

Biorhythmus: Die unerbittliche innere Uhr

Wir machen die Nacht zum Tag, arbeiten zu früh oder zu spät, gönnen uns keine Pausen. Auf Dauer aber lässt sich der "Biorhythmus" nicht ignorieren und der Kampf gegen den Schlaf nicht gewinnen. Die körperlichen Folgen sind katastrophal

Im Maschinentakt der High-Tech-Welt ist der Mensch zum Risikofaktor Nummer eins geworden. Produktionsstätten und Kraftwerke laufen rund um die Uhr, Tag und Nacht verteilen Züge, Lastwagen, Schiffe und Flugzeuge Waren und Manager "just in time" rund um den Globus. Der menschliche Organismus kann mit dem Tempo nicht mithalten. So nimmt er sich einfach seine Pause - und schickt Menschen in den Schlaf.

Unsere Nonstop-Gesellschaft liegt auf Kollisionskurs mit unserer "inneren Uhr". Denn bei allen Kreaturen bis hinab zum Einzeller hat jede Körperfunktion - Leistung, Stimmung, Müdigkeit - Hochphasen und Tiefs, die sich beim Menschen innerhalb von 24 Stunden, aber auch in Monaten oder Jahren wiederholen. "Alles Leben unterliegt einem Zyklus von Ruhe und Aktivität", sagt der Chronobiologe Scott Campbell von der Cornell University im US-Bundesstaat New York.



© Peter Ginter

Anschluss verpasst, Flug gestrichen, wegen Überbuchung auf morgen vertröstet. Moderne Mobilität schafft sich ihren speziellen Ärger

Die Zeit des großen Gähnens

Wie eine Uhr haben auch wir Zeiger, die zu bestimmten Zeiten auf Wachheit und Leistung stehen, zu anderen auf Passivität und unüberwindbarer Müdigkeit. Chronobiologen, die Erforscher der vitalen Zeitrhythmen, warnen daher: Je mehr wir diese innere Uhr missachten, um so häufiger werden Krankheiten und soziale Konflikte sein, und um so öfter wird es zu Katastrophen kommen. Die meisten großen technischen Desaster der letzten Jahre gehen auf das Konto übermüdeten Personals, meint der Regensburger Schlaf Forscher Jürgen Zulley: "Übermüdung als Unfallursache wird unterschätzt." Seine alarmierende Untersuchung von Unfällen auf bayerischen Autobahnen zeigt: Müdigkeit verursacht zwei Drittel aller Karambolagen. Zu zwei Zeiten ist es auf den

Straßen besonders gefährlich: in den frühen Morgenstunden und am Nachmittag gegen zwei Uhr. Dann kracht es fast sechsmal so oft wie sonst. Denn zu diesen Zeiten überfällt uns mit Macht das Ruhebedürfnis des Körpers.

Der Mensch lebt in einem konstanten Rhythmus

Wie dessen innere Uhr tickt, beginnen die Zeitforscher erst in jüngster Zeit zu entschlüsseln. Zwar war dem französischen Astronomen Jean Jacques d'Ortous de Mairan im Jahre 1729 aufgefallen, dass Mimosen ihre Blätter unabhängig vom Sonnenlicht öffnen und schließen. Doch erst als in den sechziger Jahren Forscher am damaligen Max-Planck-Institut für Verhaltensphysiologie im bayerischen Andechs Freiwillige wochenlang in einem "Bunker" isolierten, kam heraus, dass auch der Mensch in einem konstanten Rhythmus lebt. Die Periode seiner wichtigsten inneren Uhr ist zirkadian - etwa einen Tag lang. Dieser Rhythmus bestimmt menschliches Verhalten auch dann, wenn keine äußeren Zeitgeber vorhanden sind. Auch ohne zu wissen, wie spät es ist, standen die Andechser Versuchspersonen auf, nahmen ihre Mahlzeiten ein und legten sich - freilich ohne Mittagsnickerchen - schlafen.

16 Stunden Schlaf am Stück

Zunächst überraschte, dass die Probanden immer etwas länger aufblieben und immer später das Licht einschalteten - eine Schlaf-Wach-Periode dauerte im Schnitt 25 Stunden. Jürgen Zulley und Martin Moore-Ede, einer der Spezialisten der Chronobiologie an der Harvard University im amerikanischen Boston, erinnern sich: "Manche Kandidaten glitten sogar in 50-Stunden-Tage hinein, in denen sie 16 Stunden hintereinander schliefen - wir dachten schon, sie lägen im Koma. Sie hatten am Ende des Versuchs ganze Wochen verloren."

Erst als die Forscher ihren Versuchspersonen nicht nur den "Nachtschlaf", sondern auch Schlafpausen zwischendurch erlaubten, stellte sich ein 24-Stunden-Rhythmus ein. Dieser ist in zwei Zwölf-Stunden-Perioden aufgeteilt, mit jeweils einer "Ruhephase", in der es den Körper machtvoll nach Schlaf verlangt: in der Nacht und am frühen Nachmittag. "Das Nickerchen", so Jürgen Zulley, "gehört offenkundig zu unserer biologischen Ausstattung."

Tageshochs und Tagestiefs

Studien, bei denen Freiwillige nichts tun mussten als 60 Stunden hintereinander im Bett zu liegen, enthüllten einen zweiten Rhythmus: Alle vier Stunden überfiel die Probanden ein herrisches Schlafbedürfnis - "ein Zyklus wie bei Babys oder Tieren", sagt Zulley. Die Einnickzeiten fallen genau mit den gefürchteten Tagestiefs zusammen: mittags um zwei, abends um sechs und morgens um zehn, zur Zeit der ersten Kaffeepause. Daneben pendeln wir noch um einen dritten, einen 90-Minuten-Zyklus: So lange hält man es am Schreibtisch maximal aus ohne aufzustehen, so lange dauert es, bis alle Schlafphasen eines Zyklus durchlaufen sind. Fast jede Körperfunktion pulsiert im eigenen Rhythmus. Fröhlich morgens etwa aktivieren Neurotransmitter wie Adrenalin und Hormone wie Cortisol den Körper für den Wachzustand. Die Höhe manches Enzym-Spiegels schwankt im Laufe von 24 Stunden um 400 Prozent.

Morgens besser nicht zum Zahnarzt gehen

Aus diesem Grunde verändert sich etwa auch unsere Fähigkeit, Alkohol abzubauen, im Laufe des Tages. Frauen nüchtern nachmittags um drei am schnellsten aus, Männer morgens um sieben. Auch Organe wie die Nieren, aber auch das gesamte Immunsystem unterliegen einem deutlichen Tagesrhythmus. Fieber setzt bei bakteriellen

Infektionen meist vormittags, bei

Viruserkrankungen dagegen am frühen Abend ein. Herzinfarkte häufen sich morgens, wenn der Blutdruck sich wie üblich erhöht, Schlaganfälle strecken ihre Opfer vornehmlich im Dunkeln nieder. Unsere Sensibilität fluktuiert ebenfalls: Unter Zahnschmerzen leiden wir frühmorgens viermal so stark wie am Nachmittag. Andere Zyklen wie die Monatsblutung der Frauen oder unsere jährliche Leistungskurve schwanken, auch ohne dass wir uns solcher Änderungen bewußt werden. Sogar der Tod hält sich an einen bestimmten Takt. Der Exitus tritt beim Menschen häufiger im ersten Morgengrauen und kurz nach Mittag ein.



© Peter Ginter

Da kann der Tag noch so dynamisch beginnen - am frühen Nachmittag sinken Konzentration und Körpertemperatur auf den Tiefpunkt

Mal heiß, mal kalt

Schlafes Bruder sucht den Menschen also zu den gleichen Zeiten heim wie der erquickende Schlämmer - wenn sich unser Stoffwechsel verlangsamt und die Körpertemperatur am tiefsten ist. Diese schwankt im Laufe des Tages um bis zu einem halben Grad. Je schneller der Stoffwechsel, desto leistungsfähiger der gesunde Mensch. Am frühen Morgen erhöhen sich Temperatur und Konzentration stetig, sinken dann aber wieder am frühen Nachmittag: Genau dann packt uns am Schreibtisch oder am Steuer das große Gähnen. Nach einer weiteren Erwärmung am Nachmittag fällt die Temperatur wieder rapide. "Danach setzt das Schlafbedürfnis ein", erklärt Scott Campbell. Wenn der Körper am kältesten ist - in den toten Nachtstunden gegen drei Uhr früh -, quält Müdigkeit einen Schichtarbeiter am schlimmsten.

Gegen Zeitmissbrauch hilft kein Schlaf

Das Diktat der inneren Uhr ist angeboren und unerbittlich. Morgentypen - die "Lerchen" - sind schon früh in Hochform, Abendmenschen - die "Eulen" - bekommen dann die Augen noch nicht auf, egal wieviel Kaffee sie in sich hineinschütten. Doch das biologische Uhrwerk befiehlt nicht nur, wann wir schlafen müssen, es bestimmt auch, wann Schlummern wenig bringt. Weil der Schlaf im Verlauf des 24-Stunden-Tages nur auf dem absteigenden Ast der Wärmekurve besonders erholsam ist, kann eine durchtanzte Nacht auch derjenige kaum wiedergutmachen, der bis nachmittags im Bett bleibt. Wie starr das physiologische Zeitschema ist, demonstriert der sogenannte Jet-lag: Bei einem Flug über mehrere Zeitzonen steht unsere Uhr plötzlich in der Mitte des hellen Tages auf Tiefschlaf. Geschäftsreisende oder Diplomaten sind dann mitunter völlig außer Gefecht gesetzt.

Im Fieberwahn scheint die Zeit zu rasen

Pro Tag passt sich die innere Uhr etwa um eine Stunde der neuen Ortszeit an. Oft kommt es dabei jedoch zur "internen Desynchronisation": Dann koppelt sich der Schlaf-Wach-Rhythmus von den anderen ab: Man ist hundemüde, hat beispielsweise aber gleichzeitig einen Riesenappetit. Auf welchem Abschnitt der Temperaturkurve der Zeiger unseres physiologischen Chronometers gerade steht, entscheidet sogar darüber, mit welcher Geschwindigkeit die Welt an uns vorüberzieht. "Je nach Körpertemperatur ticken wir unterschiedlich schnell", sagt Scott Campbell. Das hat der amerikanische Psychologe Hudson Hoagland schon in den dreißiger Jahren festgestellt. Seine Frau, die mit hohem Fieber im Bett lag, beklagte sich, dass er sie lange allein ließ, auch wenn er nur kurz aus dem Zimmer gegangen war. Neugierig ließ Hoagland seine Frau die Dauer einer Minute schätzen: Nach 37 Sekunden war sie bereits um. Eine "echte" Minute kam der Fiebernden also subjektiv fast so lang vor wie zwei, die Zeit kroch für die Kranke um so langsamer, je heißer ihre Stirn war.

Je älter man wird, desto schneller vergeht die Zeit

Umgekehrt fliegen die Minuten, wenn wir relativ "kühl" sind. Darum auch vergeht der frühe



© Peter Ginter

Zweimal im Verlauf des Tages ist das Unfallrisiko auf den Straßen besonders hoch - in den ersten Morgenstunden und am frühen Nachmittag kracht es sechsmal so häufig wie zu anderen Zeiten

Morgen schneller als der Nachmittag. "Weil der Stoffwechsel mit zunehmendem Alter träger wird, scheint die Zeit immer schneller zu laufen", meint Campbell. Viele Menschen empfinden ihr 18. Lebensjahr als die Mitte ihres Lebens, gleichgültig, ob sie 40 oder schon 70 sind. Für ein Lebewesen gibt es offenbar keine objektive Zeit - das Zeitgefühl stellt sich über die Funktionen des Stoffwechsels selber her. Diesen wiederum beeinflusst auch der mit zunehmendem Alter spärlicher gebildete Botenstoff Dopamin: Je mehr davon ausgeschüttet wird, desto langsamer kriechen die Sekunden. Ein Dopaminstoß bewirkt vermutlich, dass in Extremsituationen wie bei einem Unfall alles in Zeitlupe abzulaufen scheint. Auch Drogen, die wie Kokain oder Amphetamin für "Speed" sorgen oder wie Haschisch die Zeit versteinern lassen, verändern

offenbar den Haushalt des Botenstoffes.

Die Taktgeber sitzen im Gehirn

Die Rhythmen von Tag und Nacht, warm und kalt, Ruhe und Wachen steuert jedoch ein anderer Pulsgeber. Diese Normaluhr des Lebens liegt in Gestalt von zwei miteinander vernetzten, stecknadelkopfgroßen Zellknäueln zwischen den Hirnhälften. Wie diese suprachiasmatischen Nuklei (SCN) ticken, versucht der Mediziner Steven Reppert vom Massachusetts General Hospital in Boston zu klären. Seine Arbeitsgruppe hat herausgefunden, dass einzelne der nur wenigen zehntausend Neuronen im SCN von Ratten und Goldhamstern wie winzige molekulare Sanduhren arbeiten: Chronometer-Gene produzieren von Tagesbeginn an so lange Proteine, bis ein bestimmtes Niveau erreicht ist. Dann baut die Zelle die Eiweiße wieder ab - bis am Morgen das Spiel von vorn beginnt. Insgesamt tickt so jede Zelle ungefähr in einem 24-Stunden-Rhythmus - manche etwas schneller, manche langsamer. Aus dem Mittelwert dieser zellulären Zahnräder ergibt sich die Dauer der zirkadianen Periode.

Schlaf soll die Kreaturen schützen

Besonders wichtig ist es für jedes Lebewesen, auf die Phänomene Tag und Nacht rechtzeitig zu antworten. "Chemische Reaktionen verlaufen unter Lichtbestrahlung ganz anders als in der Dunkelheit", sagt der Schlaf Forscher Thomas Wehr vom National Institute of Mental Health in Bethesda, Maryland. "Im Verlauf der Evolution hatten sich die Lebewesen für eine der beiden Welten zu entscheiden." In der anderen hieß es, bei reduziertem Energieverbrauch auf bessere Bedingungen zu warten. Deshalb "erfanden" die Organismen die "biologische Nacht" - den Schlaf. Schlaf ist eine "Art Schutzinstinkt. Das Verhaltensprogramm stellt ein Wesen ruhig, damit es in der fremden Welt der Dunkelheit nicht Opfer seiner Neugier wird", meint Scott Campbell. Ein biologischer Kniff, mit dem die physikalische Dauer gekrümmt wird: Schließen wir die Augen, verabschiedet sich unsere bewußte Tageshälfte.

Ohne Schlaf keine Leistung

Menschen brauchen je nach genetischer Ausstattung zwischen sechs und zehn Stunden täglich Schlaf. Und das lässt sich nicht wegtrainieren. Die Funktion, unser Leben vor den Gefahren der

Nacht zu schützen, hat die physiologische Zwangspause zwar verloren. Warum aber ist der Schlaf dann immer noch so wichtig? Eine interessante Hypothese vertritt der Schlafforscher Thomas Wehr. Er glaubt, dass sich bestimmte lebensnotwendige Prozesse gleichsam im Schlaf eingenistet haben, wie etwa die Ausschüttung des Wachstumshormons. Werden sie - mangels Schlafs - unterbrochen, bricht der Organismus zusammen: Ratten, die von Biologen konsequent am Schlafen gehindert worden waren, starben an Unterkühlung. Die US-Army testete in den siebziger Jahren, auf wieviel Schlaf Menschen zur Not verzichten könnten. Nachdem die Soldaten ihren Schlummer um mehr als 40 Prozent reduziert hatten, brach ihre Leistung zusammen.

Die meisten schlafen wenig und obendrein verkehrt

Viele moderne Menschen sind von diesem Zustand nicht allzu weit entfernt. "Keiner weiß mehr, wie es ist, hellwach zu sein", sagt Thomas Wehr. In den letzten 100 Jahren hat sich die durchschnittliche Schlafdauer der Menschen in den Industrieländern um ein Fünftel verkürzt. In den USA häuft jeder Erwachsene über das Jahr eine Schlafschuld von 500 Stunden an - das sind jeden Tag fast eineinhalb Stunden. Dabei ist, wer die Nächte hintereinander nur je vier Stunden geschlafen hat, so benebelt, als betrüge sein Alkoholspiegel 0,5 Promille, eine einzige durchwachte Nacht lähmt die Reflexe wie 0,8 Promille Alkohol im Blut. Die Dauerübermüdung hat zwei Wurzeln: Die Menschen leisten sich nicht genug Schlummer, und außerdem schlafen sie falsch. Denn eine großenteils artifizielle Umgebung gibt uns chaotische Zeitsignale. Mit künstlichem Licht können wir zwar den Tag beliebig verlängern, aber vor allem im Winter sehen wir kaum wirklich den Tag.



© Peter Ginter

Im Schlafzentrum der Universität Regensburg wird mit einem Pupillographen die wechselnde Größe der Pupille registriert - und damit die Müdigkeit

An Schichtarbeit kann man sich nicht gewöhnen

Auch vor dem Fernsehschirm holen sich viele Menschen bis spät abends nicht nur eine Lichtdusche, sondern auch soziale Ansprache, beides Signale, die eine Wachphase auslösen. Morgens steht man dann wie gerädert auf, weil der innere Wecker noch lange nicht so weit ist zu klingeln. Erschöpft schlafen die meisten dann am Wochenende bis in die Puppen - mit dem Effekt, dass ihr Rhythmus erst recht aus dem Takt kommt. Insbesondere Schichtarbeiter müssen sich damit abfinden, dass ihre innere Uhr und das reale Zifferblatt nicht mehr in Einklang zu bringen sind. Ihnen drohen verstärkt Depressionen, Herz-Kreislauf-Beschwerden und Magengeschwüre. "An Schichtarbeit kann man sich nicht gewöhnen", sagt der US-Forscher Scott Campbell "zu stark wirken die äußeren Signalgeber dagegen."

Schlaftherapien als letzter Ausweg

Nachts überwältigt der Schlaf den Erschöpften mit solcher Macht, dass er es nicht einmal merkt: Er sackt plötzlich mit weit aufgerissenen Augen in einen sekundenlangen Mikroschlaf, in dem er mechanisch weiterhandelt, aber nichts mehr wahrnimmt. Bei Busfahrern, Lokführern und Piloten sind nächtliche Mikroschlaf-Episoden geradezu normal.

Thomas Wehr behandelt chronisch übermüdete Menschen mit dem, was sie offenbar am nötigsten brauchen - mit Schlaf. Vier Wintermonate lang schickte er 24 Versuchspersonen jede Nacht für 14 Stunden ins Bett. Dabei beobachtete er Seltsames: Alle begannen voneinander unabhängig einen neuen Rhythmus herauszubilden. Wehr: "Sie teilten ihren Schlaf in fünf Stunden gleich nach dem Zubettgehen und fünf Stunden am frühen Morgen."

Dazwischen lagen die Versuchspersonen völlig still - in einem Zustand zwischen Wachen und Träumen, den sie als etwas ungemein Angenehmes empfanden. Und am Tag berichteten sie von einem nie zuvor gekannten "kristallklaren Bewusstsein". "Wir alle stehen schon nach zwei Dritteln unserer biologischen Nacht auf", klagt der Forscher. Sollten wir also einfach wieder mehr schlafen? In unserer Leistungsgesellschaft eine ketzerische Empfehlung. Wehr selbst hat sein Schlafrezept jedenfalls noch nicht ausprobiert. Er fand dafür bis heute keine Zeit.