

# Bericht über die Erfassung von Chronotypen bei deutschen Schülerinnen und Schülern in PISA-2018

Jörg-Henrik Heine

## Überblick

Der vorliegende Beitrag verfolgt zwei Ziele.

- Zunächst wird die Aufbereitung zusätzlicher Daten zur circadianen Rhythmik 15-jähriger Schülerinnen und Schüler dokumentiert, welche in Deutschland während der PISA-Runde 2018 erhoben wurden.
- Zusätzlich werden Ergebnisse zum Einfluss einer circadianen Typologie – dem *Chronotype* und *social Jetlag* – auf zentrale Variablen der akademischen und kognitiven Performanz berichtet.

## Theorie zur individuellen circadianen Rhythmik

Ausreichender und erholsamer Schlaf ist ein zentraler Faktor für die menschliche Gesundheit (Adan et al., 2012; Fabbian et al., 2016; Roenneberg & Merrow, 2016) und die Lernfähigkeit (Keller et al., 2015). Die Literatur zu menschlichen Schlafpräferenzen legt zusammenfassend nahe, dass interindividuelle Unterschiede im bevorzugten Timing von Schlaf- und aktivem Wachphasen bestehen (z.B. Aschoff, 1965; Horne & Östberg, 1977; Kerkhof, 1985; Preckel et al., 2011; 2013; Putilov, 2017; Roenneberg et al., 2003). Solche interindividuellen Unterschiede sind die Grundlage für eine circadiane Typologie, die unter dem Begriff *Chronotype* eine biologisch bedingte (Adan et al., 2012; Roenneberg & Merrow, 2002), Präferenz für entweder frühe, morgendliche Wachphasen (Morgentypen) oder aber späte abendliche Wachphasen (Abendtypen) subsumiert (z.B. Roenneberg, 2012; Roenneberg et al., 2003; Wittmann, Dinich, Merrow, & Roenneberg, 2006). Allerdings gibt gerade das sozialen Umfeld der Schule feste Tagesabläufe für Schlaf- und Wachphasen vor, die solche individuellen Rhythmen stören können (Touitou, 2013; Wittmann et al., 2006), wobei die vorgeschriebenen Stundenpläne die so genannten "Lerchen" (Morgentypen) gegenüber den "Eulen" (Abendtypen), bevorzugen. Im gegenwärtigen Stundenplansystem führt dies dazu, dass Bildungsergebnisse wie beispielsweise die mathematische, naturwissenschaftliche und sprachliche Kompetenzen negativ mit dem Abendtyp („Eulen“) assoziiert sind (z.B. Preckel et al., 2013; Scherrer & Preckel, 2021). Insbesondere haben Wittmann et al. (2006) das Konzept des "*social Jetlag*" im Zusammenhang mit solchen Interferenzen zwischen gesellschaftlich vorgegebenen und individuell, biologisch determinierten, circadianen Rhythmen eingeführt (siehe auch Roenneberg, 2012).

## Erhobene Variablen zur circadianen Rhythmik

Variablenbezeichnung	% fehlende Antworten	Inhalt der Frage	Messeinheit
1. EC808C01HA_DE	0.22	Beginn der Schule	Zeit: Stunden
2. EC808C02HA_DE	0.22	Beginn der Schule	Zeit: Minuten
3. EC809C01HA_DE	0.22	Ende der Schule	Zeit: Stunden
4. EC809C02HA_DE	0.22	Ende der Schule	Zeit: Minuten
5. EC810C01HA_DE	0.22	Alternative für den Schulweg(1): 'geschlossenes Fahrzeug'	Vorgegebene Antwortoption
6. EC810C02HA_DE	0.22	Schulweg alternativ(2): 'offenes Fahrzeug'	Vorgegebene Antwortoption
7. EC812C01HA_DE	0.22	Fahrt zur Schule	Dauer: Minuten
8. EC812C02HA_DE	0.22	Fahrt nach Hause	Dauer: Minuten
9. EC813C01HA_DE	0.31	Aufenthalt unter freiem Himmel? - Schultage	Dauer: Stunden
10. EC813C02HA_DE	0.35	Aufenthalt unter freiem Himmel? - Schultage	Dauer: Minuten
11. EC814C01HA_DE	0.26	Aufenthalt unter freiem Himmel? - freie Tage	Dauer: Stunden
12. EC814C02HA_DE	0.44	Aufenthalt unter freiem Himmel? - freie Tage	Dauer: Minuten
13. EC815C01HA_DE	0.24	Zu-Bett-gehen - Schultage	Zeit: Stunden
14. EC815C02HA_DE	0.31	Zu-Bett-gehen - Schultage	Zeit: Minuten
15. EC816C01HA_DE	0.28	Bereit zum Schlafen - Schultage	Zeit: Stunden
16. EC816C02HA_DE	0.34	Bereit zum Schlafen - Schultage	Zeit: Minuten
17. EC817C01HA_DE	0.26	Einschlafen - Schultage	Dauer: Minuten
18. EC817C02HA_DE	0.27	Aufwachen - Schultage	Zeit: Stunden
19. EC818C01HA_DE	0.27	Aufwachen - Schultage	Zeit: Minuten
20. EC818C03HA_DE	0.26	Brauchen Sie einen Wecker? - Schultage	Kontrollkästchen 'Ja - Nein'
21. EC819C01HA_DE	0.27	Aus dem Bett - Schultage	Dauer: Minuten
22. EC820C01HA_DE	0.27	Zu-Bett-gehen - freie Tage	Zeit: Stunden
23. EC820C02HA_DE	0.35	Zu-Bett-gehen - freie Tage	Zeit: Minuten
24. EC821C01HA_DE	0.32	Bereit zum Schlafen - freie Tage	Zeit: Stunden
25. EC821C02HA_DE	0.37	Bereit zum Schlafen - freie Tage	Zeit: Minuten
26. EC822C01HA_DE	0.30	Einschlafen - freie Tage	Dauer: Minuten
27. EC822C02HA_DE	0.29	Aufwachen - freie Tage	Zeit: Stunden
28. EC823C01HA_DE	0.35	Aufwachen - freie Tage	Zeit: Minuten
29. EC823C02HA_DE	0.32	Brauchen Sie einen Wecker? - freie Tage	Kontrollkästchen 'Ja - Nein'
30. EC824C01HA_DE	0.30	Aus dem Bett - freie Tage	Dauer: Minuten

## Fragestellungen

- Lassen sich bei deutschen Schülerinnen und Schülern interindividuelle Unterschiede in der präferierten circadianen Rhythmik – Chronotype, social Jetlag – messen?
- Gibt es Zusammenhänge zwischen Indices der circadianen Rhythmik und Maßen der akademische Performanz?

## Daten

### Instrument

Neben den in PISA eingesetzten Instrumenten zur Erfassung der drei Kompetenzdomänen (Lesen, Mathematik und Naturwissenschaften) und assoziierter „non-kognitiver“ Konstrukte, wurde als nationale Ergänzung ein für PISA adaptierter Fragebogen zur Erfassung der individuellen circadianen Rhythmik eingesetzt. Insbesondere wird das individuelle Schlafverhalten an Schultagen und freien Tagen erfasst. Die Inhalte des Instrumentes orientieren sich an dem von Roenneberg et al., (2003) veröffentlichten Munich Chronotype Questionnaire (MCTQ).

### Stichprobe

15-jährige Schülerinnen und Schüler der deutschen PISA-Stichprobe im Jahre 2018 ( $n = 5451$ ). Erhoben als repräsentative Stichprobe an 223 Schulen aller Schularten.

## Methode

### Durchführung

Durchführung sämtlicher Analysen mit der freien Statistikumgebung R (R Core Team, 2022). Alle Berechnungen unter Berücksichtigung der komplexen Stichprobenziehung und Replikatgewichten mit dem R-Paket BIFISurvey (BIFIE, Robitzsch, A., Oberwimmer, K., 2022).

### Imputation

Die in bedeutsamen Anteil fehlenden Werte in den Daten (vgl. Tabelle rechts, oben), wurden für alle Auswertungen zuvor auf der Ebene der Indikatoren mit dem R-Paket mice (van Buuren, S., Groothuis-Oudshoorn, K., 2011) multipel imputiert (vgl. Heine, J.-H., in Vorbereitung).

## Ergebnisse

	<i>M</i>	<i>SE<sub>M</sub></i>	<i>SD</i>	<i>SE<sub>SD</sub></i>
Schulbeginn	07:51:35	00:00:26	00:18:50	00:00:53
Schulende	13:51:31	00:02:56	01:08:41	00:01:29
Schultage Schlafbeginn (ONSET)	23:35:30	00:02:04	01:26:23	00:01:55
Freie Tage Schlafbeginn (ONSET)	01:14:04	00:03:11	01:53:27	00:02:27
Schultage Aufwachen	06:20:49	00:00:50	00:39:43	00:02:03
Freie Tage Aufwachen	10:18:20	00:03:23	02:00:45	00:05:43
Freie Tage Schlafmitte (MID)	05:47:06	00:02:31	01:34:34	00:01:43
Schultage Schlafmitte MID	02:57:42	00:01:20	00:47:27	00:00:54

Anmerkung: Alle Werte im 24-Stunden Format - *Stunden:Minuten:Sekunden*; Deutsche PISA-2018 Teilstichprobe;  $n = 5451$

### Korrelationen nach Pearson

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
1. Social Jetlag ( <i>SJL</i> )		0.778	-0.091	-0.152	-0.152	-0.153	0.092	-0.099
2. Chronotyp ( <i>MSFsc</i> )	(0.010)		-0.081	-0.094	-0.091	-0.089	0.084	-0.054
3. Economic, Social and Cultural Status ( <i>ESCS</i> )	(0.025)	(0.02)		0.388	0.398	0.407	-0.215	0.250
4. PISA Lesen ( <i>PVREAD</i> )	(0.024)	(0.033)	(0.016)		0.849	0.893	-0.379	0.552
5. PISA Mathematik ( <i>PVMATH</i> )	(0.026)	(0.032)	(0.017)	(0.006)		0.860	-0.334	0.564
6. PISA Naturwissenschaften ( <i>PVSCIE</i> )	(0.023)	(0.034)	(0.015)	(0.005)	(0.006)		-0.344	0.584
7. 6 Schulnotenstufen im Fach Deutsch	(0.017)	(0.018)	(0.018)	(0.018)	(0.018)	(0.018)		-0.220
8. Figurale Intelligenz ( <i>BEFKI</i> )	(0.020)	(0.022)	(0.015)	(0.012)	(0.012)	(0.013)	(0.019)	

Anmerkungen: Alle Korrelationen signifikant ( $p < 0.05$ ); Werte unterhalb der Diagonalen: Standardfehler der Korrelation durch Replikation.

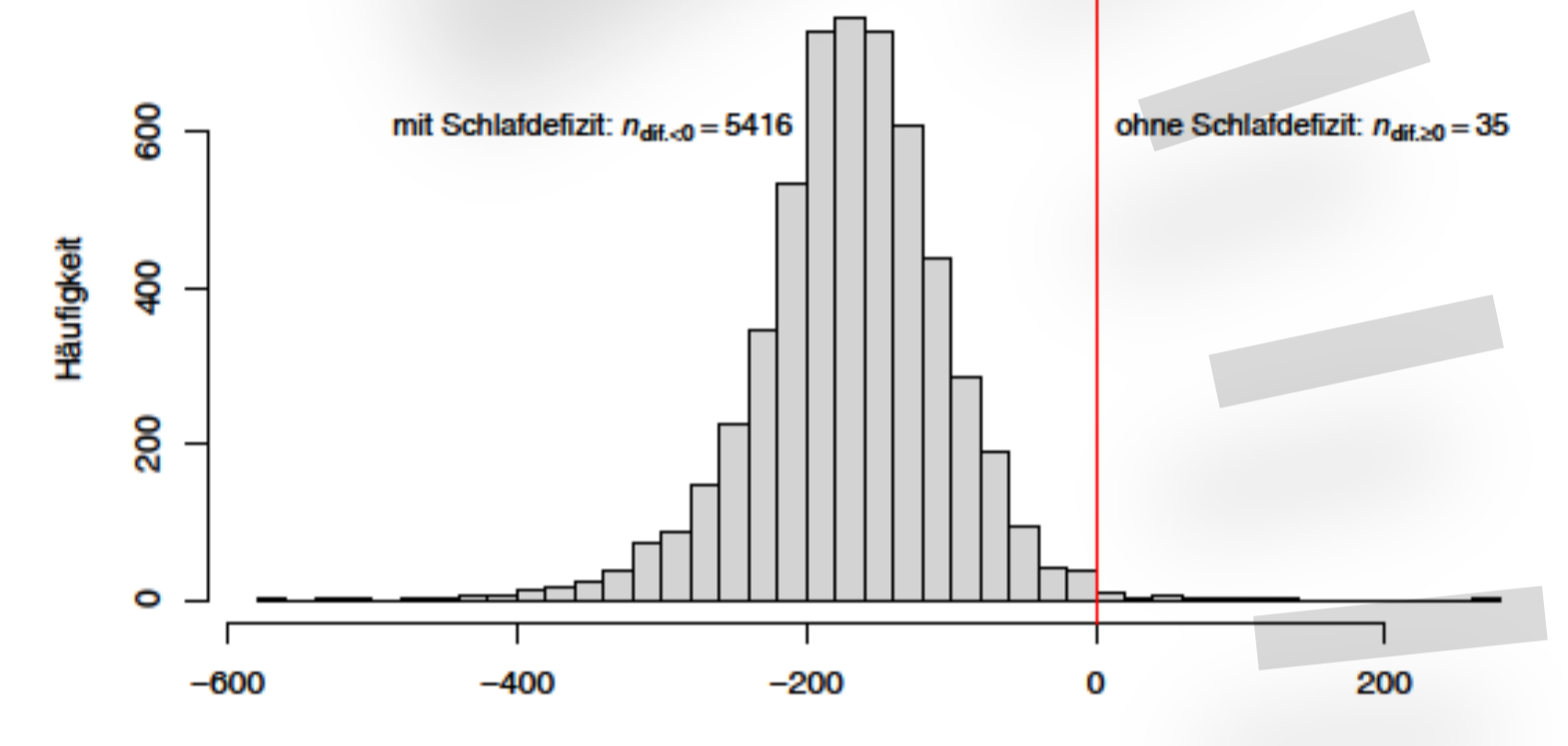
	Abhängige Variable: PISA Mathematik ( <i>PVMATH</i> )					Abhängige Variable: PISA Naturwissenschaften ( <i>PVSCIE</i> )				
	$\beta$	<i>SE</i>	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i>	$\beta$	<i>SE</i>	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i>
<i>ESCS</i>	0.3578	0.0278	12.89	120.83	0.0000	0.3497	0.0278	12.57	100.81	0.0000
<i>HISEI</i>	0.0524	0.0253	2.07	121.59	0.0406	0.0492	0.0253	1.94	111.83	0.0549
<i>SJL</i>	-	-	-	-	-	-0.1158	0.0248	-4.67	19.08	0.0002

Anmerkungen:  $n = 5451$ ; Modell A:  $R^2 = 0.1597$  ( $SE_{R^2} = 0.0135$ ); Modell B:  $R^2 = 0.1734$  ( $SE_{R^2} = 0.0152$ )

	Abhängige Variable: PISA Lesen ( <i>PVREAD</i> )					Abhängige Variable: PISA Naturwissenschaften ( <i>PVSCIE</i> )				
	$\beta$	<i>SE</i>	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i>	$\beta$	<i>SE</i>	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i>
<i>ESCS</i>	0.2859	0.0261	10.94	137.88	0.0000	0.2808	0.0262	10.73	126.08	0.0000
<i>HISEI</i>	0.0453	0.0265	1.71	71.86	0.0916	0.0427	0.0265	1.61	70.90	0.1118
Noten Deutsch	-0.3101	0.0164	-18.92	142.58	0.0000	-0.3029	0.0166	-18.30	122.11	0.0000
<i>SJL</i>	-	-	-	-	-	-0.0950	0.0227	-4.18	19.81	0.0005

Anmerkungen:  $n = 5451$ ; Modell A:  $R^2 = 0.2431$  ( $SE_{R^2} = 0.0156$ ); Modell B:  $R^2 = 0.2522$  ( $SE_{R^2} = 0.0162$ )

*Social Jetlag* (Wittmann; et al., 2006): Differenz aus Schlafmitte Schule – Freizeit in Minuten  $M = -168.6$ ;  $n = 5451$  (nach Imputation)



## Operationalisierung: Schlafgewohnheiten, *Chronotype* und *social Jetlag*

### 1) technische Datenverarbeitung

- Zusammenfassung der einzelnen erhobenen Daten (Stunden, Minuten) zu Zeitangaben für tägliche Ereignisse wie z.B. "Schulbeginn" (EC808C01HA\_DE, EC808C02HA\_DE), etc. (vgl. Tabelle rechts oben) zu einer Zeitvariablen.
- Verarbeitung mit Hilfe der „ISOdatetime“-Funktionalität in R (R Core Team, 2021), wobei zwei Dummy-Tage (1. Januar 2018 und 2. Januar 2018) eingeführt wurden, um Zeitdaten zu unterscheiden, die das 24-Stunden-Fenster eines Tages überschreiten bzw. nicht überschreiten.

### 2) Schlafdauer und Schlafmittelpunkt

Der Schlafmittelpunkt und die Schlafdauer für freie Tage (*free\_sleep\_DURATION*; *SDURF* und *free\_sleep\_MID*; *MSF*) und Schultage (*school\_sleep\_DURATION*; *SDURS*, *school\_sleep\_MID*; *MSS*) werden aus einfachen Zeitdifferenzen zwischen der Aufwachzeit (EC818C01HA\_DE, EC818C02HA\_DE und EC823C01HA\_DE, EC823C02HA\_DE) und dem Schlafbeginn an freien Tagen bzw. an Schultagen berechnet. Diese zuvor abgeleiteten Variablen für den Schlafbeginn (*free\_sleep\_ONSET*, *school\_sleep\_ONSET*) wurden aus den Antworten der Schüler zu den Zeiten des "Zu-Bett-gehens" berechnet (EC815C01HA\_DE, EC815C02HA\_DE und EC820C01HA\_DE, EC820C02HA\_DE), "bereit zum Schlafen sein" (EC816C01HA01\_DE, EC816C02HA\_DE und EC821C01HA\_DE, EC821C02HA\_DE) und "Dauer bis zum Einschlafen" (EC817C01HA\_DE und EC822C01HA\_DE)

### 3) Chronotype (*MSFsc*)

Nach Roenneberg et al. (2004) beschränkt sich der Bezugspunkt für die Zuordnung eines Chronotyps ausschließlich auf die Mitte des Schlafs an freien Tagen (*MSF*; *free\_sleep\_MID*), basierend auf der Annahme, dass dies eine (natürliche) Schlafgewohnheit ohne den störenden Einfluss sozialer Verpflichtungen während der Schulzeit darstellt. Da die meisten späten Chronotypen dazu neigen, an Schultagen ein Schlafdefizit zu akkumulieren, das an freien Tagen ausgeglichen wird (siehe Roenneberg et al., 2003), sollte der *MSF* an den individuellen durchschnittlichen Schlafbedarf angepasst werden:  $MSF_{sc} = MSF - 0.5 \times (SDURF - (5 \times SDURS + 2 \times SDURF)) / 7$

### 4) Social Jetlag (*SJL*)

Operationalisiert nach Wittmann et al., (2006) als absolute Differenz zwischen Schlafmitte an freien Tagen (*MSF*) und Schultagen (*MSS*):  $SJL = |MSF - MSS|$

## Diskussion

- Forschungsfrage 1:** Die Verteilung der Indexvariable „Social Jetlag“ (Wittman et al., 2006) für die PISA 2018 Stichprobe deutet darauf hin, dass (1) Interindividuelle Unterschiede in der circadianen Rhythmik bestehen und (2) die überwiegende Mehrheit der deutschen Schülerinnen und Schülern durch die frühen Schulanfangzeiten ein (kumuliertes) Schlafdefizit während der Schulwoche – „Social Jetlag“ aufweisen.
- Forschungsfrage 2:** Die signifikant negativen Zusammenhänge zwischen der Indexvariable zum „Social Jetlag“ (Wittman, 2006) und den drei Indikatoren für die PISA-Kompetenzen (Lesen Mathematik und Naturwissenschaften) stützen frühere Befunde aus der Literatur, wonach die derzeit vorgeschriebenen Stundenpläne die so genannten "Lerchen" (Morgentypen) gegenüber den "Eulen" (Abendtypen), bevorzugen. Nach Kontrolle für die Variablen „sozioökonomischer“ Status (*HISEI* und *ESCS*) und der Schulnote in Deutsch klärt die Variable zum *Social Jetlag* (*SJL*) etwa 1% zusätzliche Varianz in der PISA Lesekompetenz auf. Bei Mathematik ist dies knapp 2% zusätzlich erklärte Varianz (ohne Kontrolle für die entsprechende Schulnote).
- Perspektive:** Der Blick auf interindividuelle Unterschiede in der circadianen Rhythmik gerät auch im Schulbereich zunehmend in den Fokus bildungspolitischer Entscheidungsträger. So formulieren die CDU und BÜNDNIS 90 DIE GRÜNEN in Nordrheinwestfalen (NRW) in Ihren Koalitionsvereinbarungen für die Legislaturperiode 2022 – 2027 „Wir wollen den Schulen die Möglichkeit einräumen, durch Beschluss der Schulkonferenz den Schulbeginn auf bis zu 9 Uhr festzulegen“ (CDU NRW & Bündnis 90 die Grünen, 2022, S. 61).

## Literatur

Adan, A., Archer, S. N., Hidalgo, M. P., Millá, L. D., Natale, V., & Randler, C. (2012). Circadian typology: A comprehensive review. *Chronobiology International*, 29(9), 1153–1175. doi: 10.3109/07420528.2012.719971

Aschoff, J. (1965). Circadian Rhythms in Man. *Science*, 148, 1427–1432. doi:10.1126/science.148.3676.1427

BIFIE, Robitzsch A., Oberwimmer K. (2022). BIFIEsurvey: Tools for survey statistics in educational assessment. R package version 3.4–15. https://CRAN.R-project.org/package=BIFIEsurvey

CDU NRW & Bündnis 90 die Grünen. (2022). Zukunftsvertrag für Nordrheinwestfalen Koalitionsvereinbarung von CDU und GRÜNEN 2022-2027. https://guene-nrw.de/dateien/Zukunftsvertrag\_CDÜ-GRüne.pdf

Fabbian, F., Zucchi, B., Giorgi, A. D., Tiseo, R., Boari, B., Salmi, R., ... Manfredini, R. (2016). Chronotype, gender and general health. *Chronobiology International*, 33(7), 863–882. doi: 10.1080/07420528.2016.1176927

Heine, J.-H. (in preparation). Report on the assessment of Chronotypes in German PISA-2018 Students (working title).

Horne, J. A., & Östberg, O. (1977). Individual differences in human circadian rhythms. *Biological Psychology*, 5(3), 179–190.

Jankowski, K. S. (2017). Social jet lag: Sleep-corrected formula. *Chronobiology International*, 34(4), 531–535. https://doi.org/10.1080/07420528.2017.1299162

Keller, P. S., Smith, O. A., Gilbert, L. R., Bi, S., Haak, E. A., & Buckhalt, J. A. (2015). Earlier school start times as a risk factor for poor school performance: An examination of public elementary schools in the commonwealth of Kentucky. *Journal of Educational Psychology*, 107(1), 236–245. doi: 10.1037/a0037195

Kerkhof, G. A. (1985). Inter-individual differences in the human circadian system: A review. *Biological Psychology*, 20(2), 83–112. https://doi.org/10.1016/0301-0511(85)90019-5

Preckel, F., Lipnevich, A. A., Boehme, K., Brandner, L., Georgi, K., Könen, T., Mursin, K., & Roberts, R. D. (2013). Morningness-eveningness and educational outcomes: The lark has an advantage over the owl at high school: *Morningness-eveningness and educational outcomes*. *British Journal of Educational Psychology*, 83(1), 114–134. https://doi.org/10.1111/j.2044-8279.2011.02059.x

Preckel, F., Lipnevich, A. A., Schneider, S., & Roberts, R. D. (2011). Chronotype, cognitive abilities, and academic achievement: A meta-analytic investigation. *Learning and Individual Differences*, 21(5), 483–492. https://doi.org/10.1016/j.lindif.2011.07.003

Putilov, A. A. (2017). Owls, larks, swifts, woodcocks and they are not alone: A historical review of methodology for multidimensional self-assessment of individual differences in sleep-wake pattern. *Chronobiology International*, 34(3), 426–437. https://doi.org/10.1080/07420528.2017.1272704

R Core Team. (2022). R: A language and environment for statistical computing [Computer software manual]. Vienna, Austria. https://www.R-project.org/

Roenneberg, T. (2012). Internal time: Chronotypes, Social Jet Lag, and why you're so tired. Cambridge: Harvard University Press.

Roenneberg, T., & Merrow, M. (2002). Life before the clock: Modeling circadian evolution. *Journal of Biological Rhythms*, 17(6), 495–505. https://doi.org/10.1177/0748730402238231

Roenneberg, T., & Merrow, M. (2016). The circadian clock and human health. *Current Biology*, 26(10), R432–R443. doi: 10.1016/j.cub.2016.04.011

Roenneberg, T., Wirz-Justice, A., & Merrow, M. (2003). Life between clocks: Daily temporal patterns of human chronotypes. *Journal of Biological Rhythms*, 18(1), 80–90. https://doi.org/10.1177/0748730402239679

Scherrer, V., & Preckel, F. (2021). Circadian preference and academic achievement in school-aged students: A systematic review and a longitudinal investigation of reciprocal relations. *Chronobiology International*, 38(8), 1195–1214. https://doi.org/10.1080/07420528.2021.1921788

Touitou, Y. (2013). Adolescent sleep misalignment: A chronic jet lag and a matter of public health. *Journal of Physiology-Paris*, 107(4), 323–326. https://doi.org/10.1016/j.jphysparis.2013.03.008

van Buuren S., Groothuis-Oudshoorn K. (2011). mice: Multivariate Imputation by Chained Equations in R. *Journal of Statistical Software*, 45(3), 1-67. https://doi.org/10.18637/jss.v045.i03

Wittmann, M., Dinich, J., Merrow, M., & Roenneberg, T. (2006). Social Jetlag: Misalignment of biological and social time. *Chronobiology International*, 23(1–2), 497–509. https://doi.org/10.1080/07420520500545979