Jugendliche und Lichtverschmutzung

B. Knab

Lichtverschmutzung ist ein Indikator für die 24-Stunden-Gesellschaft. Diese beeinflusst mit, wie sich Chronotyp und Schlaf im Jugendalter verändern. Beide wirken sich auf Gesundheit und schulische Leistungsfähigkeit aus.

Stichwörter: Lichtverschmutzung, Synchronisierung, Desynchronisierung, Chronobiologie, zirkadianer Rhythmus, Jetlag

1 Einleitung

Der Mensch als biologisches Wesen ist tagaktiv: Er handelt bevorzugt dann, wenn sich die geographische Region, wo er sich aufhält, gerade der Sonne zuneigt. In der Dunkelheit muss er seine Aktivitäten schon deshalb reduzieren, weil das menschliche visuelle System eine Mindesthelligkeit benötigt. Andererseits tut er den größten Teil der Nacht etwas, was zunächst aussieht wie Nichthandlung: Er schläft.

Die enge Koppelung menschlicher Aktivitäten an den Tag hatte und hat mentale Folgen, psychisch wie ideologisch. So halten bis heute fast alle menschlichen Kulturen die Helligkeit für besonders wertvoll, viele Religionen verliehen der Sonne selbst göttlichen Status (Abb. 1). Das führte zu einer eher negativen Bewertung der Dunkelheit und mit ihr des Schlafes selbst. Nachts aktiv sein wie am Tag – davon träumten Menschen jahrhundertelang. Heute ist der Traum erfüllbar, und das zu verfolgen, gilt als modern und jung – bis hin zu Rainer Werner Faßbinders Satz, der so berühmt wie unsinnig ist: „Schlafen kann ich noch, wenn ich tot bin."

Nächtliche Aktivität erfordert künstliche Lichtquellen. Die haben wir inzwischen mehr als genug, und allein in Deutschland fließen 16% des gesamten Stromverbrauchs in die Beleuchtung, innen wie außen (Stand 2010); das ist etwa jede sechste Kilowattstunde (80 TWh, [1] S. 117). Heute leben Europäer einen 24-Stunden-Tag, der unseren Kontinent so beleuchtet, dass er nachts aus dem All gut zu erkennen ist (siehe Beitrag Schroer und Hoelker, S. 4).

Allmählich zeigen sich jedoch diverse Kosten: So schadet die flächendeckende Außenbeleuchtung mindestens den nachtaktiven Insekten, stört die Orientierung der Zugvögel, irritiert wandernde Fische und behindert Fledermäuse beim Jagen. Sie überstrahlt auch die Sterne [1]. Folgerichtig kritisieren inzwischen vor allem Biologen und Astronomen das Phänomen und bezeichnen es als „Lichtverschmutzung" [1]. In der Chronobiologie heißt es neutraler „Light at night" (LAN) – doch auch das hat Folgen.

Abb. 1: Sonnenaufgang am Ostufer des Ganges in Varanasi/Benares, Uttar Pradesh, Indien. Hier, in der „Stadt des Lichts" geht die Sonne spektakulär auf, sehr schnell und sehr strahlend. Tausende Hindus kommen jeden Tag hierher, um die Sonne und mit ihr Gott Shiva zu verehren – teils von Booten aus, teils am westlichen Steilufer sitzend, teils voll ins Wasser eintauchend. Foto: Knab

2 Zirkadiane Rhythmen, Licht und Lichtverschmutzung

Ob „Lichtverschmutzung" bzw. LAN Menschen direkt etwas kostet, etwa gesundheitlich, ist eine Frage, der man längst wissenschaftlich nachgeht. Zwar sind Nachtdienste in der Regel unbeliebt. Dennoch würden viele Menschen spontan jede negative Verbindung zwischen ihrem Befinden und LAN weit von sich weisen. Erleben sie es doch vor allem als positiv, dass sie ihr Leben relativ unabhängig von der Tageszeit führen können. Jugendliche machen an Nachtaktivitäten sogar fest, wie „erwachsen" sie bereits sind.

2.1 Biologische Rhythmen und Zeitgeber

Evolutionär ist der menschliche Organismus allerdings ganz klar an das Sonnenlicht angepasst und damit an die Zeit auf der Erde [2]. Das funktioniert selten linear; viele Prozesse verlaufen nämlich rhythmisch, wobei die Periodenlängen von Sekundenbruchteilen (z. B. EEG) bis zu Jahreszeiten reichen.

Zu den auffälligsten Rhythmen gehört der von Schlafen und Wachen. Wie einige weitere ist er „zirkadian", hat also eine endogene Periodenlänge von etwa 24 Stunden. Jeder Zirkadianrhythmus weicht etwas von 24 Stunden ab, und zwar jeder anders. Sie schwingen erst im 24-Stunden-Takt und miteinander synchron, wenn äußere Ereignisse sie darauf eichen.

Sonnenlicht und Zeitmessung

Im 19. Jahrhundert wurden die bis heute gültigen Zeitzonen festgelegt. Sie orientieren sich im Prinzip an den Meridianen; bei 360 Grad der ganzen Erdkugel entspricht eine Stunde 15 Längengraden. Als nullter ist der Meridian definiert, an dem die Londoner Sternwarte Greenwich liegt. Er bestimmt die Westeuropäische Zeit (WEZ): Wenn in Greenwich (und damit auf dem ganzen Längengrad) die Sonne astronomisch im Zenit steht, ist es 12:00 Uhr WEZ. Theoretisch würde die WEZ von 7,5° West bis 7,5° Ost reichen. Praktisch ist es anders: Auf dem Festland liegen Le Havre in Frankreich und Valencia in Spanien ungefähr auf dem Nullmeridian, trotzdem haben Frankreich und Spanien MEZ.

Unsere Mitteleuropäische Zeit (MEZ) ist die astronomische Zeit des 15. Längengrads Ost (15° E). Der geht mitten durch Österreich, Deutschland dagegen liegt fast durchwegs westlich davon; lediglich die östlichste deutsche Stadt liegt auf 15° Ost, nämlich Görlitz. Theoretisch müssten alle Orte westlich von 7,5° E bereits WEZ haben, etwa Aachen auf 6° E, aber weil das praktisch unsinnig wäre, gilt die MEZ im ganzen Land. Die um eine Stunde frühere Sommerzeit (MESZ) ist allerdings noch weiter entfernt von der Sonnenzeit: Sie entspricht dem Sonnenstand auf 30° E; da liegen St. Petersburg oder (ca.) Antalya.

Aus ökonomisch-organisatorischen Gründen gelten MEZ wie MESZ allerdings nicht nur in ganz Deutschland, sondern auch in Frankreich und Spanien. Tatsächlich steht die Sonne aber in Madrid (3,7° W) erst im Zenit, wenn die Uhr bereits 13:15 zeigt, und während der Sommerzeit sogar erst um 14.15 Uhr. Die Westeuropäer richten sich jedoch auf ihre Weise nach der Sonne: Das öffentliche Leben dort beginnt nicht vor 9 Uhr.

Kasten 1: Die Uhrzeit orientiert sich am Sonnenlicht, allerdings aus praktischen Gründen nicht konsequent. Zeitgeber ist aber vor allem das Sonnenlicht selbst, weniger die Uhrzeit als solche. Deshalb muss man die Relation von Sonnenlicht und Uhrzeit berücksichtigen, wenn man das Vorhandensein bzw. die Abwesenheit des Zeitgebers Licht diskutiert.

Diese Ereignisse sind „Zeitgeber" (siehe Beitrag von Bromundt, S. 32). Der effektivste Zeitgeber ist helles Licht, insbesondere Sonnenlicht, bzw. die Abwechslung von Licht und Dunkelheit. Aber auch regelmäßige soziale Ereignisse wirken als Zeitgeber, etwa Arbeits- bzw. Schultage oder Essenszeiten [2, 3]. Diese richten sich ihrerseits nach der lokalen Uhrzeit.

Neben Schlafen und Wachen schwingen vor allem die Körperkerntemperatur und die Konzentration des „Dunkel"-Hormons Melatonin zirkadian, teilweise auch die ausgeschiedene Cortisol-Menge. Verschiebt man den Schlaf, etwa um zu feiern, verschieben sich die anderen zirkadianen Rhythmen allerdings nicht automatisch mit. In diesem Fall sind die Rhythmen „desynchronisiert", wenn auch nur kurz.

Desynchronisierung kann subjektiv sehr unangenehm sein, wie das Beispiel des Jetlags zeigt [3]. Jetlag entsteht dann, wenn sich Menschen per Flugzeug in eine um mehrere Stunden entfernte Zeitzone begeben; da hinken die Rhythmen immer hinterher, je weiter entfernt, umso länger. Wer Jetlag hat, wird zu unpassenden Zeiten müde oder hungrig, und wenn er oder sie einschläft, ist der Schlaf schlecht. Das liegt daran, dass das System zunächst noch entsprechend der (hier) mitteleuropäischen Zeit tickt. Die Jetlag-Symptome verschwinden erst, wenn Sonne und soziale Zeitgeber am Zielort die biologischen Rhythmen „geeicht" haben. Das geht beim Schlafen schneller, bei der Körpertemperatur dauert es länger [2]. Es kann pro Zeitzone bis zu einem Tag brauchen, bis sich alle Rhythmen angepasst haben.

Jetlag belegt nebenbei, wie vorteilhaft es ist, dass die biologischen Rhythmen endogen gerade nicht im 24-Stunden-Takt laufen, sondern für die Eichung Zeitgeber benötigen. Ein ausschließlich endogener Rhythmus könnte sich nämlich gar nicht umstellen.

Um die Zeitgeberfunktion des Sonnenlichts an einem bestimmten Ort wissenschaftlich zu analysieren, orientiert man sich normalerweise an der Uhrzeit. Das allerdings kann auch in die Irre führen, weil die Uhrzeit in Europa keineswegs überall mit der Sonnenzeit identisch ist (siehe Kasten 1). Dementsprechend muss man drei Gegebenheiten berücksichtigen:

a) die Unterschiede zwischen Sonnenstand und Uhrzeit,
b) die Unterschiede zwischen MEZ und MESZ, und
c) die Unterschiede in den Helligkeitsdauern auf dem gleichem Längengrad, die aus der Entfernung zum Nordpol resultieren.

2.2 Synchronisierung und Sommerzeit

Normalerweise verlaufen die drei wichtigsten zirkadianen Rhythmen etwa so:

a) **Schlafen und Wachen:** Sieht man von Mittagsschläfchen ab, schlafen Menschen ab dem Kindesalter in der Nacht und wachen während des Tages. Da sich die Tageslänge im Laufe des Jahres verändert – je polnäher, umso stärker –, gilt das jedoch nur ungefähr. Fast immer gibt es Dunkelzeiten, in denen zumindest Erwachsene wach sind, und helle Stunden, wo Kinder schlafen.
b) **Körperkerntemperatur:** Sie erreicht ihr Minimum in den frühen Morgenstunden zwischen 2 und 4 Uhr und ihr Maximum am Nachmittag. Das gilt allerdings genau genommen für die astronomische Zeit, also die der Sonne.
c) **Melatoninsekretion:** Sie beginnt, wenn es dunkel wird und erreicht ihr Maximum am frühen Morgen, kurz bevor die Körpertemperatur auf dem Tiefststand ist.

Die Zeitgeber können diese Rhythmen gut synchron halten, wenn Uhrzeit und Sonne in einer festen Relation stehen – also auch dann, wenn die Uhrzeit den Sonnenstand nicht genau abbildet wie in Westfrankreich und Spanien. Chronobiologisch sinnvoll beginnt dort einfach alles eine Stunde später, wenn der Sonnenstand dem bei MEZ in Deutschland und Österreich entspricht (Kasten 1).

Zweimal im Jahr erleben alle Europäer so etwas wie einen Mini-Jetlag: Die Umstellung auf die Sommerzeit bzw. die Rückkehr zur MEZ. An diesem Tag muss jeder einzelne Mensch seine zirkadianen Rhythmen von neuem synchronisieren. Bis zur Nacht der Umstellung orientieren sich die inneren Uhren am Verhältnis von Sonnenstand und sozialen Zeitgebern, insbesondere an Schul-, Arbeits-, Verkehrs- oder Essenszeiten. In dieser Nacht verschiebt sich die Uhrzeit um eine Stunde, und damit die sozialen Zeitgeber. Weil aber das Sonnenlicht gleich bleibt, stimmt die Relation nicht mehr.

Aus diesem Grunde liefern die Zeitgeber Sonnenlicht und Soziales (inklusive Uhrzeit) dem zentralen Taktgeber SCN (Suprachiasmatischer Nucleus, siehe Beitrag Bromundt S. 32) scheinbar widersprüchliche Informationen. Es dauert, bis diese wieder zur Deckung kommen, und zwar länger als bei einem natürlichen Jetlag von einer Stunde, etwa nach Griechenland oder in die Türkei. Der Grund: Dort passen Uhrzeit und Licht zusammen.

Die Folgen der Zeitumstellungen sind wissenschaftlich gut untersucht. Yvonne Harrison [4] hat sie kürzlich zusammengefasst: Demnach schlafen Menschen nach jeder Umstellung mindestens eine Woche lang schlechter und kürzer. Sehr gut belegt ist auch, dass in dieser Zeit die Anzahl der Unfälle zunimmt, insbesondere im Straßen-

verkehr. Auch Herzinfarkte und Schlaganfälle häufen sich mindestens in der Woche nach der Umstellung. Entgegen einer häufig geäußerten Vermutung sind die Folgen in Frühjahr und Herbst ziemlich ähnlich.

3 Chronotypen und sozialer Jetlag

Für manche Menschen ist jeder Tag eine Art Sommerzeitbeginn. Ihre zirkadianen Rhythmen laufen nicht synchron mit der Uhrzeit, der Abstand kann sogar erheblich mehr betragen als eine Stunde. Als Begriff dafür hat sich „Sozialer Jetlag" durchgesetzt, weil sich in der Folge die zirkadianen Rhythmen mehr oder weniger von den sozialen entkoppeln. Das kann dazu führen, dass die biologischen Rhythmen selbst auch noch untereinander desynchronisieren; das ist eine Schlafstörung, die DSPD heißt (Delayed sleep phase disorder, verschobene Schlafphase).

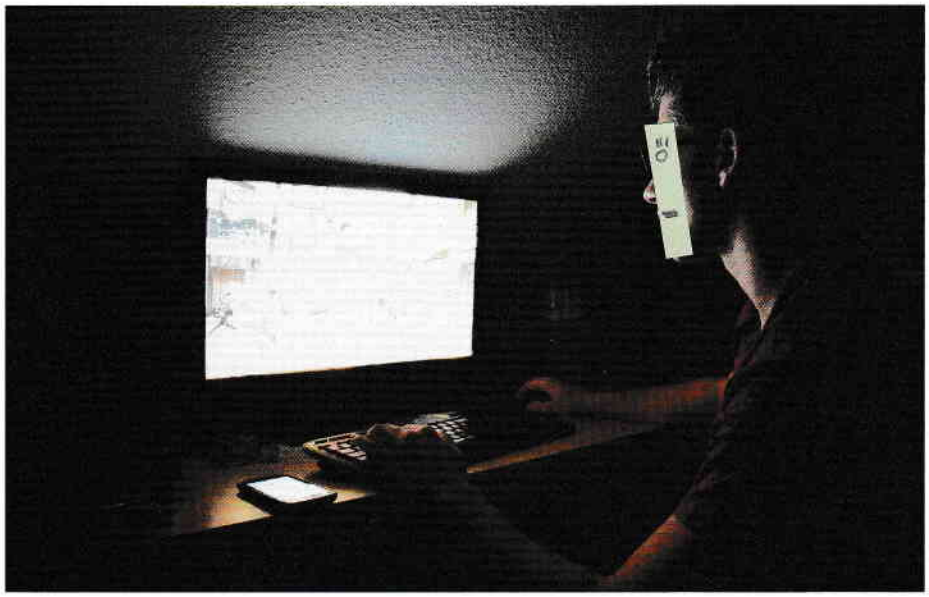

Abb. 2: Jugendlicher vor nächtlichem Bildschirm

Foto: Rosengart

3.1 Chronotypen: Morgen- und Abendtypen

Sozialer Jetlag hat verschiedene Ursachen, neben Schichtarbeit ist das vor allem der „Chronotyp". Der Begriff beschreibt die Tatsache, dass die zirkadianen Rhythmen nicht bei allen Menschen gleich ausgeprägt sind. Zwar kommen mindestens 60 Prozent der Erwachsenen mit den üblichen Schlafens- und Aktivitätszeiten gut zurecht, sie sind „normale" Chronotypen. Aber je etwa 20 Prozent sind extreme Abendtypen (AT) oder extreme Morgentypen (MT) [5]. Die Übergänge sind fließend.

Chronotypen zeigen sich zunächst am Verhalten, und zwar am Schlafverhalten: Extreme Morgentypen (MT – „Lerchen") wachen früh auf. Sie sind sehr schnell hellwach, halten aber abends relativ schlecht durch. Die gesellschaftliche Organisation kam ihnen immer entgegen, erst in der 24-Stunden-Gesellschaft bekommen sie Probleme.

Extreme Abendtypen (AT – „Eulen") dagegen werden gegen Abend immer fitter und erst sehr spät müde. Morgens tun sie sich sehr schwer mit dem Aufstehen, könnten länger schlafen, als die soziale Organisation erlaubt, und brauchen unter Umständen Stunden, bis sie hellwach sind. ATen schlafen tendenziell zu kurz, weil sie später schlafen gehen, aber trotzdem aufstehen müssen; so geraten sie leichter in ein Schlafdefizit.

Selbst bei extremen Chronotypen verlaufen die zirkadianen Rhythmen synchron, solange sie gesund sind. Wer sich mit starkem Willen abends länger wach hält, ändert damit nicht seinen Chronotyp. So erreicht das Melatonin – dessen Produktion beginnt, wenn es dunkel wird – bei ATen seine maximale Konzentration erst bis zu drei Stunden später als bei MTen. Das Minimum der Körpertemperatur erreichen ATen etwa zwei Stunden später als MTen [5], die Mehrheit der Erwachsenen liegt irgendwo dazwischen (s. o., zwischen 2 und 4 Uhr morgens).

Insofern hat der Chronotyp eine biologische Basis, die Genetik eingeschlossen [5]. Der „Goldstandard" für die Ermittlung des Chronotyps ist der Tagesverlauf der Körpertemperatur. Die meisten Fragebögen korrelieren hoch damit. Starr ist der Chronotyp dennoch nicht. Zum einen ändert er sich mit dem Lebensalter (3.2). Zum anderen eichen die Zeitgeber die zirkadianen Rhythmen, verlängern oder verkürzen sie. So können sie Rhythmen regelrecht parallel verschieben [6], was den Chronotyp beeinflussen kann, wenn auch nicht radikal.

Helles Licht von mehr als 1000 Lux in der Nacht etwa kann das Temperaturminimum so nach hinten verschieben – also Richtung AT –, dass Menschen sogar besser mit Nachtschichten zurechtkommen. Das scheint auch für eher normales Licht zu gelten, wenn es mehr kurzwellige Anteile liefert („blaues" Licht). Dieses blaubetonte Licht (häufig in „kaltweißem" LED-Licht, auch als Bildschirmbeleuchtung) macht direkt wach [7], auch nachts (Abb. 2). Das verhindert die Melatoninausschüttung und verschiebt den Rhythmus nach hinten.

3.2 Chronotyp, Adoleszenz und Lichtverschmutzung

Jüngere Kinder sind in der Regel MTen, aber das ändert sich mit dem Beginn der Pubertät: Ab da bewegen sich Jugendliche Richtung AT [8], einige sogar stark. Auch das ist teilweise biologisch verursacht, vermutlich hormonell, ohne dass die genaue Art und Weise restlos geklärt wäre. Meist zwischen 19 und 20 macht die Verschiebung kehrt und bewegt sich wieder Richtung MT [9]. Es wurde sogar schon mehrfach vorgeschlagen, den Wendezeitpunkt als das Ende der Pubertät bzw. als Erwachsensein zu definieren.

Unter Leitung des Heidelberger Biologie-Didaktikers Christoph Randler sind in den letzten Jahren mehrere Studien zu Fragen des Chronotyps bei Adoleszenten entstanden. Die Gruppe erfasste den Chronotyp mit der deutschen Fassung der Composite Scale of Morningness (CSM) [10] oder über den „Schlafmittelpunkt" (den Zeitpunkt, wo die Hälfte der tatsächlichen Schlafzeit vorbei ist, z. B. [11]).

Die Ergebnisse sprechen dafür, dass es neben der Biologie sehr wohl Zeitgeber sind, die beeinflussen, wie stark sich der Chronotyp in der Adoleszenz Richtung AT verschiebt. So ist die Verschiebung intensiver, wenn die Sonne später aufgeht [12], die Jugendlichen also morgens kein oder wenig Sonnenlicht sehen. Hierzulande ist das im Winter der Fall. Allgemein ist es so in Regionen, deren Uhrzeit der Sonne vorauseilt wie in Westeuropa.

Auch rein soziale Variable wirken als Zeitgeber. So entwickeln sich Kinder weniger zu ausgeprägten ATen, wenn ihre Eltern darüber wachen, wann sie ins Bett gehen [13]. Peers und nächtliche soziale Events wirken in die Gegenrichtung: Je länger Jugendliche nachts aufbleiben, umso stärker ist ihre Abendorientierung (vergleiche Abb. 3). Gleichzeitig nehmen

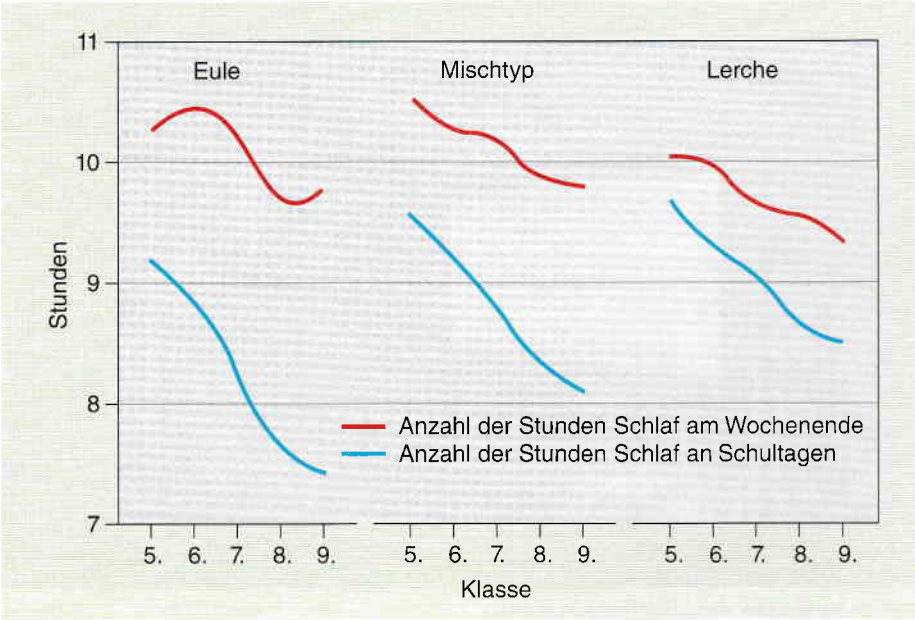

Abb. 3: Anzahl der Schlafstunden Jugendlicher vor Schultagen und am Wochenende, nach Chronotypen

Quelle: aus [11] mit Genehmigung

sie mehr Alkohol, Nikotin und Drogen zu sich [11, 14].

Christian Vollmer aus der Randler-Gruppe untersuchte überdies in seiner Dissertation die Wirkung von LAN bzw. der „Lichtverschmutzung" draußen auf die Veränderungen des Chronotyps [11]. Zwar geben Kantermann und Roenneberg [15] zu bedenken, dass LAN hoch mit einem nachtaktiven Lebensstil korreliert ist, der seinerseits als Zeitgeber fungieren kann. Dennoch konnte Vollmer [11, 12] bei N = 1507 Jugendlichen eine erstaunlich hohe (und hochsignifikante) negative Korrelation zwischen LAN und CMS-Morgenorientierung nachweisen ($r = -.118$, $p < .001$): Demnach hatten sich Jugendliche, die in einer nachts dunkleren Umgebung lebten, weniger stark Richtung Abendorientierung entwickelt (unabhängig von der Bevölkerungszahl). Der Zusammenhang blieb auch erhalten, wenn Alter und Geschlecht herausgerechnet wurden.

Helleres LAN weist generell auf dichtere Bebauung und damit mehr geschlossene Räume hin. In geschlossenen Räumen aber gibt es tagsüber oft zu wenig zeitgebertaugliches Licht, schon gar nicht in Sonnenhelligkeit. „Sonnenmangel" könnte auch direkt den Chronotyp beeinflussen: So scheinen Menschen, die sich auf dem Land ganztägig im Freien und damit im Sonnenlicht aufhalten, deutlich häufiger MTen zu sein als Stadtbewohner [16]. Diese erleben ganztägig lediglich Innenraumbeleuchtung, die in der Regel maximal 400 Lux beträgt (Arbeitsstätten-Verordnung).

Blauwelliges Licht, etwa von LED-Bildschirmen, könnte nicht nur wach halten, sondern auch die Verschiebung intensivieren [7]. Direkte Belege speziell bei Jugendlichen gibt es bisher nicht, indirekt kann man aber die Ergebnisse von Vollmer [11] als Beleg betrachten: Demnach geht mehr Zeit vor dem Bildschirm (Spiele, TV, Internet etc.) mit einem größeren Gewicht in die Regressionsanalyse für die Entwicklung zum Abendtyp ein als LAN selbst.

Umgekehrt ist gut belegt, dass helles Licht am Morgen die zirkadiane Periodenlänge verkürzt. Auf diesem Wege unterstützt es erwachsene extreme Abendtypen dabei, zu einem normalen Rhythmus zurückzufinden. Analog ist es auch für Jugendliche nützlich, morgens genügend helles Licht zu bekommen: Das ist am einfachsten, wenn sie vor Schulbeginn im Sonnenlicht unterwegs sind. Das wiederum erfordert, dass die Schule erst bei stabiler Helligkeit beginnt. Ob die Uhr dann 8 oder 9 zeigt, ist chronobiologisch zweitrangig (Kasten 1).

4 Jugendliche: Schlaf, Licht und Schulleistungen

Die Verschiebung des Chronotyps in der Adoleszenz ist den Jugendlichen sehr wohl bewusst, allerdings keineswegs als problematisch. So gibt es immer mehrere Petitionen im Netz, die unbedingt Sperrstunden in Kleinstädten abschaffen wollen – und eine junge Frau präsentiert sich bei Facebook sogar unter Faßbinders Antischlaf-Spruch. Beides behauptet: Die Nacht ist zum Feiern da, geschlafen wird später oder eben kürzer.

Tatsächlich ist Schlaf ein höchst aktiver Prozess, der sich nicht ungestraft abkürzen lässt. Neben vielen anderen umfasst er auch kognitive Vorgänge, nicht nur im Traum. Ausreichender erholsamer Schlaf ist unerlässlich für kognitives Funktionieren am Tage, aber auch für die seelische wie physische Gesundheit – und das in jedem Lebensalter. Und er hat viel mit Licht zu tun.

4.1 Schlaf und jugendliche Chronotypen

Empirisch verkürzt sich das (homöostatische, vgl. Bromundt S. 32) Schlafbedürfnis im Verlauf der Adoleszenz [8]. Dennoch benötigen Jugendliche im Mittel immer noch eher neun als acht Stunden Schlaf. Faktisch schlafen viele jedoch weniger, was Schlafdefizite zur Folge hat [17].

Dabei sind Abendtypen besonders gefährdet, weil sie kürzer schlafen als MT und Mischtypen. Das liegt einerseits daran, dass sie später müde werden. Andererseits nehmen sie besonders viel Koffein, Nikotin und Alkohol zu sich [11, 14], also Drogen, die allesamt den Schlaf behindern.

Die für eine Person biologisch angemessene Schlafdauer ist nicht mit dem Chronotyp korreliert, jugendliche ATen benötigen genauso viel Schlaf wie ihre Altersgenossen. Dennoch schlafen sie wochentags deutlich weniger. Das versuchen sie am Wochenende nachzuholen, was zu erheblichen Diskrepanzen von Tag zu Tag führt [etwa 11, 18] (siehe Abb. 3). Solche Diskrepanzen weisen auf systematische homöostatische Schlafdefizite hin. Da Schlafen und Wachen chronobiologisch zirkadian sind, müssten sie sich nämlich von Tag zu Tag nahezu gleichmäßig abwechseln.

Allerdings pflegen gerade AT-Jugendliche viele falsche Vorstellungen über den Schlaf, seine Funktionen und seine Flexibilität. Das kann dazu führen, dass sie ihre eigene Müdigkeit weniger ernst nehmen als nötig. Deshalb wurde immer wieder gefordert, Jugendlichen mehr Wissen über Schlaf zu vermitteln [17]; wo es versucht wurde, scheint es positive Wirkungen zu haben [19, 11].

In diesem Zusammenhang wird gerne die Frage aufgeworfen, um welche Uhrzeit die Schule beginnen sollte. Dazu gibt es inzwischen einige Studien. Ein Aspekt ist der Schulweg: Je länger Kinder und Jugendliche unterwegs sind, umso früher müssen sie aufstehen. Da sie ihre Schlafzeiten faktisch nicht an den Fahrtzeiten ausrichten, häufen gerade Fahrschüler

ein Schlafdefizit an [20]. In Basel verglich eine Arbeitsgruppe um Nadine Perkinson-Gloor [21] die Wachheit von SchülerInnen der gleichen Region. Wenn ihre Schule um 8 Uhr beginnt, sind sie wacher als Gleichaltrige, die bereits um 7.40 Uhr anfangen müssen. Das ist nicht einfach subjektiv; sie schlafen länger (Abb. 4).

Einen anderen Zugang fanden Koscec und Kollegen [18]. Sie untersuchten Jugendliche in Kroatien, die wegen eines Zwei-Schicht-Unterrichtsmodells eine Woche vormittags, eine Woche nachmittags Unterricht haben. In den Wochen mit Nachmittagsunterricht schliefen die Jugendlichen deutlich länger und damit näher an ihrem altersgemäßen Optimum; das galt vor allem für die ATen.

In allen Fällen kann man nicht einfach auf die Uhrzeit für den optimalen Schulbegin rückschließen; praktisch ist der tatsächliche Sonnenstand wichtiger [Kasten 1].

4.2 Schlaf und Schlafstörungen bei Jugendlichen

Physiologisch verändert sich der Schlaf in der Adoleszenz auf zwei Weisen: Er wird kürzer, vor allem der Tiefschlaf, und dieser verliert auch noch an „Tiefe": Die EEG-Delta-Aktivität ist weniger ausgeprägt [9]. Für die Jugendlichen wäre es sinnvoll, darüber Bescheid zu wissen, auch darüber, wie sie sich einen guten Schlaf – und damit gutes Wachsein – erhalten können.

Die Chronotyp-Verschiebung beeinflusst den Schlaf zusätzlich: Sie kann das Einschlafen erschweren, und sie führt zu willentlichen Schlafdefiziten, weil die Resistenz gegen partiellen Schlafentzug steigt. Das zieht homöostatische Nachholeffekte nach sich, die ihrerseits die zirkadiane Rhythmizität des Schlafs stören können.

Behandlungsbedürftige Schlafstörungen gibt es in jedem Lebensalter. Bei Kindern und Jugendlichen reichen die Gründe von Atemstörungen über Schlafwandeln und Alpträume bis zu Stress und Angst [9]. Sie sind nicht Thema dieses Beitrags.

Eine Art Schlafstörung jedoch hat gerade bei Jugendlichen direkt mit dem Chronotyp und mit Licht in der Nacht zu tun: das Syndrom der verschobenen Schlafphasen DSPD. Wenn jugendliche ATen ihre Einschlafzeiten weit von den sozialen Zeiten weg verschieben, verkürzt das ihre Gesamtschlafzeit. Manchmal desynchronisieren dabei die zirkadianen Rhythmen generell. In der Folge können die betroffenen Jugendlichen extrem lange nicht einschlafen und ihre Schlafqualität sinkt. Dann übersteigt ihr Schlafdefizit das, was der AT allein hervorruft.

Auch wenn die epidemiologischen Zahlen nicht ganz einheitlich sind, leiden bis zu sieben Prozent der 11- bis 18-Jährigen in den Industrieländern unter DSPD [22, 23]. Eine effektive Behandlung ist nicht nur wegen der subjektiven Belastung angezeigt, sondern auch, weil Jugendliche mit inadäquatem Schlaf in der Schule nachweislich schlechtere Leistungen bringen [11, 24].

Eine australische [22] und eine norwegische [23] Arbeitsgruppe untersuchte, ob Lichttherapie den jugendlichen DSPD-Patienten hilft. Zur Lichttherapie benutzt man spezielle Lampen mit mehr als 2 500 Lux Lichtintensität. Erwachsene ATen werden morgens von diesem Licht unterstützt, schneller wach zu werden und ihren zirkadianen Rhythmus rückzuverlegen. Es hilft auch Jugendlichen, ihre verschobenen Rhythmen zu normalisieren. Die Australier setzten dabei zusätzlich Kognitive Verhaltenstherapie ein, die Norweger Melatonin und eine allmähliche, aber konsequente Vorverlegung der Aufstehzeiten. Beide Studien arbeiteten nach RCT-Standard. In beiden normalisierten die Experimentalgruppen nicht nur ihren zirkadianen Rhythmus, sondern auch ihre Schlafdauer. Der Erfolg hielt sich bis zum Follow-up 3 Monate später.

Helles Licht am Morgen unterstützt Jugendliche aber bereits vor jeder Schlafstörung: So versorgte eine Gruppe um Evantina Fromm [25] eine Gruppe Jugendlicher mit Lichtweckern. Lichtwecker produzieren morgens Licht statt Tönen, und das wird wie die Sonne einfach immer heller. Damit wachten die Jugendlichen zwischen 11 und 18 Jahren besser auf, konnten leichter aufstehen und fühlten sich wacher, bis hin zur zweiten Schulstunde. Besonders profitierten die ATen.

4.3 Schlaf, Licht und Schulleistung

Licht beeinflusst die Kognition – und damit Schulleistungen – auf drei Wegen. Einer ist direkt, zwei nehmen einen Umweg über den Schlaf.

Licht als Zeitgeber kann den zirkadianen Aspekt des Schlafs stabilisieren, vor allem, wenn morgens und tagsüber für ausreichend Licht gesorgt ist. Es kann den zirkadianen Schlafrhythmus aber auch nach hinten verschieben und damit destabilisieren, etwa wenn es abends zu hell ist, so dass sich die Melatoninausschüttung verzögert. Außerdem kann Licht nachts unmittelbar wachhalten, insbesondere wenn es hohe Blauanteile hat. Auf diesem Weg kann es ein Schlafdefizit herbeiführen und so den homöostatischen Prozess des Schlafs beeinflussen.

Wie gut jemand eine kognitive Leistung erbringt, hängt auch davon ab, wie wach er oder sie ist. Auch das liegt primär am Schlaf der vorangegangen Nacht. Überdies gibt es inzwischen eine umfangreiche experimentelle Literatur darüber, wie notwendig Schlaf dafür ist, gute kognitive Leistungen zu erbringen: von Kon-

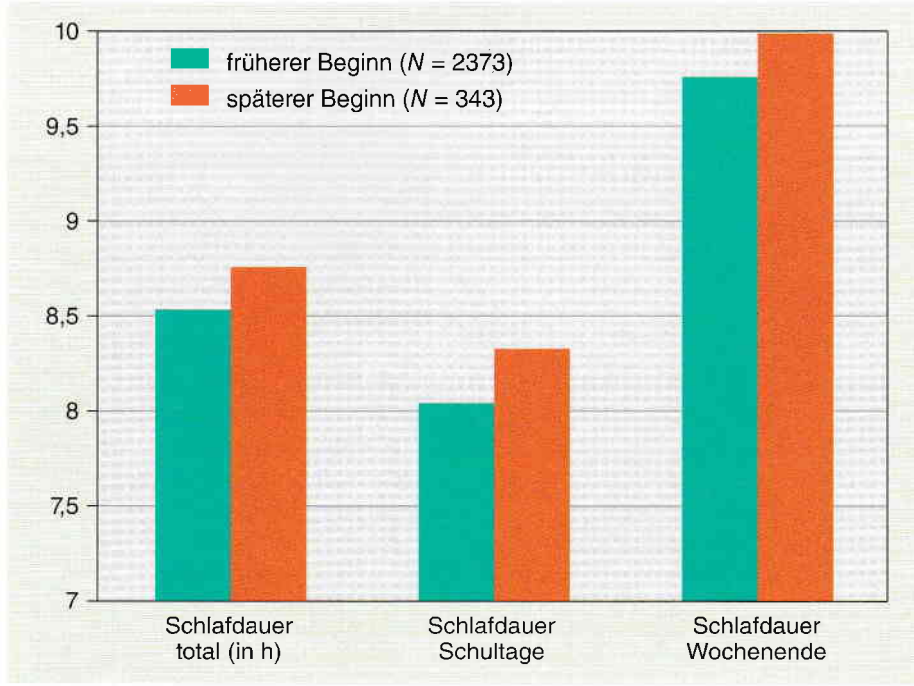

Abb. 4: Mittlere Schlafdauern bei Basler Jugendlichen mit Schulbeginn um 7.40 Uhr (früher) versus 8:00 Uhr (später), nach [21]

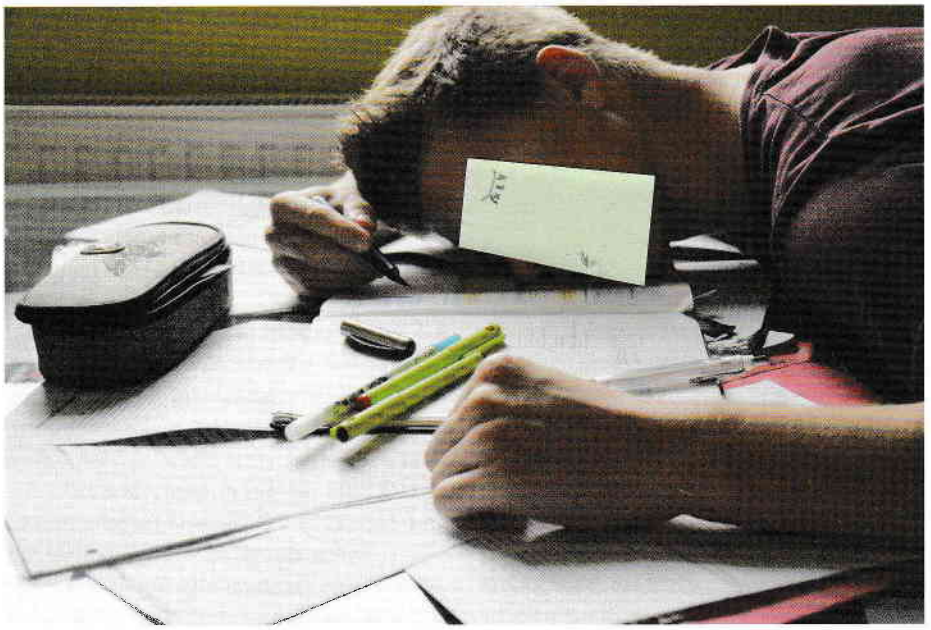

Abb. 5: Tagschlaf wegen chronischen Schlafmangels Foto: Rosengart

zentration und Aufmerksamkeit über Gedächtnis bis zu exekutiven Leistungen. Viele dieser Arbeiten kommen aus der Gruppe um Jan Born in Tübingen [26].

Bei Schülern ist der Zusammenhang sowohl korrelativ als auch experimentell untersucht worden. Demnach verhält sich zu wenig bzw. inadäquater Schlaf umgekehrt proportional zu den Schulleistungen [27]. Eine Arbeitsgruppe um Julia Dewald aus Amsterdam [24] stellte in einer Metaanalyse fest, dass schläfrige Jugendliche deutlich niedrigere Schulleistungen bringen. Doch auch bei schlechter Schlafqualität und kürzerer Schlafdauer ist die Leistung systematisch schlechter.

Dass Jugendliche reihenweise in der Schule einschlafen, ist heute häufig: bis zu einem Drittel der Jugendlichen berichtet davon (Abb. 5). Es ist korreliert mit höherem Koffeinverbrauch und intensiverer und längerdauernder Nutzung elektronischer Medien [28]. Nun ist es nicht so, dass schlechtere Schüler natürliche Kurzschläfer wären. Vielmehr sinken die kognitiven Leistungen Jugendlicher in der Folge experimenteller Schlafdeprivation [17], vor allem die komplexeren. Selbst eine sehr moderate Schlafverkürzung auf 6,5 Stunden, das aber fünf Tage lang, führte dazu, dass Jugendliche deutlich weniger aufmerksam und alert waren als nach einer Bettzeit von zehn Stunden; sie erbrachten außerdem verminderte Gedächtnisleistungen [29].

Der direkte Weg von Licht zu Kognition besteht darin, dass es wach macht, insbesondere helles Licht und/bzw. kurzwelliges „blaues" [7]. Für das Arbeitsleben ist experimentell belegt, dass helles Licht die Fehlerrate senkt. Für die Schule gibt es jetzt eine erste experimentelle Arbeit (aus Hamburg) zum Effekt einer variablen Beleuchtung, samt Kontrollgruppe [30]. Die Arbeitsgruppe um Claus Barkmann konnte nachweisen, dass SchülerInnen, die mehrere Monate unter einer variablen Beleuchtung unterrichtet wurden, aufmerksamer waren und etwas schneller lasen als solche mit der normalen Schulbeleuchtung.

Literatur

Die Literatur steht als Online-Ergänzung zur Verfügung.

Anschrift der Verfasserin

Dipl.-Psych. Dr. Barbara Knab (Wissenschaftsautorin), Ismaninger Straße 84, 81675 München, E-Mail: info@barbara-knab.de, www.barbara-knab.de, Blog zu Schlaf und Chronobiologie: psychologie-blog.barbara-knab.de

Anmerkung des Herausgebers

Frau Dr. Knab ist Wissenschaftsautorin und Expertin unter anderem für biologische Rhythmen und Schlaf. In Zusammenarbeit mit anderen Autoren entstanden hilfreiche Ratgeber wie „Unsere Innere Uhr. Natürliche Rhythmen nutzen und der Non-Stop-Belastung entgehen", „Wach und fit. Mehr Energie, Ausgeglichenheit und Leistungsfähigkeit" (im Mabuse-Verlag). Neuestes Buch: „So kommt Ihr Kind gut durch die Schule – 30 Tipps für Eltern" (Kreuz-Verlag, siehe auch Rezension unten)

Literatur

[1] Held, M, Hölker, F, Jessel, B (Hrsg.): Schutz der Nacht – Lichtverschmutzung, Biodiversität und Nachtlandschaft. Bundesamt für Naturschutz, BfN-Skripten, 336 (2013)

[2] Zulley, J, Knab, B: Unsere Innere Uhr. Natürliche Rhythmen nutzen und der Non-Stop-Belastung entgehen. mabuse, Frankfurt/Main (2014²)

[3] Zulley, J, Knab, B: Wach und fit. Mehr Energie, Ausgeglichenheit und Leistungsfähigkeit. mabuse, Frankfurt/Main (2009)

[4] Harrison, Y: The impact of daylight saving time on sleep and related behaviours. Sleep Medicine Reviews, 17 (2013), S. 285-292

[5] Adan, A, Archer SN, Hidalgo, MP et al.: Circadian Typology: A Comprehensive Review. Chronobiology International, 29/9 (2012), S.1153-1175

[6] Münch, M, Bromundt, V: Light and chronobiology: implications for health and disease. Dialogues in Clinical Neuroscience, 14 (2012), S. 448- 451

[7] Cajochen, C: Alerting effects of light. Sleep Medicine Reviews, 11 (2007), S. 453-464

[8] Carskadon, MA: Patterns of Sleep and Sleepiness in Adolescents. Pediatrician, 17 (1990), S. 5-12

[9] Knab, B: So kommt Ihr Kind gut durch die Schule. 30 Tipps für Eltern. Kreuz, Stuttgart (2013)

[10] Randler, C: Die deutsche Version der Composite Scale of Morningness. Schulz H, Geisler P, Rodenbeck A eds. Kompendium Schlafmedizin, 19, (2012) Hüthig-Jehle, Landsberg

[11] Vollmer, C: Zeitgeber des circadianen Rhythmus von Jugendlichen. Quantitative Fragebogenstudie und Unterrichtsevaluation. Dissertation, PH Heidelberg, 2012

[12] Vollmer C, Michel U, Randler C: Outdoor light at night (LAN) is correlated with eveningness in adolescents. Chronobiology International, 29 (2012), S. 502-508

[13] Randler C, Bilger S, Diaz-Morales JF: Associations among sleep, chronotype, parental monitoring, and pubertal development among German adolescents. The Journal of Psychology, 143 (2009), S. 509-520

[14] Wong, MM: Pubertal development, sleep problems, and alcohol use: A commentary. Alcoholism: Clinical and Experimental Research, 34 (2010), S. 219 – 221

[15] Kantermann, T, Roenneberg, T: Is light-at-night a health risk factor or a health risk predictor? Chronobiology International, 26 (2009), S. 1069-1074

[16] Gutiérrez-Carvalho, F, Paz-Hidalgo, M, Levandovski, R: Differences in circadian patterns between rural and urban populations: An epidemiological study in countryside. Chronobiology International, 31 (2014), S. 442-449

[17] Mindell JA, Owens J, Alves R et al: Give children and adolescents the gift of a good night's sleep: A call to action. Sleep Medicine, 12, (2011), S. 203-204

[18] Koscec, A, Radosevic-Vidacek, B, Bakotic, M: Morningness-eveningness and sleep patterns of adolescents attending school in two rotating shifts. Chronobiology International, 31 (2014), S. 52-63

[19] Diaz-Morales, JF, Prieto PD, Barreno, CE et al.: Sleep beliefs and chronotype among adolescents: the effect of a sleep education program. Biological Rhythm Research, 43 (2012), S. 397-412

[20] Pereira, EF, Moreno, C, Louzada, FM: Increased commuting to school time reduces sleep duration in adolescents. Chronobiology International, 31 (2014), S. 887-94

[21] Perkinson-Gloor, N, Lemola, S, Grob, A: Sleep duration, positive attitude toward life, and academic achievement: The role of daytime tiredness, behavioral persistence, and school start times. Journal of Adolescence (2013), http://dx.doi.org/10.1016/j.adolescence.2012.11.008

[22] Gradisar, M, Dohnt, H, Gardner, G et al.: A Randomized Controlled Trial of Cognitive-Behavior Therapy Plus Bright Light Therapy for Adolescent Delayed Sleep Phase Disorder. Sleep, 34/12 (2011), 1671-1680

[23] Saxvig, IW, Wilhelmsen-Langeland, A, Pallesen, S et al.: A randomized controlled trial with bright light and melatonin for delayed sleep phase disorder: Effects on subjective and objective sleep. Chronobiology International, 31 (2014), S. 72-86

[24] Dewald, JF, Meijer, AM, Oort, FJ, Kerkhof, GA, Bögels, SM: The influence of sleep quality, sleep duration and sleepiness on school performance in children and adolescents: A meta-analytic review. Sleep Medicine Reviews, 14 (2010), S. 179-189

[25] Fromm E, Horlebein C, Meergans et al: Evaluation of a dawn simulator in children and adolescents. Biological Rhythm Research, 42 (2011), S. 417-425

[26] Born, J: Can sleep heal memory? Sleep Medicine Reviews, 17 (2013), S. 89-90

[27] Shochat, T, Cohen-Zion, M, Tzischinsky, O: Functional consequences of inadequate sleep in adolescents: A systematic review. Sleep Medicine Reviews, 18 (2014), s. 75-87

[28] Calamaro, CJ, Mason, TB, Ratcliffe SJ: Adolescents living the 24/7 lifestyle: Effects of caffeine and technology on sleep duration and daytime functioning. Pediatrics, 123, (2009) e1005-e1010

[29] Beebe, DW, Rose, DR, Amin, R.: Attention, Learning, and Arousal of Experimentally Sleep-restricted Adolescents in a Simulated Classroom. Journal of Adolescent Health 47(2010), S. 523-525

[30] Barkmann C, Wessolowski N, Schulte-Markwort M: Applicability and efficacy of variable light in schools. Physiology and Behavior, 105, (2012), S. 621-627