



<https://pxhere.com/de/photo/549306>

Der circadiane Rhythmus

Essenziell für unser Überleben, häufig vernachlässigt

Policy Brief Nr. 1

Projekt CIRCADIA -

Circadiane Rhythmen und Technologie – Desynchronisation im Alltag

Ort: Karlsruhe

Datum: 1. Februar 2023

Impressum

CIRCADIA

Der circadiane Rhythmus.

Essenziell für unser Überleben, häufig vernachlässigt

Projektleitung: Kerstin Cuhls

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI

Breslauer Straße 48, 76139 Karlsruhe
Cuhls, Kerstin, kerstin.cuhls@isi.fraunhofer.de

Verantwortlich für den Inhalt des Textes

Cuhls, Kerstin, kerstin.cuhls@isi.fraunhofer.de
Kantermann, Thomas, thomas.kantermann@fom.de
und: Gutknecht, Ralph; Heyen, Nils; Mork-Antony, Friederike; Rörden, Jan

Beteiligte Institute

FOM Hochschule, Essen

Herkulesstraße 32, 45127 Essen. Prof. Dr. habil. Thomas Kantermann, thomas.kantermann@fom.de

Verfasst im Auftrag des

Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF), Berlin

Bildnachweis

Titelblatt: <https://pxhere.com/de/photo/549306>
Illustrationen im Text - künstlich generierte Bilder, © Fraunhofer ISI

Disclaimer:

Die Illustrationen im Text enthalten keine realen Personen, sondern sind KI-generiert. Jede Ähnlichkeit mit existierenden Personen ist Zufall. Die Bilder wurden im Dezember 2022 mit beta.openai.com generiert; arXiv (<https://en.wikipedia.org/wiki/ArXiv>):2112.10752 (<https://arxiv.org/abs/2112.10752>). Der Quellcode ist unter der folgenden Lizenz einsehbar: (<https://huggingface.co/spaces/CompVis/stable-diffusion-license>).

Zitierempfehlung

Cuhls, K.; Kantermann, Th. et al. (2022): Der circadiane Rhythmus. Essenziell für unser Überleben, häufig vernachlässigt. Policy Brief Nr. 1, Fraunhofer ISI, Karlsruhe, und FOM Hochschule, Essen

Veröffentlicht

Februar 2023

Hinweise

Dieser Bericht einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Die Informationen wurden nach bestem Wissen und Gewissen unter Beachtung der Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis zusammengestellt. Die Autorinnen und Autoren gehen davon aus, dass die Angaben in diesem Bericht korrekt, vollständig und aktuell sind, übernehmen jedoch für etwaige Fehler, ausdrücklich oder implizit, keine Gewähr. Die Darstellungen in diesem Dokument spiegeln nicht notwendigerweise die Meinung des Auftraggebers wider.

Inhaltsverzeichnis

1	Circadiane Rhythmen - Das Wichtigste in Kürze	4
2	Eine gesamtgesellschaftliche Herausforderung.....	5
3	Chronobiologie des Menschen.....	6
4	Das Projekt CIRCADIA.....	7
5	Wissenschaft mit der und für die Gesellschaft.....	9
6	Literaturverzeichnis	11

1 Circadiane Rhythmen - Das Wichtigste in Kürze

Menschen besitzen innere Uhren, die lebensnotwendige biologische Rhythmen takten. Diese sind angeboren, können aber durch die Umwelt positiv wie negativ beeinflusst werden. Die täglichen Rhythmen sind durch das „**circadiane System**“ (die innere Uhr) geregelt.

Das circadiane System ist untrennbar mit der Regulation des Schlaf-Wach-Rhythmus verbunden. Störungen des circadianen Systems können daher Schlafstörungen und damit zusammenhängend kognitive Leistungseinbußen sowie unterschiedliche Gesundheitsprobleme hervorrufen.

Licht ist der stärkste **Zeitgeber** für das menschliche circadiane System und damit maßgeblich an der Erhaltung der Gesundheit beteiligt. Fehlendes Tageslicht sowie Licht zur falschen Zeit (z.B. nachts und vor dem Schlafanfang) kann zu einer Störung des circadianen Systems führen.

Viele Menschen bekommen im Tagesverlauf zu wenig (Sonnen-) Licht, z.B. durch vermehrtes Arbeiten in Innenräumen. Und sie bekommen zu viel Licht zur falschen Zeit, z.B. durch Nutzung von lichtemittierender Technik zu Zeiten natürlicher Dunkelheit.

Es gibt **unterschiedliche Chronotypen**. Nicht nur ihr Schlaf-Wach-Rhythmus, sondern auch ihre Leistungsfähigkeit ist im Tagesverlauf verschieden.

Sowohl im Privatleben als auch im Arbeitsleben müssen die Chronotypen und der Einfluss von Licht auf das circadiane System berücksichtigt werden, um Störungen des circadianen Systems zu verhindern und Gesundheit sowie Leistungsfähigkeit des Menschen zu erhalten.

Die Chronobiologie ist ein evidenzbasiertes Forschungsfeld, das allerdings gegenwärtig nur wenig Berücksichtigung im Alltag findet.

Bis dato fehlen geeignete Handlungsempfehlungen und Präventionsstrategien im Alltag. Diese sollen im BMBF-geförderten Projekt CIRCADIA erarbeitet werden.

2 Eine gesamtgesellschaftliche Herausforderung

Als Gesellschaft erwarten wir, dass Arbeitnehmer (besonders Mitarbeitende des Rettungsdienstes, der Polizei, des Krankenhauses sowie Zugführer:innen oder Piloten/Pilotinnen) zu allen Tages- und Nachtzeiten wach und aufmerksam sind und fehlerfrei arbeiten. Sind sie nicht aufmerksam, können sie sich selbst und andere Menschen in ernste Gefahr bringen. Profunde Störungen der inneren Uhr (circadianen Rhythmik) können diesem Problem zugrunde liegen und mit Störungen des Schlafes oder Schlafmangel einhergehen. Die Konsequenzen von gestörter innerer Uhr und Schlaf sind unmittelbar Defizite der Aufmerksamkeitsleistungen und damit einhergehende Fehleranfälligkeit. Nach nur einer schlaflosen Nacht sinkt unsere Aufmerksamkeits- und Konzentrationsfähigkeit nachweislich. Da die innere Uhr fundamental in die Gesunderhaltung und Aufrechterhaltung der Leistungsfähigkeit eingebunden ist, können Störungen der inneren Uhr zu vielfältigen gesundheitlichen Problemen führen. Störungen von Hormonen und physiologischen Prozessen für gesunden Schlaf sowie Störungen, die das Immun- und Herz-Kreislaufsystem betreffen, sind in diesem Kontext einer circadianen Desynchronisation beschrieben (Kantermann, 2018). Gut erforscht sind sie beispielsweise als Folgen von Schicht- und Nachtarbeit (Moreno et al., 2019).

In vielen Studien konnte gezeigt werden, dass Schlafstörungen und chronischer Schlafmangel weit verbreitet sind. Die Folgen von Schlafmangel und Unaufmerksamkeit betreffen alle Menschen, beispielsweise in Form erhöhter Gesundheits- und Krankheitskosten, die weitgehend gesamtgesellschaftlich getragen werden (Hafner et al. 2017). Ziel sollte es daher sein, Präventionsstrategien zu entwickeln, die dabei helfen, die menschliche innere Uhr im Takt zu halten, so dass Schlafstörungen oder andere Erkrankungen gar nicht erst entstehen. Es reicht dabei nicht aus, sich ausreichend Zeit für den Schlaf zu nehmen, dafür sind die Einflussfaktoren auf das circadiane System und unseren Schlaf-Wach-Rhythmus zu komplex.

In Zukunft wird es notwendig sein, diese Komplexität stärker herauszustellen, genauer zu analysieren und die eingebundenen Faktoren miteinander in Beziehung zu setzen. An diesem Punkt kommen auch politische Entscheidungsträger ins Spiel.

3 Chronobiologie des Menschen

Der Körper des Menschen ist mit einem biologischen Mechanismus ausgestattet, der die Physiologie, das Verhalten sowie den Schlaf zeitlich im Tagesverlauf koordiniert und strukturiert. Dieser biologische Mechanismus gleicht einer inneren Uhr, welche die homöostatischen Prozesse des Körpers sowie den Wechsel zwischen Wachheit und Schlaf steuert (Hastings et al., 2008). Der Begriff Chronobiologie leitet sich vom altgriechischen „chrónos“ = Zeit ab und bezeichnet die biologischen Rhythmen in ihren zeitlichen Folgen.

Ähnlich der Körpergröße, unterscheiden sich Menschen graduell in der zeitlichen Ausprägung der Prozesse, die durch die innere Uhr geregelt werden. Auf diese Weise lassen sich unterschiedliche Chronotypen (von frühen „Lerchen“ bis späten „Eulen“) in der Bevölkerung unterscheiden. Das circadiane System (lateinisch circa: „herum“, dies: „Tag“) trägt seinen Namen deshalb, weil die endogene Periodik dieser inneren zellulären Uhren nicht exakt 24 Stunden beträgt, sondern individuell um diesen Wert herum schwankt. Die endogene Periodik der inneren Uhr des Menschen liegt im Durchschnitt bei 24,2 Stunden (Czeisler et al., 1999). Damit die innere Uhr mit dem 24-Stundentag synchron läuft, muss sie täglich angepasst werden. Länger als 24 Stunden tickende Uhren werden verlangsamt (Tendenz zum späten Chronotyp). Kürzer als 24 Stunden tickende innere Uhren (Tendenz zum frühen Chronotyp) werden beschleunigt.



© Fraunhofer ISI; beta.openai.com

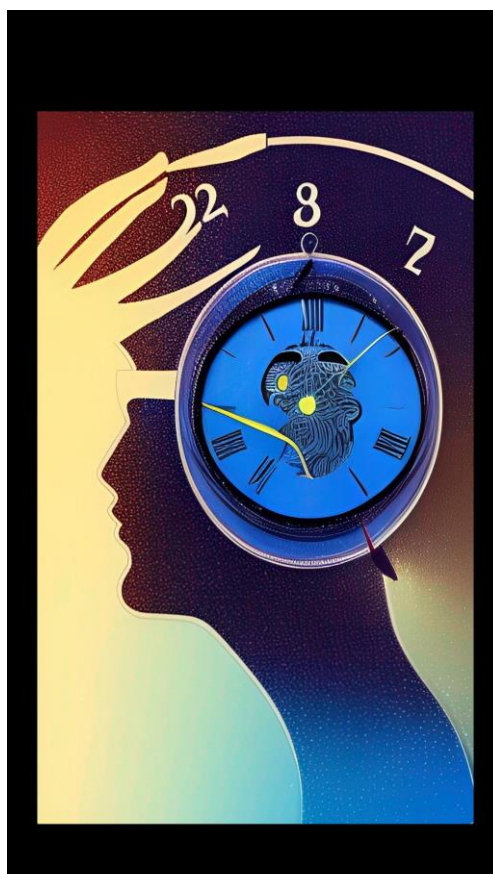
Die Signale aus der Umwelt, die diese Korrektur täglich vornehmen können, werden *Zeitgeber* genannt. Eine weitreichende Erkenntnis der Chronobiologie ist, dass *Zeitgeber* je nach Tages- und Nachtzeit sehr unterschiedlich wirken können. Der für die innere Uhr des Menschen bedeutendste *Zeitgeber* ist Licht, gegeben durch den natürlichen Wechsel von Tag (Licht) und Nacht (Dunkel) (Roenneberg et al., 2013; Münch et al. 2020). Der Wechsel von Tag und Nacht ist seit der Entstehung des Lebens das einzige Umweltsignal, mit dem auf verlässliche Weise eine Vorhersage über tages- und jahreszeitliche Veränderungen der Umwelt möglich sind.

4 Das Projekt CIRCADIA

Eine systematische Bestandsaufnahme der Zusammenhänge zwischen biologischen Rhythmen, Gesundheit und Wohlbefinden fehlt bisher ebenso wie Vorschläge zu Präventions- und Lösungsstrategien für die Anpassung an Alltag und Lebenswelten. Dies sind die Ziele des Projektes CIRCADIA.

CIRCADIA ist der Titel des Projektes „Circadiane Rhythmen und Technologie – Desynchronisation im Alltag“ des Fraunhofer-Instituts für System- und Innovationsforschung (ISI, Karlsruhe) und der FOM Hochschule (Essen). Das Projekt widmet sich der Frage, wie circadiane Rhythmen, d.h. die von inneren Uhren gesteuerten Tagesrhythmen des Menschen, durch neue und vielfältig kombinierbare Technik sowie soziale Praktiken im Alltag beeinflusst werden. Es handelt sich um ein vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördertes Forschungsprojekt zu interdisziplinären Perspektiven des gesellschaftlichen und technologischen Wandels (INSIGHT-Programm; Projekt-ID: 16INS106B).

Hintergrund ist, dass Menschen immer stärker mit sozio-technischem Wandel konfrontiert sind. Die Folgen der Nutzung neuer und vielfältig kombinierbarer Techniken ist eine Entstrukturierung des Alltags und eine Entrhythmisierung von biologischen und psychologischen Körpervorgängen. Beispielsweise die Möglichkeiten für Videokonferenzen rund um die Uhr, sei es beruflich oder privat, werden zunehmend (nicht nur allein aufgrund der Covid-19-Pandemie) genutzt. Allerdings kann die ständige Erreichbarkeit durch digitale Plattformen und das Mitführen mobiler Geräte zu einer Kollision mit den Zeiten für Erholung (inkl. Schlaf) und Privatleben führen. Die Stressbelastung kann steigen, der Schlaf sich verschlechtern und die innere Uhr kann aus dem Takt geraten. Derart nicht-intendierte Konsequenzen müssen den Vorteilen digitaler Kommunikationstechniken gegenüber abgewogen werden, denn dem Menschen sind im Gegensatz zu Geräten biologische, zeitliche Grenzen gesetzt (Kantermann, 2018). Es muss im Interesse von Politik, Wirtschaft und Gesellschaft sein, wenn mehr über die dahinterstehenden, grundlegenden Mechanismen herausgefunden wird, um besser zu verstehen, wie Entrhythmisierung vermieden werden kann oder verringert werden kann.



Eine Herausforderung besteht darin, die Koexistenz von Menschen und Technik derart zu moderieren, dass dem

© Fraunhofer ISI; beta.openai.com

Menschen keine gesundheitsbezogenen Nachteile entstehen. Dieses Ziel zu erreichen setzt ein fundiertes Verständnis von humanbiologischen zeitlichen Grenzen voraus, inklusive eines Verständnisses der Parameter, die diese Grenzen setzen. Das circadiane System des Menschen ist das zentrale Bindeglied zwischen Gesundheit, Wohlbefinden und individuellem Verhalten. Im Projekt CIRCADIA beginnen wir mit der Untersuchung von Zusammenhängen zwischen biologischen Rhythmen und Technik. Es wird eruiert, wie sich circadiane Rhythmen kurz- und langfristig beeinflussen lassen, und welche verhaltensbedingten Faktoren sowie Technologiefamilien dabei eine Rolle spielen.

Bei den Technologien wird unterschieden zwischen solchen,

1. die lichtemittierend sind und damit potenziell **direkt** auf chronobiologische Mechanismen wirken (z.B. LED, Smartphone-Display),
2. die zur Entstrukturierung und Entrhythmisierung des Alltags beitragen und damit **indirekt** die circadianen Abläufe der Nutzer:innen beeinflussen (z.B. Online-Kollaborationstools, Internet, Social Media-Anwendungen) und
3. die dazu beitragen können, die Tagesgestaltung besser an chronobiologische Rhythmen anzupassen (z.B. Selbstvermessungs-Apps, web-basierte Coachings, Assistenzsysteme auf dem Smartphone).

Mit dem Projekt informieren wir politische und wirtschaftliche Entscheidungsträger:innen sowie die Bevölkerung über mögliche Folgen für die circadianen Rhythmen des Menschen – und damit Gesundheit, Sicherheit und vieles mehr – durch einen steigenden Einsatz von Technik. Im Fokus steht die Entwicklung von Präventions- und Anpassungsstrategien für evidenzbasierte Unterstützung von Gesundheit und Wohlbefinden von Menschen. Wir suchen nach Gestaltungsspielräumen, die Politik nutzen kann.

5 Wissenschaft mit der und für die Gesellschaft

- 1) Gesellschaftliche Anerkennung ist notwendig dafür, dass die innere Uhr ein individuelles, biologisches Merkmal vergleichbar der Körpergröße, des Körpergewichts oder Geschlechtes ist.
- 2) Die individuelle innere Uhr (der Chronotyp) kann über Fragebögen oder Blut- bzw. Haartests ermittelt werden.
- 3) Licht stellt die innere Uhr und kann sie deshalb auch **verstellen**. Licht beeinflusst die innere Uhr morgens anders als abends oder nachts. Die Tageszeit spielt dabei eine bedeutende Rolle. Viele Geräte im Alltag emittieren Licht. So hat beispielsweise die Beleuchtung des Smartphones am Abend oder nachts eine andere Wirkung auf den Körper als am Morgen.
- 4) Weil Tageslicht der stärkste **Zeitgeber** für die innere Uhr ist, sollte Tageslicht an allen Arbeits- und Lernorten die hauptsächliche Lichtquelle sein. Künstliche Beleuchtung kann ergänzend eingesetzt werden, kann jedoch Tageslicht nicht ersetzen.

- 5) Neben dem Zeitpunkt der Lichtexposition spielt auch die spektrale Zusammensetzung und Intensität des Lichts eine bedeutende Rolle. Idealerweise berücksichtigt künstliche Beleuchtung daher tages- und jahreszeitliche Variationen der natürlichen Lichtverhältnisse. Neben geeigneten Lichtstrategien können auch architektonische Anpassungen hilfreich sein.

- 6) Wo es sozialverträglich möglich ist, sollte auf Schicht- und Nachtarbeit verzichtet werden. Betriebswirtschaftliche Gewinne durch den Einsatz von Schicht- und Nachtarbeit werden aktuell nicht dazu genutzt, die Kosten für Leistungen zur Behandlung von Gesundheitsstörungen durch Schicht- und Nachtarbeit zu begleichen. Aus sozialpolitischer Sicht herrscht hier ein gravierendes Missverhältnis.



© Fraunhofer ISI; beta.openai.com

- 7) Die Umstellung auf „Sommerzeit“ ist eine menschliche Erfindung und nur eine Umstellung der Uhren, aber keine Änderung der Zeit. Es gibt weder „Sommerzeit“ noch „Winterzeit“, sondern allein Standardnormalzeiten. Die „Sommerzeit“ ist von Menschen gemacht und kann daher ebenso durch Menschen abgeschafft werden. Die Umstellung auf „Sommerzeit“ ist ein Störfaktor für die menschlichen Rhythmen und ein Risikofaktor für die Gesundheit.
- 8) Für Teenager – die in der Gesellschaft zu den spätesten natürlich vorkommenden Chronotypen zählen – fängt die Schule morgens zu früh an. Die Konzentrations- und Aufnahmefähigkeit ist bei vielen Schüler:innen in den ersten Schulstunden herabgesetzt, da ihr Körper noch

auf Schlaf programmiert ist. Die Schulleistungen von Schüler:innen unterschiedlicher Chronotypen können in den frühen Vormittagsstunden kaum abgerufen und auch kaum miteinander verglichen werden. Auch einige Lehrer:innen sind im frühen Unterricht noch nicht wach, weil nicht alle Frühtypen sind.

- 9) Flexible Lern- und Arbeitszeitmodelle können helfen, Unterschiede in der Verteilung der Chronotypen und damit verbundene unterschiedliche Zeiten der Leistungsfähigkeit besser zu berücksichtigen.
- 10) Um mehr Lichtexposition zu gewährleisten, könnte wesentlich mehr Unterricht im Freien stattfinden. Schule ist immer häufiger Ganztagschule, so dass kaum noch die Möglichkeit besteht, hinauszugehen und ausreichend Licht zu „tanken“. Auch Arbeitgeber sind angehalten, das Arbeiten und den Aufenthalt während der Pausen im Freien zu fördern.

Die technischen Voraussetzungen und das konzeptuelle Verständnis von Chronobiologie und inneren Uhren bzw. Rhythmen liegen vor. Um die Erkenntnisse gesamtgesellschaftlich verfügbar zu machen, sind politische Entscheidungen und Unterstützung gefragt.

6 Literaturverzeichnis

- Czeisler, CA, Duffy, JF, Shanahan, TL, Brown, EN, Mitchell, JF, Rimmer, DW, Ronda, JM, Silva, EJ, Allan, JS, Emens, JS, Dijk, DJ, Kronauer, RE (1999): Stability, precision, and near-24-hour period of the human circadian pacemaker. *Science* Jun 25;284(5423):2177-81.
- DGUV Information 215-220 (2018): Nichtvisuelle Wirkungen von Licht auf den Menschen, <https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/3247>
- Hafner, M, Stepanek, M, Taylor, J, Troxel, WM, van Stolk, Chr (2017): Why Sleep Matters-The Economic Costs of Insufficient Sleep: A Cross-Country Comparative Analysis. In: *Rand Health Quarterly* 6 (4), S. 11.
- Hastings, MH, Maywood, ES, Reddy, AB (2008): Two decades of circadian time. In: *J Neuroendocrinol.* 20, S. 812-9.
- Kantermann, T (2018): Humanchronobiologie in Zeiten von Arbeit 4.0, in *Gesundheit und Arbeit 4.0*. In: Matusiewicz; Nürnberg; Nobis (Hrsg.), medhochzwei Verlag, Heidelberg. <https://www.medhochzwei-verlag.de/Shop/ProduktDetail/gesundheit-und-arbeit-4-0-buch-978-3-86216-413-4>.
- Moreno, CRC, Marqueze, EC, Sargent C, Wright, Jr. KP, Ferguson, SA, Tucker, P (2019): Working Time Society consensus statements: Evidence-based effects of shift work on physical and mental health. In: *Ind. Health.* 57(2), S. 139-157.
- Münch, M, Wirz-Justice, A, Brown, SA, Kantermann, T, Martiny, K, Stefani, O, Vetter, C, Wright Jr KP, Wulff, K, Skene, DJ (2020): The Role of Daylight for Humans: Gaps in Current Knowledge. In: *Clocks & Sleep.* 2(1), S. 61–85.
- Roenneberg, T, Kantermann, T.; Juda, M, Vetter, C, Allebrandt, KV (2013): Light and the human circadian clock. In: *Handb. Exp. Pharmacol.* 217, S. 311-331.

Links für weitere Infos

<https://www.fom.de/forschung/institute/iap/forschungsprojekte.html#!acc=circadiane-rhythmen-und-technologie-desynchronisation-im-alltag-circadia>

<https://www.isi.fraunhofer.de/de/competence-center/foresight/projekte/circadia.html>