

PROF. DR. ANGELA RELÓGIO

DIE **CHRONO** STRATEGIE

Gesünder, fitter, jünger –
im Takt mit der inneren Uhr



G|U

Unsere eBooks werden auf kindle paperwhite, iBooks (iPad) und tolino vision 3 HD optimiert. Auf anderen Lesegeräten bzw. in anderen Lese-Softwares und -Apps kann es zu Verschiebungen in der Darstellung von Textelementen und Tabellen kommen, die leider nicht zu vermeiden sind. Wir bitten um Ihr Verständnis.

Impressum

© eBook: 2024 GRÄFE UND UNZER VERLAG GmbH, Postfach 860366, 81630 München

© Printausgabe: 2024 GRÄFE UND UNZER VERLAG GmbH, Postfach 860366, 81630 München



GU ist eine eingetragene Marke der GRÄFE UND UNZER VERLAG GmbH, www.gu.de

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck, auch auszugsweise, sowie Verbreitung nur mit schriftlicher Genehmigung des Verlages. Die automatisierte Analyse des Werkes, um daraus Informationen insbesondere über Muster, Trends und Korrelationen gemäß § 44b UrhG (»Text und Data Mining«) zu gewinnen, ist untersagt.

Projektleitung: Viola Schmid

Lektorat: Ulrike Schöber, Dortmund

Covergestaltung: ki36 Editorial Design, München, Anika Neudert

eBook-Herstellung: Teresa Klocker

 ISBN 978-3-8338-9554-8

1. Auflage 2024

Bildnachweis

Fotos: Image Professionals

GmbH, www.imageprofessionals.com

Syndication: Bildagentur Image Professionals GmbH,

Tumblingerstr. 32, 80337 München

www.imageprofessionals.com

GuU 8-9554 11_2024_01

Unser E-Book enthält Links zu externen Webseiten Dritter, auf deren Inhalte wir keinen Einfluss haben. Deshalb können wir für diese fremden Inhalte auch keine Gewähr übernehmen. Für die Inhalte der verlinkten Seiten ist stets der jeweilige Anbieter oder Betreiber der Seiten verantwortlich. Im Laufe der Zeit können die Adressen vereinzelt ungültig werden und/oder deren Inhalte sich ändern.

Die GU-Homepage finden Sie im Internet unter www.gu.de

 www.facebook.com/gu.verlag

GRÄFE
UND
UNZER

Ein Unternehmen der
GANSKE VERLAGSGRUPPE

Garantie



LIEBE LESERINNEN UND LESER,

wir wollen Ihnen mit diesem E-Book Informationen und Anregungen geben, um Ihnen das Leben zu erleichtern oder Sie zu inspirieren, Neues auszuprobieren. Wir achten bei der Erstellung unserer E-Books auf Aktualität und stellen höchste Ansprüche an Inhalt und Gestaltung. Alle Anleitungen und Rezepte werden von unseren Autoren, jeweils Experten auf ihren Gebieten, gewissenhaft erstellt und von unseren Redakteur*innen mit größter Sorgfalt ausgewählt und geprüft.

Haben wir Ihre Erwartungen erfüllt? Sind Sie mit diesem E-Book und seinen Inhalten zufrieden? Wir freuen uns auf Ihre Rückmeldung. Und wir freuen uns, wenn Sie diesen Titel weiterempfehlen, in ihrem Freundeskreis oder bei Ihrem Online-Kauf.

KONTAKT ZUM LESERSERVICE

GRÄFE UND UNZER VERLAG

Grillparzerstraße 12

81675 München

www.gu.de

Wichtiger Hinweis:

Die Gedanken, Methoden und Anregungen in diesem Buch stellen die Meinung bzw. Erfahrung der Verfasserin dar. Sie wurden von der Autorin nach bestem Wissen erstellt und mit größtmöglicher Sorgfalt geprüft. Sie bieten jedoch keinen Ersatz für persönlichen kompetenten therapeutischen Rat. Jede Leserin, jeder Leser ist für das eigene Tun und Lassen auch weiterhin selbst verantwortlich. Weder Autorin noch Verlag können für eventuelle Nachteile oder Schäden, die aus den im Buch gegebenen praktischen Hinweisen resultieren, eine Haftung übernehmen.

DIESES BUCH IST DAS RICHTIGE FÜR DICH, WENN ...

- ... du deine tägliche Energie auf ein neues Level heben möchtest.
- ... du dein sportliches Potenzial entfesseln und im Training Spitzenleistungen erzielen willst.
- ... du mental stark sein und Stimmungsstörungen gezielt begegnen möchtest.
- ... dein Herz-Kreislauf-System und Immunsystem gestärkt werden sollen.
- ... du deine Schlafqualität signifikant verbessern möchtest.
- ... du deinen Blutzuckerspiegel regulieren, die Insulinempfindlichkeit verbessern und Entzündungen reduzieren willst.
- ... du nachhaltig Gewicht verlieren und dein Wunschgewicht halten möchtest.
- ... du vorzeitige Alterungsprozesse stoppen oder sogar umkehren willst.

VORWORT

Warum fühlen wir uns tagsüber wacher und energiegeladener und warum neigen wir dazu, uns nachts zu einer bestimmten Zeit müde zu fühlen? Die Antwort liegt in den Rhythmen, die unseren Körper steuern und die eine Symphonie physiologischer Prozesse orchestrieren, die sich etwa alle 24 Stunden wiederholen. Diese zirkadianen Rhythmen – so nennt die Wissenschaft sie – sind keine bloßen Zufälle, sondern fein abgestimmte Mechanismen, die sich über Jahrtausende hinweg entwickelt haben, um uns mit der Erdrotation zu synchronisieren und unser Überleben in einer dynamischen Umwelt zu optimieren. Die zirkadianen Rhythmen beschränken sich jedoch nicht nur auf den Schlaf und das Wachsein. Sie beeinflussen alles: von unserer Stimmung und Leistungsfähigkeit bis hin zu unserem Stoffwechsel und Immunsystem. In diesem Buch schauen wir mithilfe der Wissenschaft, was hinter diesen Rhythmen steckt, und decken das komplizierte Zusammenspiel von Genen, Hormonen und äußeren Einflüssen auf, die unsere zirkadiane Uhr regulieren.

Bei der Vorbereitung dieses Buches hatte ich das große Vergnügen, mit zahlreichen Experten zu sprechen, von Wissenschaftlern über Ärzte bis hin zu aktiven Entscheidungsträgern und Beratern auf den Gebieten der Krankenversicherung, der Langlebigkeit und auch der Frauengesundheit. Die Erkenntnisse aus diesen Gesprächen sind im ganzen Buch verteilt und bereichern den Inhalt mit verschiedenen Perspektiven. Einer dieser Experten ist Michael W. Young, ein Forscher, Professor und Nobelpreisträger, der für seine Beiträge zur Entdeckung der Mechanismen der zirkadianen Rhythmen bekannt ist. Ich habe ihn nach den wichtigsten Erkenntnissen gefragt, die er über diese Rhythmen und deren Bedeutung für uns Menschen vermitteln möchte:

»Wir haben biologische 24-Stunden-Uhren, die sich vor langer Zeit entwickelt haben und nicht nur bei uns Menschen, sondern bei verschiedenen Lebensformen erhalten geblieben sind. Das bedeutet, dass es für uns einen erheblichen gesundheitlichen Vorteil geben muss, sie zu haben, und es deutet darauf hin, dass wir so gebaut sind, um rhythmisch zu sein. Die Störung dieser Rhythmen kann ein ernsthaftes Problem darstellen und sich möglicherweise auf die Wirksamkeit von Medikamenten und das allgemeine Wohlbefinden auswirken. Das Ignorieren dieser Rhythmen kann zu einem Kampf gegen unseren eigenen Organismus und unsere eigene Gesundheit führen.«

(Michael W. Young)

Auf den folgenden Seiten werden wir die Auswirkungen des modernen Lebensstils auf unseren zirkadianen Rhythmus untersuchen. Wir werden sehen, wie künstliches Licht, unregelmäßige Schlafgewohnheiten und Schichtarbeit das empfindliche Gleichgewicht unserer inneren Uhren stören und tiefgreifende Folgen für unsere Gesundheit haben können. Wir werden uns auch mit den neuesten Forschungsergebnissen beschäftigen, die eine Störung der zirkadianen Rhythmen mit dem Altern und einer Vielzahl von Gesundheitsstörungen in Verbindung bringen.

Aber es ist längst nicht alles dunkel und düster. In diesem Buch werden wir auch entdecken, wie einfache Änderungen des Lebensstils einen tiefgreifenden Einfluss auf die Optimierung unserer zirkadianen Rhythmen haben können und uns in die Lage versetzen, ein gesünderes Leben im Einklang mit der natürlichen Uhr unseres Körpers zu führen.

EINLEITUNG: VON DER INNEREN ZEIT DER ZELLEN

Wenn wir über Zeit nachdenken, fokussieren wir uns oft auf die Vergangenheit oder die Zukunft und übersehen dabei den gegenwärtigen Moment. Wir denken darüber nach, wie die Zeit vergeht und wie sich das Leben um uns herum verändert, wie Kinder wachsen oder wie wir älter werden.

Es gibt jedoch eine tägliche Zeit, das Hier und Jetzt. In unserem Körper verfolgt jede Zelle genau diese Zeit, den täglichen Rhythmus, durch einen bemerkenswerten Mechanismus: die innere 24-Stunden-Uhr. Da diese Uhr Rhythmen von ungefähr einem Tag (von Lateinisch *circa* und *dies*) erzeugt, wird sie auch als zirkadiane¹ Uhr bezeichnet. Wir alle haben eine solche zirkadiane Uhr, und unsere Uhr orchestriert die körperlichen, geistigen und verhaltensmäßigen Veränderungen im Laufe eines 24-Stunden-Tages. Sie kann in erster Linie durch Licht und Dunkelheit, aber auch durch Faktoren wie Nahrung, Stress und soziale Interaktionen beeinflusst werden. Sie reguliert wichtige Körperfunktionen wie Schlaf, Hormonausschüttung und Verdauung und hat damit einen großen Einfluss auf unser allgemeines Wohlbefinden.

Im Laufe eines 24-Stunden-Tages folgt unser Körper zirkadianen Rhythmen, die verschiedene physiologische Prozesse regulieren. Abends steigt der Melatoninspiegel an, wodurch wir uns schläfrig fühlen und einen erholsamen Schlaf haben. – Deshalb wird Melatonin auch als Schlafhormon bezeichnet. – Am frühen Morgen erreicht der Melatoninspiegel seinen Tiefpunkt und bereitet uns darauf vor, aufzuwachen und den Tag zu beginnen. Unsere Herzfrequenz und Körpertemperatur steigen allmählich an,

während wir wacher werden. Zwischen dem Vormittag und dem frühen Nachmittag sind unsere Konzentrations- und Reaktionsfähigkeit in der Regel am besten: Das ist also eine ideale Zeit für komplexe Aufgaben und die Lösung von Problemen. Die körperliche Leistungsfähigkeit erreicht am späten Nachmittag oft ihren Höhepunkt, sodass dies eine gute Zeit für Bewegung und Sport ist. Wenn der Abend naht, steigt die Melatoninproduktion wieder an und signalisiert, dass es Zeit ist, zur Ruhe zu kommen. Diese Rhythmen, die in der Grafik auf [≥](#) dargestellt sind, sorgen dafür, dass unser Körper optimal funktioniert und sich an den natürlichen Tag-Nacht-Zyklus des Planeten Erde anpasst.

Vom Schlafverhalten von Säuglingen bis hin zu den Aufwachschwierigkeiten bei Teenagern – unsere innere Uhr prägt unsere täglichen Erfahrungen und bestimmt die für uns optimalen Tageszeiten für Aktivitäten wie Klassenarbeiten, Sport oder die Einnahme von Medikamenten. Leider bleibt diese wichtige Uhr oft unbeachtet, was zu gesundheitlichen Problemen wie sozialem Jetlag² (siehe [≥](#)), Müdigkeit, Depressionen, Stoffwechselstörungen und sogar Krebs beitragen kann.

Es ist an der Zeit, in das faszinierende Reich unserer zirkadianen Uhr einzutauchen. Auf den Seiten dieses Buches begeben wir uns auf eine spannende Reise durch die komplexen Mechanismen unseres inneren Zeitmessers. Vom vielschichtigen Zusammenspiel der Gene und Proteine, aus denen unsere Uhr besteht, bis hin zu ihren tiefgreifenden Auswirkungen auf unsere Gesundheit und unser Wohlbefinden werden wir das Geheimnis des täglichen Rhythmus unseres Körpers erkunden.

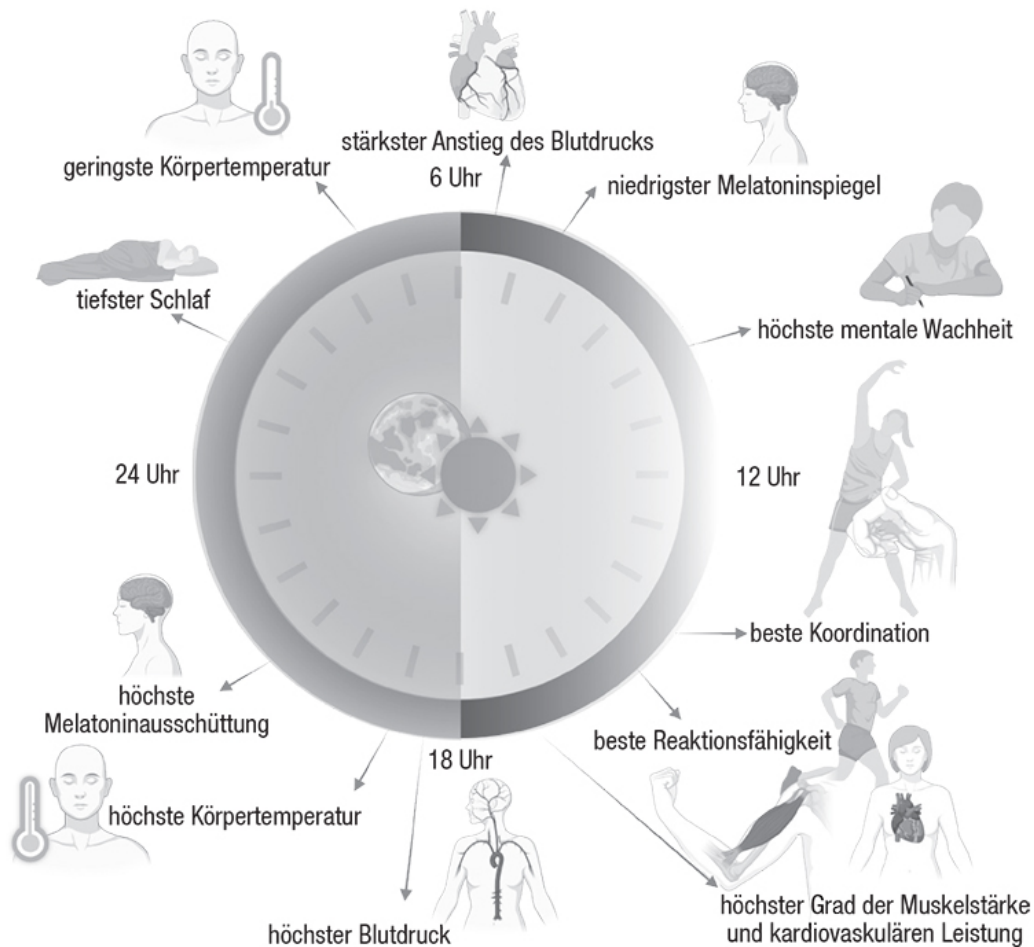
Durch die Betrachtung neuester Forschungsergebnisse und praktischer Anwendungen soll dieses Buch ein umfassendes Verständnis dafür vermitteln, wie zirkadiane Rhythmen unser Leben bestimmen und was wir tun können, damit unsere Uhr richtig tickt. Denn so wie wir eine

mechanische Uhr einstellen können, kann auch unsere innere Uhr eingestellt, vorverlegt oder verzögert werden. Die Faktoren, die unseren inneren 24-Stunden-Rhythmus beeinflussen, zu verstehen und zu steuern, ist für die Erhaltung unserer Gesundheit von entscheidender Bedeutung.

Das Buch beginnt mit der Entwicklung der Chronobiologie als Forschungsgebiet und erläutert die biologischen Grundlagen, um dann zu den Chronotypen und den praktischen Folgen für unseren Alltag und unsere Gesundheit zu kommen. Wer aber wenig Zeit hat und sich für ein Thema besonders interessiert, kann im Buch auch springen und gleich in »seinem« Bereich mit dem Lesen beginnen. Damit das funktioniert, habe ich einige der notwendigen Informationen wiederholt. Außerdem gibt es am Ende des Buchs ein Glossar mit allen wichtigen erklärungsbedürftigen Begriffen.

Ich habe keine geschlechtsneutrale Sprache verwendet, um das Lesen zu erleichtern. Aber der Text und die Informationen in diesem Buch zielen darauf ab, Frauen, Männer und alle Geschlechter gleichermaßen zu berücksichtigen, mit Ausnahme der Abschnitte mit spezifischen Informationen für die weibliche Gesundheit.

Ob nun du als neugieriger Leser, Sie als wissbegierige Leserin oder wir als erfahrene Forscher, ich lade euch alle ein, euch mir anzuschließen und von der tiefgreifenden Bedeutung dieses inneren Zeitmessers erleuchten und inspirieren zu lassen. Ich warne euch jedoch, dass ihr am Ende des Buches von unserer inneren Uhr vielleicht genauso verzaubert sein werdet wie ich. Willkommen in der fesselnden Welt der zirkadianen Rhythmen!



Überblick über den zirkadianen Verlauf physiologischer Abläufe. Die angegebenen Zeiten dienen als Referenz und können individuell abweichen.

- 1 Der Begriff »zirkadian« wurde von Franz Halberg (5. Juli 1919 – 9. Juni 2013), Professor an der Universität von Minnesota und einer der Gründer der modernen Chronobiologie, eingeführt.
- 2 Sozialer Jetlag bezeichnet die Diskrepanz zwischen dem biologischen zirkadianen Rhythmus einer Person und ihrem sozialen Zeitplan, insbesondere ihrem Arbeits- oder Schulzeitplan. Diese Diskrepanz tritt auf, wenn der natürliche Schlaf-Wach-Rhythmus einer Person durch soziale Verpflichtungen gestört wird, die sie dazu

zwingen, zu Zeiten aufzuwachen und aktiv zu sein, die nicht mit ihrer inneren Körperuhr übereinstimmen.

EINS

WIE WIR DIE ZEIT MESSEN

DIE INNERE UHR - UNSER STILLER DIRIGENT

Wie wäre eine Welt ohne Uhren oder andere Geräte, mit denen wir den Ablauf von Stunden, Minuten und Sekunden verfolgen könnten? Würden wir nur in der Gegenwart existieren, ohne Zukunft und ohne Vergangenheit? Das Tageslicht bietet vielleicht einen gewissen Anschein von Tagesrhythmen, aber was wäre, wenn wir in einem isolierten Raum ohne Einwirkung der Außenwelt leben würden? Woher würde unser Körper wissen, wann er was zu tun hat, und wäre das überhaupt wichtig?

Solche Experimente sind tatsächlich mit Menschen durchgeführt worden. Das 1966 von Jürgen Aschoff und Rütger Wever initiierte und später von Jürgen Zulley vom Max-Planck-Institut für Verhaltensphysiologie geleitete Bunkerexperiment hatte zum Ziel herauszufinden, ob der Mensch ähnlich wie andere Spezies über eine eigene innere zirkadiane Uhr verfügt. Die Versuchsteilnehmer hielten sich mehrere Wochen lang in einem stahlverstärkten Bunker in der deutschen Stadt Andechs auf. Der Bunker war fensterlos und verfügte über grundlegende Einrichtungen wie ein Schlafzimmer, eine Küche und eine Dusche. Die Teilnehmer hatten die Kontrolle über die Beleuchtung, die sie nach ihren Vorlieben regulieren konnten.

Wissenschaftler maßen verschiedene Parameter, darunter Schlaf-Wach-Zyklen, Körpertemperatur, Hormonspiegel, kognitive Leistung und körperliche Aktivität. Zu den Verhaltensbeurteilungen gehörten psychologische Tests, Aktivitätsprotokolle und Leistungsaufgaben. Die physiologischen Messungen konzentrierten sich auf die Körperkerntemperatur und die Hormonschwankungen, besonders auf den Melatonin- und Cortisolspiegel. Die Ergebnisse zeigten, dass die Körpertemperatur und die

Aktivitätszyklen der Teilnehmer bei Abwesenheit äußerer Anreize einen Zeitraum (Periode) von etwa 25 Stunden umfassten. Interessanterweise hatten Männer in der Regel eine etwas längere Periode als Frauen. Neuere Studien deuten darauf hin, dass die beobachtete 25-Stunden-Periode auf die Fähigkeit der Teilnehmer zurückzuführen sein könnte, die Beleuchtung zu kontrollieren. Unter streng kontrollierten Laborbedingungen beträgt die innere Periode des Menschen etwa 24,2 Stunden. Eine im Bunkerexperiment getestete Variable war die Auswirkung der Lichtintensität auf den zirkadianen Rhythmus. Aschoff und sein Team manipulierten die Lichtintensität, indem sie die Versuchspersonen entweder schwachem Licht (40 Lux) oder intensivem Licht (200 Lux) aussetzten, wenn sie sich entschieden, das Licht einzuschalten. Sie fanden heraus, dass intensives Licht die circa 24 Stunden lange Periode um etwa 0,7 bis 1 Stunde verkürzte. Dieses Ergebnis blieb auch dann bestehen, wenn die Reihenfolge der Lichtintensität umgekehrt wurde. Spätere Experimente zeigten, dass intensives Licht die Melatoninproduktion unterdrückt, was Aufschluss über die chemischen Faktoren gibt, die den Schlaf beeinflussen.

Das Bunkerexperiment zeigte auch, dass bei einigen Personen der Aktivitätsrhythmus von ihrem Körpertemperaturrhythmus abwich. Bei manchen Teilnehmern trat diese Abweichung sofort bei Beginn des Experiments auf, bei anderen dauerte es Tage bis Wochen der Isolation. In der Regel blieb die Körperkerntemperatur bei einer etwa 25 Stunden dauernden Periode, während der Schlaf-Wach-Rhythmus eine andere Periode annehmen konnte, sodass zum Beispiel einige Teilnehmer 12 Stunden schliefen und 20 Stunden aktiv waren. Dies veranlasste Aschoff zu der Vermutung, dass der Mensch möglicherweise mehr als eine zirkadiane Uhr hat, wobei die biologische Grundlage für diese Entsynchronisierung bis heute noch nicht geklärt ist.

Vor dieser Studie hatte die Wissenschaft bereits festgestellt, dass es bei zahlreichen Pflanzen- und Tierarten innere Uhren gibt, die autonom funktionieren können. Unklar war, ob auch der Mensch einen solchen intrinsischen Rhythmus besitzt oder ob er sich ausschließlich auf äußere Anhaltspunkte verlässt, ohne den Einfluss einer inneren Uhr. Das bedeutendste Ergebnis des Bunkerexperiments war, dass der Mensch tatsächlich eine innere Uhr mit einer Periode von etwas mehr als 24 Stunden aufweist, die auch ohne äußere Zeitgeber weiterläuft. Diese bahnbrechende Studie belegte die Existenz einer inneren biologischen Uhr, die Schlaf, Wachsein und andere physiologische und verhaltensbezogene Prozesse steuert. Das Bunkerexperiment hatte erhebliche Auswirkungen auf den medizinischen Bereich, vor allem auf das Verständnis von Problemen im Zusammenhang mit Schichtarbeit und Jetlag³, denn es belegte die Bedeutung der Übereinstimmung der inneren zirkadianen Uhr mit dem Hell-Dunkel- und Schlaf-Wach-Zyklus.

Wie verschiedene Organismen, von Cyanobakterien⁴ bis hin zu Säugetieren, haben auch wir Menschen einen solchen Zeitmesser entwickelt, der es uns ermöglicht, Umweltveränderungen wie die täglichen Licht- und Dunkelheitszyklen vorherzusehen, darauf zu reagieren und uns daran anzupassen – die innere biologische Uhr. Wir alle haben eine innere Uhr, die wie ein stiller Dirigent das Timing entscheidender Prozesse orchestriert – vom Schlafzyklus bis zur Hormonausschüttung. Die Uhr als unsichtbarer Choreograf sorgt dafür, dass unser Körper seine täglichen Rhythmen im Einklang mit der Erdrotation ausführt. Diese Koordination ist lebenswichtig: Störungen können zu gesundheitlichen Problemen führen.

Tatsächlich hat sich seit dem Bunkerexperiment die Erkenntnis verstärkt, dass die innere Uhr unseres Körpers einen ungefähren 24-Stunden-Rhythmus aufweist, die den

zeitlichen Ablauf verschiedener biologischer Prozesse über einen Zeitraum von 24 Stunden steuern, was genau der Dauer eines Erdumlaufs um die eigene Achse entspricht. Daher werden diese Rhythmen als zirkadian bezeichnet und synchronisieren unsere physiologischen Funktionen mit dem Tag-Nacht-Zyklus der Erde. Während viele von uns den zirkadianen Rhythmus nur mit dem Schlaf-Wach-Rhythmus in Verbindung bringen, geht sein Einfluss weit darüber hinaus und beeinflusst Hormonschwankungen, den Stoffwechsel und sogar kognitive Fähigkeiten auf komplexe Weise. Die Lichtexposition, insbesondere das natürliche Sonnenlicht, spielt eine entscheidende Rolle bei der Regulierung unserer zirkadianen Uhr und signalisiert uns beispielsweise, wann es Zeit ist, wach und aktiv zu sein oder sich zur Ruhe zu begeben.

3 Jetlag ist eine vorübergehende Schlafstörung, die auftritt, wenn die innere Körperuhr oder der zirkadiane Rhythmus einer Person nicht mehr mit der Zeitzone übereinstimmt, in die sie gereist ist. Das passiert, wenn jemand schnell mehrere Zeitzonen durchquert wie bei einem Langstreckenflug.

4 Cyanobakterien, auch bekannt als Blaugrünbakterien, sind ein Stamm von Bakterien, die ihre Energie durch Photosynthese gewinnen. Sie gehören zu den frühesten Lebensformen auf der Erde und haben eine bedeutende Rolle bei der Gestaltung der Atmosphäre und der Ökosysteme unseres Planeten gespielt.

UNSERE VIELEN UHREN UND WIE SIE DIE ZEIT EINHALTEN

Es mag verwundern, aber wir haben nicht nur eine zirkadiane Uhr, wir haben mehrere. Tatsächlich hat praktisch jede Zelle unseres Körpers eine Uhr. Früher sahen Wissenschaftler dieses System von miteinander verbundenen Uhren als ein hierarchisches System an, mit einer Hauptuhr oder einem Schrittmacher, der von der zellulären Uhr in einer speziellen Region des Gehirns gebildet wird, und mit peripheren Uhren in jeder Zelle unseres Körpers. Neue Daten stellen dieses Konzept infrage. Es scheint vielmehr, dass die Kommunikation zwischen den Uhren im Gehirn zum Rest unserer Zellen nicht einseitig erfolgt, sondern eher in beide Richtungen funktioniert. Jedenfalls bilden diese zellulären Uhren zusammen ein System von synchronisierten zirkadianen Uhren und das bedeutet: Jede einzelne zelluläre Uhr tickt zur gleichen Zeit. Diese Synchronität ist entscheidend für die optimale Leistungsfähigkeit unseres Körpers.

Zur Vereinfachung werde ich jedoch die Uhr im Nucleus suprachiasmaticus (SCN) des Gehirns weiterhin als Hauptuhr bezeichnen. Diese zentrale zirkadiane Uhr befindet sich im Hypothalamus⁵ des Gehirns und fungiert als Hauptschrittmacher. Er empfängt Lichtsignale und stimmt den inneren Rhythmus des Körpers auf den äußeren Tag-Nacht-Zyklus ab. Licht ist der stärkste natürliche Zeitgeber, der unsere Hauptuhr im Gehirn erreicht. Das deutsche Wort »Zeitgeber« wird übrigens international in diesem Forschungsbereich verwendet, weil es eine komplexe Idee in nur einem Begriff zusammenfasst. Im Zusammenhang mit zirkadianen Rhythmen bezieht sich der Begriff »Zeitgeber« auf alle externen oder umweltbedingten Faktoren, die die innere biologische Uhr eines Organismus mit dem 24-

Stunden-Hell-Dunkel-Zyklus der Erde synchronisieren oder in Einklang bringen. Der Begriff wurde erstmals von Jürgen Aschoff eingeführt und hat sich aufgrund seiner präzisen Definition, der etablierten Tradition in der Chronobiologie und der Konsistenz, die er in der wissenschaftlichen Kommunikation bietet, in der wissenschaftlichen Gemeinschaft durchgesetzt.

ÜBLICHE ZEITGEBER SIND:

- **Licht:** Die Veränderung der Helligkeit ist für die meisten Organismen der wichtigste Zeitgeber, der den Schlaf-Wach-Rhythmus und andere physiologische Prozesse reguliert.
- **Temperatur:** Tägliche Temperaturschwankungen können für einige Arten, insbesondere Ektothermen⁶ wie Reptilien, als Anhaltspunkte dienen.
- **Soziale Interaktionen:** Bei Menschen und anderen sozialen Tieren kann die wechselseitige Beziehung mit anderen dazu beitragen, die innere Uhr zu synchronisieren.
- **Ernährungszeiten:** Der Zeitpunkt der Nahrungsaufnahme kann die zirkadianen Rhythmen beeinflussen, insbesondere bei Tieren mit unregelmäßigem Nahrungsangebot.

Interessanterweise sind wir Menschen, obwohl wir eine innere zirkadiane Uhr haben, auf äußere Signale wie Licht angewiesen, um unsere Uhr jeden Tag neu zu stellen, damit sie mit der Zeit der Außenwelt übereinstimmt. Ohne diese Signale würde unsere innere Uhr langsam abdriften, sodass wir jeden Tag ein bisschen später aufwachen würden.

LUX - DIE MASSEINHEIT FÜR DAS LICHT

Licht ist ein entscheidender Faktor bei der Regulierung unserer zirkadianen Rhythmen und wird in Lux gemessen. Lux ist eine Maßeinheit für die Beleuchtungsstärke. Es misst die Intensität des Lichts, wie sie vom menschlichen Auge wahrgenommen wird. Lux gibt die Gesamtmenge des Lichts an, das auf eine Oberfläche fällt: je näher an der Lichtquelle, desto höher der Lux-Wert. An einem sonnigen Tag kann die Lichtintensität etwa 100.000 Lux erreichen, während sie an einem bewölkten Tag bei etwa 1000 bis 5000 Lux liegt (siehe [≥](#)). Im Gegensatz dazu ist die typische Innenraumbeleuchtung zu Hause oder in einem Büro viel schwächer, in der Regel etwa 100 bis 500 Lux.

Die Beleuchtungsstärken von Computerbildschirmen, Mobiltelefonen, Fernsehbildschirmen und normalen Haushaltslampen können sehr unterschiedlich sein. Typische Werte, ausgedrückt in Lux, sind:

Computerbildschirme: 30 bis 300 Lux.

Computerbildschirme können je nach Einstellung und Art des Bildschirms (zum Beispiel LCD⁷, LED⁸) unterschiedlich hell strahlen. Die Helligkeitseinstellungen, das Umgebungslicht und die Größe des Bildschirms beeinflussen die Lux-Zahl.

Smartphones: 30 bis 1000 Lux. Die Bildschirme von Mobiltelefonen können recht hell sein, vor allem bei hohen Helligkeitsstufen, die für die Sichtbarkeit im Freien verwendet werden. Bei durchschnittlicher Nutzung in Innenräumen sind die Lux-Werte in der Regel niedriger.

Fernsehbildschirme: 50 bis 500 Lux. Fernsehbildschirme geben je nach Größe, Typ (LCD, LED, OLED⁹) und Helligkeitseinstellung unterschiedlich viel Licht ab. Die Helligkeit kann auch mit dem angezeigten Inhalt variieren.

Normales Licht zu Hause:

- Raumbeleuchtung: 50 bis 300 Lux; die allgemeine Beleuchtung in Wohnräumen, Fluren und Schlafzimmern fällt normalerweise in diesen Bereich.
- Arbeitsbeleuchtung: 300 bis 1000 Lux. Die Arbeitsbeleuchtung in Küchen, Lesebereichen und an Arbeitsplätzen kann höher sein, um ausreichende Sicht für detaillierte Tätigkeiten zu gewährleisten.
- Helle Beleuchtung: 1000 bis 2000 Lux. In Bereichen, die eine sehr helle Beleuchtung erfordern, wie in Badezimmern oder speziellen Arbeitsbereichen, werden möglicherweise hellere Lampen verwendet.

Diese Werte sind typische Bereiche und können je nach Produkt und Umgebung variieren.

Dieser große Unterschied der Lichtintensität drinnen und draußen verdeutlicht, warum der Aufenthalt im Freien während des Tages unsere innere Uhr und unser allgemeines Wohlbefinden erheblich beeinflussen kann. Im Kapitel »Deine Chrono-Strategie« (ab [≥](#)) werden wir mehr über die optimale Nutzung von Licht zur Aufrechterhaltung eines gesunden zirkadianen Rhythmus erfahren. Doch zunächst wollen wir uns darauf konzentrieren, wie unser Körper Lichtsignale verarbeitet.

Die Netzhaut hilft uns nicht nur beim Sehen, sondern sendet über den retinohypothalamischen Trakt (RHT) auch wichtige Lichtinformationen an unsere Hauptuhr im Gehirn, die zur Regulierung unseres Schlafs und unseres Tagesrhythmus beiträgt. Die Netzhaut enthält unter anderem drei Arten an speziellen Zellen:

- Zapfen für das Sehen bei Tageslicht oder anderen höheren Lichtstärken (photopisches Sehen): Sie können Farben erkennen und sind für eine hohe räumliche Sehschärfe verantwortlich;
- Stäbchen für das Sehen bei schwachem Licht (skotopisches Sehen): Sie vermitteln kein Farbsehen und

- haben eine geringe räumliche Sehschärfe;
- intrinsisch photo(=licht)empfindliche retinale Ganglienzellen (ipRGCs): Sie enthalten Melanopsin und sind von zentraler Bedeutung für die innere Uhr.

Melanopsin ist ein sehr lichtempfindliches Photopigment. Melanopsinhaltige Zellen sind wichtig für die Anpassung unserer inneren Uhr an das Licht. Mit zunehmendem Alter vergilbt allmählich unsere Augenlinse, sodass weniger blaues Licht die Netzhaut erreicht. Dies kann zu einer verminderten Aktivierung der Melanopsinhaltigen Ganglienzellen in der Netzhaut führen, die für nicht visuelle Lichtreaktionen zuständig sind. Die Melanopsinhaltigen Zellen können dann ihre Funktion als Synchronisierer der inneren Uhr mit den äußeren Hell-Dunkel-Zyklen nicht mehr richtig erfüllen und das wirkt sich möglicherweise auf den Schlaf und andere Körperfunktionen aus, die von der inneren Uhr abhängig sind.