersuchte am Max-Planck-Institut für Meeresbiologie in Wilhelmshaven Anfang der 1950er-Jahre den Vogelflug. Aus seinen Beobachtungen schlussfolgerte er, Zugvögel könnten ihre Flugroute so genau einhalten, weil sie sich nach der Sonne richteten. Die Sonnenbewegung korrigierten sie dabei ständig durch einen inneren Mechanismus – einen Mechanismus, der sich mit einer Uhr vergleichen lasse.

Dass Vögel die Bewegung der Sonne kompensieren können, belegte Kramer, indem er einen Star in einem kreisrunden Käfig auf Futtersuche schickte. Am Rand des Käfigs brachten er und seine Mitarbeiter in festen Abständen zwölf identische, mit aufgeschlitzten Gummifolien überzogene Futternäpfe an. Der Forscher füllte jeweils am frühen Morgen Futter in den Napf an der Ostseite des Käfigs. Der Star lernte schnell, dass das Futter nur in Richtung Sonne zu finden war. Doch selbst als Kramer das Futter nachmittags in den östlichen Napf streute, fand der Vogel es auf Anhieb – er berücksichtigte die Bewegung der Sonne.

In einem Zelt mit einer feststehenden Lampe hielt der Vogel diese für die Sonne. Da er weiterhin davon ausging, dass die Sonne wandert, suchte er nun zu verschiedenen Tageszeiten in unterschiedlichen Näpfen nach seiner Mahlzeit – fand sie dort aber nur morgens, weil das Futter wie beim Käfigexperiment im östlichen Napf versteckt war. Nach diesen Versuchen zweifelte kaum noch jemand, dass es eine innere Uhr gibt.

Kramer wurde 1958 Leiter einer Abteilung am neuen Max-Planck-Institut für Verhaltensphysiologie in Seewiesen. Im darauf folgenden Jahr kam er auf tragische Weise ums Leben: Er stürzte tödlich ab, als er in Kalabrien wilde Felsentauben fangen wollte, die er für geeignetere Versuchstiere als Stare hielt.

Das von ihm mitbegründete Forschungsgebiet der Chronobiologie blieb aber auch nach Kramers Tod



Leben nach eigenem Rhythmus: Schlaf- und Wachphasen verschieben sich im Schlafbunker. Die Schwankung der Körpertemperatur (Mitte) und die Cortisolspitzen (unten) ändern sich auch.



Im Schlafbunker analysiert Rütger Wever Körperfunktionen eines Probanden.

ein Thema in der Max-Planck-Gesellschaft. Und zwar vor allem durch die Arbeiten des Mediziners Jürgen Aschoff, der ebenfalls 1958 an das neue Max-Planck-Institut für Verhaltensphysiologie berufen worden war. Wenige Kilometer von Seewiesen entfernt – in Erling-Andechs – leitete er die Abteilung Biologische Rhythmen und Verhalten. Aschoff hatte auf diesem Gebiet schon früher geforscht. Bei seinen Untersuchungen an Mäusen und Buchfinken war er dabei auf eine Regel gestoßen, die seither seinen Namen trägt. Sie lautet: „Die Aktivitätsperiode eines tagaktiven Tieres wird kürzer und die eines nachtaktiven länger als 24 Stunden, wenn man die Intensität des Lichts, dem sie ausgesetzt sind, verstärkt.“ Die innere Uhr lässt sich also durch Licht verstellen.

Dieses Ergebnis warf bei ihm die Frage auf, wie sich die biologische Uhr, die unsere Tagesperiodik prägt, unter kontrollierten Laborbedingungen verhält. Einen periodischen Verlauf zeigt zum Beispiel unsere Körpertemperatur, die gegen Abend stets den höchsten Wert hat und am frühen Morgen den niedrigsten. Einen ähnlichen Rhythmus weisen alle Organe und Körperfunktionen auf. Die Zahl der sich teilenden Gewebezellen, der Kalium- und Kalziumgehalt des Urins oder die Genauigkeit und Geschwindigkeit, mit der wir Rechenaufgaben lösen – immer gibt es ein Tagesmaximum und ein -minimum.

Um solche kontrollierten Bedingungen zu schaffen, erwies sich ein alter schalldichter Wehrmachtsbunker aus dem Zweiten Weltkrieg als geeignet. In ihm richtete Aschoff 1963 eine Versuchsstation für Probanden ein, die hier drei bis vier Wochen völlig isoliert von der Außenwelt leben sollten. Es war ein

Fotos: MPG

Notbehelf, aber die Ergebnisse erwiesen sich als so ermutigend, dass 1964 eine anspruchsvollere Anlage geplant und gebaut wurde. Sie enthielt ein behagliches Wohn-Schlafzimmer, Dusche und Toilette sowie eine kleine Küche, in der sich die Versuchspersonen selbst ihre Mahlzeiten zubereiteten.

Die einzige Verbindung zur Außenwelt bildeten zwei hintereinander liegende Türen, von denen sich immer nur eine öffnen ließ. In dem Raum dazwischen stand ein Kühlschrank, in dem die Urinproben vorübergehend aufbewahrt wurden – und die Lebensmittelvorräte samt dem obligaten Andechs-Bier. Die Naturalien deponierten die Forscher immer zu unterschiedlichen Zeiten, damit die Probanden auch hierin keinen Anhaltspunkt für die Tageszeit fanden.

Im Bunker gab es keine Uhren, und die eigenen mussten die Testpersonen vorher abgeben, kein Radio und keinen Fernseher. Nur ein Plattenspieler war vorhanden, den clevere Probanden zum Eierkochen benutzten: Eine Platte lief drei Minuten lang – genau die Zeit, die ein Ei kochen musste. Die Versuchspersonen sollten ganz geregelt leben, das heißt, drei Mahlzeiten in normalen Abständen einnehmen, keinen Mittagsschlaf halten und einige psychologische Tests machen. Alle Daten ihrer Aktivitäten und physiologischen Reaktionen werteten die Wissenschaftler außerhalb des Bunkers aus – zum Beispiel die regelmäßigen rektalen Temperaturmessungen, die abgegebenen Urinmengen und deren Gehalt an Kalium/Kalzium oder die Ergebnisse der gelegentlich gestellten Aufgabe, die Länge von 20 Sekunden oder 60 Minuten abzuschätzen.



Als erste Versuchsperson ging Jürgen Aschoff selbst in den Bunker – er wollte am eigenen Leib erfahren, wie sich völlige Zeitlosigkeit auswirkt. In den ersten Tagen, so berichtete er später, sei er noch sehr neugierig gewesen, wie spät es wirklich sei. Doch allmählich habe er alles Interesse daran verloren und es sehr behaglich gefunden, zeitlos zu leben.

Innerhalb der ersten zwei Jahre wurden 25 Probanden im Bunker untersucht. Bei den meisten stellten die Wissenschaftler fest, dass sie jeden Tag etwas später aufstanden. Ihre Tage dauerten im Schnitt nicht mehr 24 Stunden, sondern verlängerten sich bei den meisten Probanden innerhalb kurzer Zeit auf 24,7 bis 25,2 Stunden. Diese Länge blieb dann jedoch konstant. Auch ihre Körperfunktionen folgten im Wesent-

Süddeutsche Zeitung vom 28.11.1975

... Echte biologische Rhythmen erkennt man daran, dass sie unter konstanten Bedingungen [...] erhalten bleiben, also nicht einfach durch den Licht-Dunkel-Wechsel induziert worden sind [...]. Unter solchen konstanten Laborbedingungen haben schon etliche Personen gelebt. Allein im Max-Planck-Institut für Verhaltensphysiologie verfügt man jetzt über Daten von rund 150 Personen, die längere Zeit [...] in Versuchsklausen unter Tag verbrachten. ...

lichen dieser neuen Periodik. Da diese nicht mehr mit dem objektiven Tag-Nacht-Wechsel zusammenfällt, spricht man von circadianen Rhythmen (lat. circa = etwa, dies = Tag).

Dass dieser Rhythmus während des Bunkeraufenthalts erhalten blieb, war ein wichtiger Hinweis auf die Existenz einer inneren Uhr, die den tagesperiodischen Verlauf steuert. Aber auch die

Beobachtung, dass jede Versuchsperson einen eigenen circadianen Rhythmus entwickelte, sprach dafür. Wäre die Periodik nämlich bei allen Probanden gleich gewesen, hätte man nicht ausschließen können, dass hier irgendein äußeres periodisches Ereignis unbekannter Art biologisch wirkte.

Unter den rund 300 Versuchspersonen, die bis Anfang der 1980er-Jahre beobachtet wurden – nur vier brachen den Bunkeraufenthalt vorzeitig ab –, erwies sich ein Probandentyp als besonders interessant. Die Wissenschaftler waren auf ihn gestoßen, als sie einen Studenten untersuchten, der sich bereit erklärt hatte, mehrere Wochen in dem Bunker zu verbringen: Diese Zeitspanne, so seine Begründung, werde ausreichen, sich auf sein Examen vorzubereiten, das unmittelbar nach dem Test anstand. Als die Wissenschaftler nach der vereinbarten Zeit die Türen des Bunkers öffneten, protestierte der Student allerdings lebhaft: Man habe ihn getäuscht, der abgesprochene Zeitraum sei noch nicht zu Ende und er folglich mit seinen Vorbereitungen noch längst nicht fertig.

Wie konnte es dazu kommen? Der Schlaf-Wach-Rhythmus dieser Versuchsperson war völlig außer Kontrolle geraten und betrug statt der circa 24 fast 33 Stunden, ohne dass der Student sich dessen bewusst geworden wäre. Wenn er glaubte, ein Tagespensum in rund 14 Stunden bearbeitet zu haben, hatte er in Wirklichkeit mehr als 20 Stunden daran gesessen. An seinen Körperfunktionen war diese Rhythmusstörung nicht abzulesen gewesen – die Funktionen hatten ihre circadiane Periodik beibehalten. Daraus zogen die Wissenschaftler den Schluss, dass der Mensch mindestens über zwei unabhängige biologische Uhren verfüge, die normalerweise synchron laufen, bei manchen Personen aber desynchronisiert sind. Das Problem mit der Prüfungsvorbereitung konnten die Andechser Wissenschaftler übrigens lösen: Sie setzten sich mit dem Prüfer in Verbindung, schilderten ihm die Situation und vereinbarten einen neuen Termin für den Studenten.

Diesem Probanden war die Zeit zu schnell vergangen, anderen verging sie zu langsam. So einem Redakteur des Presseferats der Max-Planck-Gesellschaft, der an einem Versuch unter erschwerten Bedingungen teilnahm: Ihm war während seines dreitägigen Bunkeraufenthalts jegliche Beschäftigung untersagt. Keine Lektüre, kein Plattenspieler, keine Schreibutensilien, selbst Büroklammern hatte man entfernt. Sein Leben bestand einzig und allein aus Schlafen, Liegen, Sitzen, Essen, Pfeife rauchen und Sprudel oder Obstsaft trinken (Alkohol, Tee oder Kaffee gab es nicht). Der Proband wollte einmal völlige Zeitlosigkeit erleben, doch sie hing ihm bald zum Hals heraus. Er verlor jegliche zeitliche Orientierung und lauerte nur noch auf das erlösende Signal ‚Ende des Versuchs‘ – ein Zustand, den er als zermürbend schilderte. MICHAEL GLOBIG