

Nils B. Heyen, Kerstin Cuhls, Thomas Kantermann

Was zählt die innere Uhr?

Zur Schwierigkeit wissenschaftlicher Politikberatung im Spannungsfeld von Chronobiologie, technologischem Wandel und Gesellschaft

1. Einleitung: Von Uhren, Eulen und Lerchen

Die innere Uhr ist unter dem Fachbegriff „circadianes System“ zentraler Gegenstand chronobiologischer Forschung (altgriechisch „chrónos“ für „Zeit“). Die Chronobiologie erforscht die rhythmischen Vorgänge im menschlichen Körper (zum Beispiel Herzschlag, Atmung, Stoffwechsel, Schlaf). Im Fokus stehen dabei insbesondere die circadianen Rhythmen, welche sich durch eine endogene Periodenlänge von ungefähr 24 Stunden auszeichnen (lateinisch „circa“ für „etwa/ungefähr“ und „dies“ für „Tag“).

Ähnlich der Körpergröße, unterscheiden sich Menschen in der zeitlichen Ausprägung der Prozesse, die durch die innere Uhr geregelt werden. Auf diese Weise lassen sich Chronotypen (von frühen „Lerchen“ bis späte „Eulen“) in der Bevölkerung unterscheiden. Die endogene Periodik der inneren Uhr des Menschen liegt im Durchschnitt bei 24,2 Stunden (Czeisler et al. 1999; Kantermann/Eastman 2018). Damit die innere Uhr mit dem 24-Stunden-Tag synchron läuft, muss sie täglich angepasst werden. Länger als 24 Stunden tickende Uhren müssen verlangsamt werden (Tendenz zum späten Chronotyp); kürzer als 24 Stunden tickende Uhren müssen beschleunigt werden (Tendenz zum frühen Chronotyp).

Der Prozess der biologischen Synchronisation circadianer Rhythmen wird „Entrainment“ genannt. Darunter wird die Kopplung eines endogenen Rhythmus an einen exogenen Zeitgeber verstanden. Der stärkste Umweltfaktor, der dem Entrainment dient, ist das Licht, evolutionär mit verlässlicher Vorhersehbarkeit gegeben durch einen Wechsel von Tag und Nacht (Roenneberg et al. 2013; Münch et al. 2020). Licht ist damit der stärkste Zeitgeber für das menschliche circadiane System. Forschungsarbeiten belegen, dass Licht und damit verbundene Aktivitäten zur falschen Zeit (also während der biologischen Nacht) den Schlaf-Wach-Rhythmus, Gesundheit, Wohlbefinden und Leistungsfähigkeit nachteilig

beeinflussen können. Viele Menschen bekommen im Tagesverlauf zu wenig (Sonnen-)Licht, zum Beispiel durch vermehrtes Arbeiten in Innenräumen. Oder sie bekommen zu viel Licht zur falschen Zeit, etwa durch Nutzung von lichtemittierender Technik (zum Beispiel Beleuchtung, Fernsehen, Computer-Monitore, Smartphones) zu Zeiten natürlicher Dunkelheit.

Die wissenschaftlichen Erkenntnisse der Chronobiologie finden bisher kaum Berücksichtigung im gesellschaftlichen Alltag. Wie ließe sich das ändern? Wie könnte eine stärkere Berücksichtigung chronobiologischer Erkenntnisse aussehen? Welche Implikationen hätte dies für Gesundheit, Arbeitswelt, Umwelt und Gesellschaft? Und welche Schlussfolgerungen können mit Blick auf politische Gestaltungsoptionen gezogen werden? Diese Fragen haben wir im Rahmen des Forschungsprojekts CIRCADIA untersucht. Dabei hat sich insbesondere die Ableitung von Politikempfehlungen als hochgradig komplex erwiesen. Denn eine bestimmte Maßnahme mag zwar chronobiologisch sinnvoll sein, produziert aber leicht Folgewirkungen auf anderen gesellschaftlichen Ebenen, die problematisch sein können.

Mit Blick auf das Thema dieses Sammelbands ergibt sich daraus die Frage, inwiefern die Formulierung von konkreten Handlungsempfehlungen und -optionen in bestimmten, besonders komplexen Kontexten womöglich gar nicht der adäquate Politikberatungsansatz ist. Alternativ könnte das Herausarbeiten von Dilemmata oder die Sichtbarmachung von Konfliktfeldern und entsprechender Herausforderungen den größeren Mehrwert für die Politikberatung bieten.

Bevor wir darauf am Ende des Beitrags zurückkommen, möchten wir zunächst das Projekt CIRCADIA vorstellen. Anschließend beschreiben wir detaillierter, wie wir methodisch vorgegangen sind, um über eine Szenariofolgen-Abschätzung die entsprechenden Komplexitäten herauszuarbeiten und Politikempfehlungen abzuleiten.

2. Das Projekt CIRCADIA

Das Forschungsprojekt mit dem Titel „Circadiane Rhythmen und Technologie – Desynchronisation im Alltag“ (CIRCADIA) wurde vom Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, Karlsruhe, und der FOM Hochschule, Essen, durchgeführt und von 2021 bis 2023 vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen des INSIGHT-Programms gefördert. Ziel war es, erstens eine systematische Bestandsaufnahme zum Zusammenhang von circadianen Rhythmen, technologischen Innovationen und sozialen Alltagsprak-

tiken zu erstellen und zweitens mögliche Gestaltungsspielräume mit Lösungs- und Präventionsstrategien zu erarbeiten. Dabei lautete eine zentrale Frage von CIRCADIA, inwieweit die Nutzung neuer und vielfältig kombinierbarer Techniken, die sich während der Corona-Pandemie flächendeckend durchgesetzt haben, zu einer Entstrukturierung des Alltags und einer Entrhythmisierung von biologischen und psychologischen Körpervorgängen führt und welche Entwicklungen für die Zukunft zu erwarten sind. Die Ergebnisse und das methodische Vorgehen sind ausführlich im Endbericht des Projekts dargestellt (Cuhls et al. 2024).

In einem ersten Schritt wurde auf Basis von Literaturrecherchen und -analysen der aktuelle Forschungsstand zusammengefasst. Dabei zeigte sich, dass es eine Vielzahl von wechselseitig abhängigen Einflussfaktoren für die nicht-visuellen Wirkungen von Licht auf den Menschen gibt (vgl. DGUV 2018). Dazu zählen die Beleuchtungsstärke, das Lichtspektrum (Lichtfarbe), Dauer und Zeitpunkt der Lichtexposition, aber auch die räumliche Verteilung von Licht (Einfallswinkel ins Auge) und die individuelle Lichtexposition der vergangenen 24 Stunden (Lichthistorie). Da diese Einflussfaktoren individuell verschieden sind, ist das Erstellen von einheitlichen Empfehlungen für eine optimale Lichtexposition erschwert.

In einem weiteren Schritt wurde ein umfangreiches Horizon Scanning zur Identifikation von Veränderungsdynamiken und Einzelentwicklungen durchgeführt. Dazu wurden verschiedene Datenbanken nach thematisch passenden Publikationen und Patenten durchsucht. Bezüglich neuer Technologien lag der Fokus auf nicht-invasiven Technologien, was unter anderem Medikamente und Implantate ausschließt. Mit Blick auf die Ergebnisse unterscheiden wir zwischen Technologien zur Lichtoptimierung und Technologien zur Selbstoptimierung. Zu den lichtoptimierenden Technologien gehören stationäre Lichtgeräte (zum Beispiel Glühlampen mit manipulierbarem Lichtwellenspektrum), Lichtmanagementsysteme (zum Beispiel Apps zur Steuerung der Beleuchtung), Lichtfilter (zum Beispiel zur individuellen Anpassung des von einem Bildschirm emittierten Lichtspektrums) und Eye-Wearables (zum Beispiel Brillen, die bestimmte Lichtwellen herausfiltern, oder smarte Wearables, die selbst das Licht eines gewünschten Spektrums erzeugen). Hingegen sind Selbstoptimierungstechnologien eine Kombination von Vermessungs-, Monitorings- und Optimierungstechnologien. Sie sind in der Regel an Smartphone-Apps gekoppelt, die dabei helfen sollen, im Alltag drei Faktoren in Einklang zu bringen: erstens die äußeren Lichtverhältnisse, zweitens den persönlichen Chronotyp und drittens das Monitoring der individuellen Verhaltensweisen im Alltag, insbesondere das Schlafverhalten.

Außerdem wurde über eine repräsentative Umfrage in Deutschland (N = 2000) erhoben, wieviel und welche Technik (zum Beispiel lichtemittierende Bildschirmmedien wie Smartphones, Tablets oder Fernsehgeräte) von der Bevölkerung genutzt wird (vgl. auch Cuhls et al. 2023). Dabei hat sich gezeigt, dass Bildschirmmedien ein fester Bestandteil des Alltags vieler Menschen sind, bis in die Zeit vor dem Zubettgehen hinein. Kommt es durch Techniknutzung zu einem Aufschieben des Schlafanfangs, kann eine Verkürzung der Schlafdauer erfolgen, vor allem an Arbeitstagen, wenn am Morgen der Wecker klingelt. Die abendliche Techniknutzung trägt aus zwei weiteren Gründen zum Schlafmangel bei: erstens kann das emittierende Licht zu einer Unterdrückung der Melatonin-Freisetzung¹ führen und damit die circadiane Rhythmik beeinflussen; zweitens können erregende Inhalte der Entspannung als Grundvoraussetzung des Einschlafens zuwiderlaufen.

Aufbauend auf diesen Analysen führten wir im Jahr 2023 eine Reihe von Workshops mit Chronobiolog*innen und anderen Expert*innen durch, die in Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft (zum Beispiel in Schulen oder im Arbeitsschutz) zum Thema arbeiten. In einem offenen Zukunftsworkshop diskutierten wir zunächst mögliche Zukünfte. In einem Folgenworkshop eruierten wir sodann, welche gesellschaftlichen Konsequenzen diese Zukünfte haben könnten. Und in einem finalen Strategieworkshop loteten wir gegenwärtige Gestaltungsspielräume in unterschiedlichen Themenfeldern aus, um daraus schließlich Politikempfehlungen abzuleiten.

3. Folgenabschätzung zweier kontrastierender Szenarien

Um die möglichen Folgen der auf dem Zukunftsworkshop diskutierten zukünftigen Entwicklungen zu systematisieren und zu bewerten und damit eine Grundlage für die angestrebte Identifikation von Gestaltungsspielräumen und Entwicklung von Empfehlungen zu schaffen, wurden zwei diametral entgegengesetzte Szenarien formuliert, die kontrastierende gesellschaftliche Umgangsweisen mit der inneren Uhr und dem chronobiologischen Erkenntnisstand zum Ausdruck bringen. Gemäß der Typologie von Börjeson et al. (2006) handelt es sich dabei nicht um prädiktive oder explorative, sondern um normative Szenarien. Das erste Szenario stellt die mit Blick auf die Gegenwart transformative Variante dar („transforming scenario“) und beschreibt eine chronobiologisch aufgeklärte Ge-

1 Melatonin ist ein hauptsächlich in der Zirbeldrüse produziertes Hormon, das in der Dunkelheit ausgeschüttet wird. Bei Licht wird die Freisetzung dagegen unterdrückt.

sellschaft, in der Erkenntnisse der Chronobiologie in Politik, Wirtschaft, Bildung und Alltagsleben umfassend bekannt sind und berücksichtigt werden. Das zweite Szenario stellt hingegen eine Art Business-As-Usual-Szenario dar („preserving scenario“), das von einer Fortschreibung bzw. Verschärfung der aktuell zu beobachtenden Entwicklungen ausgeht und eine vollkommen desynchronisierte Gesellschaft skizziert. Die beiden Szenarien dienen als Ausgangspunkt für die Diskussionen auf dem Folgenworkshop und sind in den grau hinterlegten Boxen näher beschrieben.

Szenario 1: Chronobiologisch aufgeklärte Gesellschaft 2033

Die Gesellschaft in Deutschland im Jahr 2033 ist in weiten Teilen chronobiologisch aufgeklärt und berücksichtigt dementsprechend Erkenntnisse der Chronobiologie in Politik, Wirtschaft, Bildung und Alltagsleben. Die meisten Menschen kennen ihren individuellen Chronotyp (im Spektrum zwischen einem frühen und einem späten Typ). Gerade für junge Erwachsene gehört es zum Standard, ihren Chronotyp über entsprechende Tests früh in ihrem Leben in Erfahrung zu bringen, regelmäßig zu überprüfen und beim Aufbau von Alltagsroutinen zu berücksichtigen. Arbeitgeber und Bildungseinrichtungen machen den Menschen bezüglich der Arbeits- und Lernzeiten Angebote, die auf verschiedene Chronotypen abgestimmt sind. Schichtarbeit findet nur noch in gesellschaftlich notwendigen Bereichen statt (Sicherheit und Medizin), wobei die Taktung auf den Chronotyp der Beschäftigten Rücksicht nimmt und mit technischen Mitteln (geeignetes künstliches Licht) etwaigen negativen Konsequenzen entgegengewirkt wird. Tageslichtexposition gilt zudem als zentrales Gesundheitsthema, auf das sich alle Gesellschaftsbereiche eingestellt haben. So werden Freizeitaktivitäten verstärkt draußen durchgeführt, die Anzahl von Begegnungsräumen außerhalb von Gebäuden ist explodiert, und bei Neubauten hat die Nutzung von Tageslicht marktrelevante Priorität erreicht. Zusätzlich hat sich eine chronobiologisch sinnvolle technische Verbesserung der Lichtverhältnisse in Innenräumen durchgesetzt. Darüber hinaus werden Lichttechnologien eingesetzt, um die unerwünschten Wirkungen der Lichtemissionen von Monitoren zu kompensieren. Gleichzeitig achten immer mehr Menschen auf einen gesunden Schlaf und den Schutz der für sie und ihre Familienmitglieder richtigen Schlafzeiten.

Szenario 2: Vollkommen desynchronisierte Gesellschaft 2033

Die Gesellschaft in Deutschland ist im Jahr 2033 in weiten Teilen chronobiologisch indifferent und vollkommen desynchronisiert. Erkenntnisse der Chronobiologie werden weder im Alltag der Menschen noch in den Entscheidungsprozessen von Politik, Wirtschaft und Bildung auch nur ansatzweise berücksichtigt. Durch die weitreichende Flexibilisierung der Arbeitszeit können die Beschäftigten ihre Arbeitszeiten zwar relativ frei wählen, in der Praxis hat sich aber aufgrund der Heterogenität von Interessen und Lebenslagen die Erwartung permanenter Erreichbarkeit und Verfügbarkeit durchgesetzt. Um auch zu Nachtzeiten verfügbar zu sein, zum Beispiel für Meetings mit Personen aus anderen Zeitzonen, schlafen immer mehr Menschen für ein paar Stunden auch tagsüber. Sowohl geschäftliche als auch private Verabredungen sind somit jederzeit möglich, nach individueller Absprache. In Arbeitsfeldern, in denen eine solche Flexibilisierung nicht sinnvoll ist, ist Schichtarbeit in vielfältiger Ausprägung gängige Praxis. Auch die Schulen halten an den etablierten Standards von einheitlichen, früh am Morgen beginnenden Unterrichtszeiten fest. Insgesamt verbringen die Menschen die meiste Zeit in Innenräumen und vor Bildschirmen. Lichttechnologien werden vor allem eingesetzt, um Innenräume unabhängig von der Tageszeit taghell zu beleuchten. Draußen halten sich die meisten Menschen nur auf, um von einem Ort zum anderen zu kommen, oder zum Sonnenbaden. Schlafprobleme gelten als individuelles Versagen und werden entsprechend verschwiegen bzw. stigmatisiert. Wettbewerbe, wer am längsten ohne zu schlafen durchhält, sind in manchen Kreisen nicht unüblich.

Auf dem Folgenworkshop wurden für jedes Szenario potenzielle Folgen auf fünf Dimensionen bzw. Handlungsfeldern zusammengetragen und diskutiert:

- Gesundheit
- Sicherheit
- Umwelt und (ökologische) Nachhaltigkeit
- Ökonomie und Arbeitsorganisation
- Lebenswelt und Gesellschaft

Anschließend wurden die Folgen für jedes Szenario getrennt bewertet. Dies richtete sich zum einen danach, ob die Folgen für eine bestimmte Gruppe von Menschen positiv oder negativ sind, und zum anderen nach ihrer allgemeinen Relevanz. Zum Schluss konnten die Teilnehmenden vermerken, bei welchen Aspekten sie den größten Handlungsbedarf sehen. Spezifische Fragen, die auf dem Workshop mit der vorhandenen Expertise nicht beantwortet werden konnten,

wurden im Nachgang im Rahmen von Interviews mit Expert*innen diskutiert. Aus der Analyse der identifizierten Folgen und der sich daraus ergebenden Herausforderungen (für Details siehe Cuhls et al. 2024, S. 84ff.) lassen sich vier Kernergebnisse festhalten, die als Ansatzpunkte für eine zukünftige Gestaltung dienen können und als Input für den finalen Strategieworkshop fungierten.

- 1) *Gesundheit und Schlaf*: Gesunder Schlaf spielt eine Schlüsselrolle, um gleich in mehreren Handlungsfeldern positive Effekte zu erzielen. Das betrifft vor allem die Dimensionen Gesundheit (zum Beispiel niedrigere Krankheitsprävalenzen und mildere Krankheitsverläufe) und Sicherheit (zum Beispiel weniger Unfälle im Straßenverkehr und am Arbeitsplatz), aber auch Ökonomie und Arbeitsorganisation (zum Beispiel weniger Krankheitstage und höhere Arbeitsqualität) sowie Lebenswelt und Gesellschaft (zum Beispiel höhere Konzentrationsfähigkeit und geringerer Konsum von Aufputsch- und Schlafmitteln). Mit Blick auf die zukünftige Gestaltung ergibt sich daraus die Frage: Wie kann gesunder Schlaf gefördert werden, insbesondere unter Berücksichtigung chronobiologischer Erkenntnisse?
- 2) *Arbeit und Alltag*: Eine stärkere Berücksichtigung des individuellen Chronotyps und eine entsprechende Flexibilisierung von Arbeitszeiten und Alltagsstrukturen (mit dem Zweck, gesunden Schlaf zu ermöglichen) finden eine Grenze in Koordinations- und Synchronisierungsproblemen. Diese ergeben sich insbesondere in den Handlungsfeldern Ökonomie und Arbeitsorganisation (zum Beispiel kleinere Zeitfenster bzw. weniger Optionen für gemeinsames Arbeiten) sowie Lebenswelt und Gesellschaft (zum Beispiel kleinere Zeitfenster bzw. weniger Optionen für gemeinsame Mahlzeiten in der Familie oder für Freizeitaktivitäten). Daraus ergibt sich die Frage: Was könnten geeignete Mischmodelle sein, die einerseits die individuellen chronobiologischen Bedürfnisse stärker berücksichtigen, andererseits aber eine angemessene zeitliche Koordination von Zusammenarbeit (auch in der Schule), Familie und sozialem Leben ermöglichen?
- 3) *Spezifische Gruppen und Bedarfe*: Eine stärkere Berücksichtigung chronobiologischer Erkenntnisse (bezüglich Schlafverhalten, Tageslichtexposition, Nutzung geeigneter künstlicher Lichtquellen etc.) kann zu einem gesünderen Schlaf entscheidend beitragen, läuft aber Gefahr, nur einem Teil der Gesellschaft zugute zu kommen, nämlich den Menschen mit vielen Ressourcen bezüglich Kompetenz, Finanzen und Zeit. Wie also können Bevölkerungsgruppen mit Vorbelastungen oder ungünstigen Voraussetzungen (bezüglich Bildung, Finanzlage, Zeit, Beruf, körperliche/geistige Einschränkungen, Des-

- interesse etc.) gezielt unterstützt werden, damit auch sie von einer Berücksichtigung chronobiologischer Erkenntnisse profitieren?
- 4) *Energie und Sicherheit*: Ein chronobiologisch sinnvoller Umgang mit Tageslicht und künstlichem Licht lässt teilweise klare Energieeinspareffekte erwarten (vor allem durch geringere Beleuchtung von öffentlichen Außenräumen, stärkere Nutzung von Tageslicht bei Gebäuden und häufigere Nutzung des Fahrrads). Andererseits stehen entsprechende Maßnahmen teilweise in Konflikt mit Sicherheitsaspekten (zum Beispiel reduziertes Sicherheitsgefühl und Straftaten an öffentlichen Orten mit geringer Beleuchtung oder höheres Unfallrisiko bei wenig Beleuchtung in privaten Innenräumen). Es stellt sich also die Frage, welche Möglichkeiten es gibt, um (auf chronobiologisch sinnvolle Weise) künstliche Beleuchtung zu reduzieren, ohne dass dies die Sicherheit unverhältnismäßig gefährdet?

4. Ableitung von Politikempfehlungen

Ausgehend von den vier Ansatzpunkten für eine zukünftige Gestaltung wurden auf dem finalen Strategieworkshop konkrete Gestaltungsmöglichkeiten erarbeitet und diskutiert. Dabei zeigte sich die bereits erwähnte Komplexität: Was für einen Teil der Bevölkerung ein Vorteil ist, kann für einen anderen Teil der Bevölkerung ein Nachteil sein. Schichtarbeit zum Beispiel ist für viele Menschen gesundheitsschädlich, in bestimmten Bereichen wie bei Rettungs- und Sicherheitsdiensten aber unabdingbar. Gleichzeitig wird Schichtarbeit mit Zuschlägen entlohnt. Das bedeutet, dass viele Menschen auch dort, wo Schichtarbeit nicht unbedingt nötig wäre, auf dieses zusätzliche Einkommen nicht verzichten wollen oder können, egal wie die eventuellen gesundheitlichen Folgen für sie sind.

Auch mit Blick auf eine chronobiologisch informierte Flexibilisierung von Arbeitszeiten ergeben sich schnell Folgeprobleme: Kommt man späten Chronotypen durch einen späteren Arbeitsbeginn entgegen, kann das zu verlängerten Arbeitszeiten für diejenigen führen, die sowohl mit den frühen als auch mit den späten Chronotypen zusammenarbeiten müssen. Da sich solche Widersprüche nicht pauschal auflösen lassen, hat sich die Ableitung von konkreten Empfehlungen als außerordentlich schwierig erwiesen. Gleichwohl gibt es auf übergeordneter Ebene eine Reihe von besonders offensichtlichen Punkten, die in Zukunft angegangen werden sollten.

1) *Abschaffung der Uhrenumstellung* (Stichwort: Sommerzeit). Auch wenn meistens von Zeitumstellung die Rede ist, ist es nicht die Zeit, die umgestellt wird,

sondern die Uhr. Besonders die Umstellung im März stört Schlaf und circadiane Rhythmen vor allem bei späten Chronotypen. Die Uhrenumstellung ist gerade für Menschen, die bereits einen gestörten Schlaf haben, nicht zuträglich (Roenneberg et al. 2019; Kantermann et al. 2007).

2) *Späterer Schulbeginn für Teenager.* Im Teenager-Alter sind Menschen im Durchschnitt später in ihrer Biologie als zu anderen Zeiten ihres Lebens (Van der Vinne et al. 2015). Viele Teenager haben deshalb ein biologisch begründetes Leistungstief, wenn sie früh in der Schule sind. Ein Schulanfang um 8:00 Uhr morgens ist für einen Teenager vergleichbar mit einem Unterrichtsbeginn um 4:00 oder 5:00 Uhr morgens für eine 40-jährige Lehrkraft.

3) *Mehr Tageslicht für alle.* Viele Menschen halten sich hauptsächlich drinnen auf und auch die meisten Arbeitsplätze befinden sich in unzureichend beleuchteten Innenräumen, so dass die tageszeitliche Regelung der circadianen Rhythmik leicht aus dem Takt gerät (Wirz-Justice et al. 2021). Bis zu einem gewissen Grad kann Lichttechnik hier Abhilfe schaffen. Viel wichtiger ist jedoch, dafür zu sorgen, dass die Menschen täglich draußen sind (und sei es nur für die Arbeitspausen oder den Arbeitsweg) oder dass mittels architektonischer Lösungen Tageslicht dorthin kommt, wo sich die Menschen aufhalten.

4) *Mehr gesellschaftliche Wertschätzung für den Schlaf.* Qualitativ guter und erholsamer Schlaf sind für die Regeneration, Gesundheit und Leistungsfähigkeit essenziell. Durch besseren Schlaf reduziert sich zudem die Häufigkeit von Unfällen im Straßenverkehr (Dawson et al. 2021) oder im betrieblichen Kontext (Honn et al. 2019). Diese Erkenntnisse sollten auf die Agenda aller gesellschaftlichen Bildungsaktivitäten, von der Schule über betriebliche Gesundheitsförderung bis hin zu öffentlichen Aufklärungskampagnen.

5) *Aufklärung und Forschung zur Wirkung von Bildschirmnutzung.* Nur wenige Menschen wissen, wie schädlich Bildschirme durch ihre Lichtemissionen vor dem Schlafengehen für die Schlafqualität sein können. Gleichzeitig ist noch nicht ausreichend erforscht, ob diese negative Wirkung vor allem durch das Aufschieben des Schlafengehens (Bettzeitprokrastination) entsteht oder die Lichtemissionen die Schlafqualität und Regeneration direkt beeinträchtigen (Kahn et al. 2021).

6) *Mehr Forschung zu Chronotypen in ihren Alltagsstrukturen.* Wir wissen noch zu wenig zu den molekularen Grundlagen der menschlichen Tages-Rhythmik. Für die Medizin wird das Anwendungspotenzial entsprechender Erkenntnisse darin gesehen, dass die Dosis von Medikamenten gleich gehalten, jedoch Nebenwirkungen reduziert werden können, wenn Medikamente zu einer für das

Individuum biologisch richtigen Zeit verabreicht werden (Panda 2019). Auch für Arbeitskontexte gibt es Anwendungspotenziale. So könnten Menschen, die chronobiologisch besonders gefährdet sind, von Schicht- oder Nachtarbeit ausgenommen werden, während frühe und späte Chronotypen bei notwendigen Schichten so eingesetzt werden könnten, dass es ihrer Biologie entgegenkommt.

5. Diskussion: Welches Output-Format für die Politikberatung?

So einleuchtend die aufgeführten sechs Empfehlungen aus chronobiologischer Perspektive sind, mit Blick auf eine politisch anzustrebende chronobiologisch aufgeklärte Gesellschaft erscheinen sie unterkomplex, da sie die Komplikationen, die sich bei der Umsetzung der Empfehlungen ergeben können, tendenziell ausblenden. Es lässt sich daher diskutieren, ob im Vergleich dazu nicht die sichtbar gewordenen Konfliktfelder und Dilemmata hilfreicher für die Diskussion politischer Maßnahmen wären. In diesem Sinne ließen sich vor allem zwei Dilemmata herausstellen.

1) *Flexibilisierung versus Koordination.* Eine Gesellschaft, die auf den Chronotyp der Menschen flexibel Rücksicht nimmt, stärkt deren Gesundheit und Leistungsfähigkeit, ist aber mit erheblichen Koordinations- und Synchronisierungsproblemen konfrontiert, die unter Umständen auf Gesundheit und Leistungsfähigkeit negativ zurückwirken können.

2) *Energiekonsum versus Sicherheit.* Eine Gesellschaft, die die Orientierung am Tageslicht stärkt und künstliche Beleuchtung zu Nachtzeiten reduziert, stärkt die Gesundheit und Leistungsfähigkeit der Menschen und senkt den Energieverbrauch, muss zugleich aber mit negativen Konsequenzen bei der Sicherheit rechnen, sei es das Kriminalitätsrisiko und das subjektive Sicherheitsgefühl in öffentlichen Außenräumen oder das Unfallrisiko in privaten Innenräumen.

Beide Dilemmata machen die Herausforderungen deutlich, mit denen eine Politik, welche die Erkenntnisse der Chronobiologie nutzen will, wird umgehen müssen. Inwiefern Nutzen und Kosten einer konkreten, chronobiologisch inspirierten Maßnahme in einem angemessenen Verhältnis stehen, wird in vielen Fällen ebenfalls vor allem politisch zu bewerten sein.

Literatur

- Börjeson, L.; Höjer, M.; Dreborg, K.H.; Ekvall, T.; Finnveden, G. (2006): Scenario types and techniques: Towards a user's guide. In: *Futures* 38(7), S. 723–739
- Cuhls, K.; Kantermann, T.; Gutknecht, R.; Heyen, N.; Mork-Antony, F. (2023): Der circadiane Rhythmus im Alltag. *Biologie im Konflikt mit Techniknutzung*. Policy Brief Nr.2. Karlsruhe/Essen. DOI: 10.24406/publica-2353
- Cuhls, K.; Gutknecht, R.; Heyen, N.; Mork-Antony, F.; Kantermann, T. (2024): Chronobiologie für eine gesunde Gesellschaft der Zukunft. Projekt CIRCADIA – Circadiane Rhythmen und Technologie. Karlsruhe/Essen. DOI: 10.24406/publica-3037
- Czeisler, C.A.; Duffy, J.F.; Shanahan, T.L.; Brown, E.N.; Mitchell, J.F. et al. (1999): Stability, Precision, and Near-24-Hour Period of the Human Circadian Pacemaker. In: *Science* 284(5423), S. 2177–2181
- Dawson, D.; Sprajcer, M.; Thomas, M. (2021): How much sleep do you need? A comprehensive review of fatigue related impairment and the capacity to work or drive safely. In: *Accident Analysis & Prevention* 151, Art. 105955
- DGUV – Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (2018): Nichtvisuelle Wirkungen von Licht auf den Menschen. <https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/3247> [aufgesucht am 25.03.2025]
- Honn, K.A.; van Dongen, H.P.; Dawson, D. (2019): Working Time Society consensus statements: Prescriptive rule sets and risk management-based approaches for the management of fatigue-related risk in working time arrangements. In: *Industrial Health* 57(2), S. 264–280
- Kahn, M.; Barnett, N.; Glazer, A.; Gradisar, M. (2021): Sleep and screen exposure across the beginning of life: deciphering the links using big-data analytics. In: *Sleep* 44(3), Art. zsaal58
- Kantermann, T.; Juda, M.; Mellow, M.; Roenneberg, T. (2007): The human circadian clock's seasonal adjustment is disrupted by daylight saving time. In: *Current Biology* 17(22), S. 1996–2000
- Kantermann, T.; Eastman, C. (2018): Circadian phase, circadian period and chronotype are reproducible over months. In: *Chronobiology International* 35(2), S. 280–288
- Münch, M.; Wirz-Justice, A.; Brown, S.A.; Kantermann, T.; Martiny, K. et al. (2020): The Role of Daylight for Humans: Gaps in Current Knowledge. In: *Clocks & Sleep* 2(1), S. 61–85
- Panda, S. (2019): The arrival of circadian medicine. In: *Nature Reviews Endocrinology* 15(2), S. 67–69
- Roenneberg, T.; Kantermann, T.; Juda, M.; Vetter, C.; Allebrandt, K.V. (2013): Light and the Human Circadian Clock. In: Kramer, A.; Mellow, M. (Hg.): *Circadian Clocks*. Berlin/Heidelberg, S. 311–331
- Roenneberg, T.; Wirz-Justice, A.; Skene, D.J.; Ancoli-Israel, S.; Wright, K.P. et al. (2019): Why should we abolish daylight saving time? In: *Journal of Biological Rhythms* 34(3), S. 227–230
- Van der Vinne, V.; Zerbini, G.; Siersema, A.; Pieper, A.; Mellow, M. et al. (2015): Timing of examinations affects school performance differently in early and late chronotypes. In: *Journal of Biological Rhythms* 30(1), S. 53–60
- Wirz-Justice, A.; Skene, D.J.; Münch, M. (2021): The relevance of daylight for humans. In: *Biochemical Pharmacology* 191, Art. 114304

