



Chronobiologie - „Den Seinen schenkt's der Herr im Schlaf!“

Leben hat nicht nur Rhythmus, Leben IST Rhythmus!

Alles, was lebt, folgt bestimmten Rhythmen, zyklischen Abfolgen, und zwar lebenslang. Chronobiologen erforschen, wie, wo und warum dieses Uhrwerk der Natur rhythmisch tickt.

Chronobiologie (Chronos = Zeit; Biologie = Lehre der belebten Natur) untersucht also die zeitliche Organisation physiologischer Prozesse und wiederholter Verhaltensmuster von Organismen.

Biologischen Rhythmen sind nachgewiesene Phänomene - die feine Interaktion und Abstimmung sowohl innerhalb des eigenen Körpers als auch mit der Umwelt wird intensiv beforscht. Bereits Einzeller, sogar Bakterien, haben eine innere Uhr bzw. Taktgeber für Rhythmus. Bei Pflanzen steht die Forschung noch am Anfang, hier scheint bisher vor allem die Vernetzung untereinander besonders wesentlich (z.B. Wald).

2017 wurde sogar der „Nobelpreis für Physiologie oder Medizin“ für die Entdeckung molekularer Mechanismen, die den circadianen Rhythmus steuern, an 3 US-amerikanische Chronobiologen verliehen.

Alle Vorgänge im Organismus sind voneinander abhängig, wirklich alle. Da aufgrund der Erdrotation sich Einflüsse wie Licht und Temperatur zyklisch verändern, haben diejenigen Lebewesen Vorteile, die dem gut angepasst sind. Für uns Menschen bedeutet es: Da wir tagaktiv sind, ist es günstig, wenn wir nachts schlafen.

Dem folgen dann auch alle inneren Uhren, sinnvollerweise. Es ist sinnvoll, da wir meist tags jagen konnten, wenn wir tagsüber essen, also auch die Verdauung nachts ruht. Alle Hormone, alle inneren Organe und die gesamte Körperchemie bis in die einzelnen Zellen funktionieren danach – tags sind wir auf Aktivität gepolt, nachts auf Ruhe und Regeneration.

Unsere inneren Rhythmen benötigen grundsätzlich keine Signale von der Außenwelt. Sinnvollerweise werden sie aber mit dieser koordiniert und synchronisiert – dazu bedarf es Licht und Dunkelheit. Diese Reize erreichen über das Auge den zentralen Taktgeber bzw. Zeitgeber im Zwischenhirn, die Zirbeldrüse.

Dies ist auch insofern ganz wesentlich, als wir ja bedingt durch die Jahreszeiten variable Tageslichtphasen haben – der Körper braucht also Licht (und Dunkelheit), um sich immer neu zu justieren und den Erfordernissen der Außenwelt anzupassen.

Schlaf-Wach-Rhythmus, Herzfrequenz, Atmung, Blutdruck, Körpertemperatur, Hormonspiegel (Cortison, Insulin, Melatonin...), Immunabwehr, Zuckerbildung in der Leber, Fettresorption im Darm, Fruchtbarkeit und Libido, kognitive Leistungsfähigkeit..... all das wird bei uns von inneren feinst abgestimmten Uhren getimt.

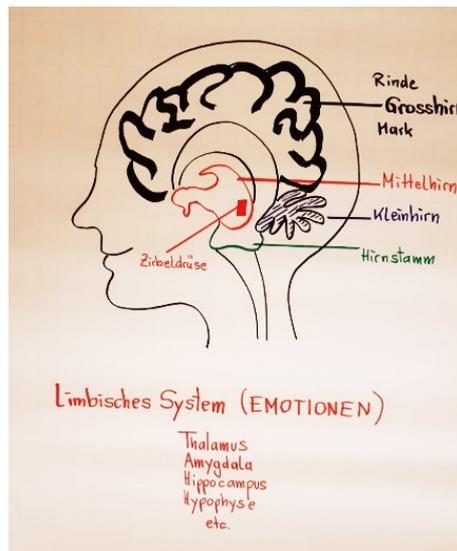
Wenn es also „innere Uhren“ bzw. Taktgeber gibt – wo sind diese denn im Körper?

(ein kleiner Exkurs zum Aufbau des menschlichen Gehirns)

Bei Tieren und uns Menschen konnte man im zentralen Nervensystem (ZNS) mehrere Schrittmacherzentren für die inneren Uhren lokalisieren. Bei uns ist das also im Gehirn.

Wir können das Gehirn anatomisch ganz grob einteilen in:

- 1.) Hirnstamm
- 2.) Kleinhirn
- 3.) Mittelhirn
- 4.) Großhirn



Der Hirnstamm (Blutdruck, Herzfrequenz, Atmung) ist entwicklungs-geschichtlich der älteste Teil, quasi Technikzentrale der Basis-Überlebens-funktionen. Bei Wach-

kompatienten ist es dieser Teil, der den Menschen am Leben erhält. Man nennt diesen Hirnteil auch „Reptiliengehirn“, weil auch bei Reptilien vorhanden:

Das Großhirn als entwicklungs-geschichtlich jüngster Teil, ist unterteilt in (a) dickes Mark – hierzu gehören auch Teile des limbischen Systems - und (b) die nur 5mm dünne Rinde, die in Details individuell wie ein Fingerabdruck ist und Sitz unseres „Bewusstseins“)

Ein zentrales Schrittmacherzentrum ist bisher recht genau erforscht: die sogenannte **Zirbeldrüse**. Inzwischen weiß man aber, es gibt mehrere. Die Zirbeldrüse hat ihren Namen von der Zapfenform der Zirbelkiefer. Es ist eine nur etwa erbsengroße Drüse, die zum sog. Zwischenhirn (s.u.) gehört. Ein genauerer Blick auf diesen Teil unseres Gehirns ist fürs Verständnis wesentlich.

Im **Mittelhirn bzw Zwischenhirn** („Säugetiergehirn“)



Skript zum Vortrag: Chronobiologie - „Den Seinen schenkt's der Herr im Schlaf!“

Dr. Eva Sauberer
Wahlärztin für
Allgemeinmedizin und
Homöopathie

beginnt der Teil des Gehirns, den wir mit allen anderen Säugetieren gemeinsam haben, Antrieb und Lust, alle Gefühle wie Liebe oder Angst,....

Hier liegt auch der Großteil des sog. „limbischen Systems“, das für Emotionen und ihre Verarbeitung verantwortlich ist. (Limbus (lat.) = Saum. Dieses System ist eine funktionelle Einheit, die Anteile dazu liegen etwas verstreut, reichen aber in jeden Bereich auch des Großhirns hinein.)

Das Zwischenhirn (konkret der Thalamus, der zum limbischen System gehört) ist quasi Tor zum Bewusstsein. Jeder Reiz, der in unser Bewusstsein (Großhirnrinde) will, muss zuerst wie durch einen Filter hier durch. Hier wird dann (unbewusst) entschieden, was weitergeleitet wird. (Einzige Ausnahme ist der Geruchssinn – Geruchsreize erreichen das Großhirn direkt.)

Ein Beispiel dazu: Eine schlafende Mutter wird zwar durch den leisesten Mucks ihres Kindes geweckt, nicht aber durch ein laut vorbeifahrendes Auto. Wieswegen? Die akustischen Reize werden im Zwischenhirn bewertet und gewichtet, immer individuell, und nur das wird weitergeleitet als allgemeiner Weckreiz an die Großhirnrinde, was von entsprechender emotionaler Relevanz ist.

Unser Zwischenhirn weiß immer genau, was im Bewusstsein gerade vor sich geht, weil es Rückmeldung von allen Bereichen des Bewusstseins (der Großhirnrinde) erhält.

Ein anderer Teil davon, der den **Thalamus** umschließt, der sog. Hippokampus (= Seepferdchen; er gehört auch funktionell zum sog. Limbischen System), ist sogar so relevant, dass ohne ihn ein Lernen von Neuem unmöglich ist.

Alles, was vom Kurzzeit- ins Langzeitgedächtnis überführt wird, passiert den Hippocampus. Sehr stark ist hier der Bezug zu Emotion, zum sog. emotionalen Gedächtnis. Traumata können dieses Hirnareal sogar schrumpfen lassen (PTSD). Der Hippocampus ist auch der Teil des Gehirns, der zuerst bei Alzheimer-Krankheit betroffen ist. Er kann jedoch bei Gesunden lebenslang wieder verändert werden. Diese sog. Neuro-Plastizität ist nirgendwo im Gehirn so stark, wie hier, ständig bilden sich neue Synapsen!

Für „Angst“ gibt es übrigens ein separates sehr bedeutendes Hirnareal, ebenfalls Teil des limbischen Systems, die Amygdala (Mandelkerne). Man kann allerdings mit Fug und Recht sagen: alles ist mit allem vernetzt!

Emotionen sind fundamental – und Angst ist/war lebensnotwendig, gehört aber gut integriert. Unser gesamtes inneres Milieu wird über Hormone und

Neurotransmitter im Zwischenhirn reguliert (Körpertemperatur, Wachstum, Appetit, Sättigung, Schlaf- und Wachrhythmus, innere Uhren, Energiehaushalt, Sexualtrieb...)

Und hier, in diesem Teil des Gehirns also, befindet sich die Zirbeldrüse, die das primäre chronobiologische Zentrum der Säugetiere darstellt, über das wir die inneren Uhren mit der Außenwelt synchronisieren können. Als solches ist sie abhängig von Lichtreizen, die über Auge-Netzhaut-Sehnerv dorthin gelangen. Die Zirbeldrüse selbst entstand in der Evolution aus Photorezeptorzellen! Man kann also verstehen, weswegen man manchmal von „3. Auge“ spricht (Übrigens finden sich in der Netzhaut der Augen ebenfalls noch Melatonin produzierende Zellen, also Photorezeptorzellen).

Die Zirbeldrüse produziert das Hormon **Melatonin** (aus Serotonin), das den Tag-Nacht-Rhythmus steuert. Sie ist somit unbedingt lichtabhängig! Die Produktion von Melatonin wird durch Licht gehemmt – Dunkelheit hebt diese Hemmung auf, somit wird in der Dunkelheit vermehrt Melatonin produziert. Die Konzentration steigt in der Nacht also an, bei jungen Menschen viel deutlicher als bei alten. Es induziert u.a. den Tiefschlaf und stimuliert die Ausschüttung von Wachstumshormon. („Über Nacht bist du schon wieder gewachsen!“ könnte also stimmen) Abgebaut wird Melatonin in der Leber und die Ausscheidung erfolgt über den Harn. Tagsüber bzw. in sonnenhellen Zeiten findet somit keine Melatoninsynthese statt und das Serotonin, aus dem es gebildet wird, bleibt anderwertig für unseren Körper verfügbar.

Serotonin gilt als „Glückshormon“ – es wirkt stimmungsaufhellend und ist für einen gesunden Funktionsablauf vor allem im Zwischenhirn ganz wesentlich, weil eben dort unsere emotionalen Zentren beheimatet sind. (Viele Antidepressiva erhöhen den Serotoninspiegel.)

Im Winter, wenn das Tageslicht gering und der Tag kurz ist, bleibt der Melatoninspiegel auch tagsüber höher. Müdigkeit, Schlafstörungen und die sog. „Winterdepression“ hängen u.a. damit zusammen. In der dunklen Jahreszeit sind wir durchaus ein wenig auf „Winterruhe“ gepolt, wir haben ein größeres Schlafbedürfnis, der Antrieb ist eher reduziert, wir haben insgesamt mehr Appetit und vor allem auf üppige Speisen („der Körper ist bestrebt, Winterspeck anzusetzen“). Nun ist das alles in unseren Breiten ganz normal und unsere Körper können damit wunderbar umgehen – wenn wir denn demgemäß unseren Lebensrhythmus auch justieren! Menschen funktionieren weder 24h lang gleich noch im Jahresverlauf, das gilt für Männer und Frauen, wobei bei Frauen in den fruchtbaren Jahren nochmal monatliche physiologische Schwankungen dazukommen.



Skript zum Vortrag: Chronobiologie - „Den Seinen schenkt's der Herr im Schlaf!“

Dr. Eva Sauberer
Wahlärztin für
Allgemeinmedizin und
Homöopathie

All das ist natürlich und sinnvoll. Schichtarbeit hingegen ist es nicht.

Melatonin wirkt aber auch auf viele andere Prozesse, beispielsweise auf einen Teil des Gehirns, der besonders relevant für Lernen und Erinnern ist (Hippocampus, s.o.). Und zwar wirkt Melatonin eher bremsend auf die Funktionen im Hippocampus, was darauf hinweisen könnte, dass man bei Dunkelheit schwerer Neues lernt. U.a. damit kann zusammenhängen, dass Kinder in Schulen meist erst später am Vormittag wirklich gute Leistungen bringen – wenn es eben (auch winters) etwas heller ist. Vorrangig aber hängt das damit zusammen, dass Kinder spätestens ab der Pubertät tendenziell „Eulen“ sind, also lange schlafen MÜSSEN (früh zu Bett gehen hilft da wenig). Und dass in Klassenräumen die Beleuchtungsstärke generell weit zu gering ist!

Melatonin hemmt auch u.a. die Bildung von Sexualhormonen – leicht verständlich wird somit, weswegen die Fruchtbarkeit/Empfänglichkeit in den hellen und warmen Monaten größer ist.

Und erwähnenswert ist auch, das Melatonin der körpereigene stärkste Radikalfänger, also das stärkste Antioxidans, ist! Also ist es ein natürlicher sehr starker Zellschutz – wenn genug davon produziert wird.

Nachts, wenn der Melatoninspiegel hoch ist, sinkt unter dem Einfluss dieses Hormons auch unsere Körpertemperatur um mindestens 1/2 bis zu 1 Grad ab, alle Stoffwechselprozesse verlangsamen. Diese Körperkühle macht müde, wir erleben das an uns, wenn wir abends überlang wach bleiben und frösteln. Die insgesamt Verlangsamung des Stoffwechsels (z.B. sinkt auch die Herzfrequenz, Atemfrequenz) erlaubt eine bessere Regeneration des ganzen Körpers. Das Immunsystem arbeitet dann auf Hochtouren – alles „von selbst“ während wir schlafen.

Wenden wir uns also diesem Phänomen zu: dem Schlaf-Wach-Zyklus!

Dieser Rhythmus ist bekannt als **circadianer Rhythmus**, also sich etwa 1x in 24h wiederholend.

Um dies zu beforschen, wurden und werden seit Jahrzehnten (beginnend erst um 1970) intensive Versuche mit Probanden gemacht, was eindeutig herausgefunden wurde: Wenn man Menschen ganz ohne Tageslicht und ohne jeden externen Taktgeber, also ohne jeden Hinweis, welche Tageszeit es ist, leben lässt – dazu gingen Freiwillige bis zu 6 Monate in unterirdische Bunker – dann leben sie alle nach ihrer „inneren Uhr“, deren Tage dann 24-26 Stunden lang waren. Also im

Schnitt 25h, gut 1h länger als sonst. Die „innere Uhr“ geht also nach. Sie schliefen aber alle zumindest in den ersten Wochen rund 1/3 ihrer „gefühlten Zeit“, also etwa 8h täglich

Je länger aber die Experimente dauerten umso chaotischer und divergenter wurden die Schlaf-Wach-Rhythmen. Manche Probanden verkürzten ihre Wachzeit, andere verlängerten sie und schliefen manchmal nur alle 33 Stunden; die Bunker“tage“ (im Bunker gab es nur Wachzeit und Schlafzeit, ohne natürliches Licht keinen Tag und keine Nacht – man benannte als Nacht eben die längste Schlafphase) wurden also länger oder kürzer, während für die Beobachter in der Außenwelt freilich weiterhin 24h Tage galten. Und recht bald vermuteten die Forscher, dass es eine vererbte Neigung geben könnte, bei manchen deutlich spürbar, bei anderen kaum, lange oder kurze Aktivitätsphasen zu haben, Nachtmensch oder Morgenmensch zu sein.

Die Bezeichnung freilich macht erst Sinn, wenn man

Bezug zum allgemeinen 24h Tag nimmt – dann spricht man nämlich von „Eulen“ (sie sind bis spät in die Nacht noch aktiv, schlafen aber danach bis weit in den Vormittag) und „Lerchen“ (sie gehen gerne früh zu Bett und stehen auch wesentlich früher auf.)

Weiters fand man bei diesen Experimenten heraus: die Temperatur der Probanden schwang recht konstant im 25h-Rhythmus weiter, auch dann, wenn ihr Schlafrythmus sich veränderte! Somit ist die Körpertemperatur also über eine zusätzliche eigene innere Uhr geregelt – die

unter unseren Alltagsbedingungen eben gut mit der Schlaf-Wach-Rhythmik synchronisiert wird. Im künstlichen Milieu des Bunkers wurden die Uhren desynchronisiert, was sehr unangenehm empfunden wurde.

Inzwischen wissen wir, es gibt unzählige innere Uhren, auch auf molekularer Ebene unserer Körperzellen, sie alle sind von Natur aus fein abgestimmt und brauchen zur Synchronisation klare Rhythmen und Taktgeber. Einer der am besten beforschten externen Taktgeber ist der Wechsel von Tag und Nacht, von Licht und Dunkelheit.





Skript zum Vortrag: Chronobiologie - „Den Seinen schenkt's der Herr im Schlaf!“

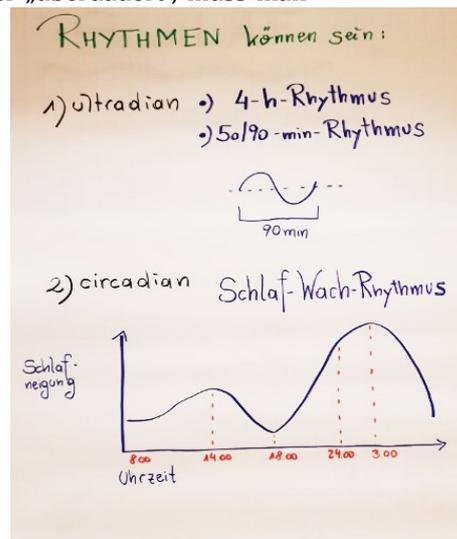
Dr. Eva Sauberer
Wahlärztin für
Allgemeinmedizin und
Homöopathie

Interessant ist auch, wenn wir von Zeit sprechen, zu definieren, was in der Chronobiologie darunter gemeint ist: Zeit entsteht aus den periodischen Abläufen, die sich das Leben selber schafft, um sinnvoll zu takten. Es sind also Rhythmen.

Mit unseren 24h-Uhren haben wir ein probates aber sehr plumpes Maß, auf das wir uns beziehen. In und um uns lebt es und es surren eine unbekannte Anzahl feinsten Uhrwerke, von Schimmelpilz bis Rose, von Blaualge bis Mammutbaum, von Pantoffeltierchen bis Blauwal...

Es gibt darüber hinaus Zyklen, die wir alle gut kennen, die Hochs und Tiefs unserer Energie, die Phasen von Aktivität (Hoch) und Ruhe (Tief), die alle Menschen im gesamten Tagesverlauf haben. Man nennt dies **ultradiane Rhythmen** (weil sie mehrmals im Tagesverlauf auftreten, also kürzer sind) Altersabhängig sind diese Zyklen unterschiedlich:

Beim Säugling dauert ein solcher Zyklus **50 Minuten**, beim Erwachsenen **90 Minuten**. Jeweils kurz vor dem Absinken in die Ruhe öffnet sich eine Pforte in den Schlaf. Wenn man diese verpasst oder „überdauert“, muss man nicht selten einen vollen Zyklus warten, bis man wieder in Einschlafstimmung kommt. Junge Eltern kennen das leidlich. Aber auch unser Alltag als Erwachsene ist unerschwinglich von diesen Zyklen durchgezogen, und etwa alle 90 Minuten macht man gerne Pause, driftet bei der Arbeit in Tagträume usw. Auch im Schlaf setzt sich dann diese 90 Minuten-Rhythmik fort im Wechsel der Schlafphasen!



Aber warum schlafen wir? → Weil wir müde werden.

Und warum werden wir müde? → Zum einen, weil es unsere biologische(n) Uhr(en) vorgibt/vorgeben (siehe Bunker-Tests und Zirbeldrüse), zum anderen, weil unser Nervensystem sich regenerieren muss.

Ein lange aktiv gewesenes Gehirn will Schlaf und braucht Schlaf, um sämtliche Inputs zu sortieren und sich zu regenerieren. Wir häufen „Schlafschuld“ an, es entsteht „Schlafdruck“. Wer seine Uhr überhört und sozusagen „Schlafschuld“ angehäuft hat, der muss sie auch abzahlen, indem er Schlaf nachholt. Das geht nur bedingt gut, weil es ja zuwider die innere Uhr läuft. Wer meistens einem gesunden Rhythmus gemäß lebt, verkraftet Abweichungen auch viel besser.

Wir wissen nun bereits: es gibt eine lichtabhängige Steuerung des Schlaf-Wachrhythmus, die über das in der Zirbeldrüse produzierte Melatonin wirksam wird.

Es muss noch andere Steuerungen des Schlaf-Wachrhythmus geben, die eben auch im Bunkermilieu (ohne Tageslicht) wirksam werden konnten. Was weiß man inzwischen darüber?

Man hat ein sog. „**AROUSAL-System**“ nachgewiesen, das uns wachhält. Es ist ein Netzwerk aus mehreren Nervenknotten, die in unterschiedlichen Teilen des Gehirns liegen (also für unterschiedliche Funktionen verantwortlich sind, ein solcher Nervenknotten liegt zum Beispiel im Bereich der Amygdala und ist für Angst zuständig...) und alle untereinander verbunden sind. Dieses Netzwerk leitet dann gebündelt Erregungswellen ans Großhirn.

Dank dieses AROUSAL-Systems können wir uns konzentrieren und wach bleiben, auch, wenn wir schon müde sind. Aber eben nicht unbegrenzt lange. Lässt die Erregung dieses Systems nach, zum Beispiel weil die spannende Lektüre ausgelesen ist, die Arbeit getan (oder der Sessel besonders bequem, denn auch solche Einflüsse werden registriert), dann kippt man manchmal buchstäblich in den Schlaf.

Das kann beim sog. 1-Sekunden-Schlaf übermüdeten Autofahrer lebensgefährlich werden.

Was ist also der Gegenspieler des AROUSAL-Systems, das dann den Schlaf einleitet?

Es gibt ein „**Einschlafzentrum**“, das aktiv werden muss und zugleich das AROUSAL-System hemmen, wenn wir tatsächlich einschlafen. Dies geht in der Regel eben nicht schlagartig, sondern allmählich – wir nennen das „müde werden“. Dieses Einschlafzentrum liegt im Hypothalamus, also einem Bereich des Zwischenhirns. Seine Ausläufer sind mit dem AROUSAL-System in Verbindung; diese beiden Bereiche unterdrücken sich gegenseitig, wie ein Ein/Aus-Schalter.

Damit es eben nicht so schlagartig kippt, braucht es modulierenden Einfluss. Dieser Einfluss wird durch den im Hypothalamus (Teil des limbischen Systems!) gebildeten Botenstoff Orexin ausgeübt. Orexin erregt zwar das Wachzentrum, hemmt aber das Schlafzentrum nicht – es wirkt wie eine kleine Unwucht. Darum wechseln wir nur selten schlagartig von fest schlafend zu hellwach.

Das Abschalten des Bewusstseins ist genau besehen ein kontinuierlicher Prozess, die Schlaftiefe bzw. wann



Skript zum Vortrag: Chronobiologie - „Den Seinen schenkt's der Herr im Schlaf!“

Dr. Eva Sauberer
Wahlärztin für
Allgemeinmedizin und
Homöopathie

welches Schlafstadium auftritt wird vom Thalamus (wir wissen inzwischen, er gehört als „Tor zum Bewusstsein“ zum limbischen System) reguliert. Er arbeitet wie ein Rhythmusgenerator, als Taktgeber für die im EEG von der Großhirnrinde ableitbaren Wellenmuster. Die typ. „Schlafspindeln“ entstehen hier. Das ist der vermutlich meist wirksam werdende Ablauf.

Allerdings hat man kürzlich in isolierten Großhirnzellen ebenfalls die Fähigkeit nachweisen können, die langen Wellen des Tiefschlafs zu erzeugen! Von der Theorie eines einzigen alles entscheidenden Schlafzentrums muss man also wieder Abstand nehmen – es könnte also sein, dass unsere Großhirnrinde, wenn sie wirklich übersättigt ist, von sich aus beginnen kann, sich in Schlaf zu takten. Die Forschung geht weiter.

bleiben wir beim Normalzustand für uns: Tag mit Tageslicht, Nacht mit Dunkelheit.

Wie arbeitet dann unser Schlaf/Wach-Rhythmus im Detail?

Man konnte experimentell nachweisen, dass die Schlafneigung des Menschen nachts am größten ist - und es am frühen Nachmittag („Siesta“) eine weitere weniger starke Schlafneigung gibt.

Das ist der circadiane Schlafrythmus, mit einem klaren maximalen Schlafneigungsgipfel nachts.

Es ist eben NICHT egal, wann man schlafen geht. Es gibt Zeiten, da wehrt sich der Körper fast dagegen. Und andere, wo er es nahelegt.

Man spürt das, wenn man zum Beispiel nach einer durchwachten Nacht im Lauf des frühen Vormittags wieder wacher wird („gut durchhält“) und dann aber am frühen Nachmittag (Siestazeit) oft umso deutlicher wieder müde wird. Nicht selten wird man frühabends nochmal wacher, bevor man wirklich einschlafen kann und den versäumten Schlaf nachholen.

Dieses Nachholbedürfnis von versäumtem Schlaf belegt spürbar den sog. homöostatischen Faktor: der Körper ist bestrebt, unseren Schlafdrang möglichst auf gleichem Niveau zu halten. Phasen von wenig Schlaf gefolgt von Phasen mit viel Schlaf sind zwar möglich, aber ungesund.

Wir haben also zum einen den Einfluss der inneren Uhr, zum anderen den des Schlafdrucks. Die innere Uhr wählt ein passendes Schlafenster, der Schlafdruck (abhängig davon, wie lange wir wach sind) entscheidet wesentlich mit über Geschwindigkeit des Einschlafens, Dauer und Struktur des Schlafs.

Bei ungestörtem gesunden Schlafrythmus regeln diese beiden Komponenten in Abstimmung bei der Mehrzahl der Menschen auf 16 Stunden Wachzeit und 8 Stunden

Schlaf. Ein Nickerchen (Siesta) kann etwas Schlafdruck abbauen, weil dieser sich einfach summiert aus der geschlafenen Zeit.

Umgekehrt wissen wir mittlerweile, dass hoher Schlafdruck die Deltawellen nach Einschlafen deutlich anzahlmäßig zunehmen lässt, die den Tiefschlaf kennzeichnen. Wir holen Schlaf vorwiegend mit mehr Tiefschlafphasen nach (dazu weiter unten mehr).

Das bedeutet aber, dass Nachholschlaf nie dasselbe Schlafmuster aufweist, wie gesunder Normalschlaf! Der REM-Phasen, in denen wir hauptsächlich träumen, werden nämlich von inneren Uhren/Rhythmen gesteuert, diese Phasen finden sich im zeitversetzten Nachholschlaf oder Nickerchen kaum. Sie treten (bei Erwachsenen) etwa alle 90 Minuten auf (die 90-Minuten-Zyklen, die sich über alle 24h ziehen, sind uns schon begegnet im Text) und in späterer Nacht viel eher als in den ersten Schlafstunden. Schichtarbeiter, die tags schlafen müssen, haben meist zu wenig REM-Schlaf. Es ist eben NICHT egal, wann wir schlafen!

Gehen wir zum Beispiel ungewöhnlich spät zu Bett, kann es sein, dass wir zur gewohnten Zeit (ohne Wecker) aufwachen, als Folge der inneren Uhren bzw. der tageszeitabhängigen Schlafneigung; selbst dann, wenn wir noch unausgeschlafen sind (also der Schlafdruck noch nicht abgebaut werden konnte). Machen wir tags ein Nickerchen, baut das zwar Schlafdruck ab – aber auf Kosten einer gesunden Schlafarchitektur (siehe: Schlafstadien).

Unser Schlaf/Wachmuster folgt also einer klaren zirkadianen Uhr, die einmal pro Tag auf und nieder schwingt. Es gibt aber auch kürzere, sog. **ultradiane Rhythmen**, die schneller als die Hauptuhr schwingen:

Der 90 (oder 50) Minuten Rhythmus der Schlafzyklen und der 4-Stunden Rhythmus.

Beide Rhythmen überlagern sich und modulieren den Hauptrhythmus. Man kann das anhand der Schlafentwicklung von Kindern studieren.

Anfangs beherrschen die ultradianen Rhythmen beim Neugeborenen das Geschehen. Sie schlafen rund um die Uhr etwa alle 4 Stunden ein, also in 6 Etappen. Jedes dieser Schläfchen dauert dann einen oder mehrere Schlafzyklen. Die Schlafzyklusdauer ist beim Neugeborenen aber nicht 90 Minuten, sondern etwa 50 Minuten. Je älter die Kinder werden, desto dominierender wird der Tagesrhythmus. Meist wird das nach 1-2 Monaten schon spürbar. Außerdem lässt der Gesamtschlafdruck etwas nach. Der Vormittagsschlaf (meist nur eine Stunde, also ein Zyklus) verschwindet zuerst, der Mittagsschlaf wird aber noch lange beibehalten. Man muss auch berücksichtigen, dass das Einschlafen über AROUSAL-System und Schlafzentrum



Skript zum Vortrag: Chronobiologie - „Den Seinen schenkt's der Herr im Schlaf!“

Dr. Eva Sauberer
Wahlärztin für
Allgemeinmedizin und
Homöopathie

geregelt wird (s.o.). Viel Aktivität und Emotionen lassen uns alle oft nicht leicht und rasch einschlafen. Wenn man so das Einschlafenster versäumt, das sich ja aus der inneren Rhythmik der Schlafzyklen ergibt, kann es sein, man muss etwa eine Stunde warten, bis das nächste Einschlafenster kommt (beim Kind) oder gar 1 ½ Stunden (beim Erwachsenen).

Das ist der Grund, weswegen wir das Tagwerk (man beachte den Namen ☺) beizeiten abschließen und ruhige, entspannende Tätigkeiten für abends wählen sollten. Kein später Kaffee, nicht spät schwer essen, kein helles Licht und keine aufregenden Filme (am besten gar keine Bildschirmzeit zu später Stunde), keine starke körperliche Aktivität abends. So kommt das Gehirn zur Ruhe. Dann kann das Einschlafen meist problemlos ablaufen:

Melatonin aus der Zirbeldrüse wird nur bei Dunkelheit ausgeschüttet und ist unser stärkstes Zeichen für den Körper, dass er demnächst schlafen kann. Die Herzfrequenz nimmt ab, die Schläfrigkeit steigt. Die wichtigste Organantwort auf Melatonin ist aber, dass die Blutgefäße der Extremitäten weit werden. Dadurch sinkt die Körpertemperatur im Körperkern. (Tagsüber regelt der Körper es genau umgekehrt, indem er den Körperkern bestrebt ist warm zu halten.) Der Körper kann sich das nun erlauben, weil die Körpertemperatur im Schlaf sowieso niedriger gehalten werden soll.

Vermutlich darum wirken Wollsocken, Kneipp Anwendungen an den Beinen oder Thermophor an den Beinen so schlaffördernd, aber die Temperatur im Schlafzimmer sollte kühl gewählt werden.

Der Melatoninanstieg beginnt also bereits vor dem Einschlafen und setzt sich im Schlaf weiter fort. Während das Melatonin steigt, sinkt die Körpertemperatur. Diese beiden Prozesse kehren sich zur Mitte unserer Schlafzeit um, dann, wenn die chronobiologische Schläfrigkeit ihr Maximum erreicht. Zu keinem anderen Zeitpunkt sind wir mehr auf Schlaf gepolt als nun: Cortisol ist auf einem Tiefstand, Temperatur oft nur 36°C und Puls und Blutdruck so niedrig, dass wir, werden wir geweckt, nur schwer auf Touren kommen und deutlich frieren. (Das sind die Bedingungen, unter denen das Immunsystem am besten arbeitet!) Unsere Stimmung ist auf einem Tief (was wir nur merken, wenn wir geweckt werden). Wer um diese Zeit wach wird und beginnt, über Probleme zu grübeln, findet schon darum kaum positive Lösungen. Das mag viel trösten, die meinen, der nächtliche Trübsinn sei ein krankhaftes Zeichen. („Morgen sieht die Welt wirklich besser aus – vor allem, wenn es ein sonniger, heller Morgen ist und das Melatonin rasch abgebaut.“)

Etwa 2 Stunden vor dem Aufwachen beginnt der Körper sich aufs Wachwerden vorzubereiten. Ganz in Nähe der Zirbeldrüse (in der Hypophyse) wird nun ein Hormon

freigesetzt, das die Nebennierenrinde stimuliert, Cortisol abzugeben. Gleichzeitig steigen auch andere Stresshormone, z.B. Adrenalin. So wird der Körper in Aktivitätsbereitschaft versetzt. Cortisol hat sogar frühmorgens seinen physiologischen Höchstwert. Das hemmt das Immunsystem. Und weiters wird nun auch die Leber veranlasst, Zucker zu produzieren und in die Blutbahn abzugeben, für Aktivität. Die Durchblutung der Muskeln steigt, Temperatur, Herzfrequenz und Blutdruck ebenfalls.

Spannend ist, dass wir selber den Zeitpunkt beeinflussen können, wann das Cortisol-Hoch kommt! Es setzt nämlich früher ein, wenn wir den Wecker früher stellen und so ein frühes Aufstehen erwarten. Der Körper übernimmt das und bereitet sich aufs Wachwerden schon mal vor. So können manche Menschen auch recht pünktlich ohne Wecker wach werden. Besonders gut natürlich, wenn es ziemlich konstantem Rhythmus folgt, also bei Schichtarbeitern klappt das meist nicht.

Auch wenn wir Zeitzonen überfliegen ist das spürbar, beim Jet-Lag. Der Schlaf/Wachrhythmus stellt sich vergleichsweise rasch um. Aber die Hormonproduktion bzw. der Stoffwechsel ist länger aus dem Rhythmus. Wir sind also nach einem 8 Stunden Schlaf oft noch nicht fit.

Was passiert denn noch alles Gutes und Heilsames in uns, während wir schlafen?

Nun, das Immunsystem arbeitet auf Hochtouren, neue Abwehrzellen werden produziert, das Knochenmark liefert neue rote Blutkörperchen und auch neue Muskelzellen werden produziert. Über das Wachstumshormon wird die Zellteilung aktiviert, das wiederum fördert Wundheilung und regt die Regeneration aller Organe an. Es werden nachts Fettspeicher verbrannt, um all dies zu bewerkstelligen. Der Schlaf, und besonders hier der Tiefschlaf, ist Jungbrunnen und Heilpaket in einem. Gestörter Schlaf und weniger Schlaf insgesamt, vor allem weniger Tiefschlafphasen, kann mit Ursache für Alterungsprozesse sein, Vielschläfer altern langsamer.

Die einzelnen Schlafstadien

Über die Schlafstadien und damit den Aktivitätszustand des Gehirns gibt das EEG gut Auskunft, das die Hirnwellen bzw. Hirnstrommuster misst.

Sind wir wach, überwiegen Beta-Wellen. In Tiefenentspannung (auch in Hypnose zum Beispiel) sind es hauptsächlich Alpha-Wellen, die das Gehirn produziert. Nun ist man einschlafbereit. Während des Einschlafens selber beginnen Abermillionen Nervenzellen, sich noch enger aneinander zu koppeln und ihre Erregbarkeit zu reduzieren – sie konzentrieren sich quasi auf sich selbst. Als Zeichen davon wird der Hirnstromrhythmus



Skript zum Vortrag: Chronobiologie - „Den Seinen schenkt's der Herr im Schlaf!“

Dr. Eva Sauberer

Wahlärztin für
Allgemeinmedizin und
Homöopathie

langsamer: *Theta-Wellen* tauchen auf. Das ist der sog. Halbschlaf, wir erkennen ihn daran, dass hier manchmal Muskeln heftig zucken. Die Kurzzeitspeicher des Gehirns werden nun laufend gelöscht. Immer dann, wenn Thetawellen auftauchen, wird die Umwelt ausgeblendet; wir dösen.

Wenn wir entspannt sind und keine störenden Umweltreize auftreten, finden sich bald nur noch Thetawellen. Nun sind wir richtig eingeschlafen. In dieser Phase dann tauchen plötzlich sog. *Schlafspindeln* als Erregungsmuster im EEG auf. Wir wissen, dass sie vom Thalamus ausgehen, einem speziellen Bereich des Zwischenhirns, das in die Großhirnrinde verschaltet ist. Auch ein anderes Muster taucht auf, das *K-Komplex* genannt wird. In dieser Schlafphase, dem sog. leichten Schlaf, verbringen wir etwa die Hälfte unserer gesamten Schlafdauer. Die Phase ist aber auch nur ein Durchgangsstadium.

Anschließend werden die K-Komplexe häufiger und länger, es beginnt ein neuer Rhythmus, gekennzeichnet durch die sog. *Delta-Wellen*. Das nun ist der Tiefschlaf. Auch er beginnt also nicht schlagartig, sondern man driftet aus dem leichtschlaf allmählich in den Tiefschlaf. Aus ihm sind wir nur schwer zu wecken und wenn, dann lange schlaftrunken. Und diese Schlafphase ist von enormer Wichtigkeit auch für Lernen und Erinnerungsvermögen! Jetzt trainiert das Gehirn, wiederholt, was gemerkt werden soll, vergleicht, sortiert und besetzt mit Emotionen. Das Gehirn ist so aktiv, wie im Wachzustand – aber in anderer Weise!

Ein spezielles Schlafstadium ist der bekannte REM-Schlaf (rapid eye movement) – man bezeichnet das als eigenes Schlafstadium, weil es so sonderbar ist. In diesem Stadium arbeitet das Gehirn maximal, aber der Rest des Körpers ist maximal reduziert, speziell Muskelbewegungen der Extremitäten sind unmöglich. Wir träumen! (Inzwischen weiß man, dass man auch in anderen Schlafphasen träumt – allerdings weniger intensiv und nur bruchstückhaft.)

Diese Schlafstadien folgen nun wiederum einem **Schlafprofil**, getaktet von einer inneren Uhr.

Ein Erwachsener hat typischerweise einen 90 Minuten

langen Zyklus (bekannt aus den ultradianen Rhythmen, s.o.), während dessen er alle Schlafstadien durchwandert, zuletzt REM.

In einem Nachtschlaf hat man, je nach Schlafdauer, etwa 5 solche Zyklen. Mit zunehmender Schlafdauer wird der Schlaf weniger tief und die REM Phasen länger. Gegen Morgen zu kann der REM Schlaf sogar bis zu 45 Minuten dauern.

Alle Menschen wachen während des Schlafs mehrmals (bis zu 25x) auf. Das war lebenswichtig, man konnte seine Umgebung wahrnehmen und sich versichern, dass alles ok ist. Dann schläft man binnen Sekunden weiter. Und man kann seine Position im Schlaf verändern, so stellt der Körper sicher, dass alles gut durchblutet ist.

Nun schlafen aber junge und alte Menschen nicht gleich.....

Säuglinge und Kleinkinder haben einen 50 Minuten Zyklus (also innerhalb von dieser Zeit durchlaufen sie sämtliche Schlaf-Stadien) und sowohl REM als auch Tiefschlafphase dauern wesentlich länger. Sie wachen viel seltener ganz auf, der Schlaf ist weniger fragmentiert (wenn sie erstmal einen soliden Schlafrhythmus entwickelt haben).

Und: Kinder sind fast alle „Lerchen“ – sie schlafen früh ein und wachen früh auf. Mit der Pubertät aber stellt sich das bei den meisten drastisch um: sie werden „Eulen“. Spät noch munter, morgens kommen sie nicht aus dem Bett.

Alte Menschen schlafen seichter, REM und Tiefschlaf sind kürzer und sie wachen öfter auf. Und: Vor allem ältere Menschen werden wieder lerchenhaft... („bettflüchtig“).

Dieser sog. Chronotyp des Menschen ist nämlich zum einen genetisch – ändert sich zum anderen aber in typischerweise, wie beschreiben, mit dem Alter. Auch Geschlechtsunterschiede gibt es. Frauen sind eher lerchenhaft als Männer.

Wenn wir nun unseren inneren Rhythmen folgen oder zuwider leben, was hat das für Folgen?

Unsere vielen Uhren sind genauso getaktet, dass wir dann am belastbarsten und leistungsfähigsten sind, wenn wir unserer Evolution nach mit den größten Belastungen zu rechnen haben/hatten.

Die geistige Aufmerksamkeit steigt morgens (nach gutem Schlaf) rasch an und hält sich auf sogar noch leicht ansteigendem Niveau bis in den frühen Abend/späten Nachmittag. Aber: unter Wahrung von Pausen – vor allem mittags/frühnachmittags gibt es gesteigertes Schlafbedürfnis!





Skript zum Vortrag: Chronobiologie - „Den Seinen schenkt's der Herr im Schlaf!“

Dr. Eva Sauberer
Wahlärztin für
Allgemeinmedizin und
Homöopathie

Das Kurzzeitgedächtnis funktioniert morgens am besten. Auf das Langzeitgedächtnis können wir am Nachmittag besser zugreifen. Für komplexe Arbeiten die logisch vernetztes Denken verlangen ist der späte Vormittag ideal. Schnelle körperliche Reaktion dürfen wir eher am späten Nachmittag erwarten (da hören wir am besten und auch die Schmerzverarbeitung arbeitet am intensivsten). Muskelkraft und Ausdauer sind ebenfalls zu der Zeit am höchsten, also bietet sich das an, um Sport zu betreiben. Um diese Zeit setzt der Körper Krafttraining am ehesten in Muskelwachstum um. Aber bitte beachten: das sind statistische Mittelwerte! Jeder Mensch ist auch chronobiologisch durchaus individuell nuanciert. Darüber hinaus gibt es in uns eine Art Zeitgedächtnis: wenn wir zu bestimmter Zeit auf etwas trainiert wurden, können wir darauf zu dieser Uhrzeit auch am besten zugreifen.

Auch die Medizin entdeckt die Chronobiologie: Medikamente wirkten nicht zu jeder Tageszeit gleich. Bei Chemotherapie wird das allmählich schon berücksichtigt, die Nebenwirkungsrate reduziert sich drastisch. Ein anderes Beispiel: nachts nimmt die Lungenaktivität ab, Cortisolspiegel sinken. Deswegen sind nachts auch oft Asthmaanfälle bei an Asthma erkrankten Menschen zu verzeichnen. Lungenfachärzte haben reagiert und abends oft höhere Dosierungen der Medikation verordnet. Neue Medikamente müssen oft nur noch einmal (abends) eingenommen werden. Auch wer künstliche Hormongaben einnimmt, muss beachten, dass der Körper immer seinen Hormonspiegel überwacht und justiert: zum Tageshoch erzeugt er nur dann viel Cortisol, wenn es zuvor niedrig war. Deswegen sollte man Cortisonpräparate morgens nehmen. Auch Blutdruckmedikamente müssen genau getaktet sein; der Körper ist bestrebt, ein nächtliches Tief als Erholung fürs Herz beim Blutdruck und der Herzfrequenz einzuhalten. Das gilt es, medikamentös „nachzubauen“.

Insgesamt kann man sagen, dass ein chronisches Leben wider unsere Natur das Risiko für Herzinfarkt, Adipositas, Diabetes und viele andere Krankheiten deutlich erhöht. Gerade auch psychische Störungen wie Depressionen oder auch Schizophrenie weisen gehäuft Schlafstörungen aus – wobei hier Ursache und Wirkung sicher verzahnt sind. Eine starke Entkopplung der inneren Uhren konnte mittlerweile für viele psychische Krankheiten nachgewiesen werden. Und Licht- und Verhaltenstherapie sind erwiesenermaßen medikamenteneinsparend.

Wie können wir nun für einen guten und gesunden Schlaf sorgen?

„Licht ist mit Abstand der stärkste Zeitgeber!“

Je älter wird werden, desto wichtiger werden äußere

Zeitgeber für unsere inneren Uhren. Wir müssen uns quasi „eintakten“. Es gibt unzählige Studien dazu, wie zum Beispiel bei Alzheimer Patienten helles Licht die völlig chaotischen inneren Rhythmen wesentlich stabilisieren kann. Einfach nur Tageslichtlampen im Aufenthaltsraum installiert und der Schlaf/Wach Rhythmus der Patienten wurde um vieles besser!

Auch bei Schulkindern wurde belegt: helles Licht steigert die Leistung und Konzentrationsfähigkeit enorm! Schulklassen sollten sämtliche mit entsprechenden Leuchtkörpern ausgestattet sein.

Vor allem vormittags wäre es für jeden von uns ganz wesentlich, viel ans Licht zu gehen, idealerweise kombiniert man das im Freien, da hat man Bewegung, Frischluft und Tageslicht. Wer das nicht kann, sollte auf jeden Fall Lichtduschen installieren, einfache Lampen zum Beispiel am Arbeitsplatz oder am Frühstückstisch, die dem Tageslicht nahe kommen. So vertreibt man Melatonin und taktet sich auf Tagesrhythmus, bringt sich bioenergetisch in Schwung. Morgendliches Licht verstärkt die Amplituden der inneren Uhren. Lichtduschen wirken außerdem dem typischen Winterblues entgegen, hierbei ist die Datenlage so gesichert, dass das eigentlich Krankenkassen zahlen müssten. Auch bei milden Depressionen kann man Medikamente sparen, wenn man die Patienten morgens regelmäßig ins Freie schickt. Darüber hinaus wird der Einsatz von Lichtweckern wird von Chronobiologen sehr befürwortet.

Was morgens das helle, blaulastige Licht an Positivem bringt, das bringt uns spätnachmittags und abends warmes gedämpfteres Licht. Alle Leuchtkörper in Räumen sollten mit leistungsstarken tageszeitabhängig schaltbaren LED-Lampen bestückt sein – das wäre für jede Firma, jede Schule und jeden Büroraum von großem gesundheitsfördernden und leistungsfördernden Einfluss.

Frischluftpausen in Firmen und Schulen, mindestens 2x15 Minuten am Arbeitstag, wären von großer Wichtigkeit. Und in Privatheimen sollte man sich entsprechend ähnlich sinnvoll den Tag einteilen und das, was man an Licht und Dunkel um sich hat. Unsere Melanopsin-Zellen in der Netzhaut der Augen messen die Helligkeit und leiten die Information tief ins Gehirn, direkt zur zentralen inneren Uhr im Bereich des Zwischenhirns (Bereich der Zirbeldrüse, siehe dort). Passt die Information aus der Außenwelt zum Rhythmus der inneren Uhr, wird diese gestärkt und das Wohlbefinden steigt deutlich.

Optimal ist dafür immer die Helligkeit des Tageslichts von bis zu 100.000 Lux. So gesehen ist Winterurlaub in der Sonne – entweder hoch in den Bergen oder aber am Meer – das Beste in der dunklen Jahreszeit.



Skript zum Vortrag: Chronobiologie - „Den Seinen schenkt's der Herr im Schlaf!“

Dr. Eva Sauberer
Wahlärztin für
Allgemeinmedizin und
Homöopathie

Und auch sonst: raus ins Freie! Das alles wirkt besonders, wie gesagt, wenn es analog der inneren Rhythmen abläuft, wenn man sich also nicht der ungesunden 24h-Gesellschaft unterwirft, die längst die Nacht zum Tag macht. Wir haben es in unserer Gesellschaft oft weder tags ausreichend hell, noch nachts ausreichend dunkel. Beides hat dramatische Langzeitfolgen!

Wir quälen uns meist morgens unausgeschlafen aus dem Bett, zu einer Zeit, die nicht unserem chronobiologischen Rhythmus und unserem Typ entspricht. Gerade bei Teenagern in der Schule ist das wirklich zutiefst wider deren Natur! Leistungsschwäche ist unausweichlich.

Dann arbeiten wir nicht selten längere Zeit lustlos und nicht auf unserem Leistungslevel, nach der Mittagspause bleibt leider kaum jemandem Zeit für eine Rast oder Siesta. Einziger Trost ist es, abends früher heim zu kommen – doch den Feierabend genießt man etwas matsch.

Der soziale Druck zu Aktivität ist aber in unserer Gesellschaft enorm, so macht man zu Unzeit vielleicht etwas Sport oder geht aus, andere sitzen stundenlang vor TV oder Computer, was einem ruhigen Tagesausklang wieder entgegensteht. Es wird nicht entspannt und vor allem: es wird nicht dunkel! Wir schlafen so oft schwer ein, manche helfen sich mit Alkohol („Schlaftrunk“). Der Schlaf mag dann zwar rasch eintreten, aber er ist nicht so natürlich und in der Architektur deutlich anders, als wenn man einen gesunden Rhythmus leben würde. Wieder ist man morgens müde... ein Teufelskreis. Was tun?

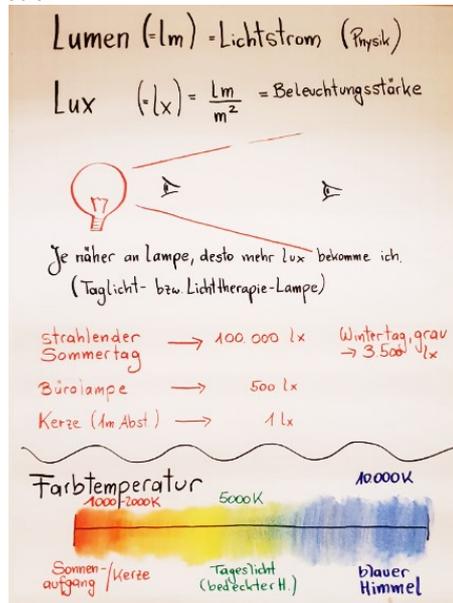
Meiden sich abends und nachts Licht. Es ist wie ein Energieloch, weil Melatonin abgebaut wird und der Schlafrythmus stetig gestört. Wer bis Mitternacht oder in die frühen Morgenstunden vor Lichtquellen wie Bildschirmen sitzt, arbeitet komplett entgegen seiner biologischen Uhren.

Freilich gibt es Eulen, die abends ein Leistungshoch haben – aber diese Menschen (in ihrer Extremform selten) brauchen dann heruntergelassene lichtdichte Rollos und müssen ungestört weit in den Tag hinein schlafen können. Kaum einer hat diese Möglichkeit. Meiden wir abends Licht – Badezimmerlampen kann man abends vielleicht dimmen oder bei Kerzenlicht ein abendliches Bad nehmen und Zähne putzen. Gewohnheit, die sich lohnt.

Lampen sollten tagsüber mindestens 5000 Kelvin haben und je mehr Lux, desto besser. Abends hingegen maximal

2000 Kelvin und maximal 100 Lux.

Die Farbtemperatur wird in Kelvin gemessen. Warmes (gelbliches) Licht hat etwa 1000-3000 Kelvin. Kerzenlicht etwa 2000 Kelvin. Tageslicht hat etwa 5000 Kelvin. Ein strahlend blauer Himmel etwa 10 000 Kelvin.



Die Lichtstärke wird in Lux gemessen. Es ist die Einheit, die angibt, wieviel Lumen auf eine bestimmte Fläche fallen. Der Abstand zur Lichtquelle bzw. die beleuchtete Fläche ist somit relevant.

An einem hellen Sommertag werden im Freien etwa 100.000 Lux gemessen. An einem bedeckten Wintertag nur um die 3.500 Lux. Eine Kerze aus einem Meter Abstand hat ca. 1 Lux.

Im Büro arbeitet man meist bei 500 Lux am Schreibtisch.

Das ist von der Arbeiterkammer als Mindestanforderung so vorgeschrieben. Nun kann man verstehen, wieso bei Büroarbeit die innere Uhr, die Tageslicht braucht, langfristig leidet.

Lichtduschen, wie sie im Handel für den Hausgebrauch oder auch Ordinationsgebrauch erhältlich sind, sollten 10.000 Lux (bei 20cm Abstand) auf jeden Fall haben. Je nach Abstand vom Gerät nimmt die Lux-Zahl natürlich ab, bei 60 cm hat man nur mehr etwa 2.500 Lux. Aber das ist allemal 5x so viel wie herkömmliches Bürolicht!

Leben wir gemäß unserer Natur, finden wir in der Regel guten, erholsamen Schlaf und sind tagsüber weitaus leistungsfähiger, insgesamt gesünder.

Dann kann man durchaus sagen:

„Den Seinen schenkt's der Herr im Schlaf!“

Dr. Eva Sauberer
Eisenstadt, 23. November 2018